

И.Г. БАКЛАНОВ

**NGN:
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ
И ОРГАНИЗАЦИИ**

Под редакцией Ю.Н. Чернышова

ЭК**ТРЕНДЗ**

**Москва
2008**

УДК 621.39
681.324
ББК 32.88
Б19

Бакланов И.Г.

Б19 NGN: принципы построения и организации / под ред. Ю.Н. Чернышова. — М.: Эко-Трендз, 2008. — 400 с.: илл.

ISBN 978-5-88405-083-9

Проведено исследование современной концепции построения систем связи нового поколения (NGN) как технологического явления новой научно-технической революции, которая тесно связана с информатизацией общества. Предлагается классификация технических решений современных сетей NGN, на основе которой рассматриваются основные технологии уровней доступа, транспорта, управления и услуг. Книга содержит аналитический обзор основных принципов функционирования NGN, тенденций развития современной связи и особенностей отдельных технологий, таких как ADSL, VDSL, PLC, DOCSIS, Wi-Fi, WiMAX, 3G, EV-DO, GPRS, UMTS, VSAT, MPLS, OSPF, BGP, NGSDH, PPP, Gigabit Ethernet, WDM/DWDM, OBS, Softswitch, IMS, Triple Play, IPTV, VoIP, Web и др.

Для руководителей организаций и специалистов, создающих и эксплуатирующих современные системы связи. Может служить учебным и справочным пособием для студентов вузов и слушателей центров повышения квалификации.

ББК 32.88

ISBN 978-5-88405-083-9

© Бакланов И.Г., 2007

**Издано при финансовой поддержке Федерального агентства
по печати и массовым коммуникациям в рамках
Федеральной целевой программы «Культура России»**

Оглавление

Введение.....	7
Глава 1. Концепция NGN в историческом и технологическом курсах	10
1.1. Пространные размышления на тему NGN.....	10
1.1.1. Что такое NGN в этой книге?.....	10
1.1.2. Назначение книги.....	11
1.1.3. Современные концепции и подходы к исследованию NGN..	12
1.2. Исторический срез. Три революции в технологии связи.....	13
1.3. Эволюция принципов построения систем связи.....	19
1.3.1. Архитектура традиционных сетей электросвязи.....	19
1.3.2. Архитектура современных систем NGN.....	28
1.4. Сдвиг парадигмы. «Дыхание» NGN.....	31
1.4.1. Проявления сдвига парадигмы.....	31
1.4.2. Равноранговые сети и авторское право.....	33
1.4.3. Кластерные сети.....	34
1.4.4. Skype как символ новой парадигмы.....	36
1.4.5. Бесплезные попытки регулирования тарифов на VoIP.....	37
1.4.6. Виртуализация ресурсов сетей.....	39
1.4.7. Социальное расслоение в отрасли связи.....	41
Глава 2. Исследование общих принципов NGN	42
2.1. Цели исследования сетей NGN.....	42
2.2. Идеологическая доктрина мультисервисных сетей.....	43
2.3. Основные принципы функционирования оборудования NGN.....	46
2.3.1. Преемственность технических решений.....	46
2.3.2. Демократичность и плюрализм технологических решений.....	47
2.3.3. Децентрализация и релятивизм.....	60
2.3.4. Принцип конвергенции.....	65
2.3.5. Использование адаптивных механизмов.....	68
2.3.6. Многоуровневые решения NGN.....	72
2.3.7. Совместное использование ресурсов. Самокоррелированные системы.....	75
2.3.8. Многопараметричность систем NGN.....	76
2.4. Динамика развития технологии NGN.....	77
2.4.1. Перманентная новизна технологий в современных системах NGN.....	77
2.4.2. Кривая внедрения технологии и особенности динамики развития сетей NGN.....	79
2.4.3. Технологический подход. Модели динамики развития технологии в рыночных условиях.....	80

2.4.4. Точки бифуркации и цикл очковтирательства	86
2.4.5. Демократизация технологического подхода. Фантомные на- правления развития технологии	90
2.4.6. Технология измерений и научно-технический прогресс	95
2.5. Конфликт мировоззрений и неоднородность стандартов	99
2.6. Влияние абонентских услуг на развитие сетей NGN	101
2.6.1. Роль услуг в развитии сетей нового поколения	101
2.6.2. История развития разных концепций услуг	102
2.7. Параллели между NGN и развитием современного естествознания	105
2.7.1. NGN как отражение общего изменения приоритетов миро- вой цивилизации	105
2.7.2. NGN и теория информации	108
2.7.3. NGN и нелинейно-динамические модели	110
2.7.4. NGN и микропроцессорная техника	115
2.8. Современная концепция систем NGN	117
Глава 3. Уровень доступа	121
3.1. Специфика технических решений уровня доступа	121
3.2. Классификация технических решений	123
3.3. Семейство технологий «последней мили» на основе существующей инфраструктуры оператора	126
3.4. Оптическая «последняя миля». Концепции FTТх и PON	134
3.5. Городские сети Ethernet	137
3.6. Системы радиодоступа	142
3.7. Спутниковые системы радиодоступа. Технология VSAT	152
3.8. Системы кабельного телевидения. Технологии HFC, CATV, DOCSIS	155
3.9. Системы широкополосного доступа на основе электрических сетей. Технология PLC	158
3.10. Сотовые сети широкополосного доступа	161
3.11. Экзотические решения. Технологии E1 и SDH	172
3.12. Конвергентные сети доступа	174
3.13. Зона покрытия услугами	179
3.14. Фактор плотности населения	183
3.15. Проблема совместимости в сетях доступа	184
3.16. Стратегии развития сетей доступа	187
3.17. Сравнительный анализ технологий доступа	190
Глава 4. Транспортный уровень	194
4.1. Общие принципы построения транспортной сети NGN	194
4.2. Противостояние технологий ATM и IP	197
4.3. Многослойная архитектура транспортной сети	200
4.4. Опорные сети как базовые технологии транспортных сетей	207
4.4.1. Волоконно-оптические системы передачи	207

4.4.2. Технология спектрального разделения WDM/DWDM	208
4.4.3. Системы оптической коммутации	211
4.4.4. Системы SDH второго поколения — NGSDH	212
4.4.5. Транспортные сети Ethernet	221
4.5. Уровень пакетной коммутации. Совокупность «виртуальных труб»	227
4.5.1. Формат дейтаграммы IP	227
4.5.2. Концепция заголовков	230
4.5.3. Многоуровневая адресация в системе IP	232
4.6. Маршрутизация в транспортных сетях IP	235
4.6.1. Алгоритмы маршрутизации	235
4.6.2. Протоколы маршрутизации трафика	242
4.7. Многопротокольная архитектура транспортных сетей	247
4.7.1. Протоколы туннелирования	271
4.7.2. Протоколы обеспечения качества	253
4.7.3. Протоколы групповой рассылки	264
4.7.4. Управляющие протоколы	266
4.8. Протоколы транспортного уровня	268
4.9. Конвергенция в технологиях систем передачи	272
Глава 5. Уровень управления	275
5.1. Особенности уровня управления	275
5.2. От ОКС № 7 к интеллектуальным сетям	279
5.2.1. Концепция управления и система сигнализации традиционных телефонных сетей	279
5.2.2. Особенности концепции ОКС №7	281
5.2.3. Переход к концепции интеллектуальных сетей	284
5.2.4. Альтернатива IN — системы компьютерной телефонии	285
5.3. От интеллектуальным сетям к концепции Softswitch	286
5.3.1. Новые задачи управления услугами NGN	286
5.3.2. Концепция Softswitch	287
5.3.3. Новая концепция сигнализации	291
5.4. Многослойная архитектура Softswitch	293
5.4.1. Развитие многослойной архитектуры Softswitch	294
5.4.2. Разработка платформ прикладного уровня	296
5.4.3. Реализация пограничных контроллеров сеансов	297
5.5. От Softswitch к объединению мобильных и проводных сетей	299
5.5.1. Конвергенция проводных и мобильных сетей	299
5.5.2. Основы технологии IMS	301
5.5.3. Декомпозиция MGC	303
5.5.4. Архитектура IMS	305
5.5.5. Структура IMS и разделение системы управления на слои	306
5.5.6. Внешние и внутренние интерфейсы IMS	309
5.5.7. Идеология распределенных баз данных	312
5.5.8. Дальнейшее усложнение системы сигнализации	313
5.6. «Дыхание NGN» в решениях уровня управления	315

Глава 6. Уровень услуг NGN	318
6.1. Тенденции развития уровня услуг	318
6.1.1. Сдвиг парадигмы в области услуг	318
6.1.2. Эволюционное дерево развития услуг	323
6.1.3. Сам себе телезритель — сам себе режиссер — сам себе продюсер	324
6.2. Концепция Triple Play	327
6.2.1. «Триада» основных услуг	327
6.2.2. Услуги передачи данных	330
6.2.3. Голосовые услуги. VoIP	335
6.2.4. Услуга IPTV	341
6.2.5. Pro et contra концепции Triple Play	350
6.3. О симбиотах и паразитах	355
6.3.1. «Паразитология» современных систем связи	355
6.3.2. Технология равноранговых сетей. Проекты Napster, Gnutella, OpenFT	361
6.3.3. Skype, GoogleTalk, ICQ, Yahoo Messenger и другие	365
6.3.4. Конфликт подходов — конфликт технологий	367
6.3.5. Открытые вопросы технологии	371
6.4. Quadra Play — вперед к мобильности	373
6.5. Безопасность современных сетей NGN	376
6.5.1. Хакерские атаки и проблемы безопасности	376
6.5.2. Проблема спама	380
6.5.3. Безопасность эпохи Triple Play	381
6.6. Проблема контента. Царство химер	381
Список сокращений	385
Литература	398

Блажен, кто посетил сей мир
В его минуты роковые!

Ф.И. Тютчев «Цицерон»

Введение

Новая научно-техническая революция... Изменение концепции систем связи... Сдвиг парадигмы... В последнее время популярные технические журналы своими заголовками напоминают желтую прессу. Оставим это на совести журналистов — в конце концов, это атрибут их профессии. Но факт коренной перестройки современных технологий невозможно скрыть. Процесс информатизации набирает обороты во всем мире. Идея глобального информационного общества (ГИО) требует максимальной информатизации всех сторон жизни. Западная цивилизация достаточно хорошо продемонстрировала свой агрессивный характер и научила все народы следовать основным историческим тенденциям. В современном глобальном мире уровень информатизации обеспечивает конкурентоспособность и безопасность страны. Вне зависимости от того, как мы относимся к концепции ГИО, наша страна должна идти по этому пути, пусть на шаг-два после развитых стран, но идти, если нас не привлекает судьба американских индейцев и тасманийских аборигенов.

Связисты должны гордиться своим положением в современном обществе, потому что уровень информатизации страны коренным образом связан с уровнем развития сетей связи. Стратегия ГИО вынесла технологию телекоммуникаций на передовой край борьбы за судьбы народов и цивилизаций. Современный связист — это не просто инженер, это еще и строитель нового общества, и от его труда зависит будущее его народа. А российским связистам особенно повезло — едва ли какому-то другому инженерному сословию посчастливилось наблюдать, как за одно поколение произошло три научно-технических революции: цифровизация, затем сотовизация, наконец, интернетизация, и, более того, участвовать в этом. И тем сложнее найти фарватер в бурном море современных технологий, разобраться в ходе новой научно-технической революции. Технологии сменяют друг друга все быстрее. Еще 10 лет назад любая технология связи могла бы просуществовать 20–30 лет. Теперь многие

технологии умирают за 1–2 года. Эти быстрые перемены рождают атмосферу карнавала, где яркие краски постоянно сменяют друг друга, но очень сложно понять, в чем причина праздника и где его цель.

Современная технологическая революция в системах связи связывается обычно с концепцией сетей нового поколения (Next Generation Networks, NGN). Но в водовороте быстрых смен технологий трудно понять, в чем же состоит эта концепция и что понимать под NGN.

Цель этой книги — рассмотреть все современные тенденции, наиболее популярные технологии и подходы и определить принципы функционирования сетей нового поколения. Для этого пришлось просмотреть огромный объем технической документации по технологиям NGN и изучить принципы работы современных сетей с самых разных сторон. В результате проявилась единая картина развития современных систем связи, где каждая технология вполне логично нашла свое место. Эта картина оказалась удивительно многообразной, но в то же время логичной и взвешенной.

Новые принципы демократичности, конвергенции и адаптивности, сформулированные в результате аналитического исследования, оказались применимы к самым разным направлениям развития современных систем связи. Эти принципы сформировали образ современных систем NGN и новую идеологию систем связи. Исследование последствий развития этой идеологии приводит к парадоксальным, на взгляд автора, выводам. Но «сдвиг парадигмы» как раз и состоит в том, чтобы менять мировоззрение всех специалистов, работающих на рынке связи.

Исследование принципов и отдельных технологий NGN привело автора к построению четырехуровневой модели современных систем связи, состоящей из уровней доступа, транспорта, управления и услуг. Полученная модель оказалась очень удобной для аналитического исследования NGN как единого целого.

Построенный идеологический и технологический каркас сетей был применен к исследованию разных технологий NGN с тем, чтобы показать специфику отдельных уровней предложенной в этой книге модели SCTA (Service/Control/Transport/Access).

На уровне доступа были исследованы технологии DSL, HPA, Ethernet, Wi-Fi, WiMAX, WLL, PLC, VSAT, DOCSIS и многие другие.

На уровне транспорта была рассмотрена многоуровневая система современного «облака» транспортной сети, включающего технологии WDM, NGSDH, MPLS, 10 Gigabit Ethernet, OSPF, BGP и др.

На уровне управления проанализированы технологии Softswitch и IMS, а также различные технологии, непосредственно с ними связанные.

Технологии уровня услуг были исследованы в рамках концепции Triple Play. Поэтому акцент был сделан на основные услуги этой триа-

ды -- IPTV, VoIP и Интернет. Дополнительно была рассмотрена альтернатива концепции Triple Play, связанная с развитием технологии P2P.

Логичным завершением исследования стали размышления о проблеме контента и определение объективной границы научно-технического знания о современной технологии.

Предлагаемая книга большей частью оказалась аналитической, что явилось результатом глубокого проникновения в современное состояние технологии телекоммуникаций и размышлений о перспективах ее развития. Задача такого исследования трудна, поскольку, находясь в центре революционных преобразований, зачастую сложно понять, чем они обусловлены и к каким последствиям приведут. В конце концов, в демократичном мире современных сетей NGN могут уживаться друг с другом самые разные суждения, и в тех выводах, которые сформулированы в этой книге, также есть своя правда.

Как и во всяком аналитическом обзоре, читатель в этой книге, несомненно, найдет неточности и спорные суждения. Едва ли эту книгу можно использовать как справочник, поскольку главная цель этой книги состояла не в том, чтобы собрать воедино все детали новых технологий, а в том, чтобы разобраться в принципах и законах развития новой революции в связи. Автор будет считать свою цель достигнутой, если эта книга поможет разобраться в нюансах современной технологии инженерам, пришедшим в отрасль связи еще в прошлом веке, и привлечет в революционные ряды связистов молодых энергичных специалистов.

При написании книги автор использовал материалы зарубежных публикаций, а также обсуждал ее тематику в ходе многочисленных бесед с ведущими специалистами связи. Особенно хотелось выделить помощь тех специалистов, которые продолжают становление отечественной научно-технической школы в непростых условиях современного рынка: В.Ю. Деарта, И. Масленникова, И. Мазина, А. Линде, Б.П. Хромого, К.Г. Князева, Б.С. Гольдштейна, М.А. Шнепс-Шнеппе, А.В. Голышко и многих других.

Очень жаль, что трагическая гибель Владимира Халтурина не позволит обсудить эту книгу с ним, хотя он самым глубоким образом повлиял на понимание автором многих вопросов.

Огромная благодарность коллегам из компаний PR-GROUP и Metrotek, домашним и особенно жене Елене за терпение и поддержку этого труда.

С верой в российского инженера

Игорь Бакланов

Концепция NGN в историческом и технологическом ракурсах

1.1. Пространные размышления на тему NGN

1.1.1. Что такое NGN в этой книге?

Приступая к столь важному и новому предмету исследования, каким являются сети следующего поколения (New Generation Networks, NGN), целесообразно рассмотреть, что же понимается под этим понятием. Традиция технических исследований предлагает сделать вначале отступление в область терминологии.

По мнению одного из системных специалистов, понятие сетей нового поколения — это самое неконкретное понятие в истории сетей связи. Оно совершенно не указывает на какие-либо технологические принципы, а просто акцентирует внимание на некоем «новом поколении», что само собой подразумевает фатальную неизбежность NGN. Действительно, по этой логике вскоре на смену сегодняшним сетям придет новое поколение со своими техническими решениями, оборудованием и т.п. вне зависимости от направления научно-технического прогресса. Но такое понимание NGN лишает это понятие какого бы то ни было технического содержания, заменяя его декларацией «Завтра все будет по-другому!».

Таким образом, понятие NGN является крайне размытым и с самого начала лишеным технического смысла. Каждый специалист насыщает термин NGN субъективным содержанием. Например, специалисты в области коммутации понимают под NGN новые принципы коммутации, а поскольку они выпускают множество стандартов и руководящих материалов, то их понимание NGN перекочевало и на страницы литературы*. Специалисты в области первичных сетей понимают под NGN переход к новым технологиям транспортных сетей типа MPLS, OSPF,

* Взять хотя бы книгу М.А. Шнепс-Шнеппс «Лекции об NGN», изданную в 2005 г. [10]. Несмотря на весь позитивный смысл этой работы, она рассматривает NGN только как преобразование методов коммутации и услуг.

BGP и пр. Специалисты в области сетей доступа говорят о системах широкополосного доступа, хотя им хватает такта не расширять свое локальное понимание до общетехнологических масштабов. Специалисты в области маркетинга под NGN понимают новые услуги (VoIP, IPTV, Triple Play) и тоже по-своему правы.

В этой чехарде мыслей, идей и интерпретаций важно сразу «поставить все точки над ё» и сформулировать, что же понимается в этой книге под сетями следующего поколения.

Сети NGN — это технические решения, появившиеся на этапе развития цифровой связи, когда трафик данных оказался важнее речевого трафика, а компьютеры — важнее телефонов.

Такое определение NGN также не блещет ни оригинальностью, ни конкретностью, но отражает понимание автором специфики темы исследования. В частности, из этого определения вытекают некоторые свойства NGN как определенного симбиоза технологических решений:

- технологии NGN появляются в результате исторического развития, а именно на определенной стадии информатизации общества, когда трафик данных «побеждает» традиционный речевой трафик;
- с концепцией NGN связан качественный скачок в развитии всей технологии систем связи, обусловленный социальным сдвигом и изменением относительной ценности информации в обществе.
- будучи революционной концепцией, технология NGN пронизывает все уровни современных систем связи, а ее новые возможности повлекут за собой коренные изменения в отношении потребителей услуг связи.

На этих свойствах будет основано все последующее исследование. NGN как технология будет рассматриваться с позиций исторического развития, революционности, технологичности и общего приоритета данных над речью, который и привел к новой научно-технической революции в связи.

В книге рассматривается концепция NGN в самом широком понимании, отражающем всю структуру современной связи, включая сети доступа, сети транспорта, технологии коммутации и новые услуги.

1.1.2. Назначение книги

Определив (может, и интуитивно) понятие NGN в этой книге, обозначим ее цели и назначение. Сети NGN — это глобальное явление, и точки зрения на их появление могут быть самыми разными. Не исключение и данное исследование.

В книге поставлена задача разобраться в принципах функционирования и построения NGN с точки зрения развития практических знаний

о технологии связи. Взгляд на новые технологии «сквозь призму» внедрения и эксплуатации представляется утилитарно-практическим. Здесь нет места эйфории маркетинговых исследований или математическим глубинам теоретических знаний.

Можно провести определенные параллели между технологией современных систем связи и жилищно-коммунальными системами. Теоретик-связист при взгляде на трубы будет мыслить категориями математических моделей, принципов течения жидкости, теории турбулентности и пр. Инженер-строитель (оператор) знает, как правильно соединить трубы и установить вентили, чтобы система водоснабжения работала эффективно. Взгляд со стороны эксплуатации — это взгляд на ту же систему глазами водопроводчика. За излишествами и новыми методами, которые так радовали инженеров, он подозревает уязвимость. Он прекрасно знает древний принцип: «Где течет, там и подтекает». И его взгляд на систему полон инженерной ответственности за то, что именно его ошибка может привести к тому, что весь дом будет залит водой. Нужно отметить, что именно такие люди в большинстве случаев исправляют ошибки теории и строительства и именно здесь содержатся самые важные практические знания о механике функционирования инженерной системы.

Практический взгляд на NGN, которого придерживается автор, отражает точку зрения инженерного сословия. Экономическая, техническая, научная целесообразность решений объективно выходят за рамки предполагаемого исследования. Вместо этого акцент будет сделан на внутреннее содержание современных технологий и на те принципы, которые позволят в будущем поддерживать сети нового поколения в работоспособном состоянии. Именно такая точка зрения, по мнению автора, имеет максимальную инженерную ценность для понимания принципов работы NGN и установления правильного баланса между мощностью этой современной технологии и квалификацией специалистов. Настоящий инженер должен любить технику и властвовать над ней, в этом его призвание и назначение. Поэтому цель этой книги — оказать ему квалифицированную помощь в понимании технологии NGN, наглядно показав все внутренние механизмы сетей нового поколения.

1.1.3. Современные концепции и подходы к исследованию NGN

Тема NGN — это огромное поле для исследований, проектов, концепций и теорий. К сожалению, в части публикаций, монографий и отечественных исследований, по мнению автора, это поле пока не дало заметных всходов, что отражает современный кризис научной мысли. Тем

более важно в данном исследовании опираться на то, что уже было сделано. Однако повторять результаты работы коллег представляется автору лишеным смысла. Поэтому априори считается, что читатель знает основы технологий NGN. В случае, если это не так, дополнительные знания общетехнологического характера можно найти в следующих книгах.

В части построения систем коммутации рекомендуется уже упоминавшаяся выше монография М.А. Шнепс-Шнеппе «Лекции об NGN» [10], изданная в 2005 г., а также две монографии Б.С. Гольдштейна и А.Б. Гольдштейна «Технология и протоколы MPLS» [29] и «Softswitch» [9].

По современным технологиям транспортных сетей можно рекомендовать две переводных монографии: Э. Танненбаума «Компьютерные сети» [7] и В. Столлинга «Современные компьютерные сети» [8], хотя первая книга содержит больше полезного материала по теме NGN. По некоторым практическим вопросам можно найти материал в монографии автора «SDH – NGSDH: практический взгляд на развитие транспортных сетей» [2].

Интересный взгляд на проблематику VPN и технологию Softswitch изложен в книге А.В. Рослякова [46].

По современным технологиям широкополосного доступа можно посмотреть некоторые статьи на сайте www.xdsl.ru, а также монографию автора «ADSL/ADSL2+: технология и практика эксплуатации» [3], хотя оба источника информации не отражают масштабности революции в области NGN.

Технология IPTV обсуждается на форуме www.ipTV.ru.

Перечисленные источники в основном представляют почти все, что издано в России на тему NGN на конец 2007 года, и содержат общетехнологические знания о сетях нового поколения. Поскольку данная книга посвящена исследованию практических принципов работы NGN, она может эффективно дополнить эти издания практическими знаниями. В то же время технические данные о сетях будут излагаться кратко и только в том объеме, который важен для общего понимания. Поэтому автор советует специалистам, интересующимся NGN, иметь перечисленные монографии в своей библиотеке.

1.2. Исторический срез.

Три революции в технологии связи

По общему мнению, в современных телекоммуникациях наблюдаются существенные перемены, связанные с усиленной «интернетизацией»

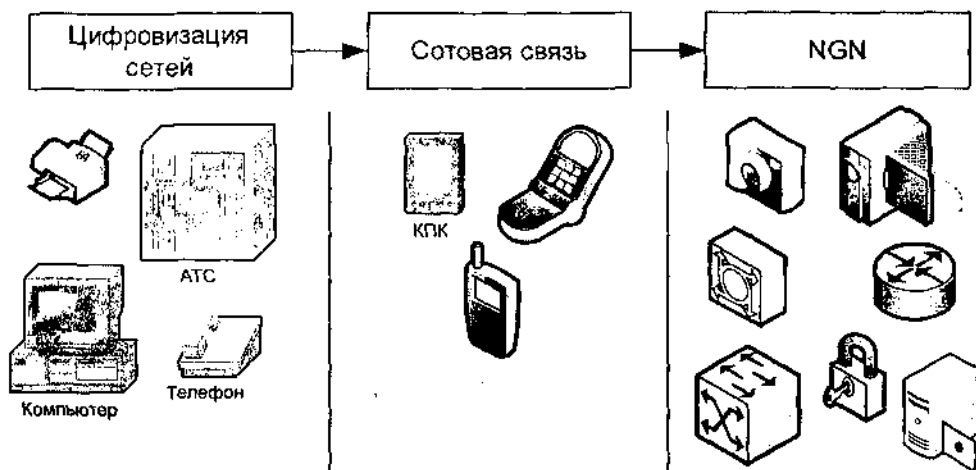


Рис. 1.1. Три революции в современных системах связи

общества, которые по сути можно считать научно-технической революцией (НТР). К настоящему времени мировые телекоммуникации пережили две научно-технических революции (рис. 1.1).

Первая революция имела чисто технологическое значение и была связана с переходом от аналоговых принципов передачи и коммутации к цифровым. Она началась практически одновременно во всем мире в 60-х годах прошлого века и закончилась к 80-м годам. Особенностью этой революции явилось то, что новые технологии никак не затронули сферу услуг, т.е. для общества осталась фактически незамеченной.

Вторая революция в телекоммуникациях была связана с появлением систем сотовой связи. От первой революции ее отличало то, что она изменила точку зрения общества на мир связи. Идея, что в любом месте и в любое время два человека могут связаться друг с другом, оказалась настолько привлекательной для всех, что сотовая связь стала одной из нематериальных ценностей общества. В результате этой революции «сотовизация», например, во многих европейских странах значительно превысила уровень услуг проводной связи.

Третья революция, которая уже началась и постепенно набирает ход, — это переход к глобальному информационному обществу (ГИО). Эта революция в корне отличается от первой и второй тем, что она не только охватывает все общество, но и изменяет основы его устройства, меняя ориентиры, ценности и пр. Так, например, информационные ресурсы в ГИО становятся стратегическими наравне с запасами руды и нефти, сфера коммуникаций оказывается едва ли не основной для развития бизнеса, экономические модели и модели производства все более виртуализируются, возрастает роль ноу-хау и информации и т.д. Одним из направлений внедрения новых виртуальных технологий в жизнь явля-

ется обеспечение максимально широкого доступа населения к информационным ресурсам общества и всей мировой цивилизации. А поскольку эти возможности могут дать только сети нового поколения, NGN неразрывно связаны с переходом к ГИО и образуют движущую силу этой третьей научно-технической революции в связи.

Таким образом, уже сейчас можно предполагать, что новая революция NGN будет масштабнее и существеннее по последствиям для облика систем связи, чем две предыдущих.

Едва появившись на горизонте, идеология NGN начала изменять все существующие технологии, начиная от передачи данных и кончая системами сотовой связи. Слова «новое поколение» (Next Generation, NG) становятся в последнее время модной фразой, появляющейся в разных контекстах. И вот уже говорят не SDH, а NGSDH, не АТС, а NGPABX (АТС нового поколения), и т.д. Это обусловлено революционной ситуацией, когда под NGN понимаются разнообразные подходы, решения, оборудование, но все они едины в главном — в эру NGN данные оказываются важнее речи, коммутация пакетов и пакетный трафик оказывается важнее коммутации каналов и речевого трафика. Действительно, доля трафика передачи данных в последнее время динамично растет и постепенно становится доминирующей в современных системах связи (рис. 1.2).

Как показывают качественные и количественные оценки, динамика развития речевого трафика в общемировом масштабе в среднем стабильна. В противоположность ему доля трафика данных, и особенно доля трафика IP (Интернета), в последнее время растет экспоненциально, и этот трафик данных начинал превалировать на сетях Европы

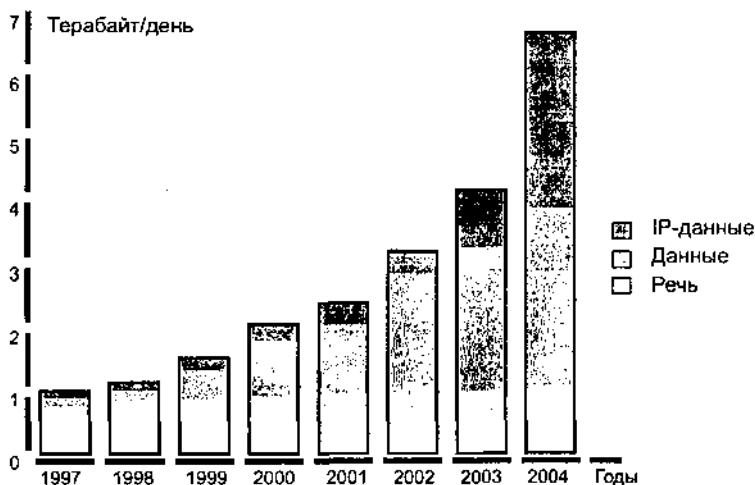


Рис. 1.2. Пример качественной оценки динамики развития трафика современных сетей связи

уже в 2002–2003 гг. К 2004 г. доля трафика IP оказалось больше доли речевого трафика, и с этого момента можно говорить о начале доминирования концепции NGN в качестве стратегии мирового развития телекоммуникационной отрасли.

Революционный переход от речевого трафика к трафику данных составляет основу идеологии NGN. Значение этого факта столь велико, что выше он положен в основу определения NGN.

Рассмотрим еще раз генезис (т.е. развитие) современных систем связи в условиях третьей НТР. Высокие требования к информатизации всех сфер жизнедеятельности человечества, т.е. ГИО, привели к необходимости устанавливать компьютеры не только дома и в офисе, но практически везде в общественных местах. Как следствие, началась конкуренция между традиционными телефонными услугами (телефонной связью) и услугами передачи данных. В качестве примера можно привести молодого человека, который делает выбор между звонком любимой девушке или посылкой SMS. Бизнесмен также может или позвонить своему контрагенту, или послать сообщение по электронной почте. Можно предположить, что через некоторое время трафик передачи данных обгонит телефонный трафик по всем статьям: по общему объему, по важности для пользователя и, соответственно, по ценности для оператора. Впрочем, в последнее время заметно снижение динамики относительного роста трафика данных, поэтому операторы связи, которые хотят по тем или иным причинам ускорить прогресс, возлагают большие надежды на передачу мультимедиа (в том числе видеоинформации) и быстрое развитие и проникновение Интернета во все сферы общества. Удастся это или нет — покажет время. Но факт есть факт, и рано или поздно трафик данных окажется важнее телефонного для всех и каждого. Тогда и наступит новая эра развития систем связи, которая называют эрой NGN.

Почему эра NGN так важна для связанного сообщества и развития человечества в целом? Причина проста: ни одна технология «эры коммутации каналов» не может в полной мере удовлетворить возросшие требования к услугам связи. Например, существующие абонентские телефонные сети никогда не смогут обеспечить необходимый рост пропускной способности пользовательского канала, какие бы мы совершенные модемы не изобретали. На некоторое время могут быть придуманы паллиативные решения (например, технология ADSL), но рано или поздно спрос опередит предложение, и придется делать неизбежное — **коренную модернизацию сети**. Вот откуда такой огромный интерес у инженеров к технологии NGN. Не каждое поколение переживает коренную перестройку всей сферы деятельности, тем более, если речь идет о реконструкции, непосредственно связанной с главной идеей развития всей

мировой цивилизации (прочувствуйте эти слова — Глобальное Информационное Общество). Поэтому коренная модернизация — это огромное поле, где взаимодействуют разные социальные группы, различные технические, идеологические, политические и финансовые интересы. И вполне естественно, что этот многоплановый процесс как-то пужно называть. Так что NGN — вполне удачное название.

Важно также учесть, что за право обладания большим «широгом» коренной модернизации сетей связи будут биться две группы инженеров. С одной стороны, это связанное сообщество («Это наши сети, мы их знаем и, разумеется, понимаем, как их реконструировать»), с другой стороны — это компьютерное сообщество («В новом мире компьютер будет важнее телефона, это мы создали и внедрили компьютеры и именно мы знаем, как приспособить сети связи для нашего детища»). Беда в том, что обе группы лишь в общих чертах могут понять точку зрения друг друга и прийти к компромиссу, поскольку имеют разные профессиональные навыки и свое мировоззрение. Компромисс между обеими группами необходим, но достигается тяжело, что и порождает целый пласт проблем, тенденций, технических решений, направлений поиска и пр. Если бы дело ограничивалось только одной профессиональной сферой, такого бы не было. Связисты, будучи замкнутым профессиональным сообществом, сравнительно быстро приняли единые стандарты связи на физическом уровне. Вместе с тем, стремясь унифицировать средства передачи данных, компьютерные специалисты также договорились о стандартах в области компьютерных сетей. Но смогут ли договориться между собой программисты и связисты? Это может показать только время.

Если учесть все перечисленные факторы, становится понятно, что NGN является не просто технической концепцией или новой технологией. NGN нужно рассматривать как идеологическую доктрину, опирающаяся на стратегический постулат:

Компьютер для будущего общества важнее телефона и его имеет смысл поставить в центр новых технологий связи

И следствие из этого постулата, связанное с необходимостью коренной перестройки сетей связи:

Для нормальной работы сети, ориентированной на компьютеры, а не на телефоны, нужна коренная модернизация сетей связи.

Это революционная идеология («Весь мир... разрушим, а затем...»), которая заключается в том, что одновременно с коренной реконструкцией отрасли связи следует дистанцироваться от большей части используемых в настоящее время систем. Если до настоящего времени развитие телекоммуникаций шло до определенной степени эволюционно: из те-

лефонной сети возникали ISDN, системы передачи постепенно переводились от PDH к SDH и далее к ATM, то NGN предлагает новые принципы построения на всех уровнях. Это означает, что лучше строить все сети заново, в минимальном объеме используя уже работающие компоненты. Косвенно этот аналитический тезис может быть подтвержден российским опытом развертывания сетей NGN: во всех случаях они дистанцированы от самой сети, так что оператор имеет телекоммуникационную сеть отдельно и NGN — отдельно. Только в последнее время наметился некоторый синтез, связанный с использованием Softswitch в традиционной системе коммутации, но это скорее исключение, чем правило.

Весь огромный объем технических решений NGN, стыкующихся и не стыкующихся между собой, вытекает из приведенных тезисов. Если проблема ставится в общем виде, то частные решения могут быть сколь угодно разными, что и наблюдается в современных сетях NGN. Как будет показано ниже, на фоне рассмотренной революционной ситуации, связанной с качественным скачком в развитии систем связи и новой революционной доктриной, появляются совершенно новые принципы, технологии, методы и подходы к решению традиционных и самых новых задач телекоммуникаций. Одним словом, меняется философия построения систем связи.

Но изменение приоритетности целей построения систем связи не означает, что на смену традиционным сетям приходят NGN, которые полностью вытесняют старые технологии. Вместе с новыми технологиями расцвет переживают и традиционные технологии. Чем успешнее классическая технология адаптируется к новым требованиям, тем больше шансов у нее пережить революционную эпоху, не потеряв позиций на рынке.

В качестве яркого примера такой адаптации можно привести технологию SDH*. Первоначально разработанная в качестве основы первичной сети с коммутацией каналов, технология SDH была модифицирована за счет добавления уровней VCAT, LCAS и GFP. В результате в современных сетях NGS DH оказалось возможным передавать трафик от традиционных сетей TDM** вместе с пакетным трафиком NGN. Как следствие, SDH выдержала испытание временем и до сих пор является одной из доминирующих технологий транспортных сетей в мире.

* Вопросы адаптации технологии SDH к новым требованиям NGN и соответствующие методы контроля рассмотрены в монографии автора [2]

** Технология TDM (Time Division Multiplexing) широко использовалась в цифровых сетях коммутации каналов. Поэтому часто сокращение TDM используется для обозначения традиционных сетей. В таком случае можно встретить понятия «трафик TDM», «сеть TDM», «сегмент TDM» и пр.

Таким образом, революция в области NGN меняет не только расстановку сил между традиционными и новыми сегментами сетей, но и преобразует традиционные технологии связи. Это в полной мере масштабная революция в современных системах связи, охватывающая самые широкие слои населения, и тем значительнее данная тема для нашего исследования.

1.3. Эволюция принципов построения систем связи

1.3.1. Архитектура традиционных сетей электросвязи

Как было показано выше, начальной отправной точкой революции NGN стало изменение приоритетов мировой цивилизации в ее отношении к трафикам речи и данных. Трафик данных рос постепенно по мере развития компьютеризации и информатизации общества и в какой-то момент «победил» речевой трафик. Процесс информатизации шел бурно, и, по меркам истории, изменение приоритетов произошло почти мгновенно, но и у этого процесса была предыстория. Для того чтобы показать, насколько изменились основы построения современных сетей, проследим эволюцию принципов построения систем связи до и после принятия основного постулата NGN.

Традиционно в основе построения классической системы электросвязи лежит *первичная сеть*, включающая в себя *среду распространения* сигналов и аппаратуру передачи сигнала, обеспечивающую создание типовых каналов и трактов первичной сети. Эти каналы используются затем *вторичными сетями* для обеспечения услуг связи (рис. 1.3).

Первичная сеть в свою очередь разделяется на два подуровня (транспортный и оборудования передачи), поскольку методически процедуры эксплуатации среды распространения сигналов (волоконно-оптических линий связи, металлических кабелей и ресурса радиочастотного спектра) отличаются от процедур эксплуатации первичной сети как унифицированного банка цифровых каналов. Цифровая первичная сеть может строиться на основе принципов плезеохронной (PDH) или синхронной цифровой иерархии (SDH).

Типовые каналы и тракты первичной сети используются различными вторичными сетями: сетями цифровой телефонии, цифровыми сетями с интеграцией служб (ISDN), сетями на основе принципов асинхронного режима передачи (ATM), сетями передачи данных на основе использования таких протоколов, как X.25, Frame Relay и т.д., сетями сотовой радиосвязи и транкинга, а также сетями специального назна-

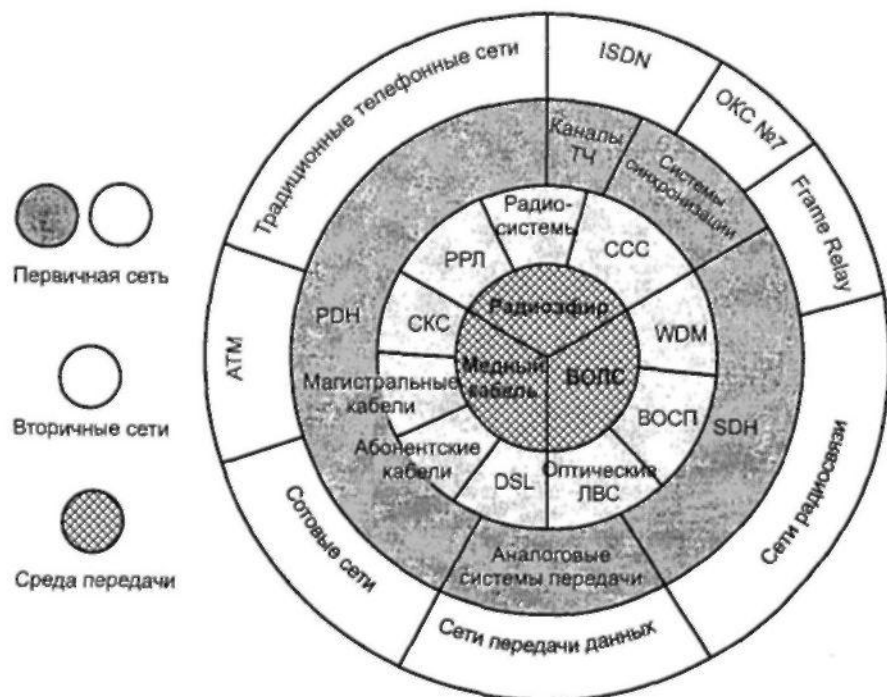


Рис. 1.3. Структура системы электросвязи

чения (диспетчерской связи, оперативного и технологического управления, селекторных совещаний и т.д.).

В процессе развития традиционных систем связи в последние несколько десятилетий наблюдались две дополняющие друг друга тенденции:

1) стандарты первичной сети оставались неизменными и основывались на типовой иерархии каналов PDH (потоки E1, E2, E3 и E4 со скоростями 2, 8, 34, 140 Мбит/с соответственно) или SDH (потоки STM-1/4/16/64 со скоростями 0,155; 0,622; 2,5 и 10 Гбит/с соответственно);

2) технологии вторичных сетей развивались бурно, что приводило к постоянному дроблению уровня вторичных сетей на новые и новые сегменты. Так, на границе телефонии и сетей передачи данных появилась технология ISDN, на границе ISDN и традиционных телефонных систем сигнализации — система ОКС №7 и т.д.

Таким образом, дуализм традиционных телекоммуникационных сетей (первичная сеть — вторичные сети) вовсе не сдерживал развития технологии и не способствовал революционной ситуации, которая привела к NGN. Революция была обусловлена не причинами внутри технологии, а изменением приоритетов мировой цивилизации, т.е. она пришла в телекоммуникации извне.

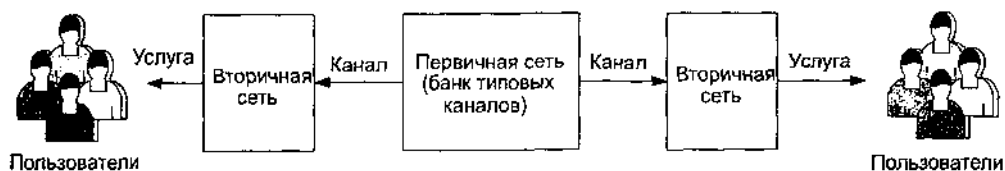


Рис. 1.4. Механизм работы традиционной сети связи

Основным принципом работы традиционных систем связи был принцип коммутации каналов. Напомним, что для традиционной системы электросвязи наиболее важным трафиком является речевой трафик. Для такого трафика принцип коммутации каналов представляется самым эффективным. Действительно, если основным видом связи в сети является разговор по каналу (цифровому или аналоговому) между абонентом А и абонентом Б, то вполне естественно, что лучше всего создать сеть, в которой всегда можно было создать канал от точки А до точки Б.

Из принципа коммутации каналов выросло и деление на первичную сеть как единого банка каналов и вторичные сети, где осуществляется коммутация каналов первичной сети по заданным правилам (рис. 1.4). Первичная сеть составляет основу традиционной системы электросвязи, ее скелет, тогда как вторичные сети могут рассматриваться как потребители каналов первичной сети. Механизм работы такой сети очень прост: вторичная сеть берет из первичной сети типовой канал и предоставляет на его основе пользователям услугу. Но в таком случае для эффективной работы системы связи требуется определенная унификация каналов. Так мы приходим к идее структурированной первичной сети, что и привело к созданию иерархии каналов.

Если посмотреть внутрь традиционной первичной сети, то можно увидеть, что она состоит из узлов мультиплексирования (мультиплексоров), выполняющих роль преобразователей между каналами различных уровней иерархии со стандартными пропускными способностями, регенераторов, восстанавливающих цифровой поток на протяженных трактах, и цифровых кроссов, которые осуществляют коммутацию на уровне каналов и трактов первичной сети. Как видно из рис. 1.5, первичная сеть строится на основе типовых каналов, образованных системами передачи. Традиционные системы передачи используют в качестве среды передачи сигналов электрический и оптический кабели, а также радиочастотные средства (радиорелейные и спутниковые системы передачи). Цифровой сигнал в канале передачи имеет определенную логическую структуру, включающую циклы (кадры) и линейные коды. Цикловая структура сигнала используется для синхронизации, мультиплексирования и демultipлексирования между различными уровнями иерархии каналов первичной сети, а также для контроля блоковых ошибок. Линейный

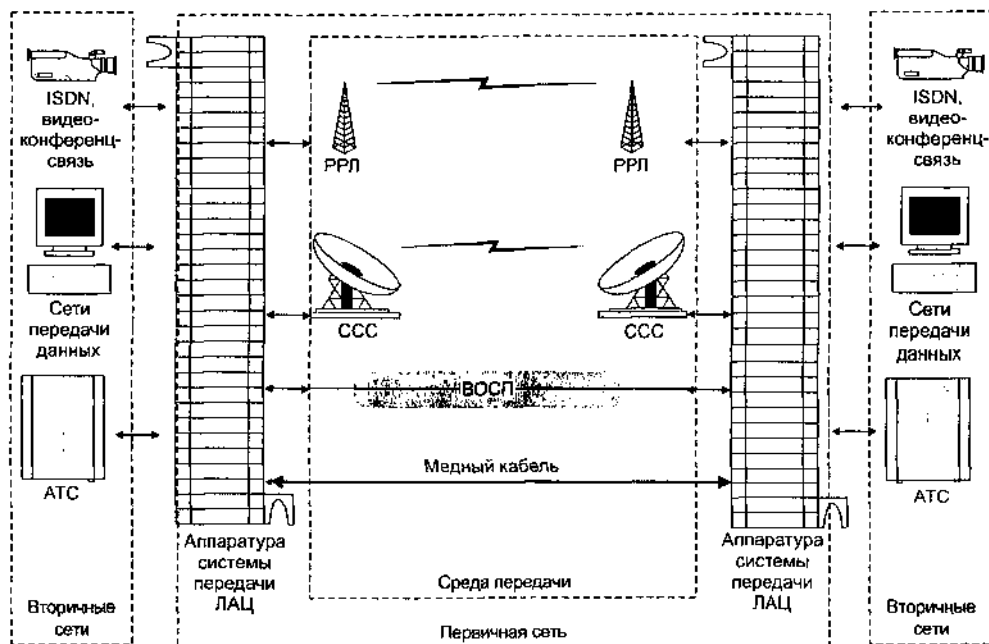


Рис. 1.5. Структура первичной сети

код обеспечивает помехоустойчивость передачи цифрового сигнала. Аппаратура передачи осуществляет преобразование цифрового сигнала с цикловой структурой в модулированный электрический сигнал, передаваемый затем по среде передачи. Тип модуляции зависит от используемой аппаратуры и среды передачи.

Таким образом, внутри цифровых систем передачи осуществляется передача электрических сигналов различной структуры, а на выходе образуются каналы цифровой первичной сети, соответствующие стандартам по скорости передачи, цикловой структуре и типу линейного кода. Обычно каналы первичной сети приходят на узлы связи и оканчиваются в линейно-аппаратном цехе, откуда кроссируются для использования во вторичных сетях. От каждой системы передачи вне зависимости от того, использует ли она волокно или радиозфир, типовые каналы поступают в единый банк каналов и могут использоваться любыми вторичными сетями.

Чтобы система электросвязи работала стабильно и эффективно, нужно, чтобы стандарты первичной сети были фиксированы и стабильны*. Единственное направление развития, которое здесь возможно, — это развитие вверх, по пути увеличения групповой скорости передачи.

* Вполне естественна аналогия первичной сети со скелетом. Чтобы конструкция была стабильной, ее скелет должен быть неподвижен.

Так, в рамках развития технологии PDH вначале появились системы E1 — 2,048 Мбит/с, а затем более высокие уровни иерархии: E2 — 8 Мбит/с, E3 — 34 Мбит/с и E4 — 140 Мбит/с. Но каждый новый шаг по пути развития иерархии первичной сети требовал совместимости с нижними слоями иерархии. Например, из потока E2 можно выделить четыре потока E1, из потока E3 — четыре потока E2 и затем 16 потоков E1 и т.д. Такая процедура называется процессом мультиплексирования/демультиплексирования потоков. Когда процедура мультиплексирования PDH стала тормозить развитие первичной сети, была создана новая иерархия SDH, которая отличалась принципами мультиплексирования, но соответствовала общей идеологии первичной сети. Более того, заменив принцип пошагового мультиплексирования на принцип прямого мультиплексирования, технология SDH позволила выделить самый популярный для вторичных сетей поток E1 из потока любого уровня иерархии SDH. Это означает, что SDH больше соответствует логике традиционной системы электросвязи, чем старая технология PDH.

В то же время технологии вторичных сетей могут развиваться как угодно, но при этом всегда опираться на ту идею, что, в конечном счете, они должны использовать типовые каналы первичной сети иерархий PDH/SDH.

Установив первый приоритет за трафиком данных, технология NGN потребовала отказаться от принципа коммутации каналов. Еще на ранних стадиях информатизации общества было доказано, что для передачи данных самым удобным является принцип коммутации пакетов (кадров, ячеек, фреймов и т.п., в разные годы их называли по-разному). Значит, в системе электросвязи эпохи NGN должен доминировать принцип коммутации пакетов. Но выше мы видели, что вся традиционная система электросвязи родилась из принципа коммутации каналов. Следовательно, NGN неизбежно привносят новый принцип построения всей системы связи.

Что произойдет, если само понятие канала станет второстепенным (или, по крайней мере, не первоприоритетным)? Тогда нет никаких оснований для стандартизации каналов первичной сети, и само понятие первичной сети становится довольно аморфным. Так и получилось в процессе революции NGN: определение первичной сети как каркаса всей системы электросвязи оказалась неэффективным и в настоящее время по существу отменено.

Сейчас деление систем связи проводят не по линиям «каналы – услуги» или «передача – коммутация», а по линии «пользователь – сеть». В результате появилось понятие транспортной сети и сети доступа (рис. 1.6). Транспортная сеть NGN — это совокупность сетевых эле-



Рис. 1.6. Структура современной системы NGN

ментов, которые обеспечивают передачу трафика. Сеть доступа — это совокупность сетевых элементов, обеспечивающих доступ абонентов к ресурсам транспортной сети с целью получения услуг.

Интуитивно ясно, что деление сети на транспортную сеть и сеть доступа представляет собой более широкое, но менее строгое деление, чем разделение на первичную и вторичную сеть. Следовательно, решения в области транспортных сетей и сетей доступа будут менее формализованы и менее стандартизированы, чем в области первичной и вторичной сетей. Здесь нет четкого указания на точку стыка между сетью доступа и транспортной сетью. Вторая сложность состоит в том, что в технологии NGN не существует указания на то, какой ресурс должен быть типовым для той или иной сети доступа.

Имеет место характерный для NGN демократизм: любая технология, обеспечивающая передачу трафика и/или предоставление услуг, может считаться транспортной. Аналогично, любая технология, обеспечивающая доступ абонентов к ресурсам транспортной сети, может считаться абонентской или технологией доступа. Такая широкая трактовка технологий транспорта и доступа уже сейчас породила большое разнообразие решений обоих типов.

Наиболее популярные технологии транспортных сетей: SDH (теперь уже NGSDH), ATM, MPLS/IP, Frame Relay, WDM, магистральный Ethernet (например, 10 Gigabit Ethernet). Популярные технологии доступа более многочисленны, так как включают в себя не только техноло-

гии абонентского доступа к сетям NGN, но и традиционные абонентские технологии. Это PDH, ISDN, абонентский Ethernet, IP, xDSL и VDSL, FTTx/PON, Wi-Fi и WiMAX, WLL, HPNA, CATV и HDTV, Fibre Channel. К ним же относятся и традиционные технологии — телефонные каналы и модемная связь.

Все перечисленные технологии конкурируют друг с другом вследствие поливариантной природы сетей NGN, причем на одной и той же сети могут эффективно соседствовать и взаимно проникать (в соответствии с принципом конвергенции) различные технологии. Таким образом система связи нового поколения становится довольно разнородной и сложно структурированной. В ней сложно провести четкую границу между транспортной сетью и системой доступа. Например, в представленной на рис. 1.7 сети присутствуют транспортные сегменты NGSDH, WDM и IP, а из технологий доступа представлены Gigabit Ethernet (GE) и DSL/IAD с концентратором ATM. Но если в сети присутствует технология Ethernet, которая в равной степени может быть и технологией доступа, и транспортной технологией, то провести границу между транспортом и доступом можно только на основании оценки роли того или иного сегмента. Стоит поменять роль сегмента в сети — и можно говорить о возможной миграции этого ранее транспортного сегмента в область сетей доступа.

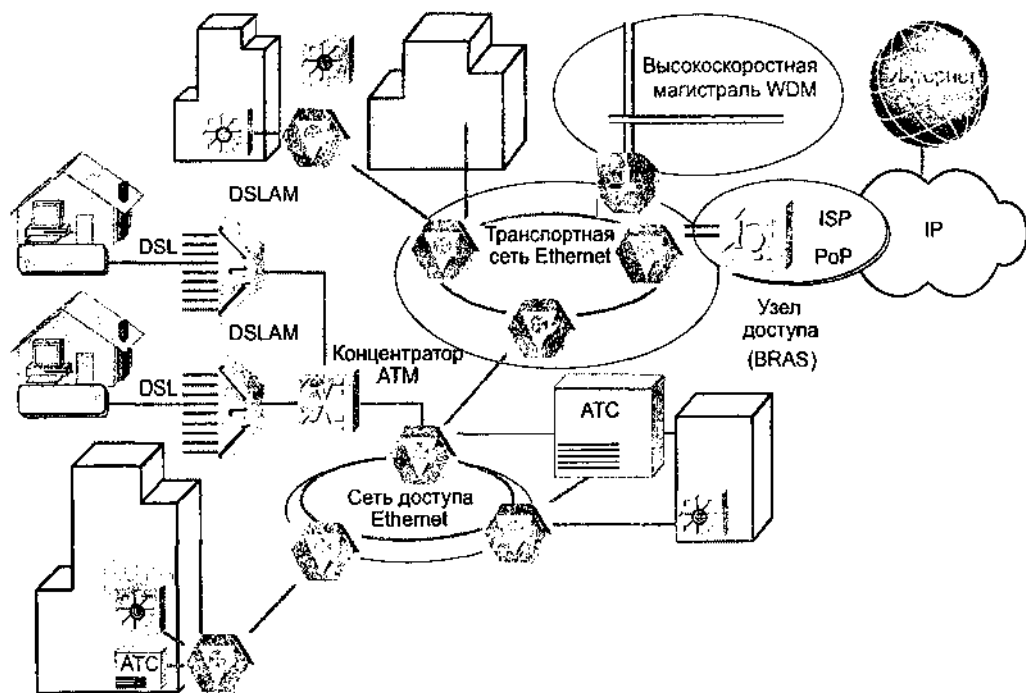


Рис. 1.7. Один из примеров современной системы NGN

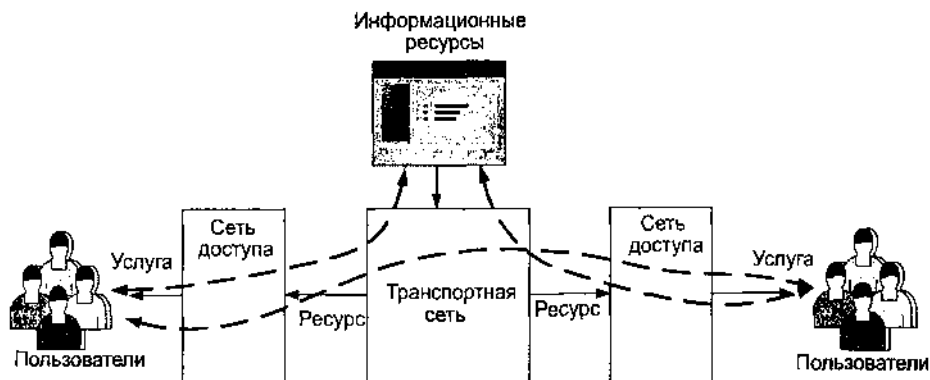


Рис. 1.8. Принципы построения сети связи NGN

Но самое интересное состоит в том, что, изменив многое в традиционной сети электросвязи от исходных принципов ее работы до непосредственных решений, технология NGN лишь в незначительной степени модифицировала механизм работы сети (рис. 1.8). Аналогия с рис. 1.4 почти полная, основное отличие состоит лишь в том, что услуги передачи данных приобрели некоторую специфику. Они в меньшей степени ориентированы на связь между пользователями, а в большей степени — на связь между пользователем и некоторыми информационными ресурсами (Web-порталами, распределенными базами данных, игровыми серверами, серверами электронной почты и пр.). Очень часто даже связь между пользователями происходит через информационный ресурс. Поэтому в первую очередь для NGN характерны не симметричные связи «клиент – клиент» (часто их называют соединениями peer-to-peer), а сугубо асимметричные связи «клиент – сервер», что привело к появлению целого класса асимметричных решений в современных сетях NGN (ADSL, Wi-Fi, WiMAX, PON и пр.).

Пользователи подключаются к транспортной сети через сеть доступа, в рамках которой пользователю выделяется определенный ресурс — канал доступа. Часто именно параметры канала доступа определяют качество и номенклатуру услуг, доступных клиенту сети NGN. Например, при организации доступа по каналу ADSL 2 Мбит/с невозможно транслировать сигнал IPTV и поддерживать эту услугу, так как она требует минимум 5...6 Мбит/с.

Через сеть доступа NGN клиенты получают ресурс транспортной сети и посредством него выходят к интересующему их информационному ресурсу или другому абоненту. Механизм полностью аналогичен представленному на рис. 1.4 за исключением того, что вместо первичной сети здесь транспортная сеть, вместо вторичной — сеть доступа, вместо канала — некий ресурс, а к группе пользователей добавляются

информационные ресурсы, которые также могут формировать и получать трафик данных, тем самым образуя еще один слой структуры NGN. Вместо дуализма «первичная сеть – вторичные сети» мы получаем дуализм «транспортная сеть – сети доступа». Так же, как и первичная сеть, транспортная сеть составляет единый ресурс для всех пользователей и операторов. Как и вторичные сети, сети доступа могут быть разными и по характеристикам, и по параметрам абонентского подключения. Итак, в модернизированной таким образом системе электросвязи теперь нет иерархии каналов, зато в транспортной сети есть ресурсы, статус которых нам еще предстоит уточнить.

В действительности вопрос намного сложнее. Основные причины разделения «старых» и «новых» сетей на первичную и вторичные сети и на транспортную сеть и сети доступа принципиально различны. Эти причины легче понять, если вспомнить о постепенно забываемой концепции мультисервисных сетей. Согласно этой концепции, чем больше услуг получает окончательный пользователь, тем эффективнее работает оператор. Но ведь ноутбук или компьютер можно рассматривать как готовый терминал мультисервисной сети: здесь есть возможность передачи данных, речи (вспомним модные в настоящее время ICQ и Skype), прослушивания музыки, просмотра видео. Подключите к компьютеру Web-камеру — и вот готовый терминал видеоконференц-связи (что и делает Skype последней версии). Дело за малым: нужно связать два компьютера друг с другом, причем обеспечить заведомо большую скорость обмена данными. Поэтому роль оператора смещается от производителя услуг к поставщику транспортных ресурсов, а пользователь через сеть доступа уже сам обеспечивает передачу и данных, и речи, и видео другим пользователям. Таким образом, часто сеть NGN рассматривают как сеть, обеспечивающую связь «компьютер – компьютер», в противовес традиционным сетям, ориентированным на связь «телефон – телефон».

Большая скорость обмена данными в современных условиях — это скорость более 200...400 кбит/с, а желательно иметь более 5 Мбит/с на одного пользователя. Такие скорости характерны только для широкополосного доступа, поэтому в этой книге мы будем рассматривать широкополосный доступ и доступ в NGN как синонимы, отмечая модемную передачу данных как заведомо устаревшую технологию.

Задача связи по широкополосному доступу двух компьютеров через сеть NGN имеет единственное эффективное решение — нужно создать объемный ресурс, который и получил название транспортной сети, а для обеспечения доступа к созданному оператором ресурсу предложена концепция сетей доступа. Отметим, что революционность NGN как раз и состоит в том, что традиционные сети (телефония, передача данных)

не предполагали широкополосной связи между абонентами, поскольку их задача заключалась в создании эффективного механизма управления коммутацией каналов.

Сегодня, когда количество компьютеров растет в геометрической прогрессии, в условиях рыночной конкуренции операторы стремятся к очень быстрому развитию технологии NGN, которая соединит многочисленные компьютеры и предоставит пользователям новой экономикомировозренческой формации (концепция ГИО) требуемые ими услуги. Поскольку каркасом NGN по праву считается транспортная сеть, то ее развитию операторы всегда отдают предпочтение. Как следствие, в современном мире сформировались следующие два тактических подхода к развитию NGN:

1. Транспортная сеть как ресурс NGN создается оператором системно и запланировано.

2. В противовес этому сети доступа создаются, как правило, индивидуально, «по месту».

Для того чтобы подключить компьютер пользователя к ресурсу NGN, все средства хороши. Напомним, что традиционные сети не предполагали широкополосного доступа до отдельных пользователей. Следовательно, сети доступа должны либо создаваться заново, либо использовать те ресурсы, которые есть в наличии. Оператор может выбирать технологии 10 Gigabit Ethernet, MPLS или NGSDH. Если есть провода — можно их использовать по технологии xDSL. Нет проводов — можно прокладывать волокно до пользователя (технология FTTx). Нет возможности проложить волокно — можно использовать радиодоступ по технологиям Wi-Fi, WiMAX, WLL и пр.). Нет возможности разместить базовую станцию радиодоступа — можно использовать ресурсы сотовых сетей (GPRS, 3G, WCDMA и пр.). Обычно для подключения пользователя всегда есть выбор между несколькими решениями. Именно поэтому в области технологий доступа число технических решений намного превосходит число решений в области транспортных сетей.

1.3.2. Архитектура современных систем NGN

Рассмотрев взаимоотношения между транспортной сетью и сетями доступа, перейдем к современной модели сетей NGN, которая пришла на смену структурной модели традиционной системы электросвязи, представленной на рис. 1.3.

Согласно современному видению, сеть NGN может быть разделена на четыре уровня (рис. 1.9):

уровень доступа А (Access) обеспечивает доступ пользователям к ресурсам сети;

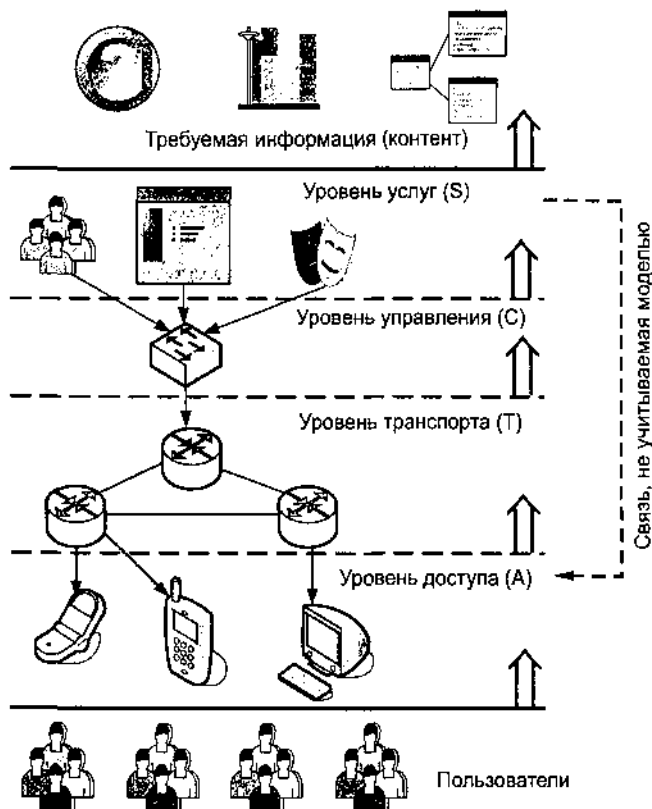


Рис. 1.9. Архитектура современной сети NGN

уровень транспорта T (Transport) представляет собой основной ресурс сети, обеспечивающий передачу информации от пользователя к пользователю;

уровень управления C (Control) представляет собой новую концепцию коммутации, основанную на применении технологии компьютерной телефонии и Softswitch;

уровень услуг S (Service) определяет состав информационного наполнения сети. Здесь находится полезная нагрузка сети в виде услуг по доступу пользователей к информации.

В модели NGN нашли отражение современные тенденции развития систем связи. В дополнение к рассмотренным в предыдущем разделе уровням транспортной сети и сетей доступа в модели NGN добавлены еще два уровня.

Уровень управления, или, по-другому, уровень коммутации, появился в связи с развитием концепции выделенных систем сигнализации. Эта концепция восходит к системе ОКС №7, в которой впервые в истории развития систем связи предусматривалось разделение речевого и сигналь-

ного трафиков. Дальнейшее развитие этой концепции пошло в направлении компьютерной телефонии*, которая предусматривала не только создание отдельной выделенной сети сигнализации, но и преобразование сигнальных сообщений выделенными устройствами на основе компьютеров. Недорогие устройства преобразования сигнализации, построенные на основе открытых интерфейсов, могли создаваться относительно небольшими коллективами разработчиков. Это привело к либерализации рынка устройств коммутации и позволило операторам существенно увеличить объем услуг связи. В конце концов развитие компьютерной телефонии привело к концепции Softswitch, а затем к концепции объединения на уровне управления мобильных и проводных сетей — концепции IMS. Ценность уровня коммутации настолько существенна для концепции NGN в целом, что часто под сетями NGN понимаются исключительно технологии Softswitch и IMS, что не совсем справедливо**. Тем более важно в обобщенном понимании NGN вынести проблемы коммутации на отдельный уровень.

Появление уровня услуг было обусловлено глубоким проникновением в сферу телекоммуникаций современных маркетинговых идей. Традиционные сети имели объективные ограничения на спектр предоставляемых услуг, связанные с малыми возможностями абонентского устройства — телефона. NGN сместила вектор развития систем связи на путь наращивания спектра услуг. С одной стороны, этому способствовала замена у большего числа пользователей телефона на более совершенный терминал — компьютер. С другой стороны, развитие концепции компьютерной телефонии и Softswitch создало технологическую основу для управления любыми сколь угодно разнообразными услугами. Существенную часть деятельности оператора связи стал составлять маркетинг услуг, включающий в себя формирование концепции новых услуг, реализацию новой концепции, продажу услуг, их сопровождение и пр. Появился новый термин — «цикл жизни услуги», поскольку услуги начали сменять друг друга очень быстро. Все перечисленное придало услугам особое значение и потребовало выделить их в отдельный уровень модели NGN.

* Понятие компьютерной телефонии принципиально отличается от телефонии VoIP. Компьютерная телефония связана с преобразованием сигнальных сообщений, тогда как телефония VoIP предусматривает использование компьютера (а затем VoIP-терминала) в качестве телефона.

** Обычно такого рода понимание технологии NGN свойственно специалистам в области протоколов сигнализации и систем коммутации. Для них революция NGN сводится по сути к системам Softswitch и IMS. Мы же будем исходить из более широкого понимания концепции NGN на всех четырех уровнях.

Можно ли предположить, что в модели NGN появятся другие уровни? Такая ситуация вполне возможна, учитывая тот факт, что NGN представляют собой исключительно динамичную концепцию. Но пока внутри сформированных четырех уровней модели NGN не видно технологий, которые могли бы сформировать отдельный уровень архитектурной модели.

В дальнейшем указанную модель NGN мы будем кратко называть SCTA, по первым буквам английских названий уровней. Ниже будет показано, что разделение системы NGN на четыре уровня оправдано также и с методической точки зрения, поскольку на разных уровнях модели NGN решаются независимые друг от друга задачи. В то же время нельзя не учитывать, что разные уровни тесно взаимодействуют друг с другом, так что часть практических методик может находиться внутри отдельных уровней NGN, другие же могут использоваться на нескольких уровнях в зависимости от решаемой задачи.

Следует указать на инженерно-технические ограничения предлагаемой четырехуровневой модели. Для этого еще раз задумаемся над вопросом, зачем вообще создается сеть NGN. По мнению автора, этот вопрос имеет однозначный ответ — для организации доступа пользователям (населению) к информационным ресурсам. Поэтому на рис. 1.9 под моделью SCTA снизу показаны пользователи, а сверху — информационные ресурсы, доступ к которым им необходим. В таком случае сразу становится понятен механизм работы систем NGN. Вначале пользователь получает канал доступа и выходит в транспортную сеть. Транспортная сеть обеспечивает передачу трафика пользователя и трафика от информационного ресурса. Уровень коммутации позволяет пользователю установить канал взаимодействия между терминалом и ресурсом, а уровень услуг обеспечивает сквозную поддержку соответствующего качества. Другими словами, легко указать «стандартный путь» пользователя для получения услуги «снизу вверх». Но вместе с тем можно анализировать связи уровня доступа А с уровнем услуг S, а также связи между уровнями S и T, между С и А и т.д., обнаружив взаимопроникновение (конвергенцию) уровней модели. Поэтому эта модель скорее не технологическая, а представляет собой удобную классификацию задач NGN и соответствующих им решений.

1.4. Сдвиг парадигмы. «Дыхание» NGN

1.4.1. Проявления сдвига парадигмы

Переход от традиционных систем связи к технологии NGN иногда называют изменением парадигмы систем связи. Под парадигмой, по

Т. Куну*, будем понимать не только совокупность технических решений и принципов формирования современных систем связи, но и стратегию развития отрасли связи.

Сдвиг парадигмы не затрагивает основы телескоммуникаций, но меняет мировоззрение специалистов. При этом связанное сообщество неизбежно разделяется на две группы специалистов: традиционных специалистов и специалистов «эры NGN». В большинстве случаев они говорят на разных языках и поэтому не понимают друг друга. С этим, в частности, связан тот факт, что современные сети NGN операторы связи проектируют, развертывают и эксплуатируют отдельно от традиционных сетей. Часто именно мировоззренческая пропасть между двумя группами связанного сообщества не позволяет объединить технические средства в единые сети связи.

Первоначальный сдвиг парадигмы, связанной с NGN, — это появление новых технических решений, специалистов с новым мышлением и даже новой философии сетей нового поколения. Этот сдвиг парадигмы уже произошел, и его последствия мы наблюдаем в виде новых услуг и систем связи во многих городах России.

Дальнейшее развитие, согласно Т. Куну, должно идти по пути конкуренции двух парадигм в социальном пространстве, т.е. в нашем случае в среде связанного сообщества. Какая парадигма захватит умы — та и победит в будущем. Но уже сейчас ясно, что молодежь отдает предпочтение NGN. Во всем мире повторяется одна и та же ситуация. Как правило, на переговоры по внедрению современных технологий связи руководство среднего или старшего возраста всегда приглашают молодого специалиста 25–30 лет, который лучше всех представляет специфику технических решений NGN. Быстрая смена технологий NGN требует быстрого овладения научно-технической информацией, что более свойственно молодым людям. Такие специалисты видят в концепции NGN уникальную возможность карьерного роста. Именно эти молодые инженеры когда-нибудь станут директорами предприятий связи и может быть займут министерские кресла. В этот момент истории парадигма NGN победит окончательно. До этого времени мы будем наблюдать постепенное вытеснение традиционных принципов организации сетей связи новыми идеями.

Философские и социально-технологические дискуссии вокруг парадигмы связи продолжаются, и выделить все темы обсуждений достаточно сложно. Сдвиг парадигмы происходит сначала в умах, а затем

* Имеется в виду его работа «История научно-технических революций» [31]. Согласно определению Т. Куна, парадигма (дисциплинарная матрица) выступает как совокупность знаний, методов и ценностей, безоговорочно разделяемых членами научного сообщества.

уже в технических решениях, поэтому война технологий напоминает больше партизанскую войну, чем открытые боевые действия. Победное шествие тех или иных технологий можно наблюдать в разных сегментах рынка систем связи.

Для помощи читателю в понимании специфики NGN приведем несколько примеров, которые показывают «дыхание» NGN и одновременно, по военной терминологии, взрывают традиционные принципы построения систем связи.

1.4.2. Равноранговые сети и авторское право

Один из первых в истории проектов NGN, который заставил задуматься над новой парадигмой связи, стал проект Napster, описание которого можно найти в монографии Э. Танненбаума «Компьютерные сети» [7].

Технология равноранговых (peer-to-peer) сетей стала очень популярной в Америке к 2000 г., и одной из реализаций такой сети стал проект Napster. В апогее своего развития сеть Napster насчитывала 50 млн пользователей, которых объединяло одно — любовь к музыке. Пользователи сети Napster бесплатно и бескорыстно обменивались музыкальными записями через сеть. Идея была простой и чрезвычайно популярной. Каждый новый пользователь вносил на сервер Napster информацию об имеющихся у него музыкальных записях. Тем самым формировалась единая база данных о музыкальных записях. Если другого пользователя интересовала какая-то запись, то он обращался напрямую к ее обладателю и договаривался об обмене или просто о скачивании музыкального файла.

Таким образом, проект Napster позволил создать в Интернете большую «толкучку». Но на главном сервере Napster не хранилось ни одного файла, а сама компания не была замечена ни в одной из продаж нелегально скопированной музыки. В то же время это стало одним из самых массовых нарушений авторских прав в истории звукозаписи. Здесь и возникло противоречие. С одной стороны, проект Napster функционировал и выполнял функции раздачи контрафактной продукции, с другой стороны, никакой юридической ответственности компания Napster не несла. Когда же под напором музыкальных компаний проект Napster был принудительно закрыт*, фактически это ничего не дало.

Пользователи приняли к сведению, что бороться с сетью Napster оказалось возможным из-за присутствия базы данных о наличии музыкальных файлов. Именно поэтому первая версия проекта и была закрыта.

* В соответствии с решением суда США (в июле 2000 г.) компания должна была всего лишь следить за тем, чтобы ее пользователи не обменивались музыкальными записями, защищенными авторским правом. Однако компания не бросила любимое дело — на сайте free.napster.com до сих пор представлена неплохая музыкальная библиотека. — Прим. ред.

В следующей версии проекта каждый пользователь вел свою базу данных и поддерживал список группы пользователей. Новый пользователь такой равноранговой сети выходил на бывшего пользователя Napster и узнавал, какие записи есть у него, а также получал список пользователей, у которых также можно было поинтересоваться музыкой. В такой сети процесс поиска становился очень долгим, и вскоре появились программные пакеты, которые автоматизировали этот процесс. В результате проект был реанимирован, но теперь для конспирации даже не имеет названия. Прекратить функционирование такой сети без существенного нарушения гражданских свобод уже практически невозможно.

Здесь мы видим первый яркий пример того, как виртуальные технологии, к которым относится и технологии NGN, могут подрывать нравственные устои и юридические права общества.

1.4.3. Кластерные сети

Приблизительно та же самая идеология равноранговых сетей используется в настоящее время операторами NGN в так называемых кластерных сетях. Представим себе сеть, устроенную по принципу «междусобойчика», т.е. сеть, объединяющие компьютеры, работающие по принципу peer-to-peer. Такой режим связи можно реализовать в домовых сетях современных городов. Небольшие компании разворачивают в жилом секторе локальные сети, например, в домах или подъездах. Все локальные сети объединяются в единый кластер (рис. 1.10). Абонентам кластера предоставляется возможность обмениваться данными и файлами бесплатно, тогда как доступ в Интернет представляется за плату.

Теперь представим, что предлагаемая кластерная сеть «растягивается» до размеров района или даже города. В таком случае область

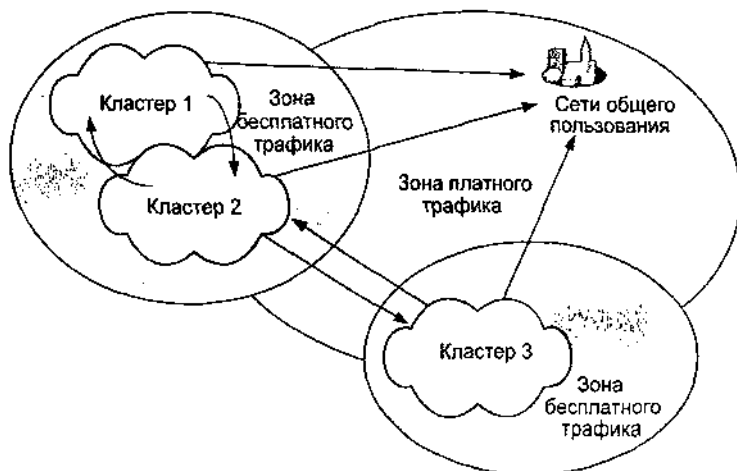


Рис. 1.10. Технология кластерных сетей

«междусобойчика» объективно должна вырасти. А это, в свою очередь, приводит к интересным последствиям для развития услуг в сети. Чем больше абонентов находится в сети, тем больше насыщенность услуг и больше информации находится в самой сети. Например, если официально в настоящее время запрещено выкладывать в Интернете бесплатные библиотеки MP3-музыки, то никто не может запретить этого в рамках кластерных сетей. Ни один закон не может запретить людям в частном порядке обмениваться своими информационными ресурсами*. Теперь представим, что по взаимной договоренности абоненты кластерной сети выкладывают интересные ресурсы, материалы, файлы в общий доступ или безвозмездно жертвуют «междусобойчику» часть своего свободного дискового пространства. Тогда все ресурсы будут обобществлены. Объединенная на добровольных принципах, работающая по принципу резервирования информации кластерная сеть становится информационным ресурсом, который не могут позволить себе даже крупные государственные учреждения и военные ведомства.

В России, где технология кластерных сетей только начинает развиваться, уже существуют сети с емкостью информационных ресурсов свободного доступа в десятки и сотни терабайт. MP3-файлы, программное обеспечение, электронные библиотеки, самые последние видеофильмы — все это становится доступным для любого нового абонента. В результате наблюдается цепная реакция. Чем больше ресурс кластерной сети, тем с большей охотой к ней подключаются новые абоненты. А чем больше абонентов сети, тем значительнее ресурс сети. Таким образом, мы получаем необычное явление в современном мире. Сама собой, без специального финансирования, вырастает система с высочайшей суммарной производительностью и огромными коммерческими ресурсами.

Представим, что какая-то компания создает новый сетевой программный продукт, например сетевую игру, одна из статей затрат на ее разработку включает тестирование. На помощь приходят кластерные сети. Компания-разработчик заключает контракт на тестирование с оператором кластерной сети и выкладывает новый продукт для бесплатного пользования в область «междусобойчика». Количество абонентов сети, объем информационных ресурсов, производительность кластерной сети дают возможность провести испытания нового продукта в полном объеме. При этом испытания выполняются в условиях, максимально близких к условиям Интернета. Такой проект выгоден всем: разработ-

* В октябре 2007 года американский суд приговорил жительницу штата Миннесота к штрафу в 222 тыс. долларов за распространение музыкальных файлов через сеть Казаа. Вполне вероятно, что за этим последуют санкции и против других пользователей файлообменных сетей. — *Прим. ред.*

чик экономит на затратах на тестирование продукта*, оператор получает дополнительные средства буквально «из виртуального пространства».

В настоящее время домовые сети в большинстве городов имеют ограниченную область охвата, обычно в пределах одного района. Но есть уже и проекты среднего и большого масштаба. С учетом высокой популярности кластерных сетей есть все основания предположить, что уже через несколько лет такие сети смогут бросить вызов сетям городского и даже национального масштаба. В таком случае мы можем ожидать в будущем радикального изменения принципов функционирования абонентских информационных сетей.

Вместе с тем технология кластерных сетей подрывает основы регулирования в области авторского права. Для пользователей таких сетей «Copyright» означает «скопировано правильно». Действительно, юридически довольно сложно обвинить в «пиратстве» человека, который не продаст авторизованный продукт, а бесплатно раздаст его своим соседям. Выше мы уже видели, как сложно реализовать контроль над информационным содержанием кластерной сети.

И вновь мы видим революционный смысл технологии NGN, которая преобразует мир вокруг нас.

1.4.4. Skype как символ новой парадигмы

Еще одно решение в области равноранговых сетей представляет собой проект Skype, который также меняет наши представления о современных методах связи. Для пользователя Skype предоставляет бесплатное программное обеспечение, которое позволяет через Интернет разговаривать с другим пользователем Skype. В основе системы лежит все тот же принцип peer-to-peer, согласно которому пользователи обмениваются пакетизированными речевыми пакетами VoIP через Интернет. Сервер Skype участвует в процессе работы сети, только формируя общую базу данных пользователей сети и обеспечивая соединения между ними.

Сеть Skype следует общей модели кластерных сетей, рассмотренной выше. Внутри сети Skype абоненты могут говорить бесплатно, о чем недвусмысленно извещает девиз компании «Весь мир может разговаривать бесплатно». В то же время звонок во «внешний мир» является платным и оплачивается из счета, который пользователь Skype открывает в компании.

* Как тут не вспомнить книгу «Мифический человеко-месяц», в которой П. Брукс рассказывал о бригаде квалифицированных, а следовательно, высокооплачиваемых специалистов, которые тестировали знаменитую ОС-360? А вот продукцию фирмы Microsoft тестирует уже весь мир, оплачивая при этом передачу сообщений об ошибках. — *Прим. ред.*

В настоящее время Skype лидирует по количеству пользователей (более 5 млн) и постепенно наращивает функциональность услуг. Помимо телефонной связи абоненты Skype могли обмениваться тестовыми сообщениями и файлами. В последней версии Skype к перечню услуг добавилась еще и видеотелефония через Web-камеру. В мире бизнеса Skype стал одним из самых популярных средств для ведения международных переговоров и широко используется многими компаниями.

Популярность системы Skype оказалась настолько широкой, что в настоящее время существует целая группа мировых и отечественных системных интеграторов, которые включили эту систему в свой инструментарий. Такие компании строят решения по автоматизации бизнес-процессов и управления современными компаниями с использованием Skype и даже разрабатывают специальные приложения на ее основе.

Таким образом, Skype из простого Интернет-проекта превратился в международную сеть, которая построена на совершенно отличных от традиционных сетей принципах*.

С точки зрения традиционных сетей Skype представляет собой не более чем обычную услугу Интернета. Забирая у телефонных компаний трафик, конкурируя с традиционными и новыми международными операторами, Skype остается в виртуальном пространстве, вне норм, вне юридических оснований и вне регулирования со стороны национальных ведомств. И здесь мы снова улавливаем «дыхание» новой парадигмы NGN, которая порождает явления, не вписывающиеся в традиционные понятия о системах связи.

1.4.5. Бесплезные попытки регулирования тарифов на VoIP

От различных вариантов технологии равноранговых сетей перейдем к явлениям, связанным с другими особенностями NGN — демократичностью и поливариантностью. В частности, рассмотрим, какие возможности для голосовой связи имеет абонент NGN, подключенный через систему доступа ADSL2+.

Как показано на рис. 1.11, любой пользователь ADSL2+ имеет следующие возможности для организации телефонной связи:

* Покупка Skype компанией eBay показывает, что виртуальный мир NGN может оказывать существенное влияние на экономику. Виртуальный проект Skype был оценен в 2,5 млрд долларов. Эта сделка всколыхнула все мировое связанное сообщество. Компания с доходом в 100 млн долл была куплена за стоимость, превышающую ее объективную цену более чем в 25 раз. До сих пор не утихают споры о том, что же на самом деле купила eBay, покупая Skype.

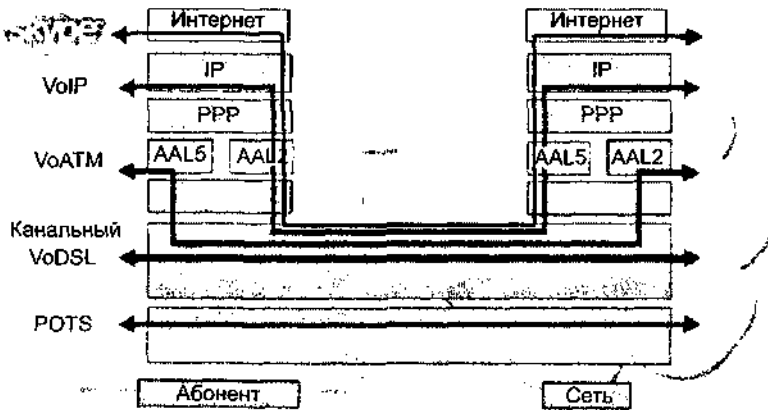


Рис. 1.11. Варианты организации голосовой связи абонента ADSL2+

- технология ADSL оставляет возможность абоненту пользоваться услугами традиционной телефонии по прямому телефонному каналу через сплиттер (POTS);
- технология ADSL2+ по сравнению с технологией ADSL обеспечивает создание канала передачи речи поверх цифрового потока DSL — CVoDSL, который позволяет существенно экономить полосу передачи;
- в стандарте ADSL присутствует уровень ATM, поэтому пользователь может использовать технологию передачи речи поверх ATM — VoATM, используя для этой цели уровень адаптации AAL2;
- системы ADSL ориентированы на предоставление услуг на основе IP на верхнем уровне, поэтому абонент ADSL2+ имеет все возможности использовать для передачи речевой информации технологию VoIP;
- наконец, он может пользоваться Интернет-телефонией, в частности Skype.

Таким образом, абонент имеет пять различных способов телефонной связи на одном и том же абонентском подключении ADSL2+. Все эти технологии используют разные методы преобразования речевого сигнала в цифровой поток (в случае использования канала традиционной телефонии сигнал вообще не оцифровывается) и обеспечивают разную эффективность использования полосы абонентского канала. Но для нас важно, что все пять вариантов подключения одинаково доступны абоненту. Он имеет право выбрать любой из них или использовать несколько одновременно. Например, в квартире могут соседствовать традиционный телефон, телефон CVoDSL, терминал VoIP и телефонная трубка Skype.

Такое богатство выбора на каждом широкополосном абонентском подключении приводит, помимо общих преимуществ оптимизации тарифных платежей, к некоторым интересным последствиям. Абонент мо-

жет выбирать оператора, обеспечивающего ему телефонную связь. Как правило, оператор, обеспечивающий подключение абонента к ADSL, является одновременно оператором традиционной телефонии. Но никто не запрещает абоненту использовать VoIP, купив соответствующую карту и терминал. А Skype доступен вообще всем абонентам Интернета. За счет этого наиболее активные (как правило, наиболее искушенные в возможностях современного технологического мира) абоненты могут эффективно экономить на разговорах и при этом не нарушать никакие законы. Возможность регулировать техническую политику приводит к тому, что абонент в случае возникновения неблагоприятных условий может уйти к другому оператору. И если раньше операторы могли независимо формировать тарифные планы, то в случае NGN все становится намного сложнее. Если тарифы на традиционную телефонную связь увеличиваются, то абоненты могут уйти вместе со своим трафиком в CVoDSL, VoIP или Skype. В результате меняется прибыль компании.

Факторы гибкости и децентрализации проявляются не только в поведении пользователей сети, но и в работе операторов. Например, в последнее время стремление Мининформсвязи РФ регулировать работу сегментов NGN, приняв закон о лицензировании услуг VoIP (1999 г.), привело к тому, что большая часть операторов домашних сетей отказалась от этой услуги, а абоненты ушли в Skype.

Этот пример демонстрирует, что поливариантность технологических решений NGN допускает разные варианты поведения операторов, что позволяет компенсировать любые внешние воздействия, в том числе юридического и административного характера. С одной стороны, это является несомненным преимуществом сетей NGN, но с другой стороны, видно, что процедуры нормирования, лицензирования и вообще законодательного управления сегментами NGN должны основываться на совершенно новых принципах.

1.4.6. Виртуализация ресурсов сетей

Еще одним примером сдвига парадигмы связи является глубокая виртуализация системы связи и ее ресурсов. Так, в традиционной системе связи абонент получает реальный ресурс сети. Это может быть телефонная пара или канал E1 с фиксированными характеристиками (уровнем напряжения, скоростью или структурой кадра). В NGN все иначе. Абонент, подключенный к сети через Ethernet, получает (нужно прочувствовать эти слова!) «доступ к виртуальному ресурсу». Какой же ресурс в действительности доступен абоненту? Это зависит от поведения всех остальных пользователей сети Ethernet. Такой метод подключения напоминает водопроводную сеть высотного здания. Напор

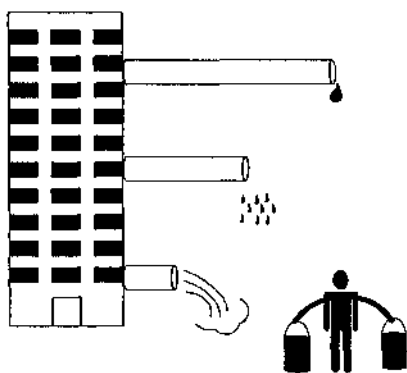


Рис. 1.12. Представление о виртуальном ресурсе: напор воды на верхних этажах зависит от поведения жильцов нижних этажей

воды в кране в одной квартире будет зависеть от интенсивности пользования водопроводом остальными жильцами (рис. 1.12). Это хорошая иллюстрация понятия виртуального ресурса. В результате пользователь NGN сегодня получает один ресурс, а завтра — совершенно другой, более того, пропускная способность ресурса может меняться даже в течение нескольких секунд.

Возможным выходом могла бы стать приоритетность в обслуживании тех или иных абонентов. Например, оператор может установить для привилегированных абонентов высокий уровень приоритетности,

так что их трафик будет обслуживаться в первую очередь. Но такого рода решение может рассматриваться только как временное. Механизм виртуализации ресурса остается неизменным. Вначале приоритеты могут ослабить конфликт доступа пользователей к виртуальному ресурсу, но по мере увеличения числа высокоприоритетных пользователей совместное использование «элитного водопровода» вновь приведет к тем же конфликтам, только на этот раз не для пользователей сети, а внутри группы*.

Приведенный пример тем более важен, что виртуализация ресурсов проявляется в системах NGN не только на уровне доступа, но и на уровне транспорта, и на уровне коммутации. Можно утверждать, что парадигма NGN основана на полной виртуализации процессов сети, что не будет излишне радикальным. Ниже будет показано, что виртуализация ресурсов сетей является одной из особенностей сетей нового поколения.

В то же время виртуализация ресурса и его разделение между несколькими пользователями делает поведение сети непредсказуемым. Из-за большого числа пользователей характеристики ресурса (пропускная способность или качество связи) может меняться на 1–3 порядка в течение нескольких минут и даже секунд. Измерив, например, параметры качества в заданный момент времени, оператор не может гарантировать, что эти параметры сохранятся хотя бы в течение часа.

* Нечто подобное наблюдалось на столичных улицах. Наличие в правительственной машине «мигалки» позволяло быстро перемещаться по городу. Но по мере увеличения количества легальных и нелегальных «мигалок» проблема пробок встала и для этих машин, и теперь нередко можно увидеть уже очередь машин с «мигалками».

1.4.7. Социальное расслоение в отрасли связи

В приведенных выше примерах было показано техническое «дыхание» новой парадигмы связи. На основе технологии NGN создавались технические решения, которые не вписывались в существующие в настоящее время механизмы работы систем связи. Но сдвиг парадигмы — не только технический, но еще и мировоззренческий. Чтобы это показать, обратим внимание на социальные аспекты внедрения сетей NGN.

Мы можем наблюдать социальные изменения в отрасли, которые принесли с собой доктрины NGN. Изменения заметны и по характеру публикаций, и по уровню общения между специалистами. Даже поверхностный взгляд выявит, что современное связанное сообщество разделилось на две части: одна придерживается традиционных принципов, а другая уже живет в NGN. Общение между специалистами двух противостоящих «партий» не только не затруднено, но, скорее, вообще невозможно в полной мере, поскольку они говорят на разных языках и оперируют разными категориями. Например, развертывание сетей NGN включают в план перспективного развития операторов связи и выполняют изолированно от существующей сети. Отдельные подразделения развертывают сегменты NGN, запускают их в строй, настраивают, диагностируют и эксплуатируют. Обычно специалисты этих подразделений почти не общаются с инженерами подразделений традиционных сетей. Сегменты NGN выглядят на карте сети как отдельные острова, лишь незначительно связанные со остальной сетью. Языки технических описаний традиционных сетей и NGN настолько отличаются, что специалисту в области традиционных сетей довольно трудно прочесть и выполнить тесты, относящиеся к сетям NGN.

Все эти наблюдения приводят нас к выводу, что современные революционные преобразования в связи, вызванные появлением NGN, носят действительно глубокий характер и охватывают не только технические, но и социальные стороны развития отрасли телекоммуникаций. Внедрение NGN нельзя свести к механической замене одной технологии другой, что было в истории сетей связи неоднократно. Мы действительно имеем дело с изменением парадигмы и с настоящей революцией, которую сопровождают перемены, хаос идей, ломка мировоззрений и все то, что делает современный этап технической истории уникальным и особенно интересным для исследования.

Исследование общих принципов NGN

2.1. Цели исследования сетей NGN

Приведенные в гл. 1 примеры позволяют почувствовать масштабность перестройки систем связи, вызванной NGN, и соответствующую масштабность проблем, которые ставит проникновение новых технологий в традиционные сети связи.

Теперь от констатации факта, что NGN как явление существует и подразумевает коренную перестройку всех принципов архитектуры систем связи, перейдем к более глубокому исследованию NGN как технического явления. Для этого будем следовать плану, представленному на рис. 2.1.

Поставим цель найти **универсальные** свойства систем NGN, которые могли бы считаться характерными признаками сетей нового поколения. Описав их, разработаем универсальные практические знания (подходы и методы) о принципах построения сетей NGN, которые затем при-

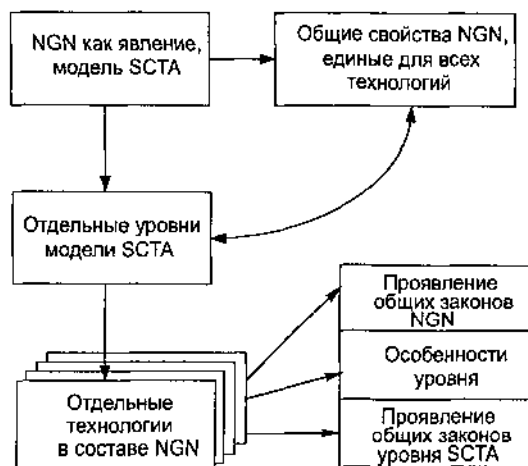


Рис. 2.1. Структура исследования NGN

меним к различным технологиям NGN в модели SCTA с учетом специфики функционирования каждого уровня.

Как будет показано ниже, на каждом уровне модели SCTA имеются характерные технологические решения, которые отражают общие свойства NGN, и наоборот, каждый уровень привносит некую специфику во все эти решения. Поэтому логично провести исследование NGN от общего к частному.

В этой главе ставится задача исследования общей философии и принципов NGN, а исследование особенностей технологий на отдельных уровнях SCTA и изучение их индивидуальных свойств будет сделано в последующих главах.

2.2. Идеологическая доктрина мультисервисных сетей

Исследование основных принципов сетей NGN начнем с исторического отступления, связанного с концепцией мультисервисных сетей (МСС). Эта концепция непосредственно предшествовала бурному развитию технологий NGN и во многом определила лицо современных систем связи.

В период своего расцвета (середина — конец 90-х годов) именно концепция МСС отражала революционную ситуацию со всеми рассмотренными в гл. 1 проявлениями. Так же, как сейчас NGN, концепция МСС требовала коренной перестройки архитектуры сетей связи на всех уровнях в соответствии с приоритетом трафика данных над трафиком традиционных сетей коммутации каналов. При этом именно предложение новых услуг способствовало массовому внедрению МСС. Никто не развивал бы систему сотовой связи, если бы мобильные телефоны не покупались населением из-за удобства оказываемых ими услуг. Если бы не было сайтов с полезной (правда, иногда и вредной) информацией, никто не стремился бы в Интернет и не платил бы больше и больше за скорость доступа. Поэтому услугам отводится важная роль двигателя каждой новой технологии, что отражено и в названии этой технологии. («Мультисервисные сети — больше услуг хороших и модных!» — хороший лозунг для начала идеологической интервенции.) Сформированная в результате первых маркетинговых атак концепция МСС базировалась на следующей нехитрой логике: чем больше услуг предоставит пользователю оператор, тем более эффективной будет работа его сети, тем большую прибыль он может получить от каждого пользователя.

Разумная техническая политика закономерно предполагает, что экстенсивное развитие систем связи (расширение зоны охвата сетями связи населения, перевод оборудования на цифровую технологию, широкое

строительство систем связи и пр.) рано или поздно исчерпает себя. Развитие номенклатуры услуг как нельзя лучше подходит на роль нового направления развития систем связи «вглубь». Более того, в условиях рынка номенклатура услуг выступает одним из важных факторов конкурентоспособности оператора.

Чем больше оператор развивает новые услуги, тем более интересной и привлекательной кажется пользователю сеть, так что пользователи заинтересованы в новых услугах. И наоборот, чем больше новых услуг потребляет пользователь, тем больше у него ожидания «чего-то новенького», а это неизбежно приводит оператора к необходимости постоянно придумывать новые услуги*.

Ставка в концепции МСС на услуги как основную мотивацию перестройки сетей выглядела не всегда обоснованной. Идеологам МСС приходилось говорить об услугах (маркетинг), подразумевая при этом коренную реконструкцию сетей связи (основная цель и необходимость) с учетом революционных условий и особенностей жизни (новое поколение выбирает компьютер!). В результате до конца смысл и назначение концепции МСС так и не был понят и принят отечественным связным сообществом. Многие специалисты активно восставали против концепции МСС, мотивируя свою позицию тем, что для развития новых услуг нет необходимости в коренной модернизации сети, достаточно постепенной модернизации.

В результате по истечении нескольких лет споров и обсуждений концепцию МСС сменила более устойчивая идеология NGN. Но результат был достигнут — новыми услугами заинтересовалась наиболее активная часть связанного сообщества, которая начала мыслить в направлении новых услуг и коренной модернизации сетей.

Следует отметить, что переход от концепции МСС к концепции NGN получился очень естественным и был обусловлен развитием конечных устройств современных сетей связи. На рис. 2.2 слева схематично представлена концепция МСС. Как было показано выше, в основе этой концепции лежал принцип увеличения количества услуг для каждого аби-

* Сотрудничество потребителей и оператора может принести неожиданные результаты. В этом смысле уникальным примером работы может служить Кемеровский филиал МРК «Сибирь-Телеком», где была выдвинута идея использовать ресурсы традиционной телефонной сети для предоставления новых услуг. Несмотря на объективные ограничения, связанные с низкой функциональностью конечного устройства пользователя — обычного телефона, инженеры Кемерова продемонстрировали эффективность внедрения новых услуг. В настоящее время на сети предоставляется более сотни разных услуг в рамках телефонной сети: от весьма распространенных (карточки оплаты, справочная служба и пр.) до вполне экзотических (вопрос священнику по телефону, сказка для малыша на ночь и пр.).

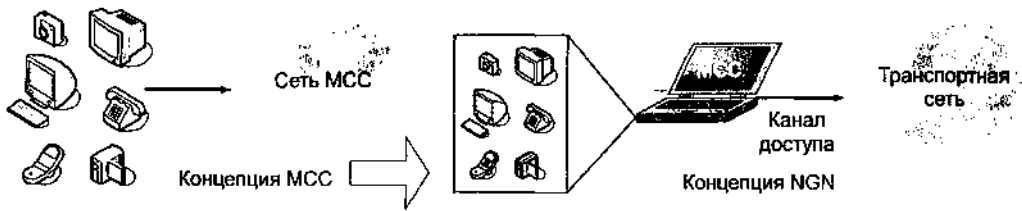


Рис. 2.2. Последовательный переход от концепции МСС к концепции NGN

нента. Следовательно, абонент мог получить традиционную или цифровую (ISDN) телефонию, канал передачи данных, видеоконференц-связь, терминал обмена короткими сообщениями и пр., т.е. к МСС могли подключаться самые разные оконечные устройства, и сеть должна была обеспечить их взаимодействие. Отсюда и следовала необходимость перестройки сетей связи.

В конце 90-х появилось новое поколение ноутбуков, технические характеристики которых были сопоставимы с настольными компьютерами. В результате возникла новая концепция предоставления услуг. Большая часть современных услуг оказалась реализована в ноутбуке. Здесь есть возможность прослушивания музыки и просмотра видеофайлов и DVD, встроенный модем и микрофон дают возможность подключиться к телефонной розетке и практически заменить телефон, подключив к ноутбуку Web-камеру, абонент получает возможность организации видеоконференц-связи и т.д. В результате все «мультисервисы» оказались сосредоточены не в сети, а в самом оконечном устройстве — компьютере. Соответственно, изменился характер задачи построения систем связи. Теперь для построения МСС оказывается достаточно связать два и более компьютеров высокоскоростными каналами, а услуги уже реализованы в такой системе (рис. 2.2, справа). Тогда и произошло изменение концепции построения систем связи. Акцент сместился в область решения задачи взаимодействия двух компьютеров, которые теперь рассматривались как интеллектуальные абонентские терминалы.

Для решения этой задачи было предложено построить транспортную сеть, позволяющую в идеале переносить любой трафик пользователя из конца в конец сети. Так появилось понятие транспортных сетей NGN (Т). Теперь остается только соединить мобильный терминал пользователя (в общем случае ноутбук) с транспортной сетью и обеспечить относительно высокую скорость обмена данными. Так возникла проблема широкополосного доступа (А). Далее для эффективного управления новыми услугами было предложено использовать отдельные решения в части сигнализации, так появился дополнительный уровень управления (С). В результате была сформирована четырехуровневая модель SCTA, которая служит основой нашего исследования.

Таким образом, концепция МСС оказалась прообразом будущей концепции NGN. Идеи построения мультисервисных сетей, расширения номенклатуры услуг и необходимости модернизации сети благодаря сформированной концепции МСС овладели массами и подготовили почву для масштабного внедрения концепции NGN. Сама же концепция МСС тихо растворилась в концепции NGN, обосновавшись в виде отдельных элементов на уровне управления и уровне услуг.

Пришедшая на смену МСС концепция NGN выглядит более проработанной, сложной и обоснованной. В основе идеи NGN лежит не априорное наращивание услуг, а идея о том, что компьютер в современном обществе важнее, чем телефон. На основе этой простой идеи, которая в свою очередь является лишь отражением более широкой концепции ГИО и логично вытекает из необходимости информатизации общества, делается вывод о необходимости перестройки всех систем связи в контексте новых технологических условий. Эта идея оказалась настолько успешной и логичной, что постепенно вытеснила из поля дискуссий даже упоминание о мультисервисных сетях.

2.3. Основные принципы функционирования оборудования NGN

В этом разделе покажем, что в основе всех технических решений на четырех уровнях модели SCTA сетей нового поколения лежат принципы функционирования, вытекающие из следующих общих свойств NGN.

1. Оборудование NGN построено на основе современной микропроцессорной технологии. Поэтому сети можно отнести к системам распределенного интеллекта.

2. Технические решения NGN опираются на технологию с коммутацией пакетов.

3. В соответствии с постулатом о том, что компьютер в современном мире важнее телефона, компьютерная логика используется на всех стадиях разработки оборудования NGN: от формирования концепции и стандартов до производства оборудования.

2.3.1. Преимущество технических решений

Как будет показано в настоящем исследовании, все перечисленные далее принципы красной нитью проходят в любых решениях NGN и могут считаться критериями, которые позволяют отделить технологию NGN от традиционных сетей связи. Ниже мы рассмотрим эти принципы, по возможности иллюстрируя многочисленными примерами их влияние на отдельные решения в области NGN.

Один раз разработав какой-то принцип или структуру, связисты используют наработанные решения, даже если это не определено объективной необходимостью. Так, предложенная в конце 60-х годов кадровая структура HDLC была использована сначала в технологии X.25, затем перекочевала в технологии кадровой передачи Frame Relay и ISDN (LAPD), потом в структуру сигнальных сообщений ОКС №7 и далее из системы сигнализации В-ISDN в технологию ATM.

Такая же преемственность, как будет показано ниже, наблюдается в технологии Ethernet и ряде других технологий.

Если рассмотреть принципы построения систем тарификации, биллинга, диагностики сетей и других административных решений для организации работы операторов, то и здесь присутствует определенная преемственность, не определяемая только задачами совместимости решений разного поколения.

Таким образом, мы наблюдаем эффект преемственности подходов к проектированию систем связи и разработке отдельных компонентов технологии.

2.3.2. Демократичность и плюрализм технологических решений

Высокий уровень либерализации отрасли телекоммуникаций в мире привел к появлению на этапе NGN нового принципа демократичности технологий, до сих пор не имевшего места в системах связи. Этот принцип не является следствием общих свойств NGN или преемственности идей, а определяется спецификой современного развития технологии и рынка телекоммуникаций.

До последнего времени телекоммуникации с точки зрения методологии построения представляли собой жестко иерархическую структуру. Построение традиционной системы связи строилось в соответствии с иерархическими принципами (например, жесткое подчинение вторичных сетей первичной сети, радиально-узловой принцип построения ТФОП и пр.). Административное строение отрасли также соответствовало иерархической модели и командно-административному управлению (кстати, это не влияние советского строя, на Западе системы связи строились аналогично). С точки зрения смены одних решений другими, процессов реконструкции сетей и пр. ситуация также обстояла аналогично (почти военная организация труда).

NGN как новая доктрина сетей привнесла довольно интересный методологический принцип. С появлением новых решений начинается «эра демократизации» в телекоммуникациях. Скорость смены решений такова, что практически невозможно указать, какое из них современнее и

технологичнее. Разные решения одной и той же стратегической задачи развития операторов связи сосуществуют в одном технологическом поле. Например, оператор, который в 2001 г. выбрал для построения мультисервисной сети технологию ATM, принял по-своему правильное решение, как и оператор, который начал использовать ATM в 2005 г. Выбор другим оператором технологии IP/MPLS также оправдан, хотя над стыковой транспортных сетей этих двух операторов придется много работать.

Попытки некоторых аналитиков составить «эволюционный ряд» технологий мультисервисных сетей, а сейчас и NGN, представляются бессмысленными, поскольку здесь нет никакой эволюции, есть только бурное развитие в рамках одних и тех же проблем с различными нюансами. Идеологи мультисервисных сетей часто говорят о широкой поливариантности технических решений. Все обзоры (если они, конечно, не маркетингово-ориентированные) сводятся к перечислению решений с ремарками «можно так... а можно и вот так...».

Демократичность NGN проявляется на всех уровнях и во всех решениях. Например, выше в разд. 1.4.5 мы говорили о поливариантной организации телефонной связи абонента NGN. Было показано, что пользователь может использовать для решения поставленной задачи разные технологии — традиционную телефонию, VoDSL, VoATM, VoIP, Skype и пр. Все они в равной степени доступны абоненту и составляют единое технологическое поле решений.

Предпочтение той или иной технологии, методу, принципу построения определяется не только техническими, но экономическими, политическими, историческими причинами. Наблюдаются случаи радикального изменения ориентации всей технологической среды, непредсказуемые, внезапные. Например, долгое время в качестве транспортной технологии NGN серьезно рассматривалась только ATM. Но изменилась экономическая конъюнктура — и вот в качестве стратегического единого транспорта признана технология IP, до того рассматриваемая как атрибут только локальных сетей.

Наличие принципа демократичности NGN приводит к очень интересным выводам:

- ни одна технология NGN до тех пор, пока выпускается оборудование, не может быть признана устаревшей, малоэффективной и пр.;
- любые решения, сколь бы экзотическими они не казались (например, широкополосные спутниковые системы класса VSAT или Wi-Fi-системы передачи для квартир и офисов), имеют право на существование и могут найти своего заказчика;
- конкуренция между технологиями осуществляется рыночными методами. Неэффективные решения уже не находят заказчика и по-

степенно уходят с рынка (как это было неоднократно с разными технологиями — SNA, Frame Relay и даже ATM).

Таким образом, как следствие принципа демократичности на каждом уровне модели SCTA присутствует целый пласт разнообразных решений, которые взаимно сосуществуют в технологическом поле, конкурируют в рыночном пространстве и взаимодействуют в рамках единой сети NGN.

Приведем несколько примеров, иллюстрирующих принцип демократичности на разных уровнях модели SCTA.

Пример 2.1. Уровень доступа. Подключение к NGN большого здания. Как было показано в разд. 1.3.1, сети доступа часто строятся «по месту». Основной задачей является организация широкополосного доступа для абонентов и подключение их к транспортному ресурсу NGN. Для решения этой задачи можно использовать различные технологии, которые конкурируют друг с другом. В качестве иллюстрации рассмотрим подключение здания (жилого дома, офисного центра и т.д.) к транспортной сети NGN. Будем предполагать, что в начальный момент в здании имеется только традиционная телефонная связь.

Одним из вариантов решения поставленной задачи может быть развертывание локальной сети Ethernet и подключение в ней пользователей на каждом этаже (рис. 2.3,а). Такое решение часто применяется в отечественной практике. Но оно связано с затратами на прокладку кабелей внутри здания.

Уже в этом варианте проявляется демократичность в выборе технологии. Локальная сеть может быть стандартным Ethernet (10/100 Base-T), но может быть и Gigabit Ethernet. Помимо технологии Ethernet, сходная схема организации связи характерна для технологий VDSL, HomePNA.

Альтернативным решением может стать использование существующих телефонных пар и технологии ADSL2+ (рис. 2.3,б). В таком случае телефонная пара переключается с АТС на стационарное устройство доступа ADSL2+ (DSLAM), а в квартире размещается разветвитель, который разделяет каналы широкополосного доступа и канал традиционной телефонной связи. Компьютер подключается к системе широкополосного доступа через модем ADSL2+.

В этом варианте каждый пользователь индивидуально решает вопрос о присоединении своего компьютера к транспортной сети оператора.

Следующий вариант решения проблемы организации доступа — технология Wi-Fi (рис. 2.3,в). Оператор сети доступа может развернуть на этажах здания хот-споты системы Wi-Fi, объединив их в единую сеть и подключив через коммутатор Ethernet к транспортной сети. Останется только предложить всем желающим в доме воспользоваться услугами

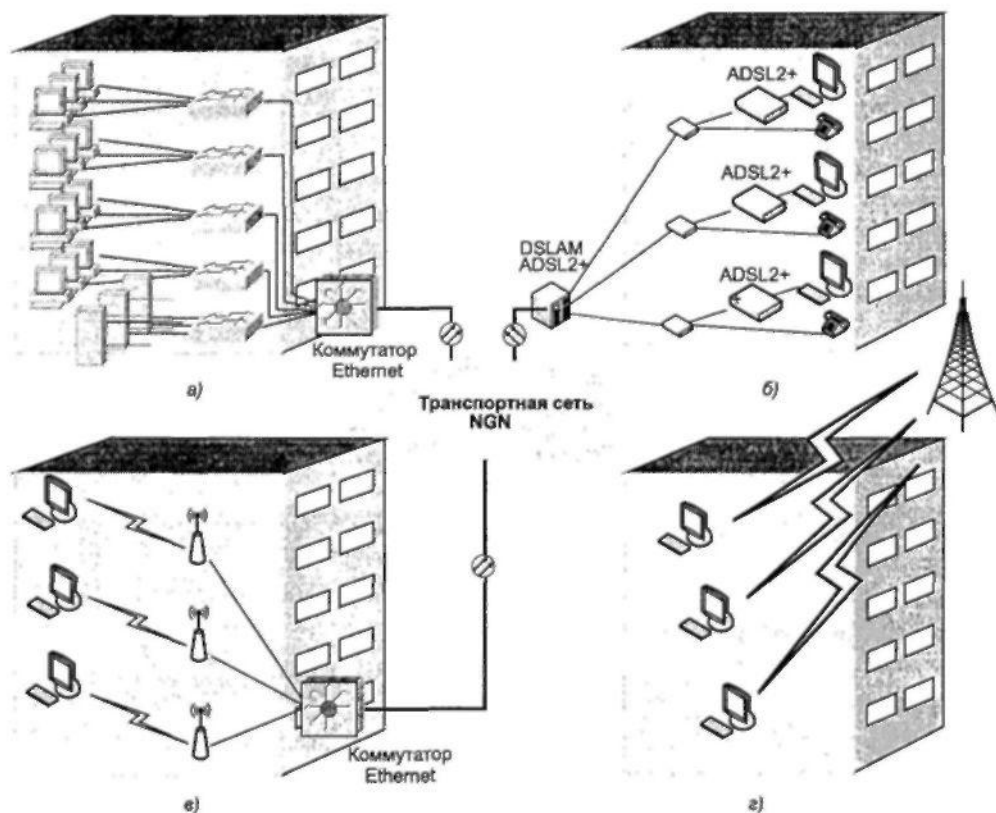


Рис. 2.3. Различные решения задачи организации доступа к транспортной сети: *а* — развертывание сети Ethernet; *б* — использование технологии ADSL2+; *в* — создание внутриофисной системы Wi-Fi; *г* — использование технологии WiMAX

сети Wi-Fi, купить аппаратные средства доступа и платежные карточки оператора. Такой метод решения проблемы доступа популярен для зданий, где присутствуют временные пользователи (гостиницы, аэропорты, бизнес-центры, стадионы и пр.).

Для решения проблемы доступа вовсе не обязательно развертывать сеть внутри здания. На рис. 2.3, *г* представлен еще один способ решения проблемы широкополосного доступа — использование городской сети Radio-Ethernet или технологии WiMAX. Оператор WiMAX может разместить трансивер на телевизионной вышке и предложить всем желающим купить устройства доступа и соответствующие карточки оплаты услуг. В результате любой жилец дома может получить услугу широкополосного доступа, не прибегая к помощи проводных технологий. Такую же архитектуру будут иметь решения на основе CDMA, EV-DO, GPRS и пр.

Помимо перечисленных решений, в доме могут оказаться доступными и довольно редкие на данный момент в России решения организации

широкополосного доступа через сети кабельного телевидения, спутниковые сети VSAT и даже через силовую сеть.

Все перечисленные решения могут сосуществовать в одном доме. Один пользователь может быть подключен к сети ADSL2+, второй предпочитает сеть Wi-Fi, а третий поставил на подоконник приемник Wi-MAX. Едва ли можно представить, что в жилом доме будут уживаться технологии Wi-Fi и проводной сети Ethernet, но для бизнес-центров такая ситуация может иметь место.

Технологии не только могут сосуществовать в одном доме и даже в одной квартире, но они еще и конкурируют друг с другом, равно как конкурируют друг с другом за трафик пользователей соответствующие операторы. Например, оператор проводной телефонии вложил большие средства в модернизацию своей сети, закупив DSLAM, модемы ADSL2+, развернув по городу транспортную сеть на основе MPLS. Но после окончания строительства оказалось, что за это время альтернативный частный оператор уже собрал весь трафик с города. Для этой цели он установил на телевизионной вышке трансивер WiMAX и подключил его к транспортной сети альтернативного оператора. Поскольку для такого варианта решения достаточно подключения в одной точке, все было сделано с минимальными затратами и в самые короткие сроки.

Этот пример показывает, что демократичность NGN требует особенной аккуратности с планированием в области внедрения новых услуг. Сама возможность сосуществования различных технологий в одной сети может существенно активизировать конкурентную борьбу, что и наблюдается повсеместно в проектах NGN.

Пример 2.2. Уровень транспорта. Поливариантная концепция NGSDH. Одним из важнейших требований к транспортным сетям NGN является возможность передачи разнородного трафика. Этому требованию должны удовлетворять не только новые, но и традиционные технологии транспортных сетей, например NGSDH.

На рис. 2.4 собраны технические решения по адаптации NGSDH к новым условиям. В качестве источников трафика (речи, данных в форматах IP, IPX, MPLS и пр., видео, а также данных от систем хранения информации SAN) представлены технологии ESCON, Fibre Channel, FICON, DVB, Ethernet, RPR а также арендованные каналы. Все эти технологии взаимодействуют с NGSDH на канальном уровне или на уровне MAC, что эквивалентно канальному уровню NGN. Для передачи разнородных данных NGSDH должна сформировать каналы фиксированной или переменной пропускной способности.

Внизу рис. 2.4 находятся системы передачи. На физическом уровне здесь может быть волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС) или ВОЛС

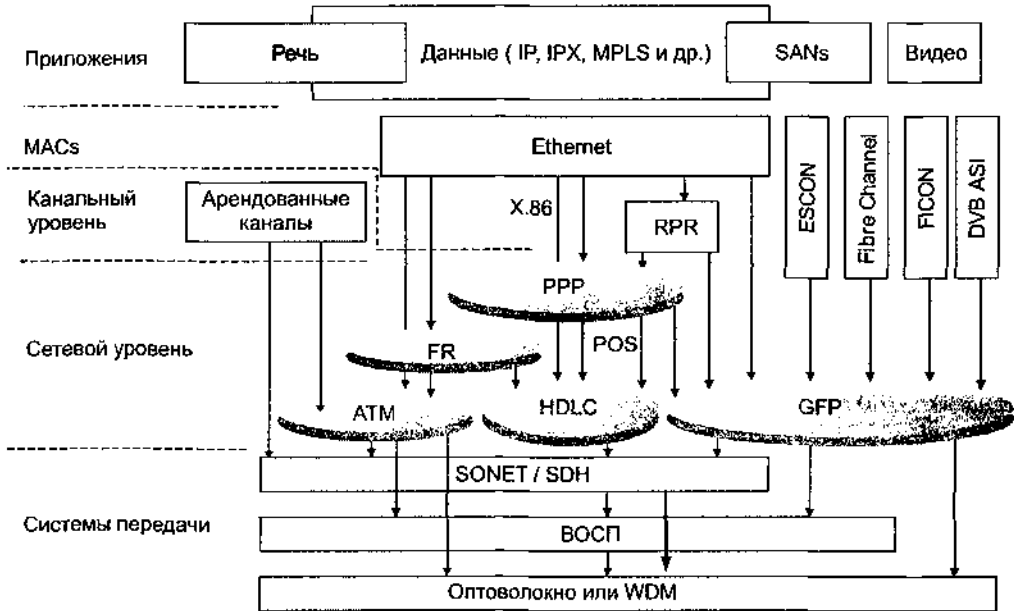


Рис. 2.4. Различные варианты построения транспортной сети NGSDH

с технологией мультиплексирования по длинам волн (WDM). Из систем передачи здесь могут быть использованы традиционные системы SDH или оптические системы передачи OTN. Допускаются также комбинированные системы передачи SDH через OTN (SDHoOTN).

На сетевом уровне рис. 2.4 представлены различные схемы построения NGSDH, которые наглядно демонстрирует поливариантность решений NGN, например:

- ATM → транспортный уровень;
- FR → ATM → транспортный уровень;
- PPP → HDLC → транспортный уровень (PoS);
- GFP → транспортный уровень.

На практике допустимо использование любой из перечисленных схем NGSDH, разные схемы сосуществуют в рамках единой структурной модели. Технологические решения могут конкурировать по параметрам сложности, управляемости, но главное — по эффективности использования ресурса транспортных сетей NGSDH. В последнее время максимальную эффективность использования ресурса демонстрирует решение

VCAT → LCAS → GFP,

которое часто называют современной структурной концепцией NGSDH. Но это не означает, что другие структурные решения, представленные на рис. 2.4, не применяются. Все они в той или иной степени реализованы в оборудовании разных производителей.

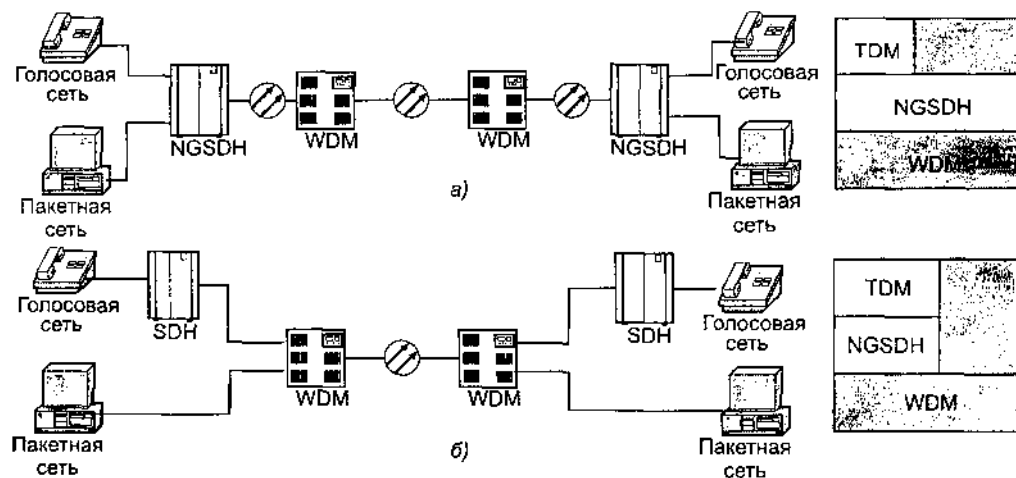


Рис. 2.5. Варианты объединения пакетного и речевого трафика в транспортной сети с системой WDM: *а* — интеграция сетей на уровне NGSDH; *б* — интеграция сетей на уровне WDM

Пример 2.3. Уровень транспорта. Объединение традиционных сетей TDM и сегментов пакетных сетей в единую транспортную сеть WDM. Еще один показательный пример демократичности на уровне транспорта систем NGN — объединение трафика традиционных цифровых сетей (трафика TDM) и трафика IP (пакетного трафика от сегментов NGN) в рамках единой транспортной магистрали на основе технологии оптического мультиплексирования (с разделением по длинам волн) WDM.

На рис. 2.5 представлены два варианта объединения трафиков разного типа в рамках единой транспортной сети WDM. Можно объединять пакетный и речевой трафики на уровне NGSDH, как показано на рис. 2.5,а. Но можно построить на основе одной и той же системы передачи WDM две параллельные сети: одну — под речевой трафик (и это будет классическая SDH), одну — под передачу данных (например, сеть 10 Gigabit Ethernet). Для этого технологии пакетной передачи выделяется один канал системы WDM, технологии SDH — другой канал. Сети интегрируются на основе единого оптического транспорта WDM, но разделяются на уровне конечных мультиплексоров (рис. 2.5,б). В этом также проявляется принцип демократичности технических решений.

Объединение показанных на рис. 2.5 вариантов приводит к созданию современной многоуровневой концепции транспортной сети (рис. 2.6), которую мы будем исследовать подробно в гл. 4.

Пример 2.4. Уровень управления. Принцип декомпозиции шлюзов современного Softswitch. Современная концепция Softswitch основана на принципе декомпозиции шлюзов, а именно вместо одного

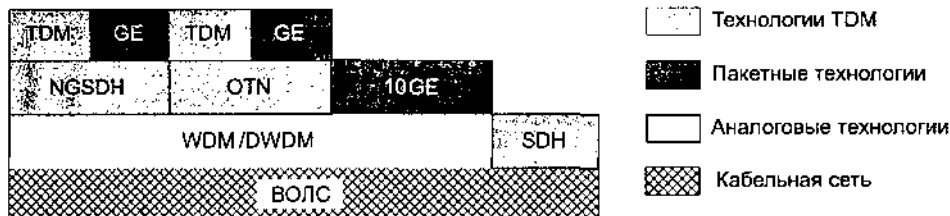


Рис. 2.6. Многоуровневая концепция транспортной сети

коммутационного узла для обработки сигнальных сообщений используется распределенная система управляющих, преобразующих и коммутирующих элементов, получивших название шлюзов (рис. 2.7). Управление шлюзами осуществляется контроллером медиа-шлюзов (MGC). Цель такой распределенной системы управления состоит в том, чтобы управлять различными соединениями и формировать разные телекоммуникационные услуги в конвергентной сети. Подробное рассмотрение технологии Softswitch будет дано в гл. 3.

Демократичность концепции Softswitch проявилась в концепции разделения функций управления между различными устройствами. Раньше «фабрика новых услуг» представляла собой всего лишь интеллектуальную надстройку над коммутационными узлами, которая поставлялась фирмами-производителями этих узлов. Разделив функции коммутации и функции управления и затем функции управления между разными устройствами, концепция Softswitch создала основания для демократизации рынка устройств управления. Любая компания может начать

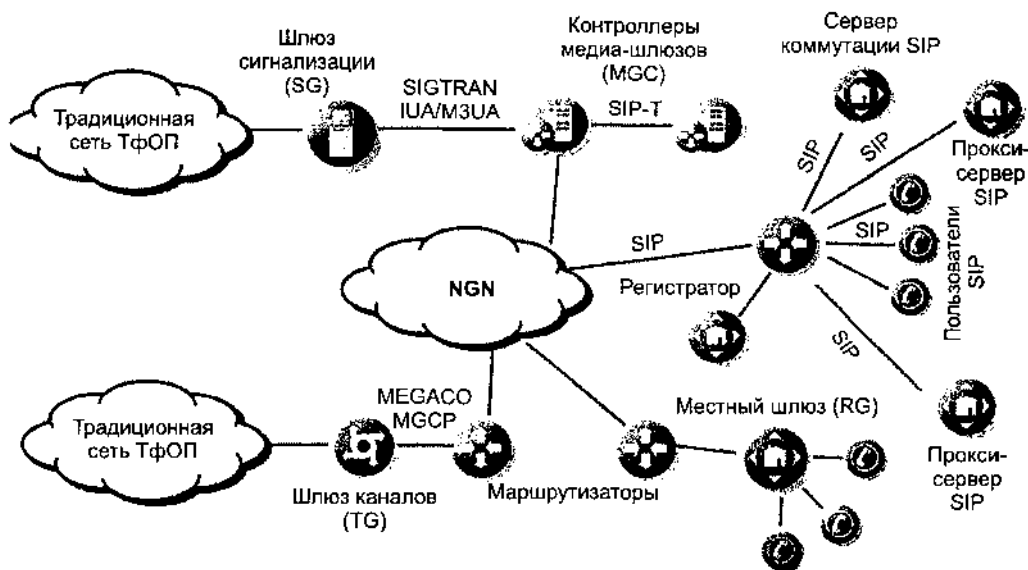


Рис. 2.7. Структура современного Softswitch

свои разработки в области технологии управления новыми услугами. Это привело к бурному росту новых компаний-разработчиков и решений в области новых услуг. Появились различные концепции Softswitch, каждая из которых предлагала свой вариант «конструктора», обеспечивающего создание представленной на рис. 2.7 распределенной системы управления. Совместимость различных протоколов сигнального обмена позволила в рамках отдельного проекта по развертыванию Softswitch использовать разные технические решения. В результате на данный момент уровень демократичности концепции распределенного управления не позволяет даже говорить о Softswitch как об отдельном устройстве. Даже в рамках поставки от одного производителя наблюдается использование нескольких разработок разных групп внутри компании, а иногда и компонентов третьих компаний.

Демократичность концепции Softswitch определяется не только едиными стандартами в части сигнальных протоколов, но и использованием сходных аппаратных средств в конкретных реализациях. Производителям решений оказывается выгодно использовать открытые протоколы взаимодействия аппаратных средств. Таким образом они могут привлекать сторонние группы разработчиков программного обеспечения. Тем более, что функциональность Softswitch определяется на 70...90 % архитектурой программного обеспечения.

Однако в последнее время подобная демократичность входит в противоречие с устоявшимися процедурами сертификации коммутационных устройств. Поскольку большая часть Softswitch определяется программным обеспечением, функциональность таких «гибких коммутаторов» может меняться в самых широких пределах в течение месяцев и даже недель. Softswitch в полной мере можно назвать «гибким» устройством, поскольку его функциональность, параметры и даже принципы функционирования постоянно «дышат», подстраиваясь под конкретные условия эксплуатации. Можно даже представить, что в условиях длительной эксплуатации одинаковые устройства Softswitch приведут к появлению различных по функциям систем управления. Это тем более очевидно, что установка Softswitch и программирование услуг осуществляются по замыслу самой концепции самими операторами.

Таким образом, на уровне управления принцип демократичности технических решений не просто присутствует в решениях, но является одним из важнейших принципов построения систем Softswitch. Обратной стороной медали в таком случае оказывается сам вопрос о том, что понимает оператор под объектом Softswitch. В общем случае Softswitch не может считаться объектом, но в большей степени концепцией, функциональное наполнение которой нужно уточнять.

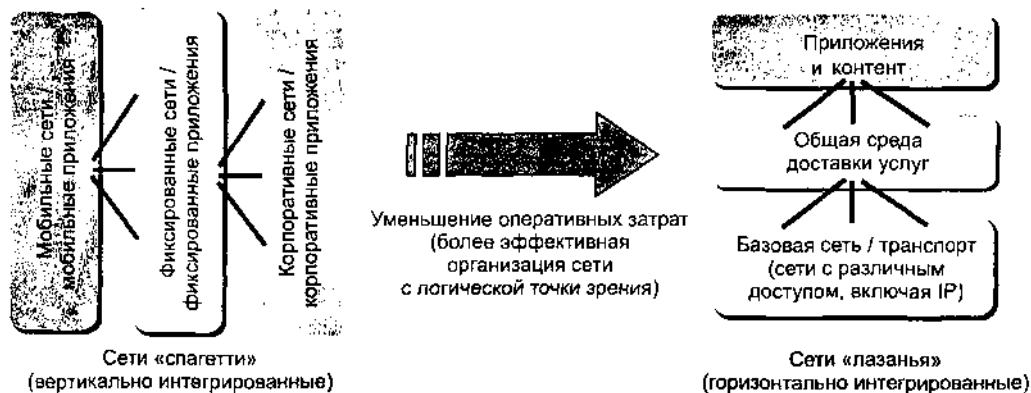


Рис. 2.8. Вертикально-ориентированные и горизонтально-ориентированные решения по интеграции мобильной и фиксированной связи

Пример 2.5. Уровень управления. Стратегии построения систем управления IMS. Дальнейшее развитие концепции Softswitch идет по пути интеграции фиксированных и мобильных сетей. Это решение получило название IMS (IP Multimedia Subsystem).

Принцип демократичности здесь развивается еще более. Если для Softswitch можно было говорить о поливариантности функциональных элементов, технических решений и устройств распределенной системы управления, то для IMS характерна уже поливариантность самой концепции построения системы. Например, на рис. 2.8 представлены две стратегии интеграции фиксированных и мобильных сетей: «спагетти» — вертикальный метод интеграции, когда услуги фиксированной и мобильной сети рассматриваются отдельно, и «лазанья», предусматривающая горизонтальную интеграцию и создание на всех уровнях единой среды функционирования мобильных, фиксированных и корпоративных сетей. Хотя в настоящее время интеграция осуществляется по первой стратегии, демократичность концепции IMS допускает использование обеих стратегий, хотя в некоторых исследованиях «спагетти» рассматривается как стратегия интеграции «до-IMS».

Таким образом, здесь можно говорить о почти полной демократичности: от концепции до непосредственной реализации решения IMS могут варьироваться в очень широких пределах.

Пример 2.6. Уровень услуг. Различные методы. В качестве примера проявления принципа демократичности на уровне услуг рассмотрим различные решения задачи предоставления услуг Triple Play в современных сетях NGN.

Концепция Triple Play была сформирована как чисто маркетинговая концепция услуг NGN. В основу концепции был положен анализ

возможных услуг, которые могут заинтересовать пользователей XXI века. Детальный анализ показал, что все современные услуги, какими бы сложными они не казались, могут быть представлены в виде комбинации трех базовых услуг: телефонии, передачи данных и видеоинформации (телевидения). Например, передача SMS может трактоваться как передача данных, видеоконференц-связь — как объединение телевидения и телефонии, интерактивные игры — как объединение передачи данных и видеоинформации и т.д.

Из этого был сделан вывод, что если интегрировать все три услуги и предоставить пользователю их «в одном флаконе», то мы обеспечим основу для предоставления любых цифровых услуг.

Объединение трех типов базовых услуг в рамках единого абонентского подключения и единой сети доступа потребовало существенной переработки стандартов. Теперь сеть доступа воспринимается еще более технологично: это сеть, обеспечивающая доступ абонентам Triple Play к транспортной сети. Точка подключения абонента — это точка предоставления услуг TP, а сам абонент NGN в современной концепции — это абонент Triple Play.

Сторонники концепции Triple Play старались показать, что интеграция трех услуг в одной расширит спектр услуг. Например, в случае IPTV мы уже говорим не просто о телевидении по сети IP, а об интерактивном телевидении и т.д. Но были оправданные сомнения в целесообразности объединения этих услуг. Например, любая сеть IPTV проигрывает по себестоимости услуги обычному эфирному телевидению, а те незначительные преимущества, которые обещала концепция Triple Play в части расширения услуг, явно не покрывали затрат. Однако сторонники Triple Play в духе философии NGN предложили рыночное и демократичное решение проблемы: рассматривать Triple Play не как концепцию новых услуг связи, а как отдельную услугу в едином поле NGN. Перспективы этой услуги должно определить время и свободный выбор пользователей. Так поменялась роль Triple Play в современных системах связи.

Таким образом, в современной модели NGN (рис. 2.9) Triple Play — это не три старых услуги с одним единым счётом у абонента, а одна новая услуга, которая граничит с услугами VoIP, IPTV и Интернетом. Будущее развитие этой услуги связано с тем, насколько эффективно она впишется в общий фон современных услуг и насколько востребованной она будет.

Любопытно, что в рассмотренных выше примерах можно найти параллель между технологиями Triple Play и Softswitch, хотя это совершенно разные технологии, принадлежащие разным уровням модели NGN. В случае Softswitch мы имеем двойственность. С одной стороны, это

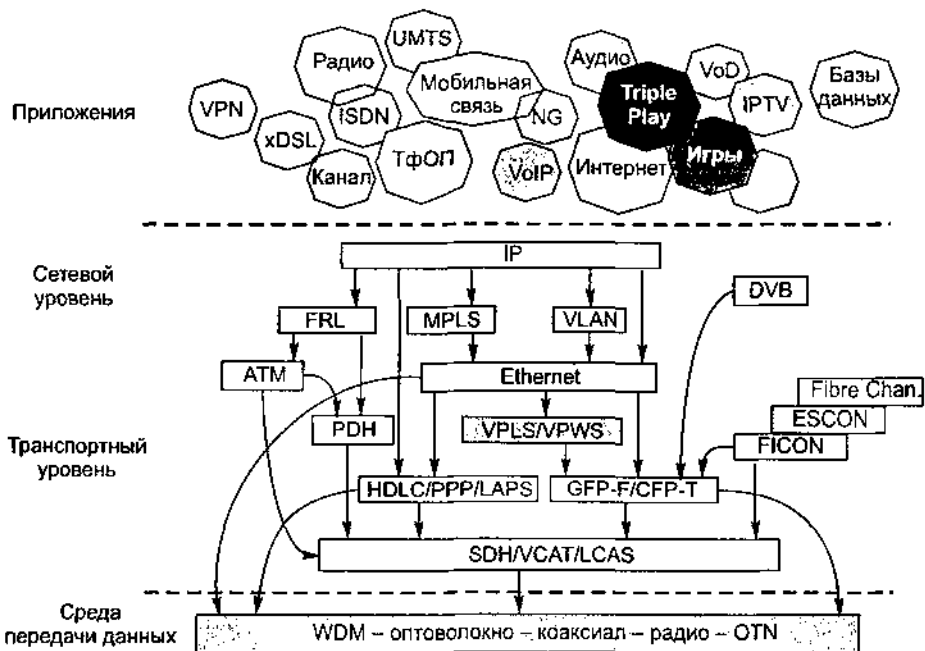


Рис. 2.9. Место Triple Play в современной концепции предоставления услуг NGN

определенный узел в составе сети NGN, законченный сетевой элемент, с другой — концепция построения уровня управления в сети NGN. Такая же двойственность присутствует в Triple Play. С одной стороны, это концепция универсализации услуг, предусматривающая разложение отдельной услуги на три составляющих, с другой — отдельная услуга, одна среди многих услуг NGN.

Такая двойственность также является следствием демократичности концепции NGN. Например, точка зрения автора этой книги на технологию NGN может не совпадать с точками зрения других авторов, и при этом трудно будет найти истину, так как демократичный мир NGN допускает не только многообразие технических решений, но и многообразие концепций, стратегий и связанных со стратегиями мировоззрений.

Принцип демократичности NGN не ограничивается только технической стороной, его следы можно найти на всех этапах жизни NGN. Разработка, строительство, принципы организации и эксплуатации сетей также претерпевают изменения в соответствии с принципом демократичности. Например, широкое применение аутсорсинга в эксплуатации и строительстве можно отнести к проявлениям демократичности современных систем связи. Аутсорсинг как специфическая услуга предлагается на рынке, где присутствует поливариантность и конкуренция — свойства демократичного управления.

Демократичность NGN проявляется даже в регулировании развития NGN. Стандартизацию и разработку документов в области сетей следующего поколения выполняет организация IETF, которая мало чем отличается от Интернет-форума. В отличие от документов ITU-T, ETSI и других официальных мировых органов стандартизации, документы IETF могут быть получены бесплатно (например, с сайта www.ietf.org), что дает возможность любому специалисту и даже студенту самостоятельно войти в широкий мир NGN и начать собственные изыскания и разработки. Никогда до сих пор развитие систем связи не находилось в руках «толпы», но сейчас это именно так. На форумах IETF идут дискуссии о новых принципах построения систем NGN. В спорах рождается истина, и уже через несколько месяцев появляется оборудование, реализующее новую концепцию или принцип. Поскольку в оборудовании NGN более половины функций определяется программным обеспечением, уже через несколько дней теоретически возможна модернизация функций телекоммуникационного устройства в соответствии с новым вариантом стандарта. И в этом хаосе идей, мнений, разработок шаг за шагом развивается концепция NGN. Традиционные международные институты стандартизации безнадежно отстают от развития NGN и могут только признать уже состоявшиеся направления развития мировой технологии.

Форумы специалистов в Интернете вообще играют очень большую роль в развитии NGN. От продолжительных заседаний международных комиссий отрасль перешла к быстрому обмену знаниями и мнениями специалистов через Интернет, закрепив наметившуюся тенденцию к виртуальности в современном мире, а виртуальность, в свою очередь, является результатом развития NGN (рис. 2.10). Еще 15 лет назад никто не мог предполагать такого глубокого проникновения виртуальных технологий в разработку и производство высокотехнологичного оборудования. Такая положительная обратная связь* создает все основания для бурного развития технологических решений, что мы и наблюдаем в настоящее время.

Демократичность имеет свои плюсы и минусы. С одной стороны, она позволила внести в развитие и разработку NGN поливариантность. Любая технология потенциально может найти место в современном мире NGN, что открывает небывалый простор для разработчиков. Как следствие, ведущие специалисты в области проектирования, разработки, науки начали творить на благо развития NGN. В результате количество решений в области NGN растет, увеличивается их многообразие, сами

* Ниже мы увидим, что это не единственная обратная связь, которая возникает в системах и технических решениях NGN.

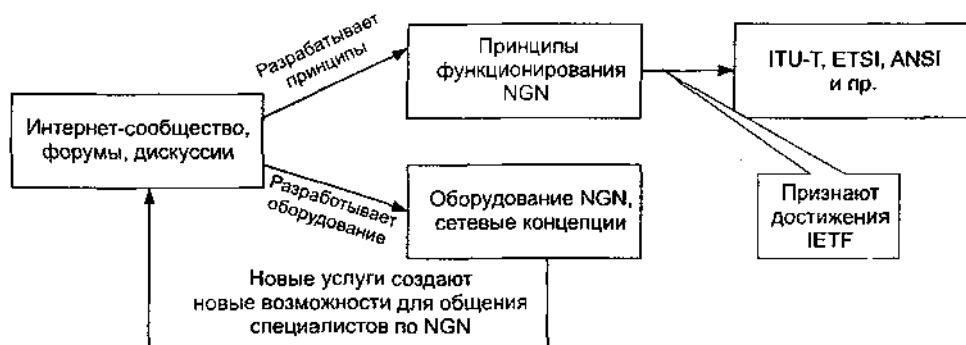


Рис. 2.10. Демократичная схема регулирования развития NGN

решения очень быстро видоизменяются и совершенствуются. С другой стороны, демократичность чревата уменьшением порядка в отрасли. Скажем, стандартизация, сертификация и прочие средства контроля за разработками теряют смысл. В разд. 1.4.5 было показано, что даже тарифное регулирование в условиях демократичных сетей NGN может оказаться неэффективным механизмом управления. Если функции контроля и присутствуют в NGN, то они должны опираться на принципы мягкого регулирования либо на созданные механизмы и условия, в которых отрасль будет развиваться в определенном направлении.

Победит сильнейшая технология, но, может быть не потому, что она технически совершенна, возможно, все определит тип используемого процессора, престиж фирмы-разработчика, котировки на международных биржах или иное. Это необычное состояние отрасли не имело места в предыдущей технологической истории и сразу выделяет эру NGN как совершенно уникальный и революционный период развития систем связи.

2.3.3. Децентрализация и релятивизм

Традиционные системы связи строились обычно на принципах жесткой централизации. Например, план маршрутизации вызовов в телефонной сети устанавливался заранее, связывался с нумерацией абонентов в сети и регулировался методом установок на каждом коммутационном узле. Можно вспомнить, сколько сил было потрачено на принесение в телефонную сеть решений по переадресации вызовов: пришлось создавать новую систему сигнализации, предусматривать соответствующие информационные элементы в сигнальных сообщениях, наконец, создать целую концепцию интеллектуальных сетей. Все это было сделано только для того, чтобы незначительно вмешаться в централизованный план маршрутизации. Как следствие, традиционные сети используют централизованные системы управления, централизованную

систему тарификации и пр. Внедрение концепций глобального управления (TMN/OSS) нисколько не поколебало принцип централизации, наоборот, укрепило его.

Для NGN характерно совмещение принципов децентрализованного управления и децентрализованного функционирования отдельных элементов. Если компьютер становится главным элементом --- пользователем сетей следующего поколения, то естественно использовать компьютеры как интеллектуальные устройства в различных узлах сети и создавать на основе микропроцессоров отдельное оборудование. Таким образом, NGN — это сети распределенного машинного интеллекта.

Выбор между централизованным и распределенным (децентрализованным) принципами управления системами во многих случаях сложен. Но одно можно утверждать определенно: распределенные системы более стабильны и способны в определенной степени корректировать сбои в сети. Например, если управляющая связь будет повреждена, удаленный интеллектуальный модуль может продолжать функционировать в соответствии с последними полученными командами. Второе преимущество систем распределенного интеллекта — они способны гибко подстраиваться к изменениям окружающей среды. Например, для изменения алгоритма функционирования централизованной системы управления требуется разработка нового перечня (протокола) команд для центра управления и переработка всего оборудования. В случае с распределенной системой управления достаточно загрузить новое программное обеспечение в интеллектуальные удаленные модули.

Чтобы сделать наше исследование принципа децентрализации решений наглядным, приведем несколько примеров.

Пример 2.7. Принцип маршрутизации в сетях NGN. В качестве примера преимуществ децентрализованных решений над централизованными рассмотрим два основных принципа маршрутизации в сетях с коммутацией пакетов: метод виртуального канала и дейтаграммный метод.

В основе метода виртуального канала (рис. 2.11,а) лежит принцип формирования выделенного канала передачи данных перед началом обмена. Обычно для формирования канала используется специальная система сигнализации. Как только виртуальный канал сформирован, по нему начинают передаваться в правильном порядке пакеты. В зависимости от режима работы сети после окончания обмена канал остается открытым (постоянный виртуальный канал) или расформируется (коммутируемый виртуальный канал). Наиболее ярко метод виртуального канала использовался в технологиях Frame Relay и ATM.

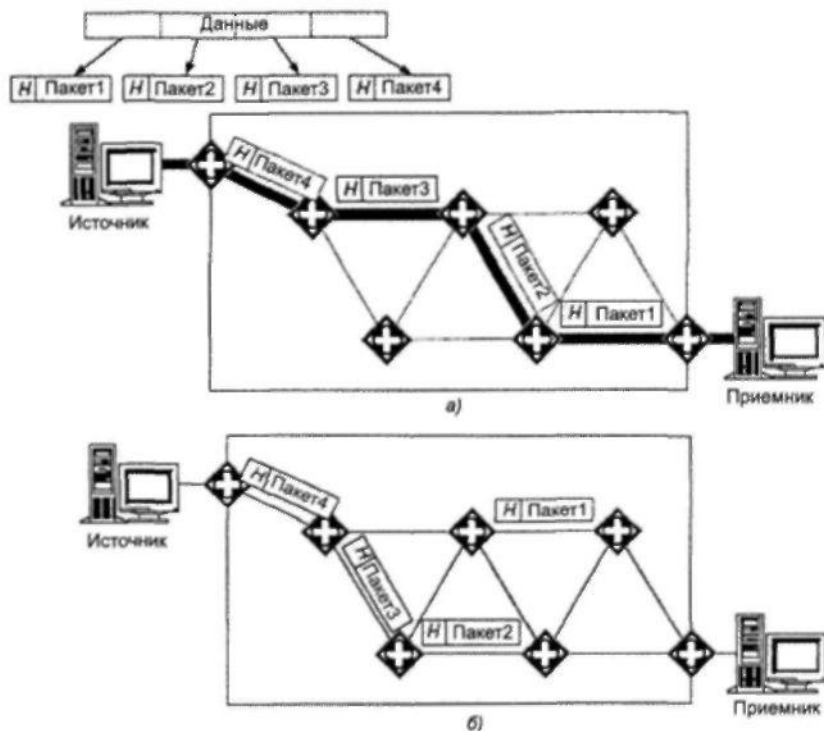


Рис. 2.11. Передача данных методом виртуального канала (а) и дейтаграмм (б)

Метод передачи дейтаграмм предусматривает передачу каждого пакета по сети индивидуально (рис. 2.11, б). Этот метод используется в современных сетях IP.

У обоих методов есть свои положительные и отрицательные стороны. Метод виртуального канала удобен для управления качеством передачи данных (встроенные системы диагностики потерь пакетов, контроль задержки передачи и пр.), но требует наличия в сети единого плана организации виртуальных соединений, специальной сигнализации и пр. Еще один недостаток метода заключается в том, что он менее устойчив к неисправностям в сети. В случае нарушения связности виртуального канала обмен данными прекращается до тех пор, пока виртуальный канал не будет заново установлен.

Метод передачи данных в виде дейтаграмм проявляет абсолютную устойчивость к любым нарушениям связей в сети. Поскольку маршрутизация каждой дейтаграммы осуществляется индивидуально, при нарушении связей внутри сети можно ожидать потерю нескольких дейтаграмм (которые позже пересылаются дополнительно), но не полное прекращение обмена. Еще одним преимуществом является уменьшение требований к системе сигнализации. Такие задачи системы сигнализации,

как контроль связности виртуального канала, анализ качества передачи информации и пр., в сетях с дейтаграммной передачей утрачивают значение, что упрощает функции системы сигнализации. Негативным фактором метода выступает большой заголовок пакета, так как в нем передается адресная информация. Кроме того, повышаются требования к уровню обработки трафика на конечном устройстве, поскольку пакеты могут приходиться в произвольном порядке и должны быть рассмотрены механизмы срачивания потока данных.

В современных сетях NGN сосуществуют оба принципа передачи, что отвечает рассмотренному выше принципу демократичности. Но постепенно принцип передачи дейтаграмм вытесняет принцип виртуального канала. Происходит это в силу влияния принципа децентрализации. Метод дейтаграмм более подходит для создания систем распределенного интеллекта, где нет ярко выраженного центра связи и центральной системы контроля виртуальных соединений. В результате современные сети NGN чаще используют именно этот метод передачи информации.

Пример 2.8. Децентрализация управления услугами. Принцип настройки персональной услуги позволяет пользователю настраивать перечень услуг и модифицировать их параметры. Например, одна из первых услуг NGN на российском рынке — Logic Line — позволяет закрепить за абонентом виртуальный номер. Любой звонок на этот номер переадресуется на любые заранее заданные номера телефонной сети. Это позволяет сохранять контакты при любых перемещениях абонента. Управление перечнем телефонов переадресации осуществляется пользователем через Web-интерфейс. Таким образом, настройки виртуального коммутатора оказываются в руках конечного пользователя услуги.

Пример 2.9. Децентрализация в области нормирования параметров качества. Принцип SLA. Развитие сетей нового поколения идет очень бурно, а стандартизация новых принципов, услуг и пр. не успевает за этим процессом. Абоненту уже предоставляется новая услуга, хотя фактически нет стандартов, отражающих принципы взаимодействия сторон в стыках пользователь – сеть или оператор – оператор. В этих условиях традиционные централизованные принципы нормирования параметров, которые сравниваются с единым стандартом, не могут быть применены. В результате операторы сами договариваются о принципах взаимодействия, используя для этой цели соглашения о качестве предоставляемых услуг (SLA). Несмотря на то, что понятие SLA появилось в отечественной практике сравнительно недавно, процедура взаимодействия между операторами по SLA — это очень удобная и гибкая процедура, давно используемая зарубежными операторами.

Как правило, в договоре SLA оговариваются взаимные обязательства сторон и условия их выполнения. Логической формулой здесь может быть фраза: «При условии поведения оператора 1..., оператор 2 обязуется предоставить параметры услуги...». Получается, что в SLA должны быть оговорены наиболее вероятные ситуации, которые могут возникать на границе пользователь – сеть или оператор – оператор. По этой причине SLA оказывается очень большим документом. Чем детальнее прописано SLA, тем понятнее становятся принципы взаимодействия операторов. Например, один оператор может предложить транзит своего трафика через сеть другого оператора, но при этом оператор транзитной сети должен гарантировать, что параметры передаваемого по его сети трафика не изменятся в определенных допустимых пределах, например транзитная сеть не имеет права увеличить количество потерь вызовов более чем на 5 %.

SLA может заключаться не только между операторами, но и между оператором сети и пользователем. Например, для SLA между пользователем сети Gigabit Ethernet и оператором необходимо прописать все возможные варианты использования сети пользователем и соответствующие параметры качества, которые должен обеспечить оператор для каждого режима использования сети.

Таким образом, для сетей NGN характерен переход от схемы работы «соответствие/несоответствие национальным стандартам» к SLA. Отечественный опыт показывает, что такой переход обеспечивает высокую гибкость коммерческой и маркетинговой деятельности оператора, даже если SLA касается традиционной технологии.

Однако, если операторы принимают соглашение о качестве обслуживания, то необходима проверка работы каждой из сторон в свете этого соглашения. В результате возникает «окопная война», когда различные операторы контролируют друг друга. Таким же образом пользователь имеет все основания проверять, выполняет ли оператор свои обязательства по обеспечению качества передаваемого по его сети трафика. Со своей стороны оператор имеет все основания контролировать поведение пользователя при его в работе в сети, поскольку согласно SLA пользователь также берет на себя обязательства по корректному использованию сети.

Несмотря на кажущуюся избыточность такой схемы работы, когда канал или стык контролируются с двух сторон, ничего более эффективного в рыночных условиях предложить трудно. Более того, применение для контроля встроенных средств диагностики в данном случае может оказаться бесполезным, так как речь идет о потенциально конфликтной ситуации. Полученные данные могут быть оспорены, и

тогда потребуются независимая экспертиза, например с помощью сертифицированных приборов.

Переход от использования для нормирования национальных стандартов к концепции SLA — это переход от централизованных принципов нормирования сетей связи к децентрализованным. В условиях отсутствия стандартов NGN концепция SLA может быть единственным методом нормирования параметров качества сетей. Таким образом, операторы по необходимости должны перейти к децентрализованным принципам нормирования и контроля услуг NGN.

Напомним, что NGN является не только новой технологией, но и революционной доктриной. В таком случае в общий круговорот технологии NGN оказываются вовлеченными не только разработчики и поставщики новой технологии, но и широкие массы потребителей. Поэтому социальная составляющая NGN представляется очень существенной. И здесь также присутствует релятивизм, который приводит к значительной путанице у неподготовленного читателя. Специалисты по теории коммутации и управления из четырехуровневой модели выбирают только уровень управления, называя именно его основой NGN, и они правы, так как вопросы управления — это ядро всей технологии сетей нового поколения. Поэтому суждение «NGN — это современная концепция IMS» имеет право на жизнь. Специалисты в области современных услуг связи под NGN понимают концепцию Triple Play и революционные доктрины peer-to-peer (тот же Skype), и они также по-своему правы, поскольку сети связи создаются ради предоставления услуг. Окупаемость всей реконструкции сетей связи и перехода на технологию NGN непосредственно зависит от бизнес-моделей, где услуги играют решающую роль. Следовательно тезис «NGN — это современные услуги и процедуры управления ими» также оказывается оправданным. Для специалистов в области современных транспортных сетей технология NGN связана с системами динамической маршрутизации, распределенными системами передачи пакетного трафика и пр., и они также будут правы в своей точке зрения на NGN.

2.3.4. Принцип конвергенции

В последние пять лет на арену системных концепций вышел новый принцип конвергенции, или взаимопроникновения технологий. До этого официальной стратегией телекоммуникаций была интеграция различных решений. В результате появились такие интеграционные концепции связи, как TMN (сейчас OSS/BSS), ISDN, B-ISDN (ATM), ОКС №7 и пр.

Напомним, что слово «через» в аббревиатурах принято обозначать маленькой буквой «о» (over), так что технологии VoIP (речь через IP),

FRoATM (Frame Relay через ATM), EoS (Ethernet через SDH), ATMoSDH, SDHoATM, т.е. технические решения «все через все» — это влияние новой стратегической концепции — конвергенции.

Пока в полной мере осуществить принцип конвергенции не удается, поскольку современные технологии оказались слишком разными для того, чтобы их взаимопроникновение было простым и безболезненным. На практике имеет место своего рода анизотропия*, например IPoATM представляется целесообразной технологией, а ATMoIP не имеет никакого системного смысла.

Пример 2.10. Конвергенция и преобразование трафика TDM и пакетного трафика. В качестве первого примера конвергентной системы рассмотрим преобразование трафика традиционных сетей (TDM) в пакетный трафик и обратно.

На рис. 2.12 представлен составной канал между устройствами TDM, включающий ряд последовательных преобразований: TDM – Медиа-шлюз – Ethernet/GE – NGSDH – GE/Ethernet – Медиа-шлюз – TDM. Такие соединения присутствуют на современных сетях операторов транспортных сетей, где имеются сегменты традиционных сетей TDM и пакетных сетей NGN. Как следует из рисунка, принцип конвергенции позволяет состыковать разные технологии так, что иногда оказывается проблематично отделить одну технологию от другой.

В подобной конвергентной системе дополнительно возникает проблема контроля качества передачи. Эта проблема состоит в том, что характеристикой качества каналов TDM/NGSDH выступает параметр битовых ошибок (BER), а в пакетной сети — количество пакетов с ошибками — FE (Frame Error). Методики контроля обоих типов параметров отличаются друг от друга и методически несовместимы, так что приходится специально разрабатывать принципы объединения этих методик.

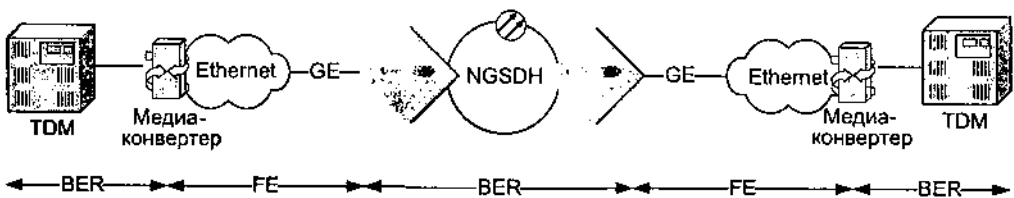


Рис. 2.12. Конвергентное решение в виде последовательного преобразования технологий

* Анизотропия — это свойство объектов, веществ и т.п. проявлять разные параметры в разных направлениях. Свойство анизотропии родилось из кристаллографии, но сама концепция неравномерности свойств в разных направлениях стала философской категорией, так что сейчас можно говорить об анизотропии параметров систем, анизотропии поведения социальных групп и пр.

Пример 2.11. Конвергенция в рамках концепции Triple Play. В концепции Triple Play услуги «триады» не должны зависеть от типа сети абонентского доступа. Одна и та же триада услуг (данные, речь, видео) может опираться на сети домашнего Ethernet, абонентские сети ADSL или оптические системы FTTx/PON (рис. 2.13), и при этом принципы функционирования и правила предоставления услуг должны быть одинаковыми. Создав единую среду передачи данных на основе IP, технология NGN позволяет перемешивать различные сети доступа и предоставлять весь перечень услуг Triple Play в любых сетях.

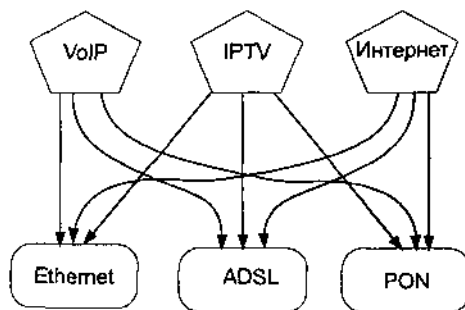


Рис. 2.13. Конвергентная среда для современных услуг

Пример 2.12. Конвергенция в транспортных сетях. Для иллюстрации конвергенции в транспортных сетях еще раз вернемся к рис. 2.4, где была представлена поливариантная концепция современной транспортной сети. Следствием конвергенции, представленным на данной схеме, является присутствие в техническом решении вложенных уровней.

В качестве примера рассмотрим следующую цепочку технологий, представленных на рис. 2.4, а также на рис. 2.9:

IP → MPLS → Ethernet → PPP → GFP → VCAT → NGSDH → WDM, которая как нельзя лучше иллюстрирует принцип конвергенции в современных транспортных сетях. Каждая из технологий создает транспорт для переноса данных, получаемых от технологии, находящихся от нее слева. Технологии взаимопроникают.

Как и в предыдущем примере, каждый уровень подобной конвергентной системы передачи доступен для контроля и анализа, что приводит к появлению задач анализа и диагностики конвергентных сред. Например, можно поставить и успешно решить задачу контроля параметров Ethernet внутри системы NGSDH или контроля параметров IP внутри MPLS, Ethernet или NGSDH.

Итак, как было сказано выше, принцип конвергенции приводит к перемешиванию технологий современных систем NGN. В этом есть свои положительные и отрицательные стороны. С одной стороны, принцип конвергенции позволяет создать унифицированную транспортную сеть, «замешав» в нее все традиционные и новые технологии, и это, безусловно, положительное влияние. С другой стороны, принцип конвергенции

вторгается в самые основы функционирования систем NGN. В настоящее время имеют место факты конвергенции между сетями доступа и транспорта, транспорта и управления, доступа и услуг (см. пример 2.11). В таком случае предложенная в данном исследовании модель SCTA оказывается спорной. Принцип конвергенции «сжимает» модель SCTA, обеспечивая не только взаимное проникновение решений в рамках каждого из уровней модели, но и сближение различных уровней.

2.3.5. Использование адаптивных механизмов

Применительно к техническим решениям введение механизмов адаптации повышает устойчивость решений к возможным негативным факторам, которые могут встретиться в процессе эксплуатации систем. Адаптивные механизмы — это по сути реализация в оборудовании контуров обратной связи. Такие технические подсистемы, как фазовая автоподстройка, системы стабилизации, контуры термостатирования и пр., могут быть отнесены к адаптивным механизмам в современной технике и изначально использовались в оборудовании систем связи.

В технологии NGN адаптивность получила статус одного из концептуальных принципов построения сети. Для иллюстрации приведем несколько примеров реализации адаптивных механизмов на разных уровнях модели SCTA.

Пример 2.13. Механизм **Bit Swapping** в сетях доступа ADSL2+. На уровне доступа примером адаптивного механизма является алгоритм динамического распределения спектра сигнала (**Bit Swapping, BS**), реализованный в технологии ADSL2+.

Напомним, что для передачи сигнала в технологии ADSL используется линейный модулированный сигнал 256DMT. Модуляция 256DMT (или 512DMT в ADSL2+) предусматривает использование 256 или 512 несущих частот. Перед началом обмена данными модем и DSLAM (станционный модуль) тестируют линию, измеряя отношение сигнал/шум на каждой несущей. В соответствии с полученным значением выбирается уровень модуляции QAM, который допустим для передачи цифрового сигнала на каждой несущей. По совокупности всех сигналов формируется асимметричный поток передачи данных — канал ADSL.

Для компенсации селективных помех, которые существенно снижают качество передачи на отдельных несущих (рис. 2.14,а), в технологии ADSL2+ был предложен алгоритм BS. Этот алгоритм предлагает следующее решение рассматриваемой проблемы. На всех непораженных несущих существует определенный резерв пропускной способности, равный разности между реальной скоростью передачи данных на несущей

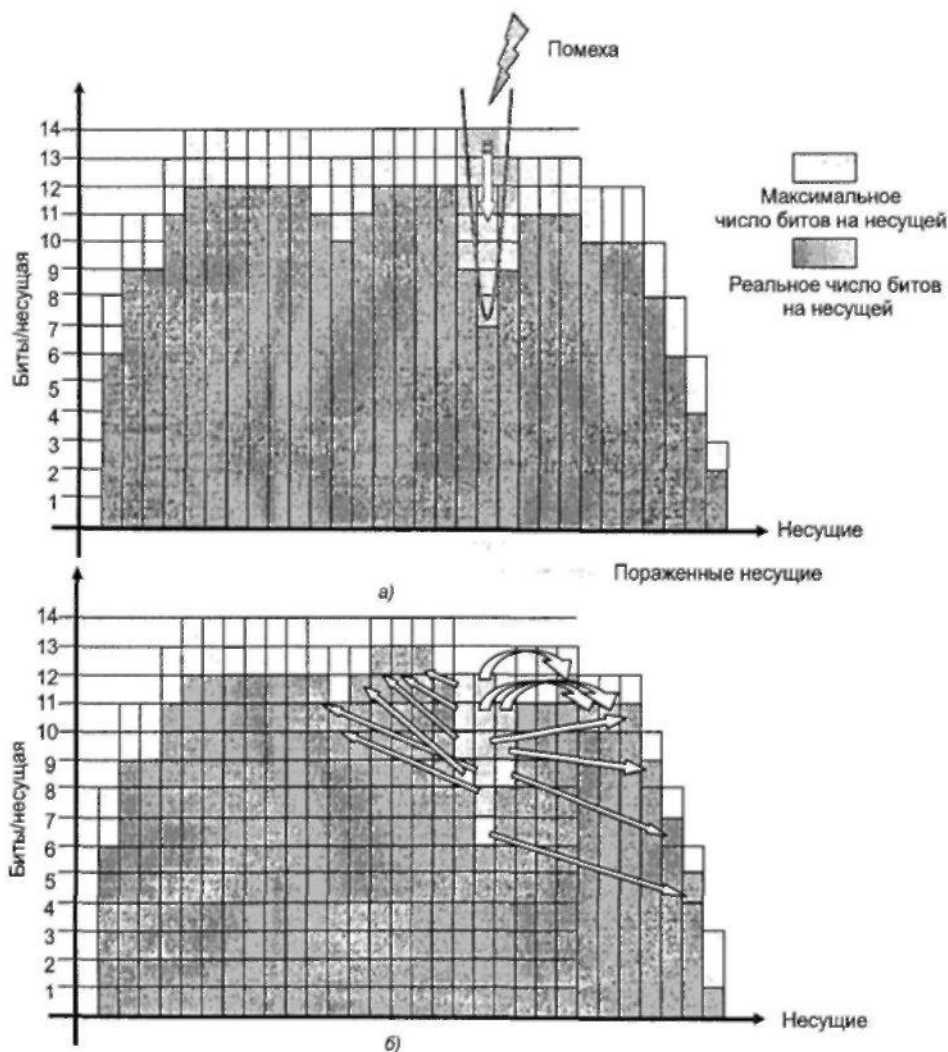


Рис. 2.14. Реализация алгоритма BS

и максимально допустимой скоростью. В алгоритме BS предполагается «перетаскивать» пораженные помехой символы на резервные места в структуре сигнала (рис. 2.14,б). В результате такого «перетаскивания» скорость обмена не уменьшается, но адаптация к существующей помехе выполняется в полной мере.

Если помеха является нерегулярной, например в случае электромагнитной интерференции, после ее пропадания скорость в системе ADSL2 может легко восстанавливаться в процессе обратного «перетаскивания».

Конечно, алгоритм BS не позволяет решить проблему ухудшения качества вследствие высокого уровня шума по всем несущим, в таком случае «перетаскивать» скорость обмена будет просто некуда. Но заме-

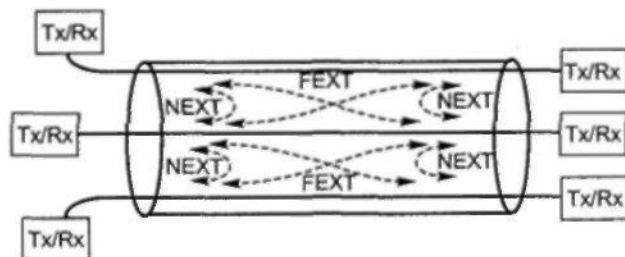


Рис. 2.15. Переходные помехи на трех парах пучка: Tx/Rx — приемопередатчик

чательно, что по своей адаптивности к селективным помехам алгоритм BS превосходит традиционные алгоритмы ADSL.

Теперь рассмотрим интересное явление в современных системах ADSL2+, которое получило название «перетекания» сигнала.

Одним из негативных факторов, лежащих на пути успеха технологии ADSL, являются перекрестные наводки, т.е. фактор влияния одной пары на другую. В случае использования пучка пар наблюдаются взаимное влияние абонентов ADSL друг на друга и, соответственно, ухудшение качества связи. На рис. 2.15 показано, насколько сложной может быть картина взаимных наводок в случае даже трех пар ADSL вследствие переходных затуханий на дальнем и ближнем концах (на рисунке FEXT и NEXT).

Специфика перекрестных наводок заключается в том, что в случае паразитных связей между парами передача данных от абонента ADSL в одной паре приводит к появлению широкополосного шума в другой паре, причем этот шум проявляется во всем рабочем диапазоне частот ADSL. И чем больше количество таких паразитных связей, тем меньше надежных каналов для абонентов. На помощь может прийти алгоритм BS, следствием которого является «перетекание» сигналов между связанными парами в пучке в разные диапазоны (рис. 2.16). Как показано на рис. 2.14, в соответствии с алгоритмом BS система ADSL2+ не стремится во что бы то ни стало «запихнуть» максимальное количество битов на одну несущую. Вместо этого алгоритм BS предлагает путь наименьшего сопротивления: он не борется с помехой, а предлагает передавать информацию на тех несущих, где помехи нет. Именно эта логика и позволяет «развести» спектр передаваемых сигналов в двух смежных парах, если между ними устанавливается высокий уровень перекрестных помех.

На рис. 2.16 показаны различные стадии «перетекания» спектра сигнала. Первый график отражает спектры двух сигналов в разных парах, причем между парами имеется высокий уровень перекрестных помех. В таком случае, поскольку спектры сигналов почти одинаковые, уровень взаимных помех будет очень высоким и от этого пострадают оба поль-

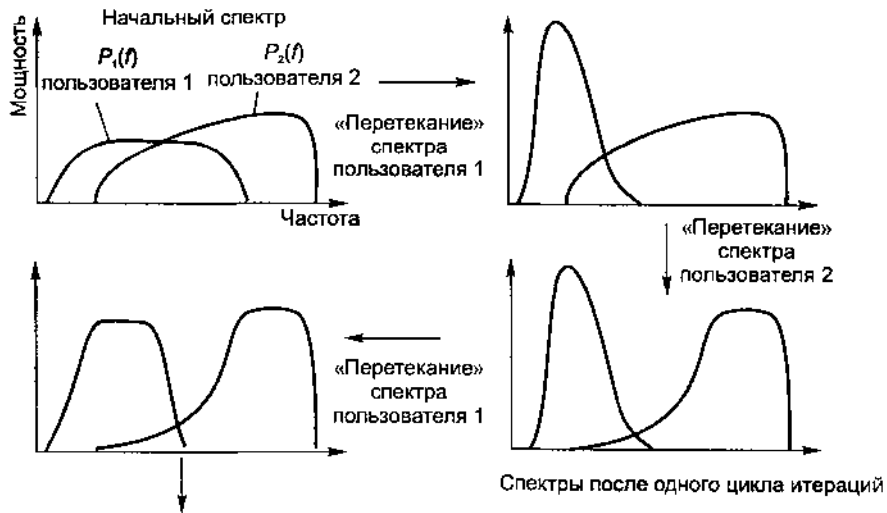


Рис. 2.16. Алгоритм BS обеспечивает режим «перетекания» спектра сигнала в условиях взаимной помехи

зователя. Но алгоритм BS рассматривает спектр сигнала второго пользователя (разумеется, уменьшенный) как помеху и видит, что имеется часть диапазона сигнала, где данная помеха не присутствует. Тогда BS «перетаскивает» информацию именно в этот диапазон. Целиком это ему не удастся, но большую часть сигнала он «спасает». Теперь за дело берется алгоритм BS для пользователя 2, который также рассматривает спектр сигнала пользователя 1 как помеху, причем эта помеха сосредоточена в области низких частот. Тогда BS «перетаскивает» сигнал пользователя 2 в область высоких частот. В результате мы получаем картину, когда в обоих парах спектры сигналов «разошлись» в пределах спектра всего ADSL. Тем самым уменьшился негативный эффект от взаимной переходной помехи между двумя парами.

Пример 2.14. Уровень транспортной сети. Механизм динамической маршрутизации в протоколе PNNI. В протоколе PNNI впервые был использован метод динамической маршрутизации. И хотя технология ATM, для которой создавался PNNI, в настоящее время потеряла актуальность для мирового рынка, принцип динамической маршрутизации широко применяется в различных технологиях транспортных сетей на основе IP.

Принцип динамической маршрутизации предполагает, что в транспортной сети существует постоянный обмен данными между узлами, в результате которого происходит мониторинг состояния сети путем обмена сигнальными сообщениями PNNI «Hello» и одновременно выбирается ключевой узел, отвечающий для назначения того или иного маршру-

та. При этом все узлы предполагаются равноправными. Если в сети АТМ возникает сбой, например нарушение связи в одном из каналов, то в системе возникает новый обмен сообщениями «Hello», и в результате ключевой узел маршрутизации может поменяться.

В основе рассмотренной системы лежит перераспределение полномочий по формированию плана маршрутизации между центром управления и периферийными узлами. Транспортная сеть становится более устойчивой и может в полной мере продемонстрировать концепцию самозалечивающихся сетей. При этом одновременно обеспечивается эффективность использования ресурса. Такая маршрутизация называется адаптивной. Она привлекательна, так как выдержана в современной идеологии Plug&Play. Добавление нового узла к сети приводит к изменению общей топологии системы, и система маршрутизации отвечает соответствующим изменением плана маршрутизации и даже переносом центра управления транспортной сетью.

Этот пример интересен тем, что позволяет связать адаптивные механизмы в современных сетях и популярный принцип Plug&Play, используемый в современной компьютерной технике. И в том, и в другом случае широко используются методы автоидентификации и адаптивной подстройки системы к любым изменениям в конфигурации. В этом смысле можно говорить, что сами принципы адаптации в современных сетях NGN были заимствованы из компьютерной техники. Поскольку сети NGN представляют собой соединения компьютер – компьютер, такое заимствование вполне естественно.

Принцип использования адаптивных механизмов связан также и с рассмотренным выше принципом децентрализации. Если система по своей идеологии строится как распределенная система, то она должна «спасать положение» без вмешательства человека или центрального устройства. Следовательно, в ней должны присутствовать адаптивные механизмы.

2.3.6. Многоуровневые решения NGN

Еще одним принципом, отличающим NGN от традиционных сетей, является принцип многоуровневой архитектуры. Традиционные сети с их дуализмом «первичная сеть – вторичные сети» охватывают только три нижних уровня модели взаимодействия открытых систем (OSI): физический, каналный и сетевой.

Четырехуровневая структурная концепция NGN (модель SCTA) предусматривает изменение всех уровней модели OSI. Причем в процессе бурного развития технических решений для каждого уровня и даже для каждой отдельной задачи появляется сразу несколько альтернативных

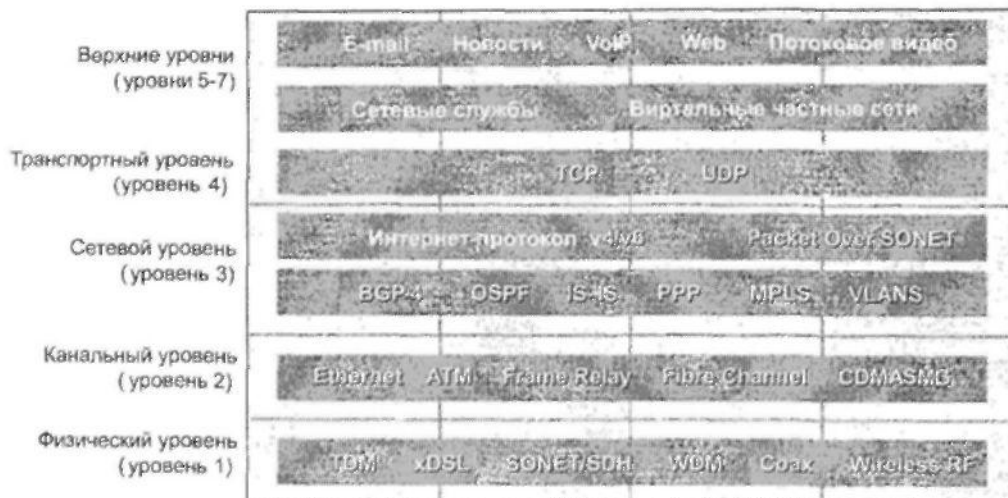


Рис. 2.17. Разнородные технологии NGN

решений в соответствии с принципом демократичности. Соответственно, любая проблема имеет поливариантное решение. Устаревшие и слабые решения и технологии уходят с рынка вследствие конкурентной борьбы, но интенсивность «смертности» технических решений значительно уступает интенсивности генерации новых. В результате на место одной устаревшей технологии приходят десятки новых, а общее количество решений постоянно увеличивается. В настоящее время операторам доступен довольно большой пласт новых технологий, расположенных на всех уровнях модели OSI (рис. 2.17).

Отсюда вытекает главное следствие из принципа многоуровневости технологии NGN — современный оператор имеет дело с очень сложными архитектурными моделями построения сети. Если раньше можно было говорить о топологической сложности сети, о сложном графе маршрутизации и пр., то теперь к этому добавляется еще и архитектурная сложность.

Принцип многоуровневости требует новых подходов к изучению технологии NGN — нужно всегда представлять, на каком уровне и в какой части архитектурной модели мы находимся. От этого может зависеть направление исследования.

Пример 2.15. Концепция сетей SDH следующего поколения. Приведенная ранее на рис. 2.4 концепция NGSDH допускает реализацию различных вариантов решений, тем более что принцип демократичности NGN делает их равнодопустимыми. Но конкретная реализация транспортной сети может использовать один или два варианта технического решения. Однако в зависимости от выбранного варианта ре-

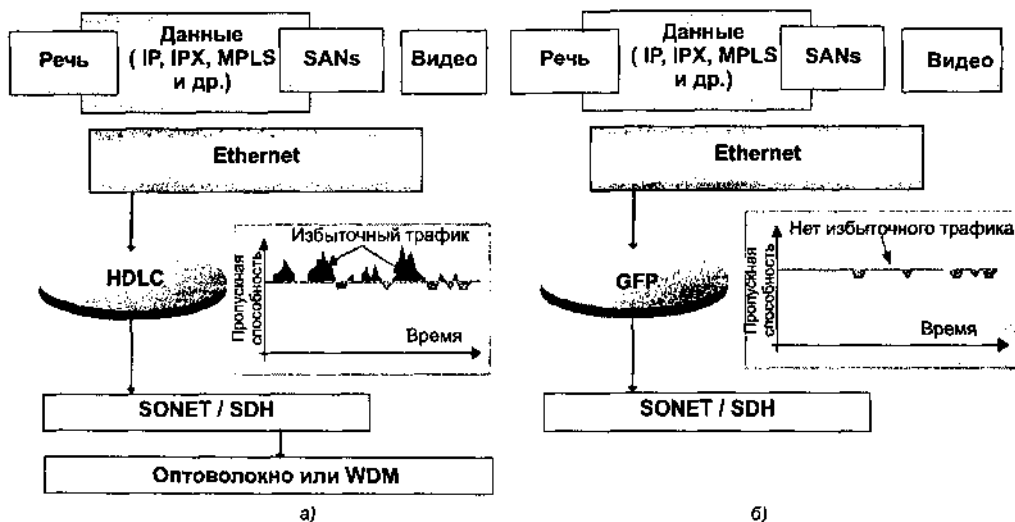


Рис. 2.18. Варианты реализации системы NGSDH

ализации, например, для диагностики сетей NGSDH будут критичны разные группы параметров.

Для системы NGSDH, построенной по схеме рис. 2.18,а, критичными параметрами окажутся параметры контроля эффективности использования ресурса образованных в системе NGSDH «виртуальных труб», поскольку использование подуровня HDLC для загрузки в систему SDH трафика Ethernet приводит к высокой неравномерности использования ресурса системы передачи*.

Во втором варианте реализации NGSDH, где используется протокол GFP, включается специальный механизм по контролю неравномерности трафика Ethernet (рис. 2.18,б). В результате контроль параметров эффективности использования ресурса системы SDH будет не столь важен. Наиболее критичными в таком случае будут параметры, связанные с контролем эксплуатационных процессов, связанных со структурой протокола GFP, например контроль сигналов о неисправностях на уровне GFP, диагностика переменных полей GFP и пр. Такие эксплуатационные параметры отсутствуют в первой, более простой схеме.

Таким образом, от выбранной архитектуры транспортной сети зависят принципы диагностики и вся методология анализа систем NGSDH. Две подсистемы NGN с разными архитектурными особенностями часто контролируются на основе разных методик. В этом проявляется методический релятивизм современных сетей NGN, который мы будем рассматривать далее (см. также разд. 2.3.2).

* Более подробную информацию о функционировании систем NGSDH и проблемах контроля таких сетей можно найти в [2].

2.3.7. Совместное использование ресурсов. Самокоррелированные системы

В разд. 1.4.6 был представлен пример совместного использования ресурса домовой сети Ethernet несколькими пользователями. В результате была продемонстрирована сложность поведения NGN даже в самом простом случае. Постараемся развить эту тему, поскольку принцип совместного использования тех или иных ресурсов весьма характерен для NGN.

Традиционные сети, построенные на принципах коммутации каналов, предполагают прямое выделение ресурса сети каждому пользователю, на этом базируется само понятие канала (физического, логического, виртуального). Переход в сетях NGN к коммутации пакетов даст возможность совместного использования ресурсов физического, канального, сетевого и транспортного уровней несколькими пользователями. Вследствие этого появляется возможность существенно повысить эффективность использования ресурса.

В качестве примера можно привести многочисленные решения по «обжиму» трафика операторами вторичных сетей с использованием технологии NGN. Оператор может арендовать у национального оператора междугородной первичной сети канал E1, установить на концах этого канала статистические мультиплексоры на основе VoIP/IP и в результате получить экономию ресурса, что позволит увеличить емкость канала для передачи разговорного трафика почти в 4 раза (на выходе будет четыре потока E1, а внутри трафик будет передаваться в виде дейтаграмм IP). Такая схема организации связи наглядно демонстрирует преимущества совместного использования ресурса традиционных сетей несколькими системами NGN.

В то же время принцип совместного использования ресурсов несколькими пользователями или приложениями приводит к исключительной сложности поведения систем NGN. В соответствии с принципом релятивизма каждый пользователь (приложение) формирует свой поток данных, а значит, у него будут свои параметры качества связи. При этом совместное использование абонентами какого-либо ресурса сети приведет к тому, что параметры качества для отдельного пользователя будут зависеть от трафика остальных пользователей.

Таким образом, технология NGN оказывается высокодинамичной и сильно взаимокоррелированной по отношению к пользователям отдельного сегмента или подсистемы. По этой причине любая модернизация сети NGN может носить непредсказуемый и лавинообразный характер.

Ниже будет показано, что поведение систем NGN оказывается настолько непредсказуемым, что может описываться только методами математической теории хаоса.

2.3.8. Многопараметричность систем NGN

Последним общим принципом функционирования NGN является многопараметричность, присущая любым подсистемам сетей нового поколения. Проблема многопараметричности систем связи сводится к тому, что количество параметров, необходимых для описания поведения системы связи (размерность системы), оказывается очень большим.

Увеличение размерности современной технологии представляется объективной тенденцией, которую можно наблюдать в историческом срезе на протяжении всего развития цифровых сетей связи. При пере-

Таблица 2.1

Рост уровня сложности и размерности современных технологий систем передачи

Технология	Новинки технологии	Параметры описания
Цифровой канал	Простой цифровой канал передачи данных	BER
ИКМ	Линейное кодирование, цикловая структура, сверхцикловая структура, контроль ошибок CRC, сигналы о неисправностях	BER, CODE ERR, FAS ERR, MFAS ERR, CRC ERR, LOS, AIS, RDI, REI
SDH	Синхронное мультиплексирование, синхронная передача, механизм активности указателей, многоуровневая генерация сигналов о неисправностях	BER, CODE ERR, FAS/MFAS/CRC ERR, LOS, LOF, RS-REI, RS-RDI, MS-REI, MS-RDI, HP-AIS, HP-RDI, LP-AIS, LP-RDI, TIE, MTIE, джиттер, смещение указателей
ATM	Асинхронное мультиплексирование, передача данных с любой скоростью, передача данных в виде ячеек, формирование и коммутация VPI/VCI	BER, CODE ERR, FAS/MFAS/CRC ERR, LOS, LOF, RS-REI, RS-RDI, MS-REI, MS-RDI, HP-AIS, HP-RDI, LP-AIS, LP-RDI, TIE, MTIE, джиттер, смещение указателей
ATM	Механизм инкапсуляции данных, несколько классов нагрузки и QoS, адаптивная маршрутизация VPI/VCI	BER, CODE ERR, FAS/MFAS/CRC ERR, LOS, LOF, RS-REI, RS-RDI, MS-REI, MS-RDI, HP-AIS, HP-RDI, LP-AIS, LP-RDI, TIE, MTIE, джиттер, смещение указателей, VPI/VCI-AIS, RDI, CER, CLR, CMR, CTD, CDV, QoS для типов CBR, ABR, VBR(rt/nrt), UBR, параметры инкапсулированного трафика
Мульти-сервисные сети, MPLS, IP и т.д.	Отсутствие виртуального канала, передача данных в виде дейтаграмм переменного размера, независимая и адаптивная маршрутизация дейтаграмм, произвольное назначение класса нагрузки и QoS	BER, CODE ERR, FAS/MFAS/CRC ERR, LOS, LOF, RS-REI, RS-RDI, MS-REI, MS-RDI, HP-AIS, HP-RDI, LP-AIS, LP-RDI, TIE, MTIE, джиттер, смещение указателей, VPI/VCI-AIS, RDI, CER, CLR, CMR, CTD, CDV, QoS для типов CBR, ABR, VBR(rt/nrt), UBR, параметры инкапсулированного трафика, латентность, потери пакетов, пакетный джиттер, распределенные параметры QoS трафика, распределенные параметры трафика IP, QoS классов MPLS

ходе от простых каналов передачи данных к сетям ATM и IP и далее количество параметров, характеризующих поведение системы связи, неизменно увеличивалось (табл. 2.1). Анализируя процесс увеличения размерности систем, можно сформулировать тезис о том, что каждый шаг по пути научно-технического прогресса существенно увеличивает сложность систем связи*.

Особенностью систем NGN является тот факт, что они имеют не просто много параметров описания, а чуть ли не бесконечное множество таких параметров. Тем самым технология NGN качественно отличается от всех предшествующих цифровых систем связи, и в этом также проявляется революционность концепции сетей нового поколения.

Действительно, многоуровневая архитектура сетей нового поколения увеличивает размерность описания любых процессов в таких системах. С другой стороны, рассмотренный выше эффект совместного использования ресурсов несколькими пользователями требует при описании системы учета особенностей поведения всех пользователей системы. С точки зрения увеличения размерности современных систем связи технология NGN привела к новому качественному скачку. От многомерных систем, с которыми имели дело связисты вплоть до ATM, технология делает шаг к бесконечномерным системам.

Таким образом, NGN как объект изучения оказывается очень интересным: это бесконечномерная, сложная и чрезвычайно динамичная технология.

2.4. Динамика развития технологии NGN

2.4.1. Перманентная новизна технологий в современных системах NGN

При изучении принципов функционирования NGN все время говорилось о высокой динамике развития этих сетей, но эта динамика не выделялась в качестве отдельного свойства технологии NGN. Однако это свойство важно настолько, что целесообразно рассмотреть его особо. Как будет показано ниже, такое исследование может привести к довольно неожиданным результатам.

В этом разделе нас будет интересовать не просто явление динамичности современной технологии NGN, но и механизмы ее развития. Здесь наблюдается не только высокая динамика изменения состояния систем

* Подробное исследование явления многопараметричности и проблем, которые непосредственно связаны с этим явлением, было сделано автором в [1].

связи, это еще и высокая динамика эволюции технологии в условиях рыночного пространства. Как будет показано ниже, скорость смены технологических решений и концепций для систем NGN является уникальной в истории систем связи. Под воздействием этой динамики меняются даже многие основы функционирования систем связи. До появления концепций сетей нового поколения развитие систем связи можно было рассматривать как эволюционный процесс, а состояние рынка систем связи считать если не полностью статичным, то квазистационарным. Переход к технологии NGN — это переход от статики к динамике, поэтому особенно важно понять законы, по которым развивается эта технология.

Технологии, концепции, принципы в области NGN меняются ежегодно, а иногда и по несколько раз в год. Как будет показано далее, современные методы и новые бизнес-модели, которые приходят в область разработки средств связи, сократили цикл выхода технологии на рынок до 3–5 лет, что не имеет аналогов на рынке связи. До этого цикл развития технологии составлял 10, а то и 20 лет, что и было закреплено в экономических показателях по уровню амортизации средств связи*. В современном мире NGN оборудование может морально устареть уже через 2–3 года, что можно наблюдать на примере АТМ. Такая высокая динамика обновления не может не сказаться на всех сторонах развития технологии NGN. Высокой динамикой внутри систем NGN проникнуты все явления: от уровня квалификации персонала, который часто отстает от жизни, до основ построения конвергентных сетей, внутри которых отдельные технологии постоянно изменяются, преобразуются, обновляются и при этом объединяются в единую конвергентную сеть.

Исследуя поведение технологий NGN во времени, кроме высокой динамики развития, можно выделить фактор новизны. Мало того, что сети нового поколения представляют собой революционную доктрину, для сетей NGN характерна самая высокая новизна в области технологии. Обычно оборудование NGN — это оборудование только что из лаборатории. Стандарты функционирования систем NGN постоянно «дышат», подстраиваясь к новым инновационным идеям. В результате очень часто оборудование сетей нового поколения модернизируется из-за изменения в стандартах уже на опытной зоне.

Оба фактора — динамика и новизна — можно свести к единому принципу — перманентной новизне технологии NGN. С одной стороны, техно-

* В соответствии с современными стандартами экономической отчетности срок амортизации различного оборудования систем связи составляет от 10 до 25 лет. Легко понять, что для сетей NGN в их современном состоянии такие временные рамки недопустимы. Современное оборудование меняется каждый год вплоть до микросхемы, а программное обеспечение обновляется полностью каждые полгода.

логия NGN в подавляющем большинстве представляет собой совершенно новые разработки. С другой стороны, высокая динамика развития технологии не позволяет завершить эти разработки. Разработка скорее будет вытеснена новой технологией, чем окончательно доработана под все условия эксплуатации. В результате новизна технологии становится постоянным, или перманентным, фактором. Из принципа перманентной новизны технологии можно сделать вывод о том, что современные операторы NGN имеют дело с «хронически новым» оборудованием, для которого характерна незавершенность и несовершенство. В традиционных сетях можно было говорить об ограниченном временном промежутке, в течение которого новое оборудование доводится до ума. В системах NGN новизна и несовершенство оборудования становятся постоянным атрибутом самой технологии.

Это особенность сетей NGN столь характерна и необычна, что требует отдельного изучения.

2.4.2. Кривая внедрения технологии и особенности динамики развития сетей NGN

Динамику развития любой технологии систем связи или нового технологического решения от идеи до внедрения можно представить схематично в виде кривой развития технологии (рис. 2.19), разделив время разработки на девять этапов.

1. Формирование новых стандартов оборудования или появление новой идеи.
2. Создание лабораторного макета оборудования и анализ его соответствия новым стандартам.
3. Анализ производительности нового оборудования и оценка надежности полученного решения.
4. Переход к штатному производству оборудования, выстраивание производственного процесса и контроль качества в процессе производства.
5. Развертывание пилотной зоны на новом оборудовании.
6. Сертификация полученного решения в полевых условиях.
7. Переход к штатному внедрению оборудования и тиражированию решений.
8. Массовое развертывание систем связи.
9. Перевод полученного решения в эксплуатацию, получение прибыли от оборудования или новых услуг.

Особенностью NGN является только то, что сроки разработки и внедрения оборудования постоянно сокращаются.

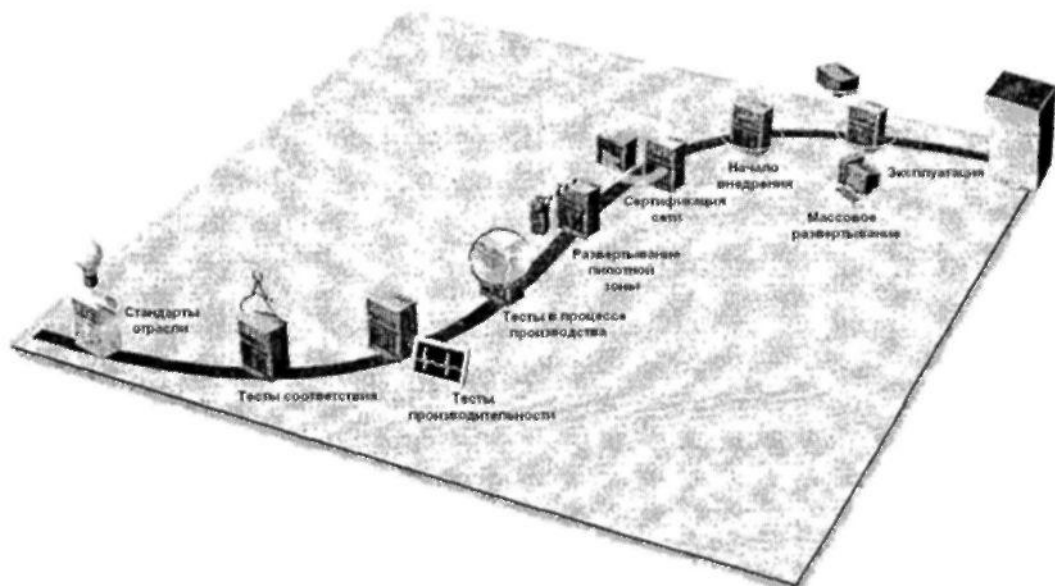


Рис. 2.19. Кривая развития технологии

Попытка получить «свой кусок» общего интернационального «пирога» NGN приводит компании к необходимости максимально быстрой генерации технических решений. По меткому выражению одного из аналитиков, тот сегмент, который в настоящее время является пустым, через год будет полон инновационными решениями и конкуренцией, а через два года это будет общим местом, куда бизнесу нецелесообразно идти. Таким образом, самым важным в развитии современных инновационных решений оказывается фактор времени и максимально оперативная разработка технических решений. В процесс включены все игроки рынка. Производители стремятся как можно быстрее разработать и выпустить новое оборудование на рынок. Операторы стараются внедрить новые принципы работы сетей, услуги и оборудование. Стандартизирующие органы и организации стараются максимально оперативно проработать новые стандарты и технологии. Можно сказать, что все участники рынка целенаправленно ускоряют научно-технический прогресс.

В результате действий всех участников рынка «кривая развития» технологии в современных системах связи сжимается как пружина.

2.4.3. Технологический подход. Модели динамики развития технологии в рыночных условиях

Чтобы глубже понять механизм изменения современной технологии NGN, рассмотрим модели, которые описывают поведение технологии

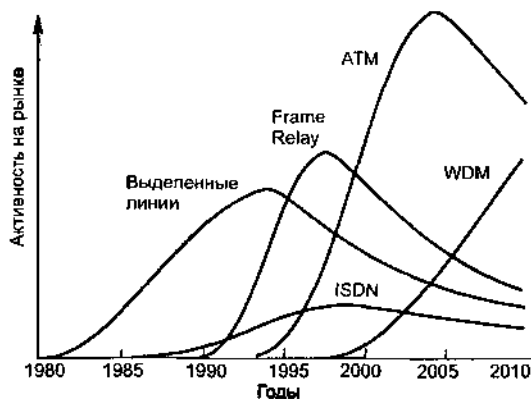


Рис. 2.20. «Волны» развития технологии передачи данных

в рыночном пространстве, и исследуем явления, которые сопровождают развитие технологии.

Для этого применим разработанный автором подход [1, 5], предлагающий рассматривать развитие технического прогресса в системах связи в виде пространства, где рождаются, развиваются, конкурируют и умирают отдельные технологии систем связи. Согласно этому подходу под технологией понимается совокупность технических средств, методов (навыков) их использования и пр., или, иными словами, набор технических решений. В таком определении в зависимости от того, насколько одни технические решения будут лучше других, можно говорить о сравнительной эффективности разных технологий. Уровень знаний о технических решениях будет отражать уровень знаний о технологии и т.д.

Эволюцию традиционных технологий до NGN, в том числе телекоммуникационных, можно представить в виде волн. «Волновая» теория развития технологии наиболее полно отображает процессы смены технологий и подтверждена на практике. Суть этой теории проста: любая технология постепенно приходит на рынок, достигает своего максимального распространения и также постепенно уходит с рынка. Применительно к эволюции развития телекоммуникаций ряд зарубежных источников предлагает различные прогнозы. В качестве примера на рис. 2.20 показана эволюция сетей передачи данных применительно к рынку США, как она виделась в начале 90-х годов, до появления решений NGN.

Согласно «волновой» теории различные технологии могут успешно сосуществовать в течение достаточно большого времени. Смена одной технологии другой определяется новыми задачами, которые ставят перед собой операторы. Например, основными движущими силами внедрения пакетной коммутации являются развитие персональных компьютеров и необходимость создания сетей передачи данных. Развитие техноло-

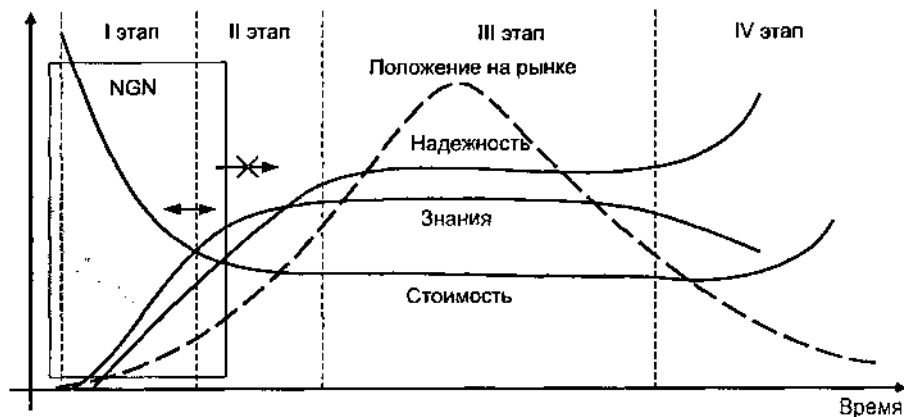


Рис. 2.21. Динамика развития технологии на рынке

гии ATM стимулируются постепенным переходом от узкополосной ISDN к широкополосному доступу и необходимостью решения задач интеграции широкополосных услуг (например, интерактивного телевидения), цифровой телефонной сети и т.д. Причиной смены технологий обычно является лучшая экономическая конкурентоспособность новых технических решений по сравнению со старыми. В условиях рыночных отношений экономический фактор в конечном итоге является решающим.

Казалось бы, «волновая» теория развития технологий дает простое решение всех проблем. Если на смену существующим решениям с необратимостью придут новые, теперь уже известные технологии, то оператор, желающий в будущем быть конкурентоспособным, должен изначально ориентироваться на новую технологию. Такое упрощенное понимание не учитывает процессов, сопровождающих развитие технологии, и приводит к очень опасной позиции «новизны ради новизны».

Чтобы иметь полное представление о том, что несет с собой новая технология, необходимо также рассматривать социально-экономические процессы, которые сопровождают прохождение «волны». В качестве иллюстрации на рис. 2.21 представлена динамика развития во времени технологии на рынке и ряда важных параметров, сопровождающих этот процесс и определяющих целесообразность использования технологии в телекоммуникациях. К ним относятся стоимость технических решений, средний уровень знаний связного сообщества о технологии, а также надежность технических решений.

Как видно из графиков, в начале развития технологии стоимость технических решений чрезвычайно высока. На это влияют не только стоимость нового оборудования, но и затраты на проведение необходимых доработок (по закону Мерфи, устройство скорее всего сразу не заработает), полевых испытаний и сопряжения с существующей сетью. Затем по

мере накопления опыта внедрения технологии и решения вопросов внутренней и внешней интеграции устройств, стоимость начинает падать и доходит до оптимального стабилизированного уровня. После того как технология устаревает и постепенно начинает уходить с рынка, стоимость технологии увеличивается, поскольку с рынка исчезают запасные части и компоненты устройств.

Средний уровень знаний связанного сообщества включает в себя знания как пользователей (заказчиков) оборудования, так и поставщиков. Поставщики получают новые знания о технологии первыми, но и это требует определенного времени. В начале развития технологии на рынке знаний о ней практически нет. Существенно, что начало графика стоимости опережает начало графика уровня знаний: сначала технология приходит на рынок, а уже потом появляются практические знания о ней. По мере накопления опыта и появления литературы, написанной профессионалами, уровень знаний о технологии увеличивается, достигая необходимого максимума. Затем происходит снижение уровня знаний о технологии, когда она становится устаревшей. Это связано с тем, что часть специалистов по технологии переквалифицируются на новую технологию, а другие уходят на пенсию. В конце концов технология становится достоянием политехнических музеев, где знания о ней хранят только историки.

Интересна закономерность изменения надежности технических решений, она отстает от стоимости и уровня знаний по времени. Новая технология в руках неквалифицированных пользователей не может обеспечить надежную работу системы связи. Но по мере развития технологии и стабилизации опыта ее использования надежность технических решений повышается, достигая стабилизации. Дальнейшее повышение надежности в период старения технологии связано с известным статистическим процессом «что сломалось, то уже сломалось, а что работает, то и будет продолжать работать» даже при отсутствии запасных частей.

Помимо объективных тенденций, связанных с развитием технологии, на рынок оказывают существенное влияние социально-психологические процессы, идущие в связанном сообществе. Новая технология представляет собой сумму новых знаний, которые должны быть восприняты связанным сообществом, специалистами, операторами, поставщиками и заказчиками. Этот процесс требует отдельного рассмотрения, что и будет сделано ниже. Зная процессы, сопровождающие развитие технологии, условно разделим ее «жизненный цикл» на четыре периода и рассмотрим социально-психологические процессы в связанном сообществе, характерные для каждого периода.

Этап I. Этот этап характеризуется процессом становления технологии на рынке. Она пока очень дорога. Ни потенциальные заказчики, ни поставщики оборудования в полной мере не представляют всех нюансов и обучаются в процессе работы. Первые решения работают нестабильно и требуют доработки в полевых условиях. И хотя разработчики обещают в будущем существенные преимущества, есть риск, что закупленное оборудование, будучи новым и опытным, не даст возможности в будущем пользоваться этими преимуществами. Позволить такое себе могут только крупные операторы в опытных зонах внедрения. Внедрение технологии на этом этапе — по сути благотворительный взнос ради будущего технологии связи.

Вместе с тем законы рынка требуют от фирм-поставщиков направить усилия на рекламу новой технологии. О ней говорят как о новом прорыве, всячески описывая ее преимущества и замалчивая целесообразность текущего внедрения. Ей посвящены ловкие обзоры, проблемные статьи, рапорты о новых внедрениях и их результатах (обычно в мажорных тонах). В результате возникает иллюзия единственно верного пути — внедрить технологию у себя. Отсутствие реальных практических знаний о технологии, проблемах, с ней связанных, и путях их решения приводит к идеализации технологии. Рождается миф о ее великом потенциале и решении всех проблем. Поддавшиеся на искушение финансируют развитие новых технологий.

В качестве примера можно рассмотреть современное состояние с технологией IP* на отечественном и мировом рынке. Критический анализ статей, которые посвящены этой технологии, покажет, что в них нет практической направленности, в основном это реклама новых приложений IP. В то же время IP в настоящее время является самой цитируемой технологией. Однако в современной практике системного проектирования приложения, в которых IP оказалась бы единственным возможным вариантом решения, встречаются редко.

Нисколько не умаляя необходимости внедрения IP на рынке России, хотелось бы еще раз указать, что такое внедрение является опытным. В этой связи включение концепции IP в Федеральную программу развития связи является правильным решением, решение о создании нескольких опытных зон внедрения IP (еще лучше, если это будут затем зоны коммерческого использования) — решение безусловно прогрессивное. В то же время ориентация на технологию IP как основу построения сетей некоторых ведомственных операторов, по мнению автора, — решение ошибочное.

* Напомним, что под технологией IP понимается оборудование и технические решения для организации транспортных сетей пакетной передачи.

Этап II. Этот этап характеризуется стабилизацией технологии на рынке. В начале этого этапа появляется «прозрение заблуждающихся», характеризующееся полемикой в технической прессе: настолько ли эффективна новая технология и действительно ли она необходима на рынке. Такого рода вопросы — закономерный процесс перехода от первичной эйфории к конструктивному обсуждению на основе первого опыта. Обсуждение очень важно, поскольку раскрывает все основные и дополнительные нюансы технологии, она становится знакомой, известной, в широком смысле отработанной на рынке. На этом этапе можно рекомендовать ее использованию большинству операторов, что в конце концов и происходит. В результате новая технология становится модной в хорошем смысле этого слова, она становится парадигмой и используется большинством операторов. Конец этого периода характеризуется отношением здорового энтузиазма к внедрению новой хорошо знакомой технологии. Решения становятся надежными, знания о технологии постепенно наполняют учебные пособия и становятся классическими. Полемика в прессе умолкает — технология заняла свое достойное место.

В качестве примера на российском рынке можно указать технологию АТМ, которая только что миновала этап полемики о ее необходимости, но еще не достигла этапа здорового энтузиазма. Существовало, что последние статьи по этой технологии носят явно практический характер.

Очень показательным примером является технология SDH, которая стала современной парадигмой построения цифровой первичной сети. На пороге этого этапа стоит технология IP.

Этапы III–IV. Это этапы соответственно зрелости и устаревания технологии. Как правило, оба этапа характеризуются полным молчанием о технологии в технической прессе. В этом нет необходимости. Технология известна, она вошла в учебники и пособия. Появились хорошие инструкции по эксплуатации, имеется широкий штат специалистов с большим опытом обслуживания технических средств. Технические средства включены в программы вузов. Изредка появляются статьи, в которых рассказывается об упущенных в ходе обсуждения на этапе II нюансах и скрытых резервах технологии, но в целом обсуждение технологии исчезает до исчезновения с рынка самой технологии.

В качестве примеров технологий этапа III могут быть указаны модемная передача данных (за исключением новых типов протоколов), PDH, квазиэлектронные АТС. Примеры технологии этапа IV — аналоговые системы передачи, координатные и декадно-шаговые АТС.

2.4.4. Точки бифуркации* и цикл очковтирательства

Согласно приведенной выше классификации этапов развития технологии, все технологии семейства NGN находятся на этапах I и II. Но как и всякая революционная доктрина, концепция NGN внесла существенные изменения в динамику технологического развития сетей связи. На этапах I и II любая технология по определению является новой, однако технологиям NGN, как было показано выше, присуща перманентная новизна, которая вносит неожиданное свойство эволюционного ряда, представленного на рис. 2.22. В отличие от традиционных технологий систем связи, которые медленно, но верно двигались по указанному эволюционному ряду слева направо, технологии NGN «застряли» на уровне этапов I и II и совершают там колебательные движения влево-вправо, т.е. из этапа I в этап II и обратно, по мере обновления технических решений. Возможно, в рамках глобального исторического развития подобные колебания можно было бы считать своего рода информационным шумом, однако 5–7 лет — срок, вроде бы, достаточный для того, чтобы технологии NGN начали двигаться вправо, к этапу III, но этого не происходит.

Таким образом, считая, что все технологии NGN находятся в настоящее время где-то между I и II этапами, приходим к выводу, что динамика развития технологий NGN — это переходная динамика. Такого рода динамику с точки зрения рынка можно описать социально-психологическими моделями поведения. Рассматривая процессы, сопровождающие развитие традиционных технологий, мы отмечали, что пере-

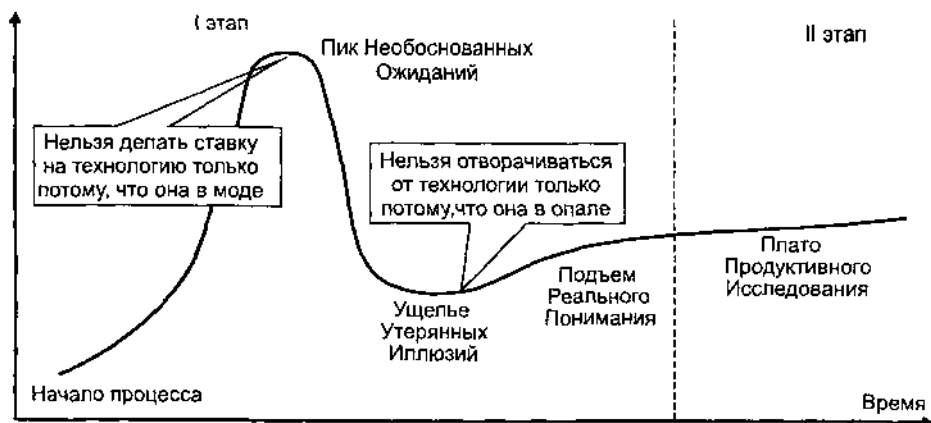


Рис. 2.22. Цикл очковтирательства [11]

* Точка бифуркации (от лат. bifurcus — раздвоенный) — в синергетике критическое значение при изменении управляющей переменной, при котором система выходит из состояния равновесия. В точке бифуркации у системы появятся «выбор», в котором присутствует элемент случайности, приводящий к невозможности предсказать ее дальнейшее развитие. — *Прим. ред.*

ход технологии от этапа I к этапу II характеризуется коренным изменением отношения к ней. От пафоса рекламной шумихи связанное сообщение мгновенно (по историческим меркам) переходит к опытному внедрению и сопровождающей его критике. Такой переход можно рассматривать как явление катастрофы в математическом смысле этого слова, т.е. как быстрый качественный переход в другое состояние. Поскольку все технологии NGN находятся в непосредственной близости к точке такого перехода, они пребывают в определенном метастабильном состоянии. Поэтому переходная динамика развития технологий NGN характеризуется очень высокой нелинейностью.

Рассмотрим поведение современной технологии вблизи точки качественного перехода от этапа I к этапу II. Исследование, выполненное в [11], позволяет заглянуть внутрь переходной динамики развития технологии. Поскольку на развитие технологии в рыночных условиях оказывает мощное влияние рекламная компания и деятельность коммерческих специалистов, цикл развития технологии в точке перехода I–II получил название «цикла очковтирательства» (дословно Hype Cycle).

Анализ «цикла очковтирательства» на рис. 2.22 позволяет говорить о четырех географических местностях, которым автор книги [11] дал юмористические названия. После приближения технологии к критической точке перехода к этапу II, она находится на пике популярности, но отношение к ней далеко от реалистичного анализа преимуществ и недостатков. Такое состояние названо «Пиком Необоснованных Ожиданий». После первых внедрений технологии, когда становится понятно, что необоснованные ожидания — всего лишь иллюзия, популярность технологии падает вертикально вниз, сваливаясь в «Ущелье Утерянных Иллюзий». После того как иллюзии о возможностях технологии развеяны, специалисты и пользователи начинают трезво оценивать плюсы и минусы технологии. Оказывается, что она не такая уж обреченная, ни на что не годная выдумка. Постепенно популярность ее начинает медленно повышаться («Горный подъем Реального Понимания»). Именно в наивысшей точке этого «подъема» и происходит переход через границу от этапа рекламной шумихи (этап I) к этапу опытного внедрения (этап II). За пределами этой границы технология ведет вполне предсказуемо, выходя на определенный уровень («Плато Продуктивного Исследования») и «набирает очки» без излишних рывков и падений.

Детальное исследование критической точки перехода показывает, что внутри плавной кривой на рис. 2.21 скрываются опасные закономерности (см. рис. 2.22), где имеют место резкий взлет и не менее резкое падение популярности новой технологии. Как было сказано выше, такое состояние можно характеризовать как математическую катастрофу, или

бифуркацию. В точке бифуркации оператор легко может допустить ряд ошибок в выборе своей стратегии. Понимание закономерности бифуркации помогает избежать таких ошибок. Самыми грубыми следствиями рассмотренной закономерности могут стать два вывода, связанные с пиковыми колебаниями популярности технологии в точке бифуркации:

1) нельзя делать ставку на технологию на пике популярности и принимать решение о ее внедрении только на основе того факта, что она сейчас в моде. Нужно помнить, что обещания новой технологии могут оказаться далекими от реальности;

2) нельзя отказываться от технологии только потому, что она недавно была в моде, а теперь доказала якобы свою несостоятельность. Максимализм в отношении к тем или иным решениям присутствует во всем мире и является не менее плохим советчиком, чем эйфория от рекламных лозунгов.

Для исследования технологий NGN понятие точки бифуркации представляется очень важным. Коль скоро группа технических решений, связанных с сетями нового поколения, «застряла» между первым и вторым этапами эволюционного ряда (см. рис. 2.21), значит все технологии семейства NGN находятся в непосредственной близости к своим точкам бифуркации. В таком случае отношение к этим технологиям со стороны связанного сообщества может радикально меняться в течение весьма короткого времени. Оценки новых технологий NGN могут быть любыми — от эйфории до полного отторжения — в зависимости от того, какие нововведения предложат разработчики.

Рассмотрим два примера «колебаний около точки бифуркации» технологий NGN.

Пример 2.16. Отношение к технологии ADSL. На протяжении последних нескольких лет отношение к технологии ADSL менялось несколько раз. В конце 90-х годов казалось, что технология ADSL таит в себе неисчерпаемые ресурсы, поскольку на то время скорость до 8 Мбит/с для одного пользователя считалась верхом ожиданий. Появление концепции IPTV в 2003–2004 гг., а также оценка состояния кабельных сетей операторов ГТС привела к сильнейшему разочарованию в технологии ADSL. Оказалось, что скорость 8 Мбит/с не позволяет качественно предоставлять услуги IPTV, а значит, удел технологии ADSL — только высокоскоростной доступ в Интернет. Появившиеся в этот же период решения ADSL2+ продемонстрировали, что традиционные сети ADSL можно модифицировать. Полученные решения легко адаптировались к требованиям кабельной системы по полосе пропускания. Это вызвало повторный всплеск эйфории, хотя и не такой явный, как первый.

С развитием в последние годы альтернативных широкополосных технологий абонентского доступа (Wi-Fi, WiMAX, оптическая «последняя миля», домовые и городские сети Ethernet, системы кабельного телевидения и пр.) технология ADSL2+ снова оказалась в Ущелье Утерянных Иллюзий. Кажется, что альтернативные технологии позволяют решить проблему абонентского широкополосного доступа сравнительно дешевле и быстрее. Тут и там раздаются суждения, что в светлое будущее услуг Triple Play технология ADSL2+ не войдет. Такие прогнозы совершенно не учитывают тот факт, что в странах Европы технология ADSL является самой массовой технологией NGN в сетях доступа с уровнем проникновения в городские телефонные сети свыше 40 %.

Пример 2.17. Отношение к технологиям радиодоступа Wi-Fi и WiMAX. Первоначальная эйфория в отношении технологии Wi-Fi была связана с идеей быстро развернуть Wi-Fi-сети и собрать Интернет-трафик с пользователей, которые «сидят по кофейням». Затем эйфория сменилась разочарованием: область применения технологии Wi-Fi оказалась ограниченной квартирными сетями, а также отелями, аэропортами и прочими местами скопления граждан, так что «потолок» развития технологии стал виден невооруженным взглядом. Новое дыхание технологии в настоящее время придал проект компании Golden Telecom покрытия всей территории Москвы сотами Wi-Fi. В настоящее время этот проект смотрится очень привлекательным и может снова вызвать эйфорию вокруг технологии Wi-Fi.

Быстрота развертывания систем радиодоступа WiMAX также стала основанием для эйфории. На первый взгляд казалось, что проект Sinterra сможет в кратчайшие сроки собрать большой трафик с крупных городов. Но по мере развития сети WiMAX оказалось, что «обратная сторона медали» — слабая устойчивость к радиопомехам — не позволяет добиться высоких показателей качества в условиях современных крупных промышленных городов. От эйфории связанное сообщество перешло к скептическому отношению к технологии WiMAX. Тем не менее проект продолжает быть потенциально эффективным, необходимо только увеличить количество базовых станций. Возможно идея сотовизации WiMAX повторит успех технологии Wi-Fi.

Итак, мода на технологии NGN переменчива. А это значит, что объективно оценить место той или другой технологии в современном мире связи и сравнить технологии можно лишь отказавшись от экономико-социальных критериев оценки, поскольку они связаны с капризами моды. Ограничившись при этом только техническими нюансами разных технологий, можно увидеть технологии NGN объективно, вне обстанов-

ки бушующего моря хаоса идей и решений, который соответствует современному этапу развития NGN в целом.

Наличие бифуркаций в развитии технологий позволяет вновь подтвердить принцип демократичности NGN. Любая даже самая абсурдная идея, в соответствии с принципом демократичности, имеет право на существование. Если в данный момент нам кажется, что одна технология заведомо лучше другой, это не всегда означает что мы правы. Поскольку обе технологии находятся рядом с точкой бифуркации, наше отношение к ним может измениться уже завтра на противоположное. В этой ситуации единственное мудрое решение — рассматривать все технологии как равновероятные, а в этом и проявляется демократичность. Однако мы все еще не будем уверены, что это решение правильное. Отсюда вытекает уже рассмотренное свойство релятивизма технологии NGN.

2.4.5. Демократизация технологического подхода.

Фантомные направления развития технологии

Волновая теория эволюционного развития технологий, как показано на рис. 2.20 и 2.21, предусматривает смену одной технологии другой в течение довольно продолжительного времени, сравнимого с технологическим циклом, рассмотренным на рис. 2.19. Можно было бы ожидать, что вследствие перманентной новизны NGN смена одной технологии другой просто будет более быстрой. Но как мы показали выше, такая смена противоречит принципу демократичности NGN. Действительно, если одна технология NGN придет на смену другой, то они больше не равновероятны. В зависимости от капризов моды экономические и социальные показатели технологии могут меняться совершенно непредсказуемо, но стратегически технологии должны быть равноправны, иначе демократичность окажется недостижимой.

В результате мы приходим к выводу, что в историческом смысле все технологии NGN должны сосуществовать друг с другом в одной и той же точке эволюционной кривой рис. 2.20. Выше мы наблюдали, что это действительно так. Достигнув границы между этапами I и II, технологии NGN не развиваются дальше, как это свойственно традиционным технологиям, а начинают колебания вокруг этой границы. Раньше мы только могли констатировать это явление как особенность технологий NGN. Теперь эта особенность получает свое обоснование в качестве следствия принципа демократичности.

Поскольку рождение технологий NGN обусловлено разными историческими причинами и происходит в разное время, то получается интересная динамическая картина (рис. 2.23). Вне зависимости от того, когда

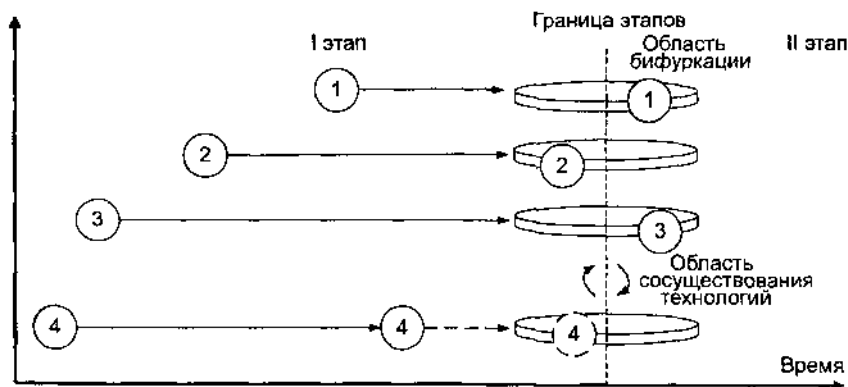


Рис. 2.23. Демократичное сосуществование технологий в одной точке эволюционного ряда

некая технология NGN, например № 1, выходит из лаборатории на мировой рынок, она проходит стадии вплоть до внедрения согласно рис. 2.19. Это соответствует границе между этапами I и II на рис. 2.21. Здесь развитие технологии NGN приостанавливается, и она начинает совершать колебания вокруг точки бифуркации. Другие технологии, например № 2 и № 3, возникшие исторически позже первой, пройдя все стадии развития, попадают в тот же «водоворот». Здесь они встречают технологию № 1, так что все три технологии оказываются на рынке, находясь на одном этапе развития. Сейчас на рынке ожидается появление новейших технологий, которые еще не доведены до внедрения (например, систем оптической и берстной коммутации [2]), и можно предсказать, что рано или поздно они окажутся в общем водовороте в точке бифуркации. Согласно такой модели, все технологии оказываются равноправными в плане развития вне зависимости от времени их появления на рынке. Более ранние технологии как бы «поджидают» новые технологии в области единого конкурентного поля.

Предлагаемая модель технологического развития удивляет своей абсурдностью, поскольку разные по времени возникновения технологии оказываются равноценными. Но это можно объяснить, если учесть характер колебаний технологии около границы этапов, связанный с тем, что технология постоянно дорабатывается. В таком случае то, что технология возникла достаточно давно, не означает, что она морально устарела. Например, исторически технология ADSL появилась раньше технологии пассивных оптических сетей (PON). Но ее дополнение — технология ADSL2+ — появилась уже после того, как PON оказалась на границе этапов. В свою очередь новые разработки в области схемотехники и дизайна ведутся разработчиками и в области технологии PON, и в области оборудования ADSL2+. В результате сейчас сложно сказать,

какая из технологий более современна. Обладая свойством перманентной новизны, технология NGN устраняет влияние фактора времени из эволюционного процесса. Технологии оказываются равноценными, как это и следует из принципа демократизма. Они сосуществуют друг с другом, взаимно конкурируют, постоянно модифицируются в соответствии с новыми дизайнерскими идеями, достижениями схематехники и новыми концепциями разработки программного обеспечения. При этом, совершая колебательные движения вокруг точек бифуркации, технологии NGN постоянно изменяют свою социальную оценку в широких пределах: от эйфории до крайнего скепсиса.

Приведенная модель подтверждает революционность доктрины NGN как технологического явления. Парадоксальность этой модели тем более очевидна, что из ее анализа нельзя понять, каким же образом вообще возможна смена технологий в мире NGN. Отсутствие фактора времени не позволяет говорить о том, что технология может морально устаревать. Но это действительно так, коль скоро мы говорим о перманентной новизне и такой же перманентной доработке технологии.

Впрочем, технология может устареть, если процесс ее обновления по тем или иным причинам прекратится. И здесь мы приходим к еще одному интересному выводу. В технологическом мире NGN смерть технологии возникает не по историческим причинам (объективное моральное и материальное устаревание оборудования в ходе эксплуатации), а по идеологическим причинам. Если по какой-то причине связанное сообщество принимает решение о том, что дальнейшие разработки в направлении отдельной технологии нецелесообразны, эта технология уходит от точки бифуркации вправо на этап II и дальше начинает свое движение в рамках традиционного эволюционного ряда рис. 2.21. Установленное оборудование продолжает поддерживаться, функционирует нормально, стандарты и принципы его работы фиксируются, специалисты в области такой технологии готовятся ровно в том объеме, который нужен для поддержания сетей и пр. В результате технология переходит с этапа II на этап III, а затем IV. Технология «традиционализируется», как это произошло с технологией АТМ. Развитие такой технологии полностью подчиняется традиционным моделям технологического подхода, но это уже само по себе означает, что такая технология морально устарела.

Таким образом, смерть технологии в новых условиях — это не полный демонтаж оборудования и его списание, а прекращение новых инновационных разработок в направлении ее развития. Научная революция и технический прогресс отказываются от такой технологии, и она проходит стадии старения в соответствии с общими законами «волны». Фактически это означает, что для технологий NGN не бывает последо-

вательного морального устаревания. В историческом смысле процесс происходит мгновенно. Как только связанное сообщество отказывается от технологии и останавливает инвестирование новых разработок в данном направлении, происходит моральная смерть технологии. Списание оборудования проходит в соответствии со сроком амортизации. Но задолго до этого технология рассматривается как исторический труп. Возвращаясь к процессам рис. 2.21, можно сказать, что с практической точки зрения граница морального устаревания технологии NGN передвигается с этапа IV на границу этапов I и II, что является существенным изменением традиционных принципов научно-технического прогресса.

То, что максимальный взлет современных технологий приходится на все более ранние этапы их развития, подтверждается тем, что в мировой и отечественной практике реорганизации сетей связи проходят не вследствие физического или технологического износа, а из-за морального устаревания. В таких случаях оборудование может заменяться на новое уже через несколько лет эксплуатации на том основании, что соответствующая технология бесперспективна и больше не поддерживается производителями. Время жизни технологии на рынке уменьшается. Поэтому не исключено, что после повсеместной замены традиционных сетей на NGN основным фактором обоснования замены оборудования и реконструкции целых сегментов сетей станет именно инновационный фактор, а не амортизация оборудования.

Следует указать на еще одну поправку, которую вносит технология NGN в традиционный технологический подход. Игнорируя фактор времени и меняя эволюцию всех инновационных решений, концепция NGN тем не менее сохраняет преемственность. Один раз разработав то или иное эффективное решение, связисты тиражируют его во всех новых разработках. Во многих случаях можно построить своеобразное генеалогическое дерево различных решений.

Пример 2.18. Генеалогическое древо современных протоколов сетей передачи данных. На рис. 2.24 представлена эволюция протоколов сетей передачи данных [4]. В левой части этого «генеалогического древа» представлена эволюция протоколов глобальных сетей передачи данных (WAN) от общих формулировок протокола OSI до ATM. В основном эта группа протоколов ориентирована на установление виртуальных соединений. В средней части рис. 2.24 показана преемственность протоколов сетей передачи данных от ALONA и ARPA до TCP/IP и Ethernet. Для них характерно отсутствие виртуальных соединений, в их основе — вещательная рассылка на основе дейтаграмм (см. пример 2.7). Правая часть показывает группу протоколов кольцевой топологии, которая начиналась с протокола Token Ring и закончилась FDDI, хотя

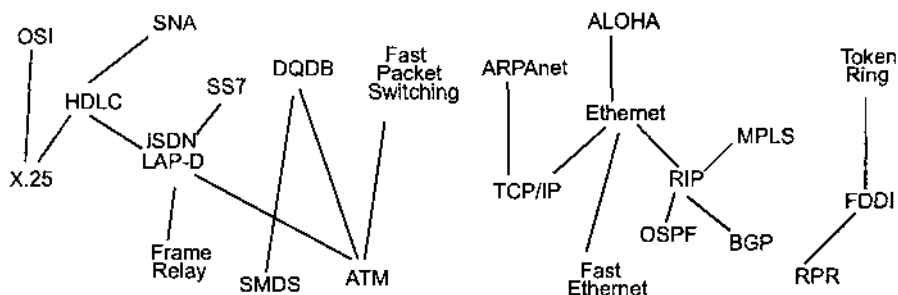


Рис. 2.24. Генеалогическое древо современных протоколов передачи данных

в настоящее время многие принципы этих протоколов используются в более современной технологии RPR.

Все протоколы, за исключением самых древних, до сих пор встречаются на сетях связи мира и России в самых разных сочетаниях и модификациях. Всего же в мире существует несколько сотен различных протоколов, но все они в той или иной степени относятся к трем перечисленным группам.

Генеалогические деревья, которые отражают заимствование одних принципов и замену технических решений более свежими технологиями, сохраняются и в концепции NGN. Каждая технология NGN порождает целый комплекс технических решений, так что часто невозможно выделить последовательность смены технологий. В каждом направлении возникают альтернативные решения, которые могут совершенствоваться и присутствовать в едином технологическом поле. По мере развития и внедрения технологий связанное сообщество делает свой выбор в пользу того или иного технического решения. Альтернативные решения иногда могут рассматриваться как неперспективные и лишаются поддержки и инвестиций. Подобные несостоявшиеся направления остаются тупиковыми, и их можно было бы назвать фантомами, отвлекающими от магистрального пути развития технологии. Но это не совсем так. Вследствие демократичности NGN в данный момент времени нецелесообразно разделять направления развития на тупиковые и актуальные. В общем случае все пути развития равновероятны, а технологии равноценны. Ни один эксперт в мире не может правильно прогнозировать развитие NGN, как не может определить, какой путь научно-технического прогресса будет магистральным. Это подтверждается еще и тем, что NGN постоянно создает новые революционные концепции, некоторые из которых были представлены в разд. 1.4.

Пример 2.19. Противостояние технологий IP и ATM в начале XXI века. Это самый масштабный пример ошибок в прогнозировании поведения технологии. На рубеже XXI века эти техноло-

гии по техническим и экономическим показателям вполне соответствовали требованиям связистов. Все международные организации и органы стандартизации поддерживали технологию АТМ, но в результате победила технология IP. Сейчас многие эксперты говорят, что технология IP/Ethernet является более дешевой в реализации оборудования, чем технология АТМ. Но мы не знаем, какова была бы стоимость оборудования АТМ, если она получила бы такое же массовое развитие, как технология IP. Честный анализ этой истории показывает, что в момент выбора обе технологии находились приблизительно в равных условиях. Исторически победила технология IP, но в момент противостояния никто не мог этого предполагать.

Кто принимает решение о том, перспективная или тупиковая данная технология? Ответить на этот вопрос непросто, поскольку ясно, что на выбор пути развития влияют не только технические и технологические, но также идеологические, экономические и политические факторы. В рассмотренном выше противостоянии АТМ и IP последняя технология победила во многом благодаря усилиям компании Cisco и примкнувшим к этой компании разработчикам. Их методы ведения бизнеса, создание международной сети образования по данному направлению (здесь уместно вспомнить многоуровневую процедуру сертификации специалистов, которая вовлекает широкие круги молодежи в активную деятельность по изучению оборудования IP) оказались лучше. Несколько удачных тактических и стратегических побед — и вот технология АТМ оказалась побеждена, и даже компании, которые исторически делали разработки в области АТМ (Alcatel, Newbridge, Nortel и пр.), сейчас публично отказались от направления развития АТМ в пользу технологий IP и Ethernet.

2.4.6. Технология измерений и научно-технический прогресс

По традиции [5], после рассмотрения принципов технологического развития сетей связи целесообразно обратить внимание на развитие средств измерения и контроля характеристик функционирования сетей, а также оценить их роль в рассмотренной выше парадоксальной и динамичной технологии NGN.

Технология измерений совершенствовалась вместе с усложнением, миниатюризацией и ростом экономичности технологий связи. Так, сложность систем связи объективно повышается с переходом к цифровым системам передачи с высокой пропускной способностью (SDH), новым принципам мультиплексирования (АТМ), новым концепциям систем сигнализации (ОКС №7 и ISDN), новым сетевым концепциям предоставления услуг пользователям (интеллектуальные сети) и пр. Учитывая, что

развитие средств связи идет очень динамично, технология измерений, в том числе системы самодиагностики, появляются с некоторой задержкой. Поэтому единственно корректным решением является применение независимых от оборудования систем контроля.

Измерительная техника играет важную роль — это настройка и оптимизация сетей связи, поиск неисправностей и причин конфликтов, разрешение конфликтных ситуаций. Для решения комплекса задач по поддержанию динамично меняющихся систем связи в рабочем состоянии средства измерений также должны меняться. Уже на этапе цифровизации сетей связи произошла специализация измерительной техники. Еще 15–20 лет назад для обслуживания аналоговых сетей связи применялась общизмерительная техника (генераторы, осциллографы, частотомеры и т.д.) или ее модификации. Развитие цифровых систем передачи и коммутации привело в тому, что измерительная техника для телекоммуникаций стала высоко специализированной. Появились измерительные приборы для телекоммуникаций, такие как анализаторы протоколов сигнализации, анализаторы цифровых систем передачи, измерительные приборы ВОЛС и т.д. По мере нарастания сложности современных систем связи повышаются требования к таким приборам. Развитие концепции NGN, в свою очередь, приводит к еще большей специализации методик и приборов. Например, анализаторы Softswitch (на уровне управления) отличаются по функциональности от анализаторов IMS, приборы для эксплуатации ADSL отличаются от приборов для Gigabit Ethernet и т.д. В то же время существует и обратная тенденция, связанная с развитием универсальных приборов, которые могли бы решать широкие задачи контроля сетей на отдельных уровнях. Эта тенденция пока присутствует на рынке только в оборудовании нескольких производителей. Но игнорировать ее нельзя.

Таким образом, принцип демократичности NGN действует и на рынке измерительной техники. Например, две взаимно противоположных стратегии развития измерительной технологии — ориентация на специализацию и ориентация на универсальность — взаимно сосуществуют и успешно конкурируют друг с другом.

Революционная концепция NGN дала новый толчок развитию измерительной техники, которая, в свою очередь, играют существенную роль в совершенствовании технологии NGN. Как было показано выше, развитие современной технологии NGN обусловлено не только новыми требованиями к системам связи, но динамикой развития компьютерной техники. Компьютерное сообщество привыкло к высоким скоростям обновления и оборудования, и концепций. Здесь вполне уместно вспомнить взаимный заговор производителей программного обеспечения и аппарат-

ных средств. Одни создают все более мощные компьютерные системы, а другие — программное обеспечение, которое требует все больших ресурсов. Одна и та же страница текста в пакете MS Word v.2.0 и MS Word-2000 отличается в несколько раз по размеру в килобайтах, система Vista занимает примерно 7 Гбайт (кстати, ничего принципиально нового не предложив рядовым пользователям) в отличие от 1,5 Гбайт успевшей за последние годы стать классической Windows-XP и т.д. Указанный заговор во многом стимулировал рост прибыли в компьютерной отрасли, но ударил по развитию систем связи. Привыкшие к обмену большими массивами данных внутри своего компьютера, пользователи закономерно предъявили такие же требования к межкомпьютерному обмену. Поначалу для обмена данными казалось достаточной модемной связью на скорости 4200 бит/с, но сейчас «нормальным» каналом обмена считается уже 256 кбит/с, и есть все основания ожидать роста этой цифры. Таким образом, бурный рост компьютерной техники стимулировал в том числе и развитие NGN, а наиболее активной социальной движущей силой новых революционных изменений в системах связи выступают зачастую не связисты, а компьютерщики, переквалифицировавшиеся в «связистов от NGN».

Но вернемся к технологии измерений. Без диагностики новых решений на всех стадиях проекта нельзя беспрепятственно завершить разработку и, как следствие, перейти к внедрению новой технологии. Синдром перманентной новизны технических решений NGN сопровождается поиском ошибок проектировщиков оборудования или программистов. Как следствие, внедрение новой концепции или оборудования превращается в постоянный процесс «вылавливания блох». В отсутствие методик и средств измерений любой проект NGN начинает буксовать, и может наступить частичный и даже полный коллапс проекта, если окажется что за время настройки оборудования и системы на рынок выйдет другая технология, которая быстрее «обрадует» пользователей (см. пример 2.1).

Можно рассчитывать, что в связи с технологическим отставанием нашей страны для отечественных операторов задача тестирования нового оборудования оказывается менее актуальной, чем для British Telecom или Verizon. Можно даже ожидать, что оборудование, только что появившееся на рынке, будет диагностироваться в первую очередь на передовых сетях Европы и Америки, а мы здесь тихо «отсидимся» и получим нормальное оборудование. Демократичность NGN допускает такую точку зрения. Но первый же отечественный опыт системного внедрения оборудования NGN показал следующее.

- Технологическое отставание нашей страны довольно номинальное. На данный момент ведущие разработки западного рынка в равной степени и почти без отставания появляются в России.
- Даже при условии тестирования оборудования на сетях операторов Европы и Америки данные о результатах тестирования скорее всего не будут доступны отечественным операторам. В западной практике каждый оператор сам тестирует оборудование и сетевые решения, не доверяя «соседям», пусть даже те не являются конкурентами.
- Отсутствие тестовых мощностей может привести к ситуации, когда некачественное или устаревшее оборудование поступает на сеть российских операторов. Первые факты, подтверждающие это, уже имеются.

Таким образом, если оператор заботится о конкурентоспособности, то он неизбежно должен подключиться к процессу тестирования новой технологии. То, что современные технологии постоянно развиваются и находятся в точке бифуркации, означает, что технические параметры разного оборудования, даже принадлежащего к одной технологии, могут существенно отличаться. Отличаются также показатели сегментов сетей, построенных на разных технологиях.

Применение измерительной техники позволяет уменьшить продолжительность цикла выведения технологии на рынок с 5–6 до 2,5–3 лет. От уровня инноваций на сети напрямую зависит уровень готовности оператора к новым изменениям в технологии NGN, что приводит к «гонке за новизной». В результате измерительная техника в сетях NGN используется в двух направлениях: традиционно как пассивный элемент для поддержания сети в рабочем состоянии и как новая функция, связанная с инновационными разработками.

Пример 2.20. Использование измерительной техники в качестве средства зарабатывания денег. В новых условиях измерительная техника не является затратной статьёй бюджета. При правильном использовании измерительный комплекс может быстро окупиться. В качестве примера можно привести поставку измерительной лаборатории одному из итальянских операторов сотовой связи. При инвестициях в несколько миллионов долларов этот оператор смог окупить затраты в течение одного года. Каким же образом? Коммерческий отдел оператора работал в тесном сотрудничестве с техническими специалистами этой лаборатории. Во всех контрактах с поставщиками средств связи предусматривалось соответствие оборудования заданным техническим характеристикам. По условию контрактов на счет победителя тендера вносилась предоплата, затем оборудование поставлялось, устанавливалось и проходило этап опытной эксплуатации. В ходе опытной

эксплуатации к процессу тестирования подключалась лаборатория, которая проверяла соответствие параметров поставленного оборудования исходным данным. Как правило, в связи с ошибками или нарушениями в проектировании реальные характеристики оборудования отличались от заявленных. Тогда победителю предлагалось либо довести оборудование до заявленных им характеристик в условиях эксплуатации, либо демонтировать его с позором. Поставщик выбирал первый вариант и постепенно начинал модернизировать оборудование, в то время как оно уже находилось в состоянии эксплуатации. В зависимости от степени расхождения параметров на доработку уходило от полугода до нескольких лет. При этом окончательная оплата оборудования задерживалась до тех пор, пока лаборатория не признавала, что оборудование полностью удовлетворяет требованиям оператора.

В результате на сети рассматриваемого оператора устанавливалось оборудование, которое могло годами работать и приносить прибыль, но при этом оператор за него не платил. Любой экономист может сразу посчитать выгоду такого положения дел. Расчеты показали, что для данного оператора лабораторный комплекс окупился менее чем за год при условии очень больших начальных инвестиций.

В отечественной практике опыт окупаемости измерительных комплексов уже продемонстрировали некоторые системные интеграторы и операторы.

2.5. Конфликт мировоззрений и неоднородность стандартов

Выше мы рассматривали только технические и технологические аспекты развития сетей нового поколения. Но нельзя забывать, что каждая технология представляет собой сплав техники, экономики и социума — профессионалов, которые отвечают за развитие технологии. По этой причине изучение новой революционной доктрины нельзя ограничивать только технической стороной вопроса. В этом разделе проанализируем, как революционные изменения в технологии NGN сказались на поведении связанного сообщества.

Выше уже было показано, что за «пирог NGN» будут бороться две категории специалистов: связанное и компьютерное сообщества. Их мировоззрения конфликтуют, что влияет и на технические решения, и на стандарты, и на практику эксплуатации. Мировоззрение связистов формировалось в духе «семь раз отмерь, один раз отрежь», учитывая более чем столетнюю унификацию технических решений и стандартов, а также требования полной гарантии надежности и качества предоставления

услуг. Мировоззрение компьютерных специалистов стоит на двух китах: компьютерной технике и локальных сетях.

Таким образом, эти две группы специалистов думают, общаются и предлагают решения, основанные на разной мотивации и логике. Так эмиссары от компьютерного сообщества пытаются расширить понятия компьютера до размеров страны, а то и всего мира (поневоле вспоминается нашумевший фильм «Матрица»).

Применительно к специфике NGN в качестве примера технического влияния такого мировоззрения можно привести широкое внедрение принципов Plug&Play в современные системы связи. Вышедший из станса персональных компьютеров, этот принцип перекочевал в решения NGN и в результате привел к появлению новых технологий аутентификации и методов управления соединениями.

Другой пример касается связи некоторых технологий NGN и надежности услуг. Как известно, компьютерная индустрия не гарантирует, что новое устройство, купленное в магазине, сразу и без проблем будет работать в компьютере. Специалист, собирающий компьютеры, уже приучен к тому, что одна плата может не стыковаться с другой, например из-за конфликтов драйверов. В то же время воспитанные на универсальных стандартах инженеры связи настроены на то, что новое устройство будет действительно работать в сети. Поскольку стандарты пишутся представителями двух школ, то в части надежности и стыкуемости решений возникает неоднородность.

Третий пример — влияние идеологии локальных вычислительных сетей (LAN) на развитие систем связи. Создав LAN, компьютерщики сделали большой прорыв в общемировой технологии и значительно изменили структуру общения людей. Такой успех, несомненно, окрыляет. Возникает иллюзия, что те же методы могут быть применены вообще ко всем системам связи, если удастся построить LAN, покрывающую область, страну, весь мир. Однако созданная для замкнутой группы пользователей LAN по своей природе создает пользователям ряд неудобств. Прежде всего, это локальная технология, которая системно не предназначена для открытой группы пользователей. Такие вопросы, как надежность работы (сравните сбой в сети офисного центра и сбой в национальной сети — последствия будут разные), методы контроля качества, системные принципы построения и пр., у локальных и глобальных сетей значительно отличаются, и привнесение в телекоммуникации «локального» мировоззрения может стоить очень дорого.

Рассмотренный конфликт мировоззрений действует во всем рассматриваемом пласте технологий связи. Очень часто, рассматривая ту или иную технологию мультисервисных сетей, можно заметить следы миро-

воззрений одного из сообществ как в основах ее функционирования, так и в дальнейших модификациях.

Несмотря на общие заверения в конвергенции и идею построения единой технологии NGN, стратегические технологии пока не затрагивают социальную компоненту. Синтез технологий пока не привел к синтезу мировоззрений, что делает технологическое поле NGN не только революционным и парадоксальным, но еще и потенциально конфликтным. Впрочем, необходимо отдать дань уважения революционному пафосу NGN. Как и во всяких революционных лозунгах, в идее NGN есть конфликты мировоззрений, идеологий, корпоративных интересов и пр. И любое исследование на тему NGN должно учитывать конфликтный характер социальной среды, в которой развиваются современные технологии.

2.6. Влияние абонентских услуг на развитие сетей NGN

2.6.1. Роль услуг в развитии сетей нового поколения

Завершая исследование общих принципов функционирования NGN, остановимся на вопросе о влиянии услуг на развитие новейших систем связи. Чтобы оценить роль услуг, необходимо выйти за пределы отрасли телекоммуникаций и вспомнить, что NGN как третья революция в связи связана с глобальной идеей «интернетизации» нашей цивилизации. Если связисты интересуются NGN как техническим явлением, то для современных стратегов и философов, а, может быть, и для остального населения более важной является идея Глобального Информационного Общества (ГИО) как новая цель развития западной техногенной цивилизации.

Если верить в неизбежность движения к ГИО, то остается понять, что же означает участие в ГИО для конкретного пользователя. Среднестатистический человек как будущий представитель строящегося ГИО может и не интересоваться современными технологиями связи. Вместе с тем он чувствует их присутствие через новые услуги, которые становятся ему доступны. Из этого факта и следует особая роль новых услуг в революции связи — это то поле, где связисты взаимодействуют со остальным населением. Поскольку внедрение NGN может окупиться только через оплату услуг, то номенклатура и качество новых услуг связи является решающими факторами в пользу инвестиций в телекоммуникации.

Вслед за декларацией о переходе общества к ГИО философы и стратеги начали конкретизировать, что же понимается под ГИО. При этом концепция ГИО менялась несколько раз на протяжении последних пяти лет. Вначале под ГИО понималось объединение всех информационных

ресурсов и организация беспрепятственного доступа к ним всех (или избранных, поскольку по отношению к компьютерам мир разделен надвое) людей. В таком виде для реализации ГИО было достаточно высокоскоростного Интернета. Затем в сферу ГИО была включена видеoinформация, интерактивные игры и все то, что называется индустрией развлечений. Это привело к изменению концепции услуг, так что появилась новая концепция Triple Play. Сейчас сложно представить, что придет на смену идее соединить полезную информацию и развлечения. Есть предположение, что очень большую роль в следующей концепции ГИО будут играть вопросы идентификации положения человека в пространстве и, следовательно, контроля за миграцией населения. Но объединяет все концепции ГИО то, что они всегда воплощаются через новые услуги. Конкретизируя очередную тактическую задачу перехода цивилизации к ГИО, идеологи в первую очередь формируют новую концепцию услуг, затем эти услуги вторгаются в технологию NGN, формируя новые требования к оборудованию и технологиям.

С точки зрения архитектуры NGN протоколы и принципы организации услуг находятся на четвертом уровне модели SCTA. Но при этом новая концепция услуг влияет на все уровни модели SCTA, как было показано на рис. 2.9. Так, концепция управления новыми услугами неизбежно требует уточнения принципов работы уровня управления. Поскольку новые услуги могут привести к изменению структуры трафика и принципов его маршрутизации, а также параметров гарантированного качества услуг (QoS) для трафика разной категории, то возникает необходимость пересмотра стандартов уровня транспорта.

На уровне доступа влияние новых концепций услуг тем более явно. Например, новые услуги могут выдвинуть требование существенно увеличения полосы пропускания абонентского канала. В таком случае потребуются совершенствование технологии «последней мили» или создание принципиально новых технологий, что в истории NGN уже несколько раз имело место.

Более того, можно указать на тот факт, что с исторической точки зрения именно изменение концепций ГИО и введение новых услуг определяло направление развития технологии NGN в целом. Для того чтобы иллюстрировать процесс такого влияния услуг на формирование стандартов и технологий, входящих в семейство NGN, ниже рассмотрим непродолжительную историю NGN.

2.6.2. История развития разных концепций услуг

В зависимости от того, что понималось под информационным обществом, изменялась концепция услуг и вместе с ней технология NGN

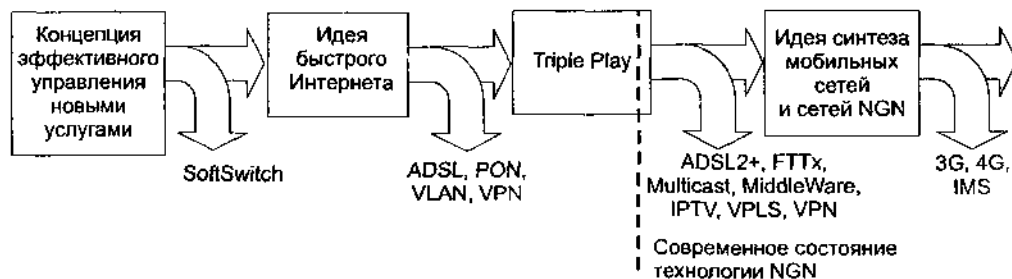


Рис. 2.25. Развитие концепций услуг и соответствующие изменения в технологии NGN

(рис. 2.25). При развертывании новых телефонных услуг, таких как телеголосование, предоплаченные услуги и прочее, была сформулирована концепция интеллектуальной сети (IN). Впоследствии соединение концепции интеллектуальной сети и принципа децентрализации привели к появлению технологии декомпозиции шлюзов, что и создало Softswitch.

Появление услуг широкополосного доступа связано с идеей «интернетизации общества». Решение этой задачи в рамках традиционной телефонной сети привело к появлению концепции ISDN, но скорость передачи, которую обеспечивала эта технология для абонентов (128 кбит/с), нельзя было признать достаточной. Новая концепция услуг требовала, чтобы скорость передачи данных до абонента превышала 1...1,5 Мбит/с. Появились новые технологии широкополосного абонентского доступа: ADSL, FTTx, PON, Ethernet, Gigabit Ethernet, Wi-Fi. Поскольку в соответствии с новой концепцией предполагалось существенное увеличение объемов трафика, на уровне транспортных сетей были внедрены модернизированные технологии NGSDH, 10 Gigabit Ethernet. Необходимость обеспечения качества привело к технологии MPLS. Для объединения абонентов в локальные группы и кластеры были созданы VLAN и VPN. В конце концов повышение эффективности управления услугами широкополосного доступа было достигнуто модификацией под новые задачи технологии Softswitch. Таким образом, концепция «компьютер + телефон» привела к существенному изменению архитектуры NGN на всех уровнях.

Несмотря на обилие научно-фантастических произведений о виртуальной реальности, жизненный опыт показывает, что виртуальная реальность воплотилась не в компьютере, а в телевизоре. Технологии управления обществом, подготовленные новости, клонирование менталитета, влияние «пи-ар», идеологические и информационные интервенции, все «прелести» которых жители развитых стран могли почувствовать на себе, показали, что телевидение является массовой, доступной и существенной силой в современном культурном и информационном поле. Поэтому синтез телевидения и компьютера в сочетании с широким

использованием развлекательных технологий оказался новой эффективной трактовкой идеи ГИО. Для ее реализации появилась новая концепция услуг Triple Play (см. также пример 2.6) как интеграция «компьютер + телефон + телевизор».

Расширение услуг передачи видеoinформации изменит архитектуру NGN на всех уровнях. Передача видеoinформации потребовала увеличить скорость передачи данных для абонентов с 1,5 до 24 Мбит/с. Однако более чем 10-кратное увеличение скорости невозможно без коренной перестройки технологии сетей доступа. Показавшие свою эффективность технологии радио-Ethernet и ADSL будут преобразованы в соответствии с новыми стандартами. Широкое распространение получают технологии «оптической последней мили». Даже технология сотовых сетей не осталась в стороне, ответив на вызов современности перспективными технологиями EV-DO и 3G. Одновременно будут существенно перестроены транспортные сети, поскольку трафик изменит свою структуру, а для трансляции телевизионных программ потребуется групповая рассылка (Multicast). Внедрение Triple Play приведет к пересмотру ряда положений архитектуры управления Softswitch.

Именно этот этап реконструкции сетей характерен для современного состояния технологий NGN. Для общества переход к концепции Triple Play пока не заметен. Мы с трудом можем представить себе тот информационный мир, который будет существовать после победного шествия Triple Play. Ниже мы особо рассмотрим те требования и ожидания, которые связываются с этой концепцией.

Впрочем, можно заглянуть в будущее и предсказать, что новая концепция услуг, post-Triple Play, будет концепцией персонализации услуг, т.е. абонент сможет сам формировать перечень (профиль) услуг и настраивать их «под себя». Прежде всего, любой человек может получить свой персональный номер, по которому он будет доступен вне зависимости от того, находится он в своем кабинете или в любой точке Земли. Таким образом, новая концепция предлагает синтез сетей NGN и мобильных сетей, что может быть выражено формулой «компьютер + телефон + телевизор + роуминг».

К роумингу абонентов приучили сотовые сети, где персонализация услуги произошла сама собой, поскольку телефонная трубка оказывается в кармане абонента. Но NGN предоставляет новую идею широкополосных услуг, да еще и в конвергентной абонентской среде. Персонализация услуг в рамках всей системы NGN требует расширить понятие роуминга с технологии сотовых сетей на все возможные абонентские сети доступа. Единый номер должен быть в равной степени доступен абоненту ADSL, Wi-Fi или Ethernet. При этом роуминг должен обеспечивать не

только пространственную миграцию абонента (переезд в другой город), но и внутритехнологическую миграцию (например, переход с технологии Wi-Fi на технологию ADSL).

Уже сейчас понятно, что персонификация связи потребует очередной кардинальной перестройки всей архитектуры NGN. В первую очередь перестройка коснется уровня управления, где сосредоточены средства обеспечения роуминга, сигнализации, а также идентификации пользователей, получившие короткое наименование AAA (authentication, authorization и accounting). На этом уровне уже сейчас внедряются устройства IMS, которые приходят на смену далеко еще не устаревшим системам Softswitch.

Довольно трудно сейчас предположить, какие изменения вызовет концепция персонификации услуг на других уровнях NGN. Уже сейчас ряд производителей предлагают специальные устройства для абонентских сетей доступа, позволяющих персонифицировать услуги Triple Play для каждого абонента. Но в любом случае концепция персональной связи станет актуальной только после широкого внедрения услуг Triple Play, а сейчас эта концепция только начинает влиять на архитектуру NGN.

Что будет дальше? Ряд специалистов считает, что вслед за концепцией персональной связи произойдет переход от концепции NGN как сетей «компьютер – компьютер» к концепции сети «процессор – процессор». В таком случае нас ждет исключительно разнообразный мир говорящих кофемолок и холодильников. Только в научно-фантастических романах можно найти описание общества, в котором обмен информацией возможен не только между людьми, но и между механизмами и даже животными*.

2.7. Параллели между NGN и развитием современного естествознания

2.7.1. NGN как отражение общего изменения приоритетов мировой цивилизации

Завершая общее обсуждение технологии NGN, рассмотрим ее взаимосвязь с другими процессами, которые протекают в современном мире. Третья революция в области современных систем связи, которая привела к появлению NGN, является не более чем составной частью единого

* По-видимому, одним из первых такой мир описал в своем романе «451° по Фаренгейту» знаменитый американский фантаст Рей Бредбери. Впрочем уже сейчас имеются интеллектуальные ошейники, которые позволяют общаться с домашними питомцами: собаками и кошками, переводя их сигналы в речь. — *Прим. ред.*

общемирового и общекультурного исторического процесса. Поэтому рассмотрим технологию NGN в обрамлении общего исторического процесса развития современной цивилизации. Ниже будет показано, что такой подход позволит по-иному взглянуть на процессы преобразования технологии и будет иметь даже практические последствия.

На рубеже нового XXI века в общемировой и в первую очередь в технической культуре происходит то, что называется сдвигом парадигмы, т.е. повсеместно появляются новые концепции и идеи, которые способствуют развитию локальных научно-технических революций. Лейтмотив этих революционных преобразований можно охарактеризовать как стремление цивилизации выдвинуть на первый план информацию в самом широком смысле этого слова.

Если раньше в основу мировоззрения была положена физическая теория, то, начиная с 60-х годов, все большее влияние на человечество оказывает феномен информации. Информация и обратная к ней величина — энтропия — оказались в центре внимания специалистов во всех областях. Можно указать на многочисленные изменения, которые внесло понятие информации в современную науку и культуру.

В области социологии и обществоведения появление информации как действующего фактора привело к появлению концепции постиндустриального общества. На основе этой концепции было предложено новое мировое разделение труда, где развитые страны устанавливали доминирующее положение как генераторы новых идей, тогда как весь остальной мир должен воплощать их в жизнь.

Два традиционных течения философии — идеализм и материализм — в равной степени продемонстрировали доминирующее значение информации в общей картине мира. Современный атеизм пытается использовать теорию самоорганизации для обоснования своих постулатов. В противовес ему традиционный креационизм также апеллирует к информационным дисциплинам.

В области литературы и искусства информационная эра вторглась, породив движение постмодернизма, одной из составных частей которого является использование культурного наследия почти механически, т.е. с точки зрения информации.

В области медицины появились новые методы лечения. Это и новый взгляд на вирусологию, и на развитие «информационной гомеопатии», и исследования генома человека — все эти явления были во многом связаны с изменением парадигмы в области здравоохранения.

В области идеологии от методов слепой пропаганды специалисты перешли к новым принципам, включив в свой арсенал понятия информационной войны, информационной интервенции и пр.

В геометрии возникла концепция фрактальных объектов, которая полностью реформировала эту традиционную область математики. Фрактальная геометрия получила широкое применение в различных областях естествознания и технике, в том числе и применительно к NGN (см. ниже).

В области физики наметился переход к исследованию неравновесных процессов, что привело к появлению новой отрасли — нелинейной динамики. В настоящее время многие специалисты рассматривают нелинейную динамику как основу для построения нового здания науки.

Общая концепция естествознания пополнилась новыми дисциплинами: теорией информации, теорией процессов и теорией сложных систем. Все перечисленные дисциплины объединяют в себе принципы, разработанные в рамках нелинейных динамических моделей. Достижениями этих дисциплин стала теория самоорганизации (синергетика) и теория динамического хаоса, которые находят применение во многих естественнонаучных дисциплинах (физике, химии, социологии, биологии, экологии, лингвистике, технике и пр.).

То, что в настоящее время информационная цивилизация входит в моду, лучше всего видно по поведению различных шарлатанов — оккультистов, астрологов, колдунов и пр. Во все времена эта социальная группа выступала определенным барометром настроений и моды в обществе, эксплуатируя устойчивые заблуждения широких масс населения. Приближение информационной эры можно наблюдать даже по тому, как еще десять–пятнадцать лет назад колдуны всех мастей воздевали руки к небу в ожидании «космических энергий», а теперь больше ориентируются на «космическую информацию». Тем самым и эта темная сторона современной цивилизации продемонстрировала свою приверженность информационным аспектам культуры. Таким образом, даже на основании такого простого примера можно утверждать, что современное общество внутренне готово принять новую информационную эру, сместив приоритеты с освоения природы в область освоения новых информационных горизонтов. Даже исследование космоса идет параллельно с разработками в области виртуальной реальности, что подтверждает общее правило — человечество не склонно развиваться вширь, оно желает развиваться вглубь.

На волне этого исторического развития возникла идея мировой информационной цивилизации и концепция ГИО как ее основы. Технология NGN выступает как составной элемент новой общемировой культурной революции, который может рассматриваться как один из ключевых, поскольку отвечает за коммуникацию (общение) людей в новом

информационном пространстве. Все перечисленное показывает значимость NGN как технологии новой цивилизации.

Подходя к наследию нового времени с такой точки зрения, можно выделить несколько отраслей современного знания, где существуют концепции и достижения, имеющие прикладное значение для развития сетей нового поколения.

2.7.2. NGN и теория информации

Со времени определения информации Шенноном теория информации прошла довольно длинный путь и привела к сложной и полезной современной теории. Поэтому рассмотрим некоторые достижения этой теории, которые будут нам полезны в практическом исследовании NGN.

Теория информации вводит понятия информации как меры порядка и энтропии как меры хаоса в современном мире. Энтропия системы является по своей сути величиной, обратной информации. Любые объекты и системы являются не только потребителями и генераторами энергии, но также импортерами и экспортерами энтропии. Максимальная энтропия соответствует полностью равновесному состоянию. В системе, которая отдает энтропию, увеличивается мера порядка и наблюдается явление, которое получило название синергетики или самоорганизации. Экспорт энтропии равносильен импорту информации. Таким образом, для возникновения самоорганизации необходимым условием является поступление в систему информации со стороны.

Замкнутой системой называется система, предоставленная самой себе, т.е. система, на которую не оказывается никакого внешнего воздействия. В замкнутых системах энтропия возрастает, так что по мере развития система приходит к состоянию максимальной энтропии. Такой закон называют вторым началом термодинамики. Замкнутая система стремится к равновесию. Если система незамкнута, в ней не обязательно действует закон увеличения энтропии. Энтропия может уменьшаться, так что система может выступать как экспортер энтропии.

В мире не существует полностью замкнутых систем. Дискутируется вопрос о том, является ли все мироздание замкнутой или открытой системой, но внутри мироздания замкнутых систем нет, и это дает основание говорить о том, что наш мир — принципиально неравновесная система, а само понятие равновесия рассматривается только как временная фаза развития.

В последнее время, стремясь в рамках общей теории информации объединить естественные и гуманитарные дисциплины, был выдвинут тезис о ценности информации. Ценность информации определяется применительно к процессам самоорганизации. Согласно этому тезису не

любая информация, поступающая в систему, вызывает процессы самоорганизации, а только определенная информация, имеющая ценность для данного процесса.

Последние достижения общей теории информации связаны с привлечением к нес квантовых принципов. Например, до последнего времени материалистическая теория эволюции объяснялась с точки зрения теории информации как отражение процесса самоорганизации. Привнесение идеи ценности информации привело к радикальному пересмотру теории эволюции, в результате возникла теория квантовой эволюции, в основе которой лежит идея о том, что эволюция двигалась не постепенно, а скачками, так что, например, вечером ящер ложился спать, а наутро у него уже отрастали крылья. И хотя идеологи квантовой эволюции еще умудряются цепляться за атеизм*, их аргументы все менее логичны.

В какой степени могут пригодиться перечисленные тезисы в исследовании технологии NGN? Прежде всего, философия NGN базируется на понятии информации. Если в традиционных системах связи преобразование информации ограничивалось только аналого-цифровым преобразованием, то в NGN, особенно на уровне услуг, инженеры имеют дело с различной информацией: данные, речь, видео, телеметрия и пр. Поскольку технология NGN объединяет все уровни современной модели открытых систем OSI, то для исследования сетей нового поколения оказывается важным учесть разноплановость передаваемой по ним информации.

Принцип конвергенции, рассмотренный выше, чрезвычайно тесно связан с идеей универсальности информационного поля современного мира. В сетях NGN не просто передается, принимается и преобразуется информация, но происходит это по совершенно разным средам передачи, в соответствии с разными протоколами и технологиями. В результате имеет место проблема межтехнологического перевода, сводимая к вопросу «Каким образом преобразовать информацию из одной технологии в другую с минимальными потерями?». Анализ принципа конвергенции показывает, что не только стратегически и философски, но и практически данный вопрос порождает самые разные решения.

При исследовании NGN мы будем обращаться к проблеме меры упорядоченности и меры хаотичности поведения системы связи. Проблема контроля и подконтрольности сетей NGN связана с паритетом хаос/порядок. Демократичность NGN и принцип децентрализации не позволяют установить полный контроль за поведением системы связи. Таким образом, мы не обладаем всей полнотой информации о ее поведении.

* Например, К. Уилбер — один из наиболее прогрессивных американских философов [12].

Следовательно, в системе остается возможность для непредсказуемого поведения. Исследуя технологии контроля сетей NGN, мы вольно или невольно погружаемся в исследование меры хаотичности поведения сети и меры нашего незнания о ней.

Явление самоорганизации, исследуемое в общей теории информации, по-разному проявляется в технологии NGN. Вообще слова «синергетика» или «синергетический эффект» в последнее время употребляются к месту и не к месту. Обычно считается, что объединение некоторых частей (систем, компаний, капиталов и пр.) приводит к появлению синергетического эффекта. Выше уже говорилось, что с точки зрения теории информации это далеко не так. Простое объединение и даже уменьшение меры хаоса системы могут не привести к процессам самоорганизации, или синергии. В то же время самоорганизация оказывается очень важной при рассмотрении методов управления и контроля NGN. Для этих сетей характерен парадокс, согласно которому сеть не может быть полностью подконтрольной*. Единственным методом организации контроля в NGN является внешний контроль с алгоритмами адаптации, о которых также говорилось выше. В таком случае в рамках системы контроля возникает эффект самоорганизации системы, так что синергетика может служить решением практических задач.

Применение тезиса о ценности информации применительно к технологии NGN вряд ли целесообразно. Системы NGN выполняют в ГИО прикладные задачи, а именно обеспечение передачи, приема и преобразования информации. Вопрос о ценности этой информации выходит за рамки технологии NGN и является той границей, которая отделяет техническое знание от гуманитарного.

2.7.3. NGN и нелинейно-динамические модели

В отличие от общей теории информации, нелинейная динамика и тесно связанная с ней теория динамического хаоса имеют практическое значение и уже поэтому широко применяются в исследовании NGN.

Сфера исследования нелинейной динамики связана с изучением принципиально неравновесных систем, т.е. систем открытого типа. В таких системах происходят процессы экспорта/импорта энтропии и информации, а их поведение может быть очень сложным. Чтобы система проявляла характеристики нелинейной динамики, должно выполняться два условия: в системе должна существовать обратная связь с задержкой и

* Это явление получило название эффекта «ускользающей технологии». Ниже оно будет исследовано детально. Единственный путь выхода из методического тупика «ускользающей технологии» является использование явления самоорганизации.

эта связь должна быть нелинейной. В этом случае ее поведение становится чрезвычайно сложным и даже непрогнозируемым вне зависимости от того, какую простую структуру имеет сама система.

Обычно нелинейно-динамические модели систем задаются не аналитическими формулами, а рекуррентными соотношениями вида $Z_{n+1} = f(Z_n)$, а значение функции может быть получено только после ряда итераций. В результате поведение функции может быть чрезвычайно сложным.

Пример 2.21. Множество Мандельброта. Это множество представляет собой один из самых простых фракталов (геометрических объектов дробной размерности). Оно отражает множество устойчивых решений уравнения $Z_{n+1} = Z_n^2 + C$ в комплексных числах. Вполне понятно, что при условии $N \rightarrow \infty$ решения вида $Z \ll 1$ будут устойчиво сходиться к 0, тогда как при $Z \gg 1$ будут стремиться в бесконечности.

Множество Мандельброта показывает границу устойчивости решений уравнения при различных значениях константы C . На рис. 2.26 показано, насколько сложной может быть такая граница, длина которой бесконечна. Более того, множество является самоподобным, т.е. по мере увеличения масштаба различные части множества повторяют структуру исходной фигуры и ее частей. Именно такие самоподобные множества стали называться фракталами.

Изобретатель фракталов, математик Бенуа Мандельброт, рассматривал фракталы как способ представления математической бесконечности. Говоря о революции в области геометрии, Мандельброт резонно замечал, что традиционная геометрия с ее правильными фигурами и абстракциями очень далеко отстоит от реального мира. Благодаря

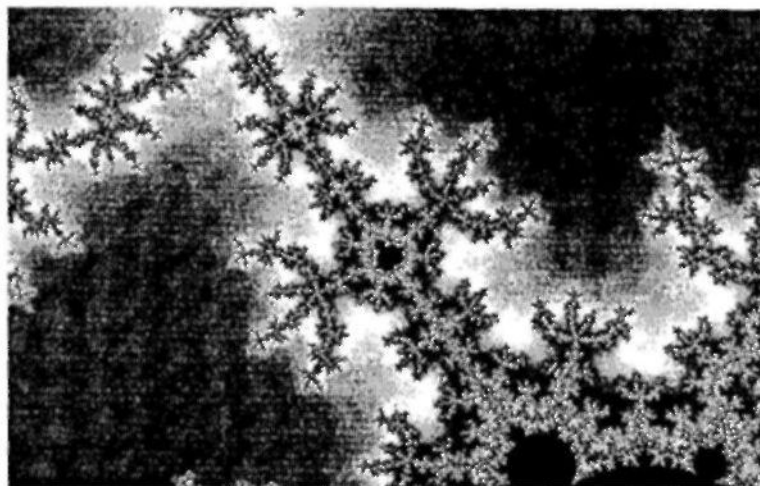


Рис. 2.26. Множество Мандельброта

фрактальной геометрии можно описать такие объекты, как турбулентные потоки, дым, кровеносную систему и легкие человека, крону дерева, волну на поверхности моря и пр.

Но только геометрией применение фракталов не ограничивается. Множество Мандельброта появляется в процессе решения нелинейной динамической задачи, и это подчеркивает тесную связь фрактальной геометрии и нелинейной динамики. В первую очередь это касается явления самоподобия, которое приводит к фракталам. Ниже будет показано, что явление самоподобия оказывается тесно связанным с моделированием поведения NGN.

Нелинейная динамика утверждает, что в процессе эволюции система «забывает» свое начальное состояние. Поведение системы оказывается не зависящим от начальных условий, поскольку при $N \rightarrow \infty$ система либо является неустойчивой, либо стремится к некоторой точке притяжения (аттрактору). Ряд систем могут вечно блуждать вокруг аттрактора, но никогда к нему не подойти. При этом само поведение системы может быть очень сложным и непредсказуемым. Такое поведение называется динамическим хаосом.

Еще один парадоксальный вывод теории нелинейной динамики получил название **принципа универсальности**. Он говорит о том, что поведение всей системы равнозначно поведению некоторой подсистемы, входящей в ее состав, иными словами, часть является не просто отражением, но копией целого.

Теперь применим нелинейную динамику к системам NGN. Связь между нелинейной динамикой и системами связи исторически проявилась сразу. Начнем с того, что Бенуа Мандельброт изобрел фрактал, исследуя процессы возникновения ошибок в системе цифровой связи France Telecom [14].

Пример 2.22. Опыт Мандельброта. Это исследование проводилось на ранних этапах цифровизации сетей одного из операторов Франции. Тогда возник вопрос о сравнении двух методов борьбы с ошибками в цифровых сетях. Первый метод предлагал увеличить отношение сигнал/шум в канале передачи, второй предусматривал передачу данных в виде пакетов с контролем параметров ошибок при помощи контрольной суммы и передачи квитанции в случае успешной доставки данных. Сейчас эта постановка вопроса выглядит архаично, но опыт проводился в начале 60-х годов, когда никто не имел опыта передачи цифровых данных по каналам связи.

Мандельброт поставил следующий эксперимент (рис. 2.27). Разобьем интервал времени использования канала на временные интервалы, например по 1 часу. Те интервалы, в которых не было ошибок, нам не

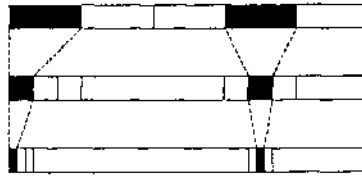


Рис. 2.27. Возникновение ошибок в опыте Мандельброта

интересны. Интервалы, в которых возникали ошибки, разделим на три интервала по 20 мин и оставим только те из них, в которых были ошибки. Продолжая разделение до бесконечности (на практике это трудно, но в математической теории и не такое возможно), Мандельброт получил множество, которое он назвал канторовой пылью. Это множество проявляет свойство самоподобия. Его размерность оказывается дробной (это не точка размерности 0, но и не прямая размерности 1).

Проведя измерения параметров ошибок в разных временных интервалах, Мандельброт определил размерность полученной «пыли» и доказал, что для любого отношения сигнал/шум исключить ошибки из системы невозможно, можно их только уменьшить. Увеличивая отношение сигнал/шум, нельзя построить систему передачи без ошибок. Как следствие, France Telecom принял решение о начале работ в области пакетизации трафика данных, а сам математик всерьез занялся проблемой фракталов.

Первую работу по фракталам Б. Мандельброт издал в 1972 г., и ее никто не понял. Казалось, что построенная модель носит абстрактный математический характер. Но уже в 80-е годы в процессе исследования трафика АТМ и Ethernet ученые столкнулись с удивительным явлением. Ни одна модель: ни детерминированный процесс с определенными характеристиками, ни стохастический процесс не могла удовлетворительно описать поведение трафика. Детерминированный периодический сигнал характеризуется неизменностью по времени. Сигнал является подобным самому себе, отстоящему на целое число периодов. Например, таким сигналом является обычная синусоида. Для стационарного стохастического процесса инвариантом по времени являются статистические характеристики процесса. Среднее значение и дисперсия не зависят от времени, а функция автокорреляции зависит только от разности времен.

Однако при исследовании распределений трафика АТМ и Ethernet с применением моделей стохастического процесса оказалось, что изменение масштаба изменяет характеристики распределения, так что в пределе распределение имеет бесконечную дисперсию.

Исследования поведения стохастического процесса и трафика передачи данных выявили интересную зависимость (рис. 2.28). Из рисунка

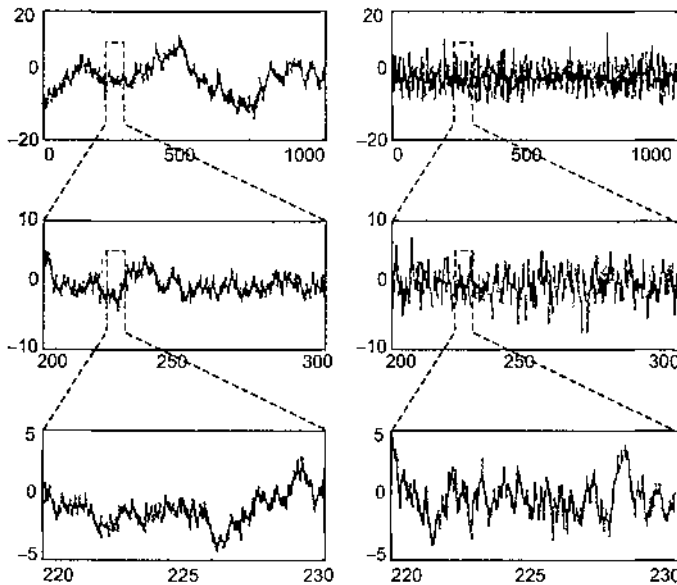


Рис. 2.28. Сравнение поведения трафика в системе Ethernet (слева) с поведением стохастического процесса (справа)

видно, что стохастический процесс (слева) меняет свое поведение. По мере увеличения масштаба поведение системы становится все более хаотичным, с уменьшением — более предсказуемым. Среднее значение постоянно и равно 0, дисперсия находится в пределах 7...10 относительных единиц. Совсем не так ведет себя реальный трафик передачи данных, представленный слева. Любое изменение масштаба незначительно сказывается на его поведении. Исследования этого процесса, проведенные с 1989 по 1993 гг. [8, 32], показали, что системы передачи данных проявляют свойства самоподобия, или фрактальности.

Рассмотрим причины, по которым такой необычный объект, как фрактал, возникает в сетях нового поколения. Для этого обратимся к явлению виртуализации ресурсов (см. разд. 1.4.6) и самокоррелированных систем (см. разд. 2.3.7). Как было показано, совместное использование ресурсов в системах NGN является основой для появления эффекта самокоррелированной системы. В качестве примера на рис. 1.12 сеть Ethernet сравнивалась с водопроводом. Напор воды в каждой квартире зависит от стиля поведения всех жильцов дома. Рассмотрим эту модель с точки зрения нелинейных динамических систем. Обратим внимание, что напор воды в водопроводе оказывается зависящим не только от поведения соседей, но и от поведения самого пользователя водопровода. Следовательно, в системе NGN существует не только взаимная связь различных подсистем и пользователей, но и обратная связь: те параметры качества, которые получает абонент, зависят от его поведения. В таком

случае первое условие нелинейной динамической системы выполняется. Выполняется и второе условие. Можно найти и более строгое обоснование нелинейности в системах NGN вне зависимости от технологии.

Какие выводы можно сделать и того факта, что NGN является нелинейной динамической системой? Помимо прямого следствия, что отраслевая наука должна искать новые решения в области нелинейной динамики и фрактального исчисления есть несколько выводов сугубо практического значения.

Системы NGN должны вести себя очень сложным и непредсказуемым образом. Существуют параметры, дисперсия которых может быть бесконечной. Это означает, что вне зависимости от времени наблюдения значение параметра может измениться существенно и мы не сможем предсказать, в каких пределах будет это изменение. Методы статистического описания: средние значения, дисперсии и пр. для систем NGN не имеют ценности или имеют крайне ограниченное применение. Это и есть свойство непредсказуемости.

Традиционное описание NGN будет неизбежно приводить к многопараметричности, так как нелинейная динамическая система описывается бесконечным количеством параметров. В то же время должны существовать параметры, которые будут носить характер инвариантов, т.е. величин, которые сохраняют свое значение даже в условиях хаотичного поведения системы NGN. Такие инвариантные показатели не зависят от условий наблюдения, как и поведение нелинейной динамической системы не зависит от начальных условий.

Принцип универсальности, сформулированный для нелинейных динамических систем, дает нам право утверждать, что поведение системы NGN будет подобно поведению любой ее подсистемы. Этот вывод особенно важен, поскольку он позволяет сделать парадоксальный вывод, что некоторые методики контроля параметров NGN могут повторяться в разных технологиях и на разных уровнях модели SCTA.

2.7.4. NGN и микропроцессорная техника

Изобретение компьютера и уменьшение размера и стоимости процессоров произвели революцию в современной технике, по масштабам вполне соответствующую сдвигу парадигмы современной цивилизации. В настоящее время микроконтроллеры входят в состав как бытовых приборов и детских игрушек, так и сложных технологических систем. Не осталось в стороне и оборудование NGN: количество микропроцессоров в современных устройствах связи исчисляется не десятками и сотнями, а тысячами. Многие функции систем связи реализованы на одном микроконтроллере, существуют однопроцессорные коммутаторы Ethernet, анализаторы протоколов, модемы ADSL, Wi-Fi и пр. Даже такие функции,

как коммутация пакетов, фильтрация, преобразование сигналов и другие, выполняются отдельными процессорами.

Пример 2.23. Устройство DSLAM. В технологии широкополосного доступа ADSL2+ мультиплексирование трафика выполняет станционное устройство DSLAM (DSL Access Multiplexer — мультиплексор доступа DSL). Обмен данными здесь представляет собой сложный многоуровневый процесс, который будет отдельно исследован в гл. 4. В этом процессе DSLAM выполняет восстановление данных из кадров ADSL и формирование потока ячеек ATM.

В современной концепции NGN технология ATM сохранена только как служебная, ячейки ATM преобразуются в более привычные для современных сетей пакеты данных, передаваемые по протоколу TCP/IP. Для этой цели в цепь абонентского доступа включен сервер широкополосного удаленного доступа (Broadband Remote Access Server, BRAS). Это устройство представляет собой краевой маршрутизатор IP для интеллектуального управления широкополосным доступом. BRAS позволяет управлять параметрами трафика от пользователей ADSL на уровне канала передачи данных пакетного трафика. В ADSL2+ функции DSLAM и BRAS объединены в одном оборудовании, так что ячейки ATM обрабатываются всего лишь несколькими модулями внутри DSLAM.

Только вследствие большого количества процессоров архитектура оборудования NGN не была бы столь сложной, не будь внутри микроконтроллеров программного обеспечения (ПО). Изменение программного кода меняет функции микропроцессора и тем самым изменяет рабочие характеристики оборудования. Поскольку объем ПО постоянно растет, практически невозможно исключить вероятность возникновения ошибок. Несмотря на то что современные средства отладки оптимизируют поиск ошибок, часть из них в качестве скрытых дефектов присутствуют в новом оборудовании. В конечном счете это приводит к нарушениям в работе оборудования и несоответствию оборудования заявленным характеристикам. Тем более это проявляется для новейшей технологии, когда в полевых условиях оператор вынужден проводить обновление программного обеспечения.

Пример 2.24. Риск использования автоматических процедур обновления программного обеспечения. Загруженная в одно из устройств сети новая версия программного обеспечения затем рассылается другим устройствам. Несомненным преимуществом такой процедуры является оперативность замены нового ПО, поскольку существует опасность, что сетевые элементы с разным ПО могут начать конфликтовать друг с другом и тем самым нарушают работу сети.

Однако эта же процедура может нанести урон оператору. Например, несколько лет назад в Европе имел место случай загрузки дефектного программного обеспечения на DSLAM в сети, которое привело к блокировке абонентских подключений. В результате оператор в течение нескольких часов потерял всех подключенных абонентов на сети. Восстановление исходной конфигурации потребовало больших усилий и заняло более суток. Этот пример показывает влияние адаптивных алгоритмов на работу сети: с одной стороны, такие алгоритмы могут оптимизировать работу, с другой — есть опасность радикального сбоя в сети.

Оператор ADSL извлек урок из сложившейся ситуации и создал лабораторию входного контроля, в которой теперь проверяются новые версии ПО до того, как непосредственно внедрить их на сети.

Все перечисленные факторы (большое количество процессоров, объем программного обеспечения, вероятные сбои в сети, вызванные программным кодом, и пр.) влияют на процессы диагностики устройств NGN. Наличие скрытых дефектов в оборудовании, исключить которые практически невозможно, делает поведение устройств лишь относительно предсказуемым. По этой причине устройство NGN должно рассматриваться как «черный ящик», поведение которого в общем случае неизвестно оператору. Работоспособность оборудования должна проверяться в различных ситуациях, которые могут встретиться на сети. Для этого, в частности, и создаются лаборатории входного контроля.

Таким образом, достижения современной микроэлектроники существенно сказываются на технологии NGN и специфике работы и эксплуатации этих сетей.

2.8. Современная концепция систем NGN

В этом разделе рассмотрим созвездие технологий NGN*, которое целесообразно привязать к модели SCTA, предложенной в разд. 1.3.4.

В современных телекоммуникациях более привычной является эталонная модель взаимодействия открытых систем OSI, которая предусматривает разделение процесса передачи данных на семь уровней: физический, канальный, сетевой, транспортный, сеансовый, представления и прикладной. Классификация элементов систем на основе этой модели упрощает рассмотрение вопросов взаимодействий и логических построений, поэтому ее можно встретить практически во всех монографиях, учебных изданиях или аналитических обзорах.

* Термин «созвездие технологий» часто применяется в связи с конвергенцией сетей, когда невозможно рассматривать систему связи сквозь призму одной технологии.

Следует отметить, что в последнее время отношение к модели OSI несколько изменилось. Развитие технологий на основе IP привело к постепенному переходу от семиуровневой к пятиуровневой модели, поскольку три верхних уровня: сеансовый, представления и прикладной в современном оборудовании практически неразделимы. Таким образом, в пятиуровневой модели остались физический, канальный, сетевой, транспортный и уровень приложений (прикладной уровень).

Резонно задаться вопросом, так ли нужна четырехуровневая модель SCTA для описания технологий NGN и нет ли здесь дублирования с моделью OSI или пятиуровневой моделью.

При ближайшем рассмотрении оказывается, что между моделями SCTA и OSI нет противоречий. Наоборот, эти модели взаимно дополняют друг друга. Модель SCTA указывает на местоположение технологии в общей структуре NGN, а модель OSI рассматривает внутреннюю структуру технологии (рис. 2.29). Например, согласно модели SCTA технология ADSL2+ относится к технологии доступа, а в модели OSI занимает физический, канальный и сетевой уровни. При изучении ADSL2+ как технологии лучше пользоваться моделью OSI, но для изучения места технологии ADSL2+ в общей концепции NGN лучше использовать модель SCTA.

Таким образом, модель OSI имеет внутритехнологическое значение, тогда как модель SCTA имеет надтехнологическое, концептуальное значение.

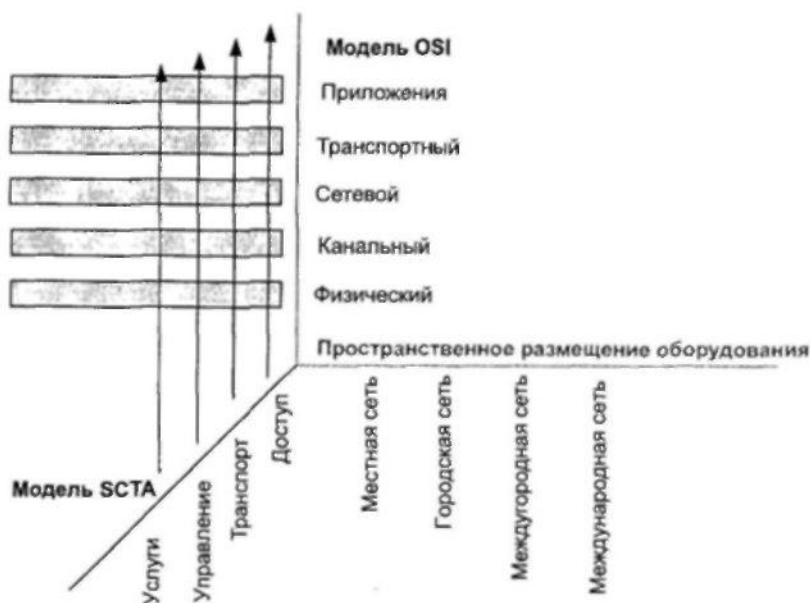


Рис. 2.29. Трехмерная классификация технологий NGN

Кроме двух перечисленных моделей решения могут классифицироваться по их местоположению. Например, мы можем говорить о транспортной сети местного, городского, междугороднего и международного значения.

Если объединить все три типа классификации, то получится трехмерная картина современной технологии NGN (см. рис. 2.29).

Другие попытки разложить технологии NGN по указанному классификационному базису приводили к созданию красивых, но довольно громоздких конструкций (рис. 2.30). Такие классификации позволяют оценить сложность современной структуры NGN, но они едва ли полезны для понимания законов сосуществования различных технологий в единой концепции сетей нового поколения.

В этой книге мы будем пользоваться более понятным и простым приемом. В случае исследования надтехнологических явлений, например принципов функционирования сетей доступа, миграции транспортных технологий в область технологии доступа и пр., будет использована модель SCTA. Отдельные технологии будут рассматриваться сначала на уровне модели SCTA, а при детальном исследовании будет использоваться модель OSI как наиболее подходящая для изучения архитектуры отдельных технических решений.

Уровень доступа

3.1. Специфика технических решений уровня доступа

Сети доступа всегда создаются «по месту» и обеспечивают широкополосный доступ пользователя к NGN. Современное программное обеспечение позволило реализовать все современные услуги в одном компьютере, до предела сузив задачу, возлагаемую на сети доступа. Иначе говоря, если современный компьютер представляет собой мультисервисный терминал, то единственная задача, которая может быть у сети доступа, — подключить терминал к ресурсам транспортной сети и обеспечить высокую скорость обмена данными и относительно хорошие параметры качества (QoS). По сути это означает, что сети доступа должны создавать широкую «трубу» от терминала пользователя в транспортную сеть. Такая «труба» называется каналом широкополосного доступа.

Понятие «широкополосный доступ» является довольно размытым и эволюционирует с течением времени. Несомненно можно утверждать, что широкополосный доступ — это подключение абонента со скоростью обмена выше, чем в технологии ISDN, т.е. выше 128 кбит/с. Какую именно скорость доступа ожидает пользователь, определяет текущее развитие рынка технологий и, в первую очередь, новых услуг. Например, концепция Triple Play, которая сейчас начинает внедряться на сетях развитых стран, существенно увеличивает ожидаемую скорость в канале доступа. Оценка, сделанная в [16] (рис. 3.1), показывает, что в настоящее время в Европе скорость доступа, востребованная обычными потребителями, составляет около 300...400 кбит/с, тогда как активные пользователи ориентируются на скорость в несколько Мбит/с. В [15] дана оценка динамики развития сети доступа. Оценки отечественных экспертов, прозвучавшие на конференции Comtek-2006 в Москве, совпадают с общемировыми. На конец 2006 г. популярным каналом широкополосного доступа в России можно было считать канал в 250...300 кбит/с.

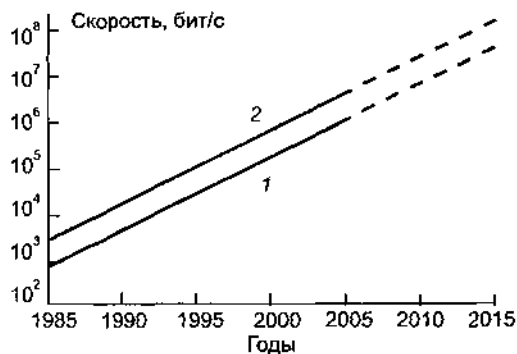


Рис. 3.1. Оценка востребованной скорости широкополосного доступа в Европе для обычных (1) и активных (2) пользователей

Таким образом, сети доступа NGN развиваются как технологии обеспечения высокоскоростных каналов передачи данных, причем по мере развития сетей нового поколения ожидаемая скорость доступа растет экспоненциально.

Существует противоречие между ожиданиями пользователей и возможностями операторов, которое и повлияло на многообразие технологий доступа в NGN. Абонентские сети, которые создавались для традиционной телефонной сети в разных странах в течении более 100 лет, не проектировались для обеспечения широкополосного доступа. Технология ISDN являлась последней технологией в мире, которая позволяла предоставить всем пользователям телефонной сети канал до 128 кбит/с без необходимости коренной модернизации абонентской кабельной сети. Требование большей скорости абонентского доступа неизбежно вызвало техническую проблему. С одной стороны, без коренной модернизации существующей абонентской кабельной сети предоставить пользователю канал до 1 Мбит/с оказывается невозможным. С другой стороны, у операторов нет времени в 20...30 лет на коренную реконструкцию абонентской инфраструктуры. Это противоречие определило стратегию развертывания сетей доступа по принципу действий пожарной команды: для того чтобы подключить пользователя к сети NGN и обеспечить ему широкополосный доступ, все средства хороши.

Одновременно бурно развиваются транспортные сети. И в этой ситуации проблема «последней мили» оказывается одной из самых болезненных. Все, что имеется в активе операторов связи: радиочастотные системы передачи, абонентские металлические кабели, оптические кабели, цифровые системы передачи и даже спутниковые каналы, — все это используется в качестве средства для решения проблемы «последней мили». Следствием этого является огромное разнообразие решений на уровне сетей доступа и бурное развитие этого сегмента телекоммуникаций в настоящее время, которое станет темой этого раздела. Высокая динамика развития технических решений в части техно-

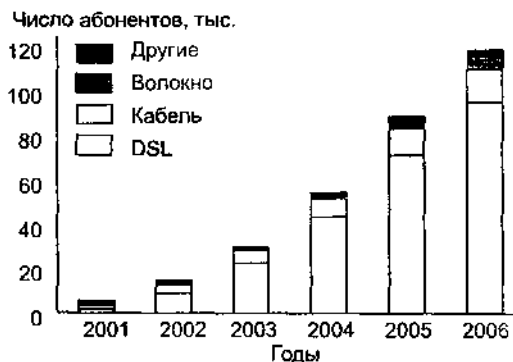


Рис. 3.2. Число абонентов сети доступа NGN в Норвегии

логии сетей доступа также является следствием «пожарной ситуации». Вполне естественно, что если появляется технология, которая эффективнее «тушит пожар», то все предыдущие технологии заменяются на новую. Поэтому время жизни технологии доступа на рынке оказывается очень малым. Иногда технология устаревает уже через 1...2 года после своего появления на свет.

Следует отметить, что действия «пожарных команд» в целом обеспечивают развитие сетей доступа NGN, адекватное росту потребностей пользователей. В качестве примера на рис. 3.2 представлена динамика роста числа пользователей широкополосного доступа в Норвегии [17], которая отражает состояние развития сетей доступа развитых стран Европы. Как видно из рисунка, число пользователей растет экспоненциально.

Существуют два подхода к исследованию сетей доступа NGN: со стороны пользователя и со стороны транспортной сети. Подход со стороны пользователя позволяет оценить технические принципы ее работы, так как рассматривает, каким образом обеспечивается широкополосное подключение. Подход со стороны транспортной сети позволяет судить об эффективности и конкурентоспособности технологии, т.е. является стратегическим и маркетинговым.

3.2. Классификация технических решений

Как следует из «пожарной ситуации», когда все средства хороши, классификация технологий доступа определяется средами передачи сигналов, которые имеются в активе у оператора. Начнем с технических систем, с помощью которых можно организовать доступ в квартиры потенциальных пользователей:

- телефонные пары — до большей части потенциальных абонентов;
- сети кабельного телевидения;
- электрическая силовая сеть — до всех абонентов;

- ресурсы традиционных цифровых систем передачи, хотя здесь доступ в квартиру придется организовывать заново;
- сотовые сети, поскольку зона охвата сотовой связи включает весь квартирный и даже сельский сектор.

Помимо имеющихся сред передачи, всегда существует возможность развернуть новые сегменты абонентских кабельных сетей. Новое строительство не может быть универсальным решением проблемы обеспечения широкополосного доступа, но закрыть проблемы в некоторых сегментах сети вполне возможно. Из новых технологий доступа, которые требуют капитального строительства, можно указать на следующие:

- прокладка оптических абонентских кабельных сетей;
- развертывание радиочастотных систем широкополосного доступа во всех диапазонах спектра и с использованием разных технологий;
- развертывание систем доступа на базе технологии Ethernet.

Все три рассмотренных выше варианта имеют свои плюсы и минусы.

Несомненным преимуществом радиочастотных систем доступа NGN является оперативность развертывания. Поскольку радиочастотные системы не связаны с необходимостью прокладки кабельных сетей до абонента, то начальные затраты на развертывание таких систем невелики. В то же время их развертывание связано с необходимостью получения разрешения на использование определенного диапазона частот. В большинстве случаев у систем радиочастотного доступа имеются ограничения по количеству абонентов в сети и по скорости передачи данных от каждого абонента. Чаще всего технология радиочастотного широкополосного доступа выступает как один из методов захвата рынка. Она позволяет быстро развернуть сегменты сетей доступа с широким покрытием территории городов или сельской местности и собрать с этих территорий трафик NGN.

Современные кабельные сети доступа ориентированы на прокладку оптоволоконного кабеля до абонента (концепция FTTx). Преимуществом оптического кабеля является то, что он фактически не имеет ограничений по скорости передачи данных от абонента. Недостатки решения — необходимость использовать на уровне клиентов сети дорогие оптоэлектронные преобразователи и высокая общая стоимость реконструкции абонентской кабельной сети.

Разработанная первоначально как технология локальных вычислительных сетей (ЛВС), технология Ethernet быстро захватила рынок клиентских и корпоративных решений, так что в настоящее время более 90 % всего трафика NGN — это трафик Ethernet. По этой причине появилась стратегия расширения сетей Ethernet до уровня местных, городских и даже междугородных сетей. Технология Ethernet и ее развитие — Gigabit

Ethernet -- сейчас стали не только технологией доступа, но и охватывают технологию транспорта. Преимуществом такого решения является его масштабируемость. Недостаток решения связан с затратами на новое строительство и необходимостью построить запово абонентскую кабельную сеть на основе витых пар или оптического кабеля.

Итак, у оператора, решающего в пожарном порядке проблему «последней мили», имеются две альтернативы:

1) использовать те ресурсы, которые имеются на сети, т.е. технические системы, которые уже проложены до квартир потенциальных пользователей;

2) строить абонентскую кабельную сеть заново, используя один или несколько из трех перечисленных выше решений.

Первое решение является временным, поскольку рано или поздно оно перестанет удовлетворять требованиям пользователей по скорости передачи данных. Но это решение позволяет уже через несколько месяцев предоставлять услуги NGN. Второе решение может рассматриваться как перспективное, но требующее серьезных затрат времени и средств. Как следствие, в большинстве случаев на сетях используется несколько решений.

Выше было показано, что каждое техническое решение имеет свои преимущества и недостатки. Это позволяет технологиям сосуществовать в соответствии с принципом демократичности NGN. Более того, технологии доступа конкурируют между собой за трафик клиентов NGN. Обычно пользователь выбирает одну из возможных технологий широкополосного доступа. Установив в квартире ADSL, он, как правило, не будет устанавливать терминал WiMAX и т.д.



Рис. 3.3. Классификация технологий доступа по типу используемых сред передачи

Технологии уровня доступа NGN можно классифицировать так, как показано на рис. 3.3. Рассмотрим кратко некоторые наиболее популярные технологии.

3.3. Семейство технологий «последней мили» на основе существующей инфраструктуры оператора

Семейство технологий доступа, использующее телефонные абонентские кабели, называют DSL (Digital Subscriber Loop) или ЦСПАЛ (цифровая система передачи по абонентским линиям). Схему организации канала широкополосного доступа в оборудовании DSL можно представить так, как изображено на рис. 3.4. Как следует из рисунка, технологически все решения DSL представляют собой замкнутые системы. На концах телефонной линии устанавливаются модемы DSL, которые преобразуют цифровой поток данных в модулированный сигнал. На выходе системы пользователям предоставляются стандартные интерфейсы передачи данных: E1, V.35/V.24, USB или Ethernet. Но внутри области решения DSL разработчик может использовать разные принципы и методы модуляции цифрового сигнала. Таким образом, за исключением некоторых технологий (ADSL, ADSL2+, VDSL), в технологии DSL совместимость модемов не требуется.

В [18] технологии DSL были классифицированы по различным принципам, заложенным в основу технических решений. Для нашего исследования нет необходимости погружаться в проблематику столь глубоко. Достаточно заметить, что все решения DSL делятся на симметричные и асимметричные.

Технологии IDSL, HDSL, SDSL, MDSL, G.SHDSL. Данные технологии симметричного доступа широко используют для цифровизации старых аналоговых систем передачи. Для работы оборудования необходимы одна или несколько телефонных пар, а на выходе формируется симметричный канал (обычно E1 — 2048 кбит/с) (рис. 3.5).

Первой технологией симметричного доступа DSL, получившей распространение в России, стала технология HDSL [5, 18, 19]. В этой технологии предусматривалось использование от одной до трех телефонных

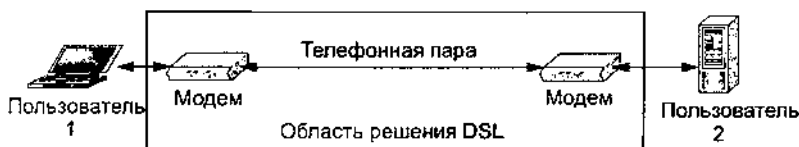


Рис. 3.4. Общая схема организации широкополосного доступа в технологии DSL

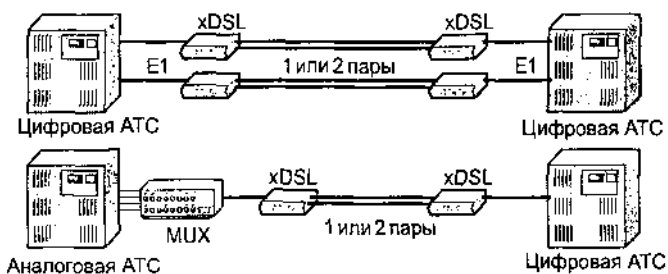


Рис. 3.5. Формирование канала симметричного доступа

пар для формирования симметричного цифрового канала разной пропускной способности (рис. 3.6).

Наибольшее распространение получили различные модификации HDSL с использованием одной телефонной пары. Здесь разработка шла в двух направлениях. Одна группа разработчиков использовала разные методы модуляции (2B1Q, CAP и пр.) для формирования потока с постоянной скоростью [5, 19]. Так появились технологии IDSL и HDSL разного типа. Альтернативным подходом стала разработка технологий симметричного доступа, обеспечивающих переменную скорость цифровой передачи в зависимости от состояния кабельной пары. Оборудование этого типа диагностирует состояние пары и устанавливает максимально возможную скорость передачи. Так появились технологии MDSL, MSDSL и SDSL. В настоящее время оба подхода были объединены под единой технологией симметричного доступа G.SHDSL, которая в настоящее время является одной из лидирующих технологий мирового рынка NGN.

Технологии ADSL, ADSL2, ADSL2+, RE-ADSL. Технологии симметричного доступа были изначально ориентированы на решение задачи цифровизации сетей и редко использовались для предоставления широкополосного доступа отдельным пользователям. Для этого более

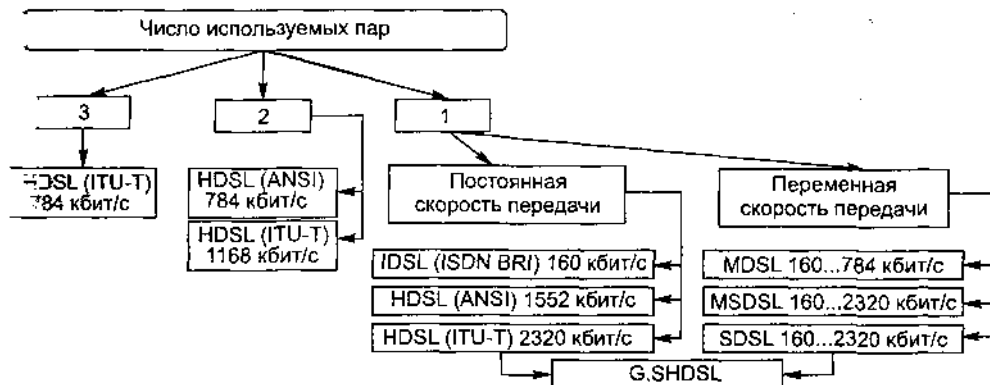


Рис. 3.6. Различные варианты технологии HDSL

удобен асимметричный доступ, который в современных сетях NGN применяется для организации связи «клиент-сервер». В традиционных услугах, таких как доступ в Интернет, электронная почта, IPTV, интерактивные игры и пр., всегда возникает асимметричность обмена данными: данные от пользователя представляют собой по большей части запрос на предоставление информации, данные от сервера — запрошенную информацию. Как следствие, объем данных от пользователя в среднем значительно меньше, чем от сервера.

Развитие технологии асимметричного доступа привело к созданию семейства технологий ADSL, которые доминируют в мировой практике в качестве технологии широкополосного доступа NGN. Технология ADSL отличается от других DSL-технологий тем, что ее структура, используемый принцип модуляции (DMT), а также архитектура протоколов стандартизованы, так что оборудование разных производителей оказывается совместимым. ADSL изначально ориентировалась на использование телефонных абонентских пар.

Успех этой технологии во многом связан с эффективной методикой совмещения обычной телефонной сети и сети ADSL (рис. 3.7). В АТС устанавливается станционное окончание ADSL — DSLAM. Рядом с ним, а также на стороне абонента устанавливаются разветвители (сплиттеры), которые разделяют сигнал традиционной телефонии и высокочастотный сигнал ADSL. В результате связь АТС — телефон остается рабочей, но появляется новая связь модем — DSLAM, которая обеспечивает широкополосный доступ.

В основе типовой схемы абонентского подключения лежит частотное разделение сигналов на три диапазона (рис. 3.8): традиционная телефония, линии ADSL вверх (от абонента) и вниз. Поскольку объем данных от абонента к сети заведомо меньше, чем объем данных от сети к абоненту, для передачи данных по линии вверх отводится меньший частотный

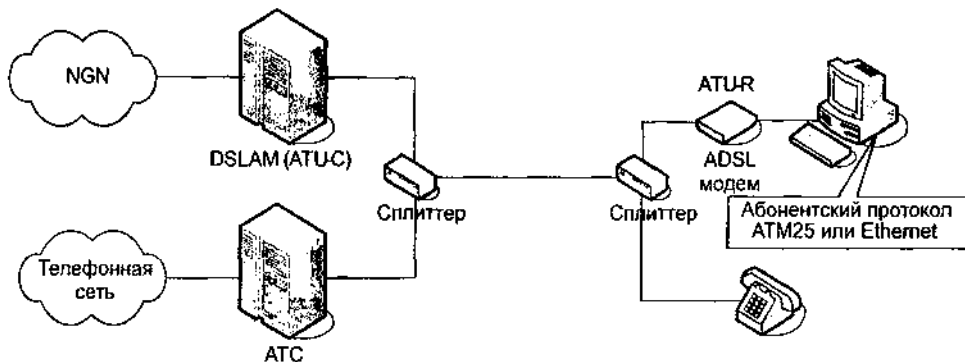


Рис. 3.7. Преобразование телефонного соединения в соединение ADSL

диапазон. В первой версии технологии ADSL предполагалось использовать общий диапазон до 1,1 МГц, но в новых версиях стандарта ADSL2+ диапазон был расширен до 2,2 МГц.

Еще одним преимуществом технологии ADSL является стандартизированный стек протоколов, который обеспечивает совместимость сегментов ADSL с другими системами NGN. Технология ADSL не ограничивается только физическим и канальным уровнем, но и выплывает преобразование данных от оборудования оконечного пользователя (CPE), т.е. компьютера, до сервера Интернет-провайдера (ISP).

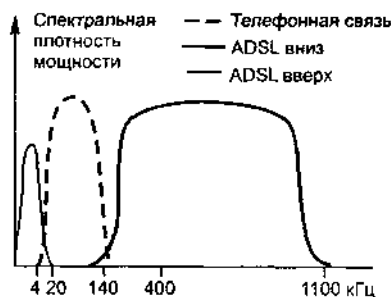


Рис. 3.8. Частотные диапазоны для передачи сигналов телефонии и ADSL

На рис. 3.9 показана цепочка различных устройств, участвующих в процессе передачи данных от абонента к сети, в частности сети Интернет, и наиболее частая схема взаимодействия протоколов. Данные пользователя передаются в виде запросов по протоколу верхнего уровня HTTP, который используется в Интернете. Для передачи данных кадры

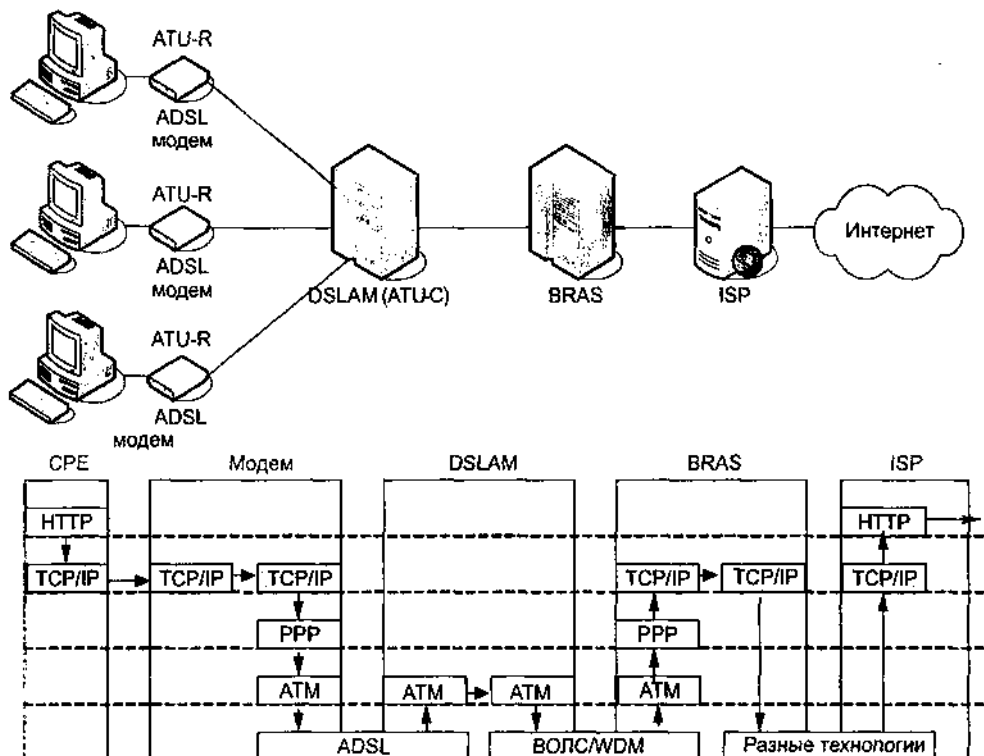


Рис. 3.9. Архитектура преобразований протоколов в ADSL

HTTP упаковываются в транспортные кадры TCP/IP и передаются на модем ADSL. Для этого могут использоваться различные интерфейсы обмена, наиболее часто — Ethernet или USB.

Роль модема ADSL состоит в том, чтобы преобразовать данные пользователя в формат, удобный для передачи через ADSL. Модем не работает с данными верхних уровней, для него существуют только кадры TCP/IP. Для передачи кадров по цепи абонентского доступа модем формирует четырехуровневую структуру ADSL, включающую физический уровень протокола ADSL, канальный уровень на основе ATM, уровень PPP для контроля связности канала в режиме «точка-точка» и собственно TCP/IP. Сформированные в модеме кадры ADSL в виде модулированного сигнала поступают в используемую для передачи телефонную линию и передаются на DSLAM. Обычно на один DSLAM приходится несколько (иногда несколько сотен) подключений модемов.

В современной концепции NGN технология ATM сохранена только как служебная, а ячейки ATM преобразуются в данные на основе TCP/IP. Для этой цели в состав цепи абонентского доступа был включен сервер широкополосного удаленного доступа BRAS (Broadband Remote Access Server). Это устройство представляет собой оконечный маршрутизатор IP для интеллектуального управления широкополосным доступом. BRAS позволяет управлять параметрами трафика от пользователей ADSL на уровне канала передачи данных пакетного трафика. Например, регулирование скорости передачи данных от пользователя в сеть осуществляется именно BRAS.

В настоящее время операторы сетей доступа DSL для ограничения прямого и обратного трафика используют на узлах доступа ATM фиксированные профили скоростей, что можно реализовать без помощи BRAS. Но на перспективу для предоставления адаптируемой пропускной способности будут необходимы более тонко настраиваемые механизмы, и реализовать такие функции без оконечного мультиплексора затруднительно.

Развитие технологии ADSL привело к появлению семейства из четырех технологий, выполняющих разные функции: ADSL, ADSL2, ADSL2+ и RE-ADSL2 [3]. В технологии ADSL максимальная полоса передачи по линии вниз составляет 8 Мбит/с, тогда как минимальными требованиями систем Triple Play являлась скорость 24 Мбит/с. По этой причине стандарты были модифицированы. Несколько новых алгоритмов позволили оптимизировать структуру ADSL и улучшить технические показатели технологии. Так появилась технология ADSL2. Затем эта технология использовалась как каркас для решения двух совершенно разных задач. С одной стороны, на небольших расстояниях требовалось уве-

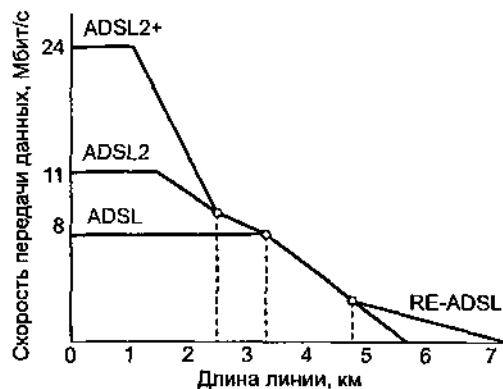


Рис. 3.10. Сравнение скоростей передачи данных для семейства технологий ADSL

личить скорость передачи, что привело к появлению ADSL2+, с другой стороны, нужно было при той же самой скорости передачи повысить помехоустойчивость широкополосного доступа на длинных линиях, что привело к появлению технологии RE-ADSL2.

На рис. 3.10 представлены зависимости скорости широкополосного доступа (по линии вниз) от длины абонентской линии для четырех рассмотренных технологий ADSL. Как следует из рисунка, для этих технологий есть несколько критических точек. Первая точка соответствует длине абонентской пары 2,5 км. На более длинных линиях различие между технологиями ADSL2+ и ADSL2 уже не существенно. На расстояниях до 5 км все технологии равноценны и лишь далее имеется некоторое превосходство технологии RE-ADSL2.

В настоящее время на сетях NGN присутствуют все четыре технологии семейства, что также служит иллюстрацией принципа демократичности NGN.

Технологии HPNA, VDSL. Технологии DSL часто используют не только для симметричного и асимметричного доступа на кабельных парах оператора, но и для организации сети внутри зданий. Большая часть потенциальных пользователей NGN живет в многоквартирных домах. В таком случае задача организации широкополосного доступа может решаться двумя способами. Во-первых, можно подключать пользователей индивидуально, так как было рассмотрено выше. Во-вторых, возможно создание новой абонентской сети доступа, при этом канал широкополосного доступа доводится до дома или подъезда, а затем распределяется между абонентами по квартирам.

Поскольку наиболее активные пользователи находятся в деловом секторе города, где много офисов, часто дом/подъезд называют обобщенно офисом. Следовательно, для организации широкополосного доступа с привлечением нового строительства необходимы две системы: внеофисная и внутриофисная.

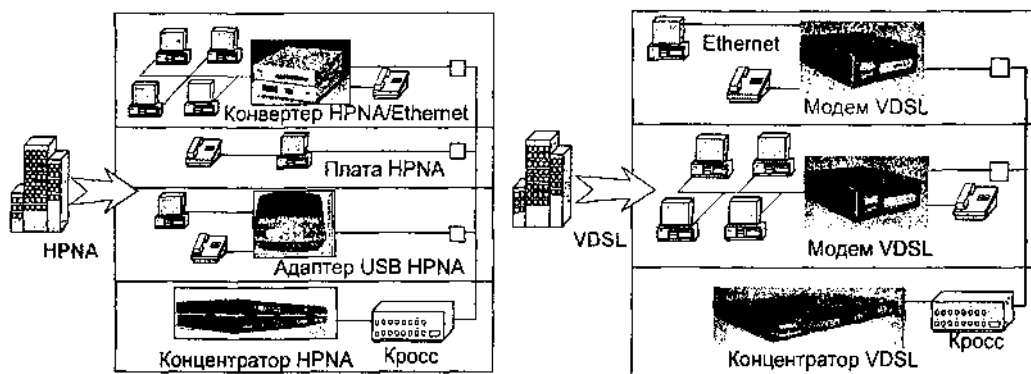


Рис. 3.11. Применение технологий HPNA и VDSL для создания сети внутри зданий

Технологии HPNA и VDSL были разработаны для внутриофисной системы широкополосного доступа (рис. 3.11), для организации каналов передачи данных они используют абонентскую телефонную проводку внутри здания. Обе технологии ориентированы на короткие длины кабелей: от нескольких метров до нескольких сот метров.

В обоих случаях для обеспечения внутриофисной системы доступа в техническом помещении дома/подъезда размещается концентратор HPNA/VDSL. Концентратор соединяется с транспортной сетью NGN через систему внеофисного доступа. Основная роль концентратора состоит в объединении трафика от пользователей NGN и разделении традиционного телефонного трафика и трафика данных. Поскольку в качестве среды для распределения данных используется телефонная проводка здания, система доступа должна сохранить возможность абонентам пользоваться телефонами. Здесь есть две стратегии: 1) телефонный трафик здания переводится концентратором в трафик VoIP и затем по единому каналу доступа передается в транспортную сеть NGN; 2) концентратор должен иметь отдельный канал доступа в традиционную городскую телефонную сеть. В последнее время в мировой и отечественной практике операторы ориентируются на первую стратегию как наиболее перспективную с точки зрения перехода к концепции услуг Triple Play.

На этажах и в квартирах дома устанавливаются абонентские устройства внутриофисной системы доступа. Обычно технология HPNA предлагает целый спектр устройств: платы в компьютер, внешние персональные адаптеры HPNA, конвертеры HPNA/Ethernet и пр. Во всех случаях телефонный сигнал и данные от компьютера (через порт USB, Ethernet или специальную плату) преобразуются в формат HPNA.

Аналогичные преобразования выполняются в технологии VDSL, хотя здесь решения в части абонентских устройств более структурированы. На сети могут присутствовать несколько типов внешних модемов.

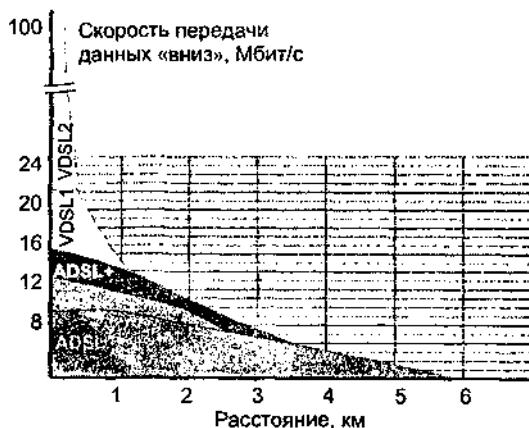


Рис. 3.12. Сравнение скоростей передачи данных по линии вниз для технологических семейств ADSL и VDSL

В технологии VDSL и ее новом варианте VDSL2 продолжено развитие принципов ADSL, но на телефонные кабели очень малой протяженности. Концентратор VDSL по своим функциям очень напоминает DSLAM.

Технологии HPNA и VDSL отличаются по принципам модуляции, преобразования и линейного кодирования цифрового сигнала, а также по протоколам. Технология HPNA обеспечивает скорость передачи данных до 1 Мбит/с. Появившаяся позже технология VDSL позволяет адаптировать скорость передачи к параметрам затухания и длине абонентской линии. Эта технология может рассматриваться как продолжение разработок ADSL в направлении высоких скоростей передачи и сверхмалых абонентских кабелей. Для передачи данных по абонентской паре используется частотный диапазон до 30 МГц. Так же, как и ADSL, технология

VDSL использует сплиттеры и асимметричный режим передачи (скорость передачи к абоненту выше скорости от абонента). Как и в случае ADSL, здесь предусмотрена совместимость оборудования разных производителей, так что позже появились стандарты Euro-VDSL и Euro-VDSL2. Первый вариант спецификации технологии, получивший название VDSL или VDSL1, позволял передавать данные со скоростью до 24 Мбит/с, что соответствует предельным значениям передачи для технологии ADSL2+. Новая спецификация VDSL2 расширила диапазон скорости передачи до 100 Мбит/с. В результате технология VDSL заняла промежуточное положение между ADSL2+ и технологией домашнего Fast Ethernet со скоростью передачи 100 Мбит/с. Технологии ADSL/VDSL можно рассматривать как единое семейство технологий, построенных на единых принципах и охватывающих широкий диапазон длин абонентских кабелей (рис. 3.12). Единство двух семейств выражается и в том, что часто для решения задачи построения внутриофисной системы широкополосного доступа используют системы ADSL и ADSL2+, располагая DSLAM в технологическом помещении здания. В случае, если поль-

зователи могут удовлетвориться скоростью 24 Мбит/с, такое решение может существовать на сети.

3.4. Оптическая «последняя миля». Концепции FTTx и PON

Развитие технологии оптических кабельных систем и постепенное вытеснение традиционных металлических кабелей оптическими привело к появлению концепции оптических широкополосных сетей доступа. В настоящее время концепция оптических абонентских сетей, получившая название FTTx (Fiber Transport To..., т.е. оптическая транспортная сеть до...), широко применяется для построения сетей, в том числе NGN.

Под FTTx понимают семейство технологий различной структуры (рис. 3.13):

FTTB (Fiber To The Building) — оптическая система передачи до дома;

FTTC (Fiber To The Curb) — оптическая система передачи до распределительной коробки;

FTTCab (Fiber To The Cabinet) — оптическая система передачи до распределительного шкафа;

FTTP (Fiber To The Premises) — оптическая система передачи до сегмента сети;

FTTO (Fiber To The Office) — оптическая система передачи до офиса;

FTTH (Fiber To The Home) — оптическая система передачи до квартиры;

FTTU (Fiber To The User) — оптическая система передачи до конечного пользователя.

Как показано на рис. 3.13, в основе любой оптической сети доступа лежит взаимодействие элементов сетевого OLT (Optical Line Terminal) и терминального ONT (Optical Network Terminal) оптических окончаний. В зависимости от размещения ONT на участках абонентской линии доступа различаются и технологии FTTx.

Современные оптические кабельные системы обеспечивает практически неограниченную полосу передачи. Примененные на оптических кабелях принципы спектрального мультиплексирования WDM позволяет передавать на одном кабеле до нескольких терабит в секунду. Вместе с тем стоимость ONT пока слишком велика, чтобы размещать такие устройства в каждой квартире. По этим причинам технология FTTx стала одной из ведущих внеофисных технологий доступа. Оптическая система передачи дает возможность удовлетворить любое количество

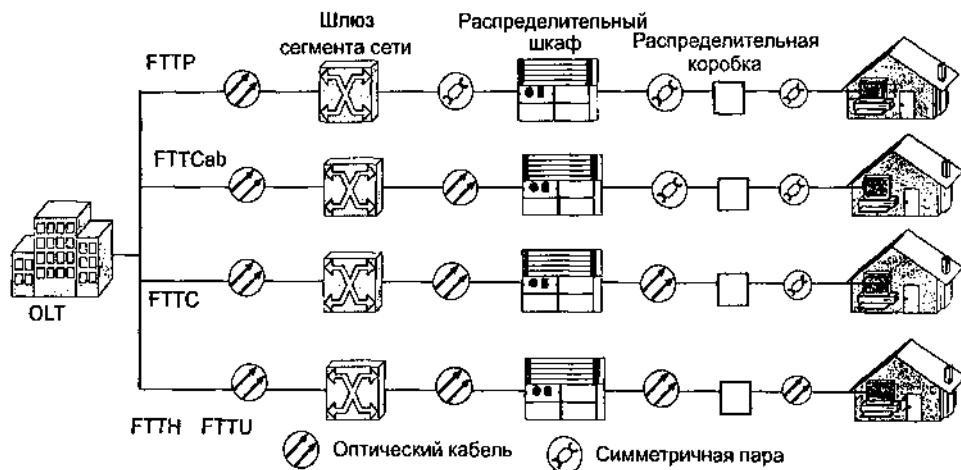


Рис. 3.13. Варианты реализации концепции FTТх

пользователей широкополосного доступа вне зависимости от того, какие новые концепции и какие новые требования к скорости передачи предъявляются изменчивой модой NGN. Поэтому операторы вполне резонно выбирают технологию FTТх в том случае, когда речь идет о новом строительстве. Легче проложить оптический кабель до здания и не иметь проблем в будущем, чем использовать для той же задачи обычную витую пару с непонятными перспективами. При этом технологии FTТх часто объединяют с современными технологиями внутриофисных сетей доступа — HPNA и VDSL.

Концепция FTТх определила стратегию использования оптического кабеля в абонентской кабельной сети. Дальнейшее ее развитие шло в направлении проработки конкретных конфигураций и решений вопроса, каким образом можно использовать оптические системы передачи для широкополосного доступа в абонентских кабельных сетях. Здесь могут использоваться различные варианты (рис. 3.14), вместе с тем активные методы передачи данных, в основном ориентированные на транспортные сети, очень скоро показали низкую эффективность использования ресурса кабельной сети. Такие факторы, как асимметрия передачи данных, необходимость максимального упрощения конфигурации ONT и пр., в традиционных волоконно-оптических системах передачи не учитывались. В результате появились специальные решения «оптической последней мили» для развертывания сетей доступа.

Топология «кольцо» (рис. 3.14,а) основана на микроSDH, по числу волокон это идеальное решение, имеется встроенное резервирование, однако наращивать сети довольно сложно. Для топологии «точка-точка» (рис. 3.14,б) подходит любая сетевая топология, работа в сети упроща-

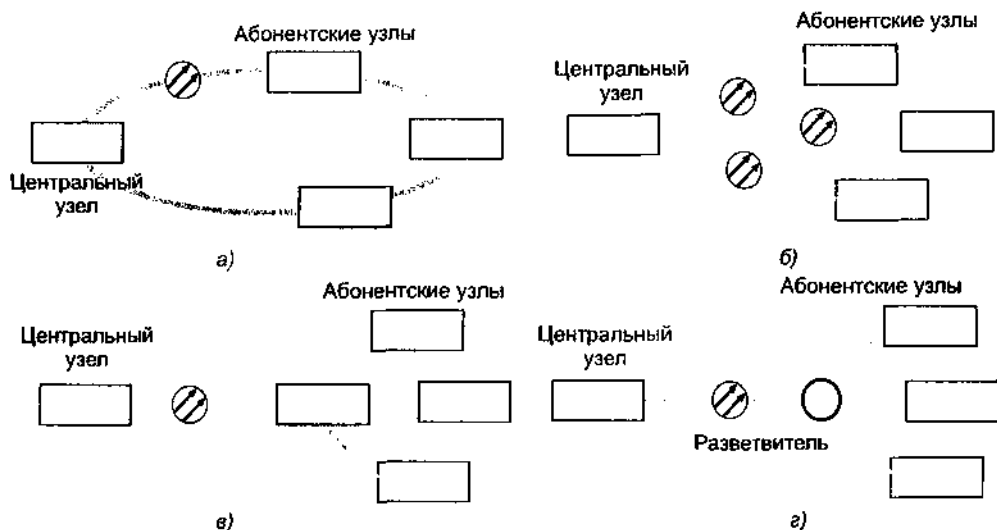


Рис. 3.14. Варианты топологии использования оптических кабелей в абонентской кабельной сети: а — кольцо; б — точка-точка; в — дерево с активными узлами; г — дерево с пассивным оптическим разветвлением

ется, однако требуется много волокон и оптических передатчиков. Топология «дерево» с активными узлами (рис. 3.14,в) основана на протоколе Ethernet 10/100/1000, но требует установки активного оборудования на промежуточных узлах. Топология «дерево» с пассивным оптическим разветвителем, или так называемые пассивные оптические сети (PON), представленные на рис. 3.14,г, имеют оптимальное по сравнению с другими топологиями число волокон и оптических передатчиков и может считаться наиболее эффективной технологией оптических сетей широкополосного доступа.

Развитие технологии PON привело к появлению целого семейства различных технологий: APON, BPON, EPON и GPON. Не исключено, что этот перечень будет расширен в будущем. Технологии PON отличаются, главным образом, скоростью передачи, количеством абонентских узлов на одно окончание OLT, а также интерфейсами сопряжения с оборудованием пользователя. Первые технологии PON (APON и BPON) были ориентированы на технологию ATM и скорость передачи иерархий SDH, последние разработки (EPON) ориентируются уже на технологию Ethernet и скорость передачи 1 Гбит/с. Детальное описание технологий PON можно найти в [15, 16]. В табл. 3.1 приведен краткий сравнительный анализ этого семейства технологий доступа.

Таким образом, традиционные оптические системы передачи и новые технологии на основе PON, создающие совместно концепцию «оптической последней мили» FTTx, играют важную роль в современном и бу-

Таблица 3.1

Сравнительный анализ технологий PON

Характеристика	APON (BPON)	EPON	GPON
Институты стандартизации/ альянсы	ITU-T SG15 / FSAN	IEEE / EFMA	ITU-T SG15 / FSAN
Дата принятия стандарта	октябрь 1998	июль 2004	октябрь 2003
Стандарт	ITU-T G.981.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Скорость передачи, прямой/ обратный поток, Мбит/с	155/155; 622/155 622/622	1000/1000	1244/155, 622, 1244; 2488/622, 1244, 2488
Базовый протокол	ATM	Ethernet	SDH
Линейный код	NRZ	8B/10B	NRZ
Максимальный радиус сети, км	20	20 (>30)	20
Максимальное число абонент- ских узлов на одно волокно	32	16	64 (128)
Приложения	любые	IP, данные	любые
Коррекция ошибок FEC	предусмотрена	нет	необходима
Длины волн прямого/обратного потокa, нм	1550/1310 1480/1310	1550/1310 1310/1310	1550/1310 1480/1310
Динамическое распределение полосы	есть	поддержка	есть
IP-фрагментация	есть	нет	есть
Защита данных	шифрование открытыми ключами	нет	шифрование открытыми ключами
Резервирование	есть	нет	есть
Оценка поддержки речевых приложений и QoS	высокая	низкая	высокая

душем развитию сетей доступа NGN. Доля оптических систем передачи постепенно растет, и только фактор времени мешает технологиям FTTx окончательно вытеснить решения DSL с рынка. Если бы операторы задались целью полностью переделать всю абонентскую кабельную сеть, технология FTTx стала бы доминирующей. Нельзя не вспомнить, что на создание современной абонентской кабельной сети на основе телефонных кабелей операторам потребовалось около ста лет. Сколько времени займет переход в абонентской сети с традиционных кабелей на оптические технологии — вопрос более к истории, чем к технологии. Поэтому на данный момент технологии FTTx являются самыми перспективными, во вторыми по значимости в концепции доступа NGN.

3.5. Городские сети Ethernet

Еще одна технология широкополосного доступа, требующая, как правило, нового строительства, — городские сети Ethernet, или MAN. Идея использовать технологию Ethernet в качестве одной из возмож-

ных технологий широкополосного доступа связана с тем фактом, что она фактически победила другие конкурентные решения по развертыванию локальных сетей (LAN). Современные оценки показывают, что более 90 % всего трафика NGN в настоящее время является трафиком Ethernet. Как следствие, при подключении индивидуальных пользователей к сети NGN (технологии HPNA, VDSL, ADSL и пр.) самым распространенным интерфейсом также является Ethernet. Поэтому идея расширить технологию Ethernet до пределов города и даже области оказывается очень заманчивой. Тем более эта идея оказывается простой в реализации, поскольку современные транспортные сети эффективно принимают трафик Ethernet и позволяют создавать виртуальные «коридоры» любой пропускной способности.

Применение Ethernet в качестве технологии доступа в настоящее время связано с развертыванием локальных сетей в жилом секторе. В большинстве случаев все начиналось стихийно, с одного дома. Ставилась цель подключения инициативной группы пользователей к городской сети. Затем несколько домов объединяли в единую сеть, и формировалась сеть доступа. В результате многие домашние сети стали коммерческими предприятиями с довольно существенным оборотом, а сама бизнес-модель развития домашних сетей стала примером того, как можно «вырастить бизнес на NGN» с минимальными инвестициями. Такая модель противоречит традиционной для связи инвестиционной модели, но демократичность NGN допускает и такой метод ведения бизнеса. Часто домашние сети Ethernet строятся на основе технологии кластерных сетей, которая рассматривалась в разд. 1.4.3 как пример сдвига парадигмы современных сетей. Более того, сети доступа Ethernet часто рассматриваются в качестве полигона для развития новых технологий.

Детальное описание технологии сетей доступа Ethernet можно найти на сайте www.nag.ru [17]. Этот сайт отражает атмосферу движения домашних сетей и давно стал одним из признанных форумов инженерного сообщества, работающего в области технологии Ethernet.

Для развертывания кабельной сети Ethernet необходимы витые пары категории от CAT3 до CAT6e. В современной инфраструктуре городов и зданий такие кабели отсутствуют, так что их нужно прокладывать заново. Всего в технологии Ethernet (в соответствии со стандартами структурированных кабельных сетей) имеют место три кабельных системы:

- 1) магистральная для соединения распределителей между зданиями;
- 2) магистральная (вертикальная) для соединения поэтажных распределителей с распределителем всего здания;
- 3) горизонтальная кабельная система — кабели от розетки пользователя до этажного распределителя.

Для данной технологии доступа горизонтальная кабельная система в полном виде не имеет смысла, так как на одном этаже редко бывает более 2–3 пользователей. Можно считать, что роль горизонтальной кабельной системы выполняет сеть подъезда. Из-за малого общего числа пользователей в доме (обычно менее 20–30) также нет необходимости выделять каждый подъезд в отдельную подсистему со своим активным (или пассивным) оборудованием. Поэтому кабельную систему домашнего Ethernet можно разделить на две составных части:

1) абонентская система здания, которая служит для подключения конечных пользователей к активному или пассивному оборудованию оператора внутри одного дома;

2) магистральная кабельная система, которая служит для объединения активного оборудования абонентских систем здания в единую инфраструктуру и их соединения с другими сетями, в том числе с Интернетом.

Магистральная кабельная система включает в себя соединения между зданиями, активное оборудование связи, а также устройства сопряжения с городскими, междугородными и национальными транспортными сетями. В [17] показаны основные варианты топологии магистральных сетей Ethernet и специфика их реализации. Вначале сеть обычно имеет древовидную топологию. По мере развития сети топология перестраивается, переходя к стандартным конфигурациям типа «кольцо», «звезда» или их комбинациям. В сетях Ethernet на магистральном участке могут использоваться не только витые пары, но и оптические кабели, включая активные системы передачи, или сети PON.

Абонентская кабельная система представляет собой кабельную разводку внутри дома и служит для подключения конечных пользователей к активному или пассивному оборудованию сети. Требования к кабельной системе могут варьироваться в широких пределах. В случае, когда пользователям предоставляется скорость 10 Мбит/с (интерфейс 10 Base-T), в такой абонентской сети достаточно использовать витую пару категории 3. Но обычно абонентская кабельная система строится на основе СКС с использованием витой пары CAT5, которая позволяет предоставлять пользователям интерфейс Ethernet 10/100baseT.

Топология абонентской кабельной сети должна учитывать архитектурные особенности здания, пропускную способность шахт слаботочной проводки, вводов, возможность крепления кабелей и прочие факторы. В практике развертывания кабельных систем внутри здания используются самые различные схемы разводки: от хаотического расположения оборудования до структурирования системы по подъездам.

Объединение абонентских сетей и магистральной сети доступа Ethernet выполняется просто, поскольку в основе всей сети доступа используется единый формат данных на основе кадров Ethernet и единая технология Ethernet, для которой имеет место высокий уровень масштабирования: от скорости 10 Мбит/с до 10 Гбит/с и разные интерфейсы взаимодействия (табл. 3.2). Как было сказано выше, сопряжение сети доступа Ethernet с любыми транспортными сетями NGN также не

Таблица 3.2

Варианты интерфейсов Ethernet по стандарту IEEE 802.3*

Название	Тип интерфейса	Н/Ф	Кодирование	Линейный код	MFS	Размер сети
10 G Ethernet IEEE 802.3ae (классы 48–53) XGMII						
10GBASE-SR	Двойной 50/125 мкм MMF, 850 нм	F	64B/66B	NRZ	N/A	2/550 м
10GBASE-SW	Двойной 62.5/125 мкм MMF, 850 нм	F	64B/66B	NRZ	N/A	2/33 м
10GBASE-LX4	Двойной 50/125 мкм MMF, 4×DWM сигнал	F	8B/10B	NRZ	N/A	300 м
10GBASE-LX4	Двойной 62.5/125 мкм MMF, 4×DWM сигнал	F	8B/10B	NRZ	N/A	300 м
10GBASE-LX4	Двойной 8-10 мкм SMF, 1310 нм, 4×DWM сигнал	F	8B/10B	NRZ	N/A	10 км
10GBASE-LR	Двойной 8-10 мкм SMF, 1310 нм	F	64B/66B	NRZ	N/A	10 км
10GBASE-LW	Двойной 8-10 мкм SMF, 1310 нм	F	64B/66B	NRZ	N/A	10 км
10GBASE-ER	Двойной 8-10 мкм SMF, 1550 нм	F	64B/66B	NRZ	N/A	2/40 км
10GBASE-EW	Двойной 8-10 мкм SMF, 1550 нм	F	64B/66B	NRZ	N/A	2/40 км
Gigabit Ethernet IEEE 802.3z/ab (классы 34–42) GMII						
1000BASE-ZX	Двойной 8-10 мкм SMF, 1310 нм	F	8B/10B	NRZ	416	80 км
1000BASE-LX	Двойной 8-10 мкм SMF, 1310 нм	F	8B/10B	NRZ	416	5 км
1000BASE-LX	Двойной 50/125 мкм MMF, 1310 нм	F	8B/10B	NRZ	416	550/ 2000 м
1000BASE-LX	Двойной 62.5/125 мкм MMF, 1310 нм	F	8B/10B	NRZ	416	550/ 1000 м
1000BASE-SX	Двойной 50/125 мкм MMF, 850 нм	F	8B/10B	NRZ	416	500/ 750 м
1000BASE-SX	Двойной 62.5/125 мкм MMF, 850 нм	F	8B/10B	NRZ	416	220/ 400 м
1000BASE-CX	Двойной 150 Ом STP (twinaх)	F	8B/10B	NRZ	416	25 м
1000BASE-T	Четыре пары UTP 5 (или лучше)	Н/Ф	4D-PAM5	PAM5	520	<100 м

Окончание табл. 3.2

Название	Тип интерфейса	H/F	Кодирование	Линейный код	MFS	Размер сети
Fast Ethernet IEEE 802.3u (классы 21-29) MII						
100BASE-Fx	Двойной 50/125 мкм SMF	F	4B/5B	NRZI	64	40 км
100BASE-Fx	Двойной 62.5/125 мкм MMF	F	4B/5B	NRZI	64	2 км
100BASE-Tx	Двойная пара кабеля STP	F	4B/5B	MLT3	64	200 м
100BASE-Tx	Двойной UTP 5 (или лучше)	H/F	4B/5B	MLT3	64	<100 м
100BASE-T4	Четыре пары UTP 3 (или лучше)	H	8B/6T	MLT3	64	<100 м
100BASE-T2	Двойной UTP 3 (или лучше)	H/F	PAM5x5	PAM5	64	<100 м
Ethernet IEEE 802.3a-t (классы 1-20) AUI						
10BASE-FB	Двойной 62.5 /125 мкм MMF с синхронным кабом	H	4B/5B	Manchester	64	<2000 м
10BASE-FP	Двойной оптический 62.5/125 мкм MMF пассивный каб	H	4B/5B	Manchester	64	<1000 м
10BASE-FL	Двойной оптический 62.5/125 мкм MMF асинхронный каб	F	4B/5B	Manchester	64	2000 м
10BASE-T	Двойная витая пара UTP 3 (или лучше)	H/F	4B/5B	Manchester	64	<100 м
10Broad36	Один 75 Ом коаксиальный (CATV)	H	4B/5B	Manchester	64	<3600 м
10BASE-2	Один 50 Ом тонкий коаксиальный кабель	H	4B/5B	Manchester	64	<185 м
10BASE-5	Один 50 Ом тонкий коаксиальный кабель	H	4B/5B	Manchester	64	<500 м

* H/F: полудуплексный (H) и полнодуплексный (F) режим передачи; MFS — минимальный размер кадра в байтах; N/A — не применяется.

представляет сложности, поскольку оборудование транспортных сетей обеспечивает интерфейсы Ethernet разного уровня иерархии.

Как и любая технология доступа, Ethernet имеет свои плюсы и минусы. Основным преимуществом технологии Ethernet является ее масштабируемость, а также новизна бизнес-модели создания домашних сетей Ethernet. Традиционные операторы связи использовали инвестиционные модели и ориентировались на технологии PON (новое строительство) и DSL (модернизация сетей) и тем самым образовали движение за сети доступа NGN «сверху», со стороны транспортных сетей. Молодые и небольшие операторы домашних сетей Ethernet, используя модель «выращивания бизнеса», двигались «снизу», со стороны потребителей услуг NGN. Применение новой бизнес-модели позволило операторам домашних сетей быстро захватить рынок небольших городов, где использование инвестиционных проектов признавалось неэффективным. Даже в некоторых селах и поселках городского типа существуют свои местные сети Ethernet.

В настоящее время стихийное вначале движение операторов Ethernet вынесло на поверхность российского бизнеса крупных операторов. Такие операторы, как Matrix, IMSYS, MSM и пр., по объему абонентской базы вполне могут конкурировать с региональными и городскими операторами NGN. Кроме того, в последние несколько лет появились финансовые структуры, которые начали скупать домашние сети Ethernet для формирования крупных городских и даже национальных сетей Ethernet.

Недостатком «домашнего» Ethernet является отсутствие единой технической политики, что является негативным следствием все той же новой бизнес-модели. Развивая сети доступа «по месту», постоянно модернизируя оборудование, перестраивая топологию, операторы домашнего Ethernet чаще всего не смогли создать крупные работающие сети. Делая ставку на самое дешевое оборудование, простые схемы тарификации, спонтанный рост контента, такие операторы часто оказывались в ситуации, когда развитие сети останавливалось из-за того, что сеть приходилось постоянно «латать». Качество услуг связи в сетях домашнего Ethernet остается пока на довольно низком уровне. Те операторы, которые смогли вырваться за пределы маленькой сети в несколько домов, в конечном счете пришли к необходимости полной перестройки сети.

Кроме того, с развитием технологии домашнего Ethernet связаны многочисленные проблемы административного плана. Наиболее существенными из них являются препоны со стороны надзорных государственных органов, проблемы с лицензированием, частые конфликты со структурами ЖЭК, ДЭУ, ТСЖ, связанные с незаконным или несогласованным размещением оборудования и кабельной системы в домах, воровство кабелей и оборудования, механические и коммунальные повреждения активного и пассивного оборудования и пр. Все это делает жизнь операторов домашнего Ethernet довольно непростой и уменьшает конкурентоспособность технологии Ethernet на рынке сетей доступа. Тем не менее эта технология играет существенную роль, а количество абонентов NGN, подключенных через сеть домашнего Ethernet, постоянно растет.

3.6. Системы радиодоступа

Еще одна группа технологий, играющая очень важную роль на уровне доступа NGN, — это технологии радиодоступа, или беспроводные абонентские линии (WLL).

Выше мы говорили о проводных технологиях доступа. Каждая из рассмотренных технологий имеет свое преимущество:

- технологии семейства DSL используют существующую инфраструктуру кабельной сети операторов телефонии;

- технологии PON обеспечивают огромный резерв по полосе передачи;
- технология домашнего Ethernet позволяет максимально упростить преобразование данных за счет использования масштабированных решений.

Системы радиодоступа также имеют свои стратегические преимущества перед проводными системами, связанные с использованием радиоэфира для предоставления услуг широкополосного доступа:

- затраты на строительство минимальны, поскольку для системы радиодоступа не нужна кабельная система;
- услуги широкополосного доступа доступны любому пользователю в пределах зоны покрытия сети радиодоступа;
- сети радиодоступа могут обслуживать не только фиксированных абонентов, но и мобильных абонентов.

Эти преимущества обеспечивают конкурентоспособность систем радиодоступа в демократичном мире NGN. Как было показано в примере 2.1, технология радиодоступа способна собрать трафик NGN задолго до того, как будут развернуты кабельные системы проводного широкополосного доступа. По этой причине во всем мире применение технологии радиодоступа рассматривается как стратегия быстрого захвата рынка широкополосных услуг.

Вместе с тем использование радиоэфира в качестве среды передачи сигналов имеет ряд недостатков:

- качество услуг в сетях радиодоступа обычно ниже, чем в сетях проводного доступа, вследствие влияния электромагнитных помех, экранирования сигналов от базовых станций и других факторов;
- ресурс радиоэфира для передачи широкополосных сигналов ограничен. В результате во всех стандартах сетей радиодоступа в настоящее время существует проблема, связанная с переходом к концепции Triple Play и требованием предоставлять абоненту скорость свыше 20 Мбит/с;
- полнодоступность услуг радиодоступа на всей территории зоны покрытия выдвигает на первый план необходимость решения вопросов авторизации, идентификации и тарификации абонентов сети (в западной технической прессе этот комплекс задач получил сокращенное название AAA). Сюда же относится комплекс решений в области сетевой безопасности, включающий превентивные меры для предотвращения незаконного пользования ресурсами сети.

Ограниченность ресурса радиоэфира приводит к уменьшению скорости передачи в расчете на одного абонента либо к ограничению числа абонентов в зоне покрытия. Оба фактора приводят к необходимости поиска новых ресурсов и решений. В результате за последнее десятилетие

было создано несколько десятков различных технологий радиодоступа, и этот процесс продолжает идти очень динамично.

Современные системы радиодоступа работают в диапазоне от 30 МГц до 60 ГГц, применяют разные методы модуляции и кодирования и обслуживают абонентов с разными требованиями по мобильности (от фиксированных абонентов до мобильных станций со скоростью перемещения до 150 км/ч). Таким образом, нельзя говорить о технологии радиодоступа как об одной технологии, это целый мир со своими принципами и законами.

Общая теория систем радиодоступа изложена в [18]. Здесь мы лишь дадим краткий обзор основных решений, применяемых в современном мире.

Исторически сети радиодоступа прошли довольно долгий путь эволюции от аналоговых телефонных радиоудлиннителей до сверхширокополосных цифровых систем (UWB) со скоростью передачи данных 100 Мбит/с и выше. Условно можно выделить пять поколений систем радиодоступа:

- 1) аналоговые средства доступа к аналоговым АТС (1960-е гг.);
- 2) узкополосные цифровые системы доступа к цифровым и аналоговым АТС и узлам передачи данных (1980-е гг.). Здесь впервые были разработаны стандарты беспроводных локальных сетей (WLAN), стандарты Radio Ethernet, IEEE 802.11, 802.15 и пр.;
- 3) системы цифрового радиодоступа на основе пакетной передачи IP, куда вошли технологии MMDS, LMDS;
- 4) системы широкополосного доступа на основе стандартов IEEE 802.11/802.16 со скоростью передачи от 10 до 70 Мбит/с, куда вошли доминирующие в настоящее время технологии Wi-Fi и WiMAX;
- 5) системы сверхширокополосного доступа (UWB) со скоростью передачи 100 Мбит/с и выше.

Очевидно, что для современного развития сетей NGN подходят только технологии четвертого и пятого поколений. Системы второго и третьего поколений могут применяться в качестве средства доступа для нетребовательных абонентов, демократичность NGN позволяет применять и такие решения.

Обобщенная структура системы радиодоступа представлена на рис. 3.15. Абоненты широкополосного доступа подключаются к радиосети с использованием абонентских устройств (радиомодемов), на вход которых подаются абонентские данные, а на выходе формируется абонентский радиосигнал. Абонентские устройства могут выполняться в виде карт PCMCIA или в виде внешних устройств. Радиосигнал передается на базовую станцию системы радиодоступа, где преобразуется

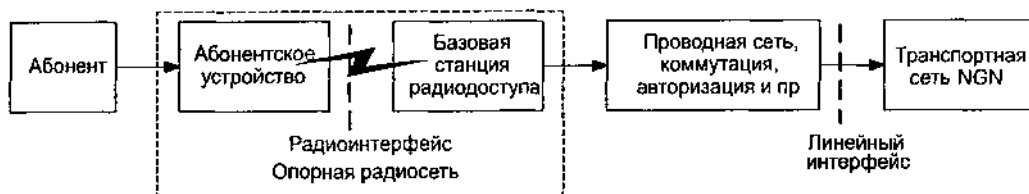


Рис. 3.15. Обобщенная схема системы радиодоступа

снова в данные пользователя. Базовые станции системы радиодоступа объединяются через каналы проводной сети, образуя опорную сеть системы, в которой решаются вопросы коммутации, маршрутизации, авторизации пользователей, биллинга и пр. Через одну или несколько точек присутствия (линейный интерфейс) опорная сеть подключается к транспортной сети NGN. Таким образом решается задача организации широкополосного доступа.

Системы радиодоступа отличаются параметрами радиоинтерфейса, зоной охвата сети и параметрами линейного интерфейса. Размер зоны охвата разделяет все системы доступа на пять категорий: глобальные (WAN), региональные сети (RAN), городские (MAN), локальные (LAN) и персональные сети (PAN).

Зона покрытия систем радиодоступа разделяется на соты, каждая из которых обеспечивает покрытие от отдельной базовой станции. Системы радиодоступа могут быть односотовыми и многосотовыми. По размеру соты системы радиодоступа разделяются на три категории:

- 1) макросотовые сети с размером соты до 30 км;
- 2) микросотовые сети с размером соты до 3 км;
- 3) пикосотовые сети с размером соты до 100 м.

Технология макросотовых сетей используется для развертывания сетей WAN, RAN и MAN. Микросотовые технологии используются в сетях LAN и MAN. В персональных сетях (PAN) используется технология пикосотовых сетей.

Основными параметрами радиоинтерфейса являются рабочий диапазон сигналов, метод разделения каналов и принципы модуляции. На рис. 3.16 представлены возможные диапазоны работы аналоговых и цифровых систем радиодоступа и используемые в них принципы разделения каналов. Как видно из рисунка, современные системы радиодоступа отличаются многообразием решений, большая часть из которых (выделена на рисунке) может эффективно использоваться в качестве средств доступа в современных сетях NGN.

Из перспективных технологий радиодоступа, которые легко интегрируются в современные сети NGN и рассматриваются как авангард



Рис. 3.16. Параметры радиоинтерфейса современных систем радиодоступа

развития современных систем радиодоступа, рассмотрим две технологии: Wi-Fi и WiMAX.

Технология Wi-Fi. Первоначально эта технология была изобретена для создания беспроводных LAN, но сейчас она все чаще используется как технология доступа пользователей в Интернет. До последнего времени сферой приложения этой технологии являлись комнатные сети, особенно в случае, если в семье несколько пользователей Интернета. Сейчас Wi-Fi начинает эффективно использоваться для создания MAN, RAN и даже WAN.

Технология Wi-Fi интересна в концепции NGN тем, что дает быстрый эффект. Одна базовая станция сети (hotspot) системы Wi-Fi может дать широкополосный доступ десяткам абонентов сразу, причем с довольно большими скоростями. Минимальные вложения (отсутствие абонентской проводки) в сочетании с реальной возможностью «притянуть» довольно внушительный трафик — все это делает Wi-Fi интересной технологией доступа самого широкого применения. Wi-Fi часто применяется в качестве системы доступа в публичных местах (Интернет-кафе, стадионы, аэропорты, вокзалы, супермаркеты, отели и пр.). Тот факт, что в современных ноутбуках и карманных компьютерах (КПК) реализованы функции Wi-Fi, облегчает применение этой технологии в публичных местах. Техногенные зоны, оснащенные системой Wi-Fi, позволяют эффективно использовать эту технологию в различных системах телемеханики и т.п.



Рис. 3.17. Зона покрытия услугами Wi-Fi Москвы в проекте Golden Wi-Fi (по данным на декабрь 2007 г.)

В настоящее время во всем мире идет процесс объединения зон Wi-Fi и создание больших сетей Wi-Fi с функцией роуминга. Примером такого применения технологии Wi-Fi может служить сеть McDonald's, которая насчитывает уже более 6000 hotspot в мире. Появились также национальные и международные Wi-Fi-операторы, первым примером которых можно назвать Swisscom Eurospot (сети аэропортов, ресторанов, баров и пр.), которая покрывает территорию всего Евросоюза. В России наиболее крупным проектом в области технологии Wi-Fi является сеть Golden Wi-Fi оператора Golden Telecom. В качестве первых задач развития этой сети на 2007-2008 гг. обозначено создание городских зон покрытия Москвы и С-Петербурга, причем в Москве планируется почти полная зона покрытия (рис. 3.17).

В настоящее время технология Wi-Fi в полной мере адаптирована к концепции «мобильный Интернет», что заставляет даже скептиков и консерваторов присмотреться к этой технологии. Таким образом, Wi-Fi — это очень важный метод организации сети доступа, имеющий все шансы стать едва ли не доминирующим.

Современная сетевая технология коммерческого Wi-Fi предполагает разделение сети на две подсистемы: подсистемы сбора трафика в виде «пятен» (hotspot), размещаемых в точках, где можно «встретить» пользователей, и подсистемы управления, где содержится сервер иденти-

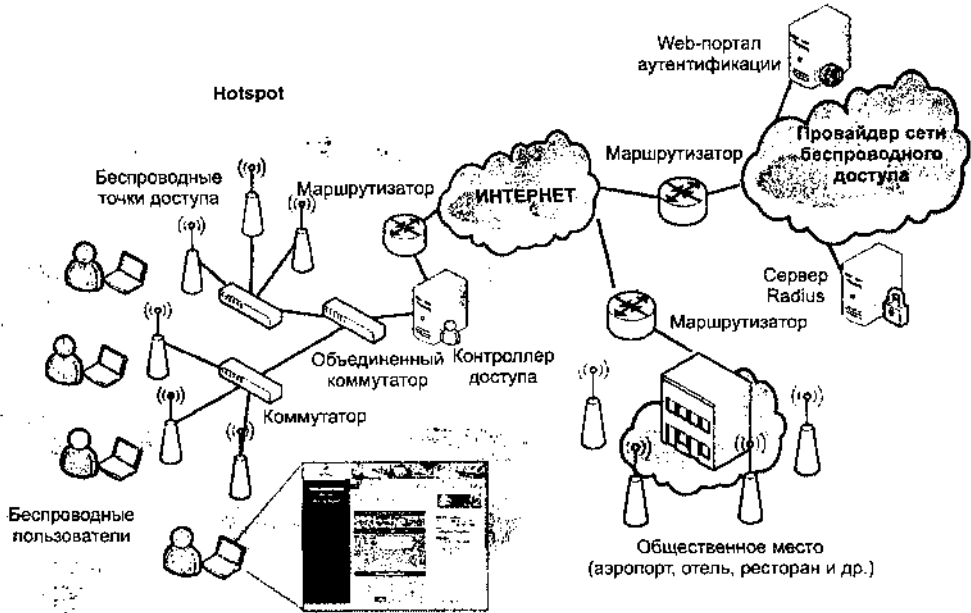


Рис. 3.18. Структура сети Wi-Fi

кации пользователей, сервер биллинга, Web-портал управления сервисом, сервер авторизации Radius и пр.

Hotspot соединяются между собой через маршрутизаторы или через Интернет. Каждый пользователь, прежде чем получит доступ к коммерческой услуге, должен пройти процедуру авторизации, связанную с биллингом. Для этого он получает доступ к Web-порталу идентификации, где регистрирует свои права (например, активирует карточку оплаты). Теперь он может пользоваться всеми услугами широкополосного доступа, пока на его счету остаются средства.

Внутри hotspot система может иметь внутренние коммутаторы и самое главное — отдельный контроллер доступа, который выполняет роль интерфейса между всеми пользователями hotspot и распределенной сетью Wi-Fi (рис. 3.18), это особенно касается неоднородных зон покрытия сетью Wi-Fi (например, аэропортов, отелей, бизнес-центров и пр.). Информация об услугах и их состоянии доступна на портале hotspot в рамках всего Web-портала сети.

Чтобы пользователь получил доступ к услугам сети Wi-Fi, его запрос должен пройти последовательно три элемента сети: контроллер доступа, сервер управления Radius и Web-портал идентификации. Как следует из рис. 3.19, процедура идентификации пользователя (процедура AAA) представляет собой сложный алгоритм, ориентированный на при-

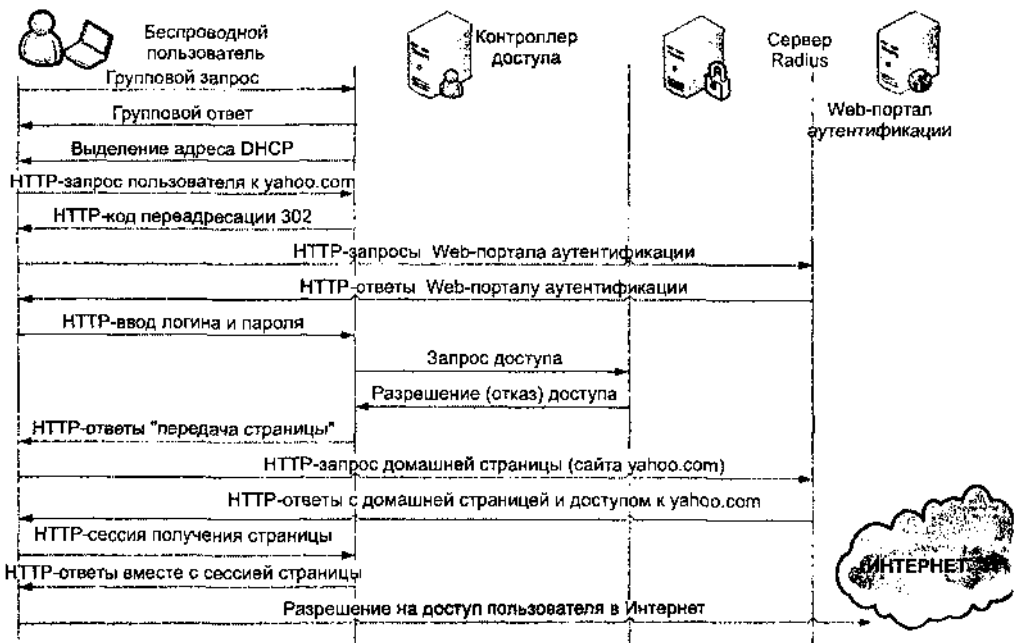


Рис. 3.19. Процедура доступа пользователя Wi-Fi в Интернет в сети радиодоступа

менение специальных протоколов сигнализации верхнего уровня. Для систем радиодоступа разработаны несколько таких алгоритмов [18]. Подробное исследование процедур AAA в системах беспроводного доступа было сделано в [19], где показана специфика процедур идентификации, авторизации, биллинга и связанных с ними процедур роуминга.

Параметры радиointерфейса систем Wi-Fi предложены в стандартах WLAN IEEE 802.11a/b/g/h/j/n. В этих стандартах предусмотрено два диапазона работы систем Wi-Fi: 2,4...2,5 ГГц (для IEEE 802.11b/g) и 4,9...5,9 ГГц (остальные стандарты). Скорость обмена данными в системе Wi-Fi может быть в зависимости от стандарта 11, 50 и более 100 Мбит/с (для нового стандарта IEEE 802.11n). В системах может применяться симметричный обмен данными либо асимметричный, напоминающий режим ADSL или PON.

Технология Wi-Fi интересна для нашего исследования не только в силу своей перспективности, но и поскольку дает представление о принципах функционирования систем радиодоступа четвертого поколения, в том числе и технологии WiMAX.

Технология WiMAX напоминает технологию Wi-Fi по структуре. WiMAX описывается стандартом IEEE 802.16e. В качестве примера на рис. 3.20 представлена конфигурация технического решения сети WiMAX компании Nortel. Как следует из рисунка, в системе WiMAX

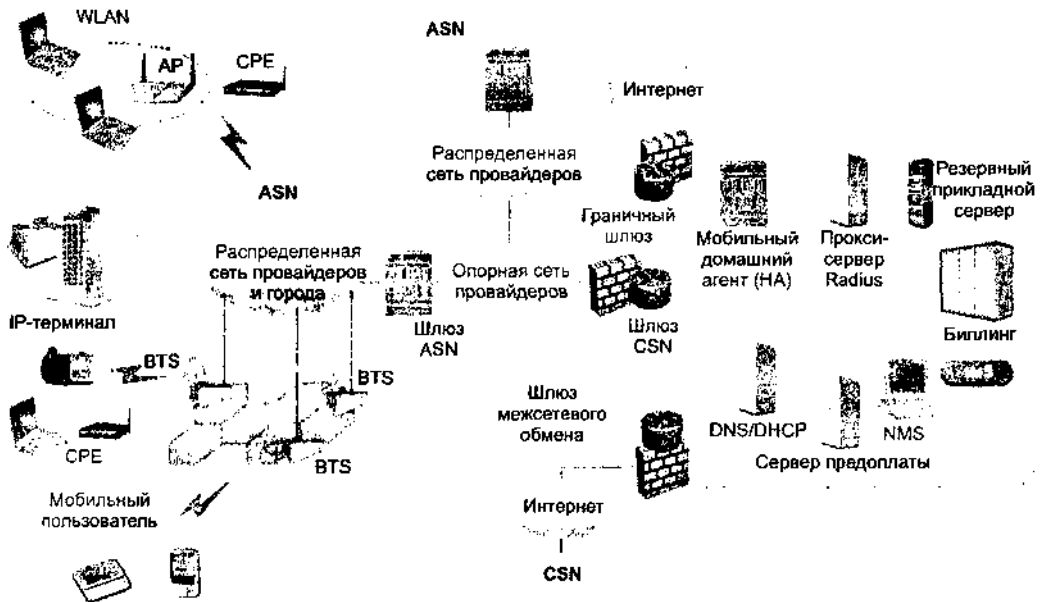


Рис. 3.20. Одна из возможных структур системы WiMAX

существует опорная радиосистема, включающая в себя абонентские устройства и базовые станции, объединенные в систему сотового покрытия, а также проводная компонента, где имеются шлюзы с сетями общего пользования, серверы авторизации, идентификации (Radius), управления, коммутации и пр. Поскольку технология WiMAX изначально была ориентирована на создание сетей доступа MAN и более широкого масштаба, архитектура управляющих элементов в ней проработана глубже, чем в Wi-Fi, и включает в себя элементы уровня управления и коммутации систем NGN (Softswitch, IMS — см. ниже). По этой причине схема на рис. 3.20 оказывается сложнее схемы на рис. 3.19, хотя набор компонентов сетей радиодоступа почти идентичен.

Технологии Wi-Fi и WiMAX отличаются не только сложностью структуры сети, но и частотным диапазоном, размером сот, процедурами AAA, а также специальными технологическими решениями, обеспечивающими функции мобильности абонентов. Имеются и другие отличия технологий WiMAX и Wi-Fi, которые проанализированы в [20] и кратко представлены в табл. 3.3. Как следует из таблицы, технология WiMAX выглядит более перспективной для создания крупных сетей радиодоступа. В то же время технология Wi-Fi позволяет создавать небольшие «очаги» систем радиодоступа в наиболее популярных точках современных городов. С учетом рассмотренной выше тенденции технологии Wi-Fi и WiMAX в настоящее время можно рассматривать как две конкурентных технологии.

Таблица 3.3

Сравнение технологий Wi-Fi и WiMAX

Показатель	Стандарт 802.16 (WiMAX)	Стандарт 802.11 (Wi-Fi)
Эффективность		
Пропускная способность	Обеспечивается эффективное использование радиочастотного ресурса	Уменьшается с каждым новым абонентом
Управление скоростью	Позволяет каждому абоненту работать с оптимальной скоростью	Не предусмотрено. Абоненты работают с одинаковой скоростью
QoS		
Полоса пропускания	Предоставляется для каждого абонента независимо для направлений «вверх» и «вниз»	Требуется внешнее устройство контроля
Приоритезация пакетов	Обеспечивает гарантированную доставку, основанную на регулировании сервиса (CIR, MIR)	Непредсказуемое сетевое поведение при отсутствии сетевого управления
Задержка и джиттер	Контролируется для каждого направления в соответствии с соглашением об обслуживании	Не поддерживается гарантированная задержка пакета
Мультисервисность	Комбинация сервисов, VoIP, Video, Data может быть обеспечена через одну SU	Не поддерживается
Безопасность		
Контроль доступа	Уровень 2 (по MAC) и уровень 3 (по IP)	Доступ по листу MAC адресов. Возможна подмена MAC адреса
Распознавание пакетов	Каждое устройство CPE получает предназначенные только для него данные	Данные доступны всем CPE

В данном случае, как и в системах проводных сетей доступа, существуют две альтернативных бизнес-модели развертывания сети. Оператор может начать развивать сети доступа от абонента на основе технологии Wi-Fi. В таком случае стратегия «захвата города» будет состоять в том, чтобы охватить hotspot'ами наиболее посещаемые места города, затем установить роуминг по всей сети, чтобы абонент мог работать в любом публичном месте, и постепенно расширять зону присутствия на менее популярные места досуга. Таким образом, мы получаем бизнес-модель постепенного «выращивания бизнеса», довольно скромные начальные инвестиции в проект и последовательное движение «снизу». Технология WiMAX предлагает инвестиционную бизнес-модель, развертывая сеть радиодоступа так, чтобы она накрыла территорию всего города, а после этого начинается сбор трафика от городских жителей.

Если провести параллель с проводными технологиями широкополосного доступа, то эквивалентом технологии Wi-Fi по использованию бизнес-модели могут служить сети домашнего Ethernet, а эквивалентом технологии WiMAX — инвестиционные проекты DSL и PON. Указан-

ные аналогии совершенно не случайны. Операторы домашнего Ethernet часто используют технологию Wi-Fi для минимизации расходов на абонентскую сеть внутри здания. Точно так же крупные операторы параллельно с развитием сетей DSL и PON в последнее время все чаще используют технологии стандарта IEEE 802.16 и всерьез присматриваются к технологии WiMAX.

3.7. Спутниковые системы радиодоступа. Технология VSAT

Несколько особняком от традиционных систем радиодоступа стоят технические решения в области спутниковых широкополосных систем доступа. Связано это с тем, что спутниковые системы вообще технологически дистанцированы от любых проводных решений. Главное преимущество спутниковых систем связи — возможность их развертывания в любой точке земного шара вне зависимости от уровня развития телекоммуникаций в данном регионе.

Принцип работы системы спутниковой связи представлен на рис. 3.21. В основе систем лежит использование геостационарных спутников в качестве радиочастотного ретранслятора и терминалов с малым размером антенны VSAT (Very Small Aperture Terminal). Такие системы различаются симметричной и асимметричной схемами обмена данными. До появления концепции NGN, когда самой востребованной услугой была традиционная телефония, на рынке доминировали системы симметричного типа. В настоящее время более 80 % всех систем VSAT в мире — это системы, базирующиеся на принципе асимметричного обмена данными в Интернете.

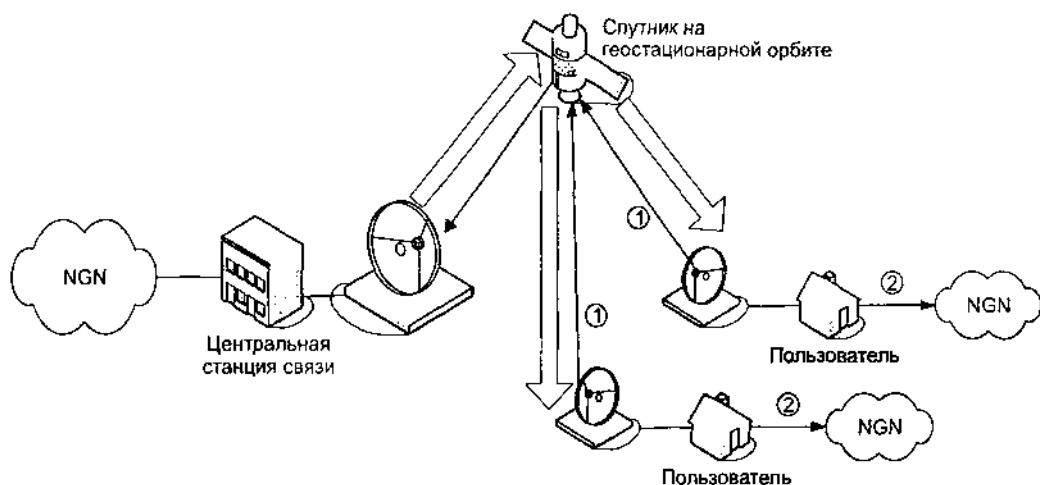


Рис. 3.21. Спутниковые системы доступа на основе технологии VSAT

Сеть доступа VSAT строится обычно по топологии «звезда». На одну центральную станцию (ЦС) может приходиться до нескольких десятков тысяч терминалов VSAT. Обмен данными в системе доступа осуществляется по двум каналам: по прямому каналу от ЦС к терминалам передается запрашиваемая информация, по обратному каналу — запросы на предоставление информации. Наличие обратного канала делает систему спутникового доступа интерактивной, так как пользователи системы управляют передаваемой информацией со своих терминалов.

Существует несколько методов организации обратного канала. Наиболее эффективный метод состоит в том, чтобы в системе связи сформировать низкоскоростные потоки TDMA от терминала к ЦС (каналы 1 на рис. 3.21). При этом для повышения пропускной способности сети используются различные методы организации многостанционного доступа к обратному каналу. Наибольшее распространение получили два метода предоставления каналов по требованию.

SCPC (Single Channel Per Carrier) гарантирует необходимую пропускную способность канала доступа. За каждой абонентской станцией закрепляется постоянный сегмент спутникового канала, который обеспечивает прямую дуплексную связь между двумя удаленными объектами. В роли удаленных объектов могут выступать как абонентская станция и узел провайдера, так и две абонентские станции. В последнем случае данные передаются непосредственно через спутник, минуя центральный узел провайдера. Данное решение рекомендуется для Интернет-провайдеров и компаний, предусматривающих повышенный уровень загрузки канала по передаче данных, видео- и голосовых сообщений.

FTDMA (Frequency Time Division Multiple Access) — технология частотно-временного разделения одного канала между множеством пользователей — позволяет более экономично использовать спутниковый сегмент и предлагать заказчикам более конкурентноспособные цены.

Системы, в составе которых существует свой обратный канал, часто называются двусторонними интерактивными системами спутниковой связи.

Наличие отдельной выделенной подсистемы многостанционного доступа к обратному каналу делает VSAT законченной технической системой, обеспечивающей доступ к сети NGN абонентам спутниковой связи. В общей структуре сети NGN такая система выступает как отдельный технологический элемент.

Существует альтернативный метод организации системы доступа, основанный на односторонней связи от ЦС к абонентским терминалам. Такая система связи является более традиционной для технологии спутниковой связи, так как на аналогичном принципе работают все системы

Таблица 3.4

Сравнение систем доступа на основе технологии VSAT

Компания	Технология (станция)	Способ многостанционного доступа по обратному каналу*	Скорость передачи информации, Мбит/с		Количество и тип пользовательских портов	Максимальное число станций в составе тиковой сети
			Прямой канал	Обратный канал (макс.)		
Gilat Satellite Networks	SkyBlaster	MF-TDMA со скачками частоты	2...52,5	0,154	Порт Ethernet	Практически не ограничено
	SkyStar 360E	То же	2...52,5	0,512	4 порта Ethernet (с адаптером предоставляется IP-телефония)	
EMS Technologies	SkyStar Advantage**	"	До 24	0,154	Порт Ethernet, 2 порта FXS, порт VNC, видео	Не ограничено До 15000
	Sky Edge**	"	До 66	До 2	4 порта Ethernet	
	Series 3000;	"	8...45	8	Порт Ethernet	
	Series 2000	"	До 48	0,256	2 порта Ethernet, порт RS-232	
Hughes Network Systems	DW4020	"	До 48	0,256	4 порта Ethernet, порт RS-232	Практически не ограничено То же
	DW6000,	"	До 48	0,256	4 порта Ethernet, порт RS-232, с блоком DW6040 предоставляется IP-телефония	
	DW6040	"	То же	"	То же	
NDSatcom	DW7000	"	До 48	до 1	"	Нет данных Практически не ограничено До 3000 До 20000
	DW7700	"	До 48	до 1,56	"	
	SkyARCS	"	1...45	2	Порт Ethernet	
	SatLink	"	До 90	До 6	Порт Ethernet, порт RS-232	
NEC	Nextar-V	TDMA	До 2	0,064	4 порта (Ethernet/Token Ring)	Практически не ограничено До 20000
	OpenRCS	MF-TDMA со скачками частоты	До 45	2	Нет данных	
PentaMedia	InterSky	Нет данных	1,4...72	0,384	Порт Ethernet	Нарастает дискретно по 1000 8000 с возможностью наращивания До 32 000 До 10000 с наращиванием до 100 000 70 каналов Практически не ограничено
	SpaceWeb	MF-TDMA со скачками частоты	До 48	0,193	Порт Ethernet (опция до 3)	
ViaSat	ArcLight	CRMA	2...45	0,512	Порт Ethernet	Практически не ограничено
	LinkStar	MF-TDMA со скачками частоты	До 60	1,25	Порт Ethernet	
Web-Sat	Web-Sat	TDMA	До 4	0,064	Карта PCI	Практически не ограничено
	Web-Sat	TDMA	До 4	0,256	Router BOX	

* В прямом канале — TDMA для всех систем. ** Объединяет несколько технологий.

спутникового телевидения. Принцип организации связи здесь основан на передаче информации по спутниковому радиоканалу в одну сторону: от ЦС к абонентским терминалам. Задача интерактивного управления передаваемым потоком данных решается наземными средствами. Например, если пользователь уже подключен к Интернету по низкоскоростному модемному соединению, то система VSAT может оптимизировать его работу и сделать полнофункциональным пользователем NGN. В таком случае запросы на предоставляемую информацию будут передаваться на сервер оператора VSAT через низкоскоростное модемное соединение (на рис. 3.21 — каналы 2), а сама информация будет поступать через спутниковый широкополосный канал. Такая схема организации спутниковой связи называется односторонней. Она не является технологически законченным компонентом системы доступа, но может рассматриваться как эффективное дополнение к проводным системам и существенно оптимизировать затраты пользователей.

Оба типа систем VSAT получили широкое распространение в мире и в России. К концу 2003 г. в России были развернуты и уже начали функционировать центральные станции сетей VSAT, поддерживающие технологии SkyStar 360E, LinkStar, DirecWay и DialAwayIP, которые относятся к классу интерактивных систем VSAT и могут рассматриваться как один из вариантов построения систем доступа NGN.

Учитывая географические особенности нашей страны (большую протяженность, малую плотность населения в ряде регионов, большой процент территории в зоне вечной мерзлоты, низкий уровень развития NGN в целом), можно смело утверждать, что для России, также как и для многих стран СНГ, спутниковые системы широкополосного доступа представляют собой один из существенных вариантов решения проблемы информатизации страны.

Сравнительный анализ систем VSAT, которые получили распространение в России и странах СНГ, представлен в табл. 3.4. Данные, приведенные в этой таблице, еще раз доказывают состоятельность технологии VSAT в качестве системы доступа. Скорость передачи данных в прямом канале до 20...60 Мбит/с, наличие в абонентском оборудовании портов Ethernet, большое количество пользователей и пр. позволяет говорить о том, что пользователи спутниковой связи не будут ограничены при работе в современных сетях NGN.

3.8. Системы кабельного телевидения. Технологии HFC, CATV, DOCSIS

Еще одним популярным методом построения сетей широкополосного доступа является использование сетей кабельного телевидения (CATV).

Напомним, что предоставление услуг широкополосного доступа NGN по CATV представляет собой один из методов использования существующей инфраструктуры. Подобно технологии DSL, которая формирует каналы широкополосного доступа по телефонным парам, технология доступа по CATV использует коаксиальные кабели, которые приходят в квартиры потенциальных потребителей услуг NGN. Но если технология DSL сталкивается с необходимостью разработки специальных технических решений, чтобы расширить полосу передачи данных, то в технологии традиционного кабельного телевидения, называемой также технологией высокочастотной передачи (HFC), такой проблемы нет. Коаксиальные кабели в CATV, в отличие от витой пары категории 3 и 4 в традиционных телефонных сетях, обеспечивают передачу сигналов в диапазоне до 1 ГГц. Это означает, что CATV технически более приспособлено для широкополосного доступа NGN, чем традиционные абонентские телефонные кабели.

Принцип организации передачи информации по CATV аналогичен рассмотренному в разд. 3.3 принципу работы систем ADSL. На абонентской стороне устанавливается разветвитель (сплиттер), который позволяет использовать один или несколько частотных каналов кабельного телевидения для передачи данных. Емкость одного канального интервала позволяет передать данные со скоростью 3 Мбит/с и более. При необходимости можно задействовать большее число канальных интервалов.

Появление новых спецификаций стандартов цифрового телевидения DOCSIS v.1.0 и v.2.0 позволило упростить конвергенцию NGN и CATV. В последних версиях стандарта DOCSIS предусмотрены все механизмы для передачи данных по CATV. Системы цифрового телевидения очень близки к современным системам NGN, в которых более 80 % трафика составляют телевизионные программы и другие видеоприложения. Поэтому движение к Triple Play со стороны телевидения имеет много положительных сторон.

К недостаткам использования CATV для организации сетей доступа можно отнести отсутствие у операторов кабельного телевидения инфраструктуры, которая позволяет перейти от кабельного вещания к NGN. Если в технологии ADSL вся инфраструктура связи присутствует на узле доступа: здесь есть выход на транспортную сеть, серверы VoIP, подсистема биллинга и пр., то в системах кабельного вещания ничего подобного нет. Центральный узел кабельного телевидения обычно территориально удален от основных узлов операторов связи. Операторы кабельного телевидения не могут, в отличие от операторов традиционных систем связи, опираться на уже существующие компоненты NGN и должны создавать всю структуру управления и предоставления услуг заново.

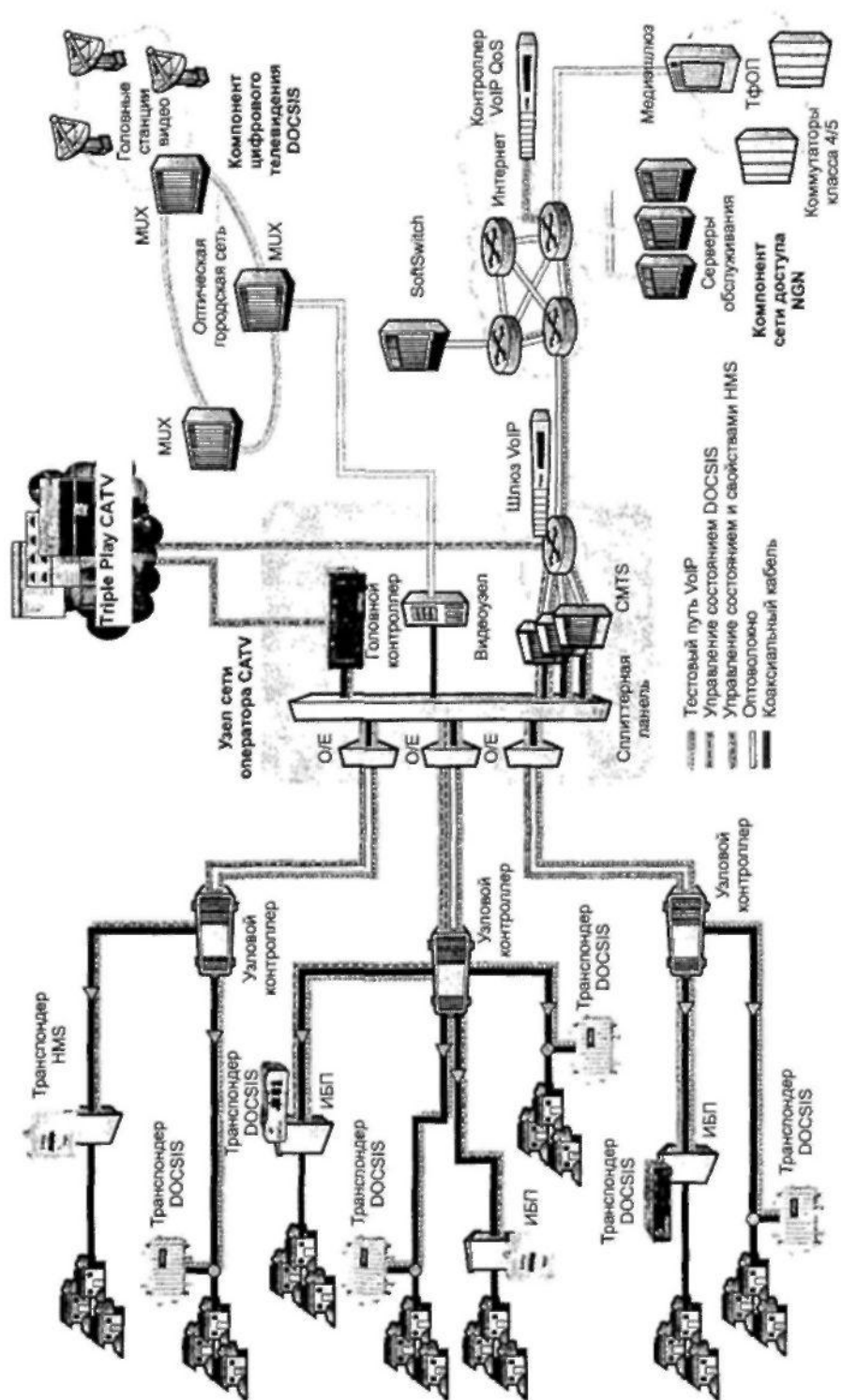


Рис. 3.22. Структура современной системы широкополосного доступа на основе CATV

Таким образом, управляющий компонент NGN, представленный на рис. 3.22 справа (серверы доступа, серверы авторизации, система биллинга, softswitch, шлюз VoIP, контроллер качества QoS VoIP), на сети кабельного телевидения должен быть создан заново, чтобы превратить его в одну из подсистем доступа NGN. Отсутствие инфраструктуры NGN у операторов кабельного телевидения делает проекты CATV и ADSL диаметрально противоположными. В случае CATV существует большой резерв в уже развернутой кабельной системе, но отсутствует инфраструктура NGN. В ADSL существует инфраструктура NGN, но имеются ограничения по пропускной способности в развернутой телефонной кабельной системе. Учитывая эту специфику, ряд операторов Западной Европы сейчас пытаются (и не без успеха) объединять системы CATV и ADSL в единую сеть доступа. В таком случае оказывается возможным использовать преимущества кабельной сети CATV и инфраструктуры NGN из проекта ADSL.

Как правило, у оператора кабельного телевидения часто отсутствуют даже навыки в ведении бизнеса в области систем связи. Часто именно этот негативный фактор тормозит развитие проектов построения систем NGN на основе CATV.

Если говорить об отечественной практике, то нужно признать, что проекты развертывания систем доступа NGN на основе CATV не получили пока широкого развития. Отчасти причиной этому является слабое развитие систем кабельного телевидения в нашей стране. Тем не менее ситуация может поменяться в ближайшем будущем.

3.9. Системы широкополосного доступа на основе электрических сетей.

Технология PLC

Еще один метод организации систем доступа NGN, использующий уже существующую инфраструктуру современных городов, — это построение широкополосных систем передачи данных на основе электрической сети, т.е. по силовым кабелям. Такая технология называется Power Line Communication (PLC) или просто PowerLine.

Идея использовать силовые кабели для создания сетей доступа NGN кажется очень соблазнительной, поскольку такая система покрывает все современные города и проникает вместе с силовыми кабелями к любую квартиру. Жизнь современного человека невозможна без электричества, поэтому силовая кабельная система развернута в любых технологических и жилых помещениях. Технология PLC в таком случае позволяет потенциально проникнуть системе доступа NGN в любую точку, где живут люди.

Тем не менее передача данных по силовым кабелям поначалу рассматривалась как экзотический метод, слишком много технических трудностей было на пути развития соответствующих технических решений. У технологии PLC вообще достаточно сложная и переменчивая судьба. Несколько раз ей прочили центральное место в развитии домашних информационных сетей. Потом «забывали» о ней, чтобы по мере совершенствования технологической базы вновь вернуться и провозгласить ее чуть ли не панацеей. Развитие PLC — это череда тактических исследовательских побед и стратегических рыночных поражений.

Фактически технология PLC вышла на рынок систем доступа только в начале XXI века с появлением мощных цифровых сигнальных процессоров (DSP) и использованием таких способов модуляции сигнала, как OFDM-модуляция (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), и уже после первой пятилетки развития NGN в мире эта технология рассматривается как весьма перспективный путь развития широкополосных сетей доступа.

Несколько лет назад лидеры компьютерной индустрии образовали альянс под названием HomePlug Alliance. Компании-члены занимаются совместным проведением научных исследований и практических испытаний, а также принятием единого стандарта на передачу данных по системам электропитания. Прототипом PowerLine является технология PowerPacket фирмы Intellon, положенная в основу создания единого стандарта HomePlug1.0 (принятого альянсом HomePlug в 2001 г.), в котором определена скорость передачи данных до 14 Мбит/с, что делает системы на основе PLC вполне конкурентоспособными даже при условии доминирования концепции Triple Play. С 2003 г. развитие технологии PLC пошло в направлении создания широкополосных систем доступа NGN. Новая технология, получившая название BPL (Broadband over Power Line), уже прошла первые испытания на рынках Америки и Европы. Пользователи BPL отметили высокую скорость передачи данных — свыше 3 Мбит/с, при этом месячная абонентская плата оказалась ниже, чем за существующие широкополосные решения. На повестке дня остались вопросы урегулирования отношений между поставщиками электричества и коммуникационными компаниями. В IEEE (Институт разработчиков в области электроники и электротехники) разрабатывается стандарт для BPL — IEEE 1675, принятие которого ожидается в 2008 г.

В основе функционирования систем PLC лежит использование уже знакомого по технологиям ADSL и CATV принципа частотного разделения сигналов и использования разветвителей (рис. 3.23). Высокоскоростной поток данных разбивается на несколько низкоскоростных потоков, каждый из которых передается на отдельной частоте с последующим

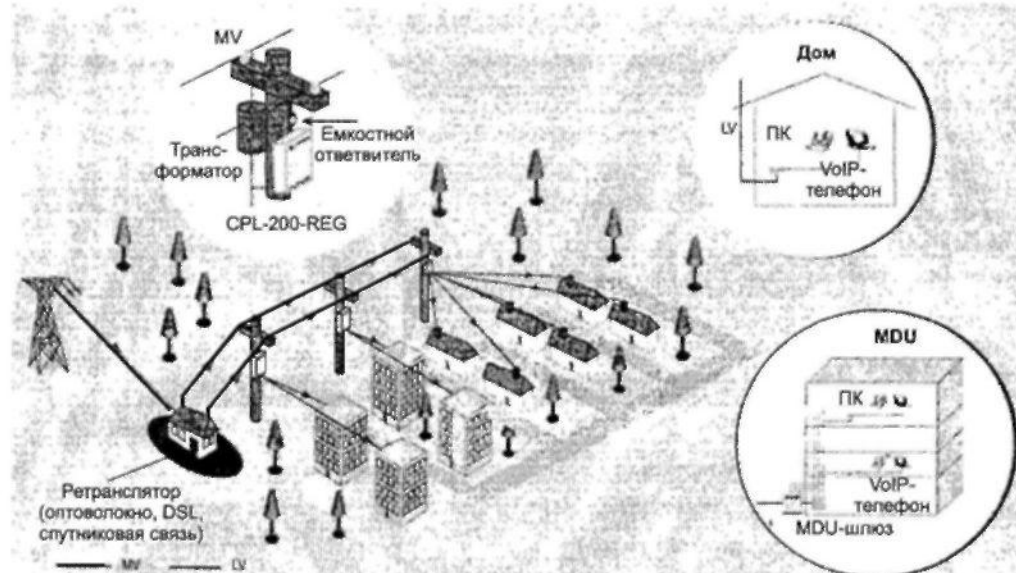


Рис. 3.23. Структура системы доступа NGN на основе технологии PLC

объединением всех потоков в один сигнал. Использование 84 поднесущих частот в диапазоне 4...21 МГц не оказывает влияния на передачу по проводам обычной электроэнергии, поскольку существует огромная разница в сравнении со стандартными 50 Гц электрической цепи. Таким образом, обычная электросеть может одновременно доставлять электроэнергию и данные по одной цепи (линии). Существуют устройства PLC, работающие с маломощными абонентскими силовыми сетями (на рис. 3.23 — сети LV) или с распределительной силовой сетью средней мощности (на рис. 3.23 — сети MV). Разветвители и оборудование первого типа размещается непосредственно в квартирах абонентов, оборудование второго типа — на узлах распределительной сети (трансформаторные будки, столбы электропередачи и пр.), где осуществляется регенерация сигнала передачи данных.

Самыми сложными техническими проблемами, связанными с технологией PLC, стали электромагнитная совместимость, электробезопасность и высокий уровень затухания высокочастотных сигналов в силовой сети. Современная технология PLC (и особенно BPL) позволяют эффективно решить перечисленные проблемы, так что можно ожидать широкое распространение технологии PLC в самое ближайшее время, и сейчас уже никто не рассматривает данную технологию как экзотику.

Безусловным достоинством технологии PLC является 100%-ное покрытие потенциальных пользователей. Ни одна другая технология не имеет такого преимущества. В то же время технология PLC является

очень молодой и поэтому имеет довольно много недостатков, в частности, несмотря на все обещания, практическая реализация проектов PLC продемонстрировала скорость не более 3...4 Мбит/с, что для современных систем доступа NGN недостаточно. Кроме того, «ахилесовой пятой» технологии PLC является отсутствие на данный момент дешевых абонентских устройств для таких систем.

Реализация систем передачи данных по электрическим линиям в России связана с дополнительными трудностями. Прежде всего, по техническим характеристикам отечественные электрические сети отличаются от западных, кроме того, отсутствуют стандарты, определяющие основные параметры систем передачи данных по линиям электропитания.

Легко видеть, что все перечисленные недостатки технологии PLC можно списать на болезни роста, так что в будущем эта технология обязательно займет достойное место в демократичном мире NGN.

3.10. Сотовые сети широкополосного доступа

Еще одним игроком на рынке технологий широкополосного доступа является семейство технологий, происходящее из сотовых сетей связи. Эти технологии занимают промежуточное положение. С одной стороны, формально они относятся к технологиям радиодоступа, которые рассматривались в разд. 3.6, поскольку в качестве среды передачи они используют радиоэфир. С другой стороны, в качестве основы для развертывания таких сетей используется существующая инфраструктура сотовых сетей, что роднит данный класс технических решений с рассмотренными проводными технологиями DSL, CATV и PLC. Кроме того, переход от технологии традиционных сотовых сетей, ориентированных на услуги телефонии, к технологии NGN придает этим технологиям свою специфику, так что они должны рассматриваться как отдельное явление и отдельный технически законченный компонент NGN.

Развертывание сетей широкополосного доступа на базе сотовых сетей сохраняет все преимущества сетей радиодоступа (широкое проникновение, отсутствие капитальных затрат на абонентскую систему и пр.), более того, используются уже установленные базовые станции и существующая инфраструктура (системы авторизации, биллинга, AAA, сопряжение с сетями общего пользования и пр.), так что капитальные затраты при переходе к NGN составляют только расходы на модернизацию оборудования.

Вместе с тем передача высокоскоростного трафика NGN через сотовые сети пока очень сложна. Долгое время сотовые сети развивались

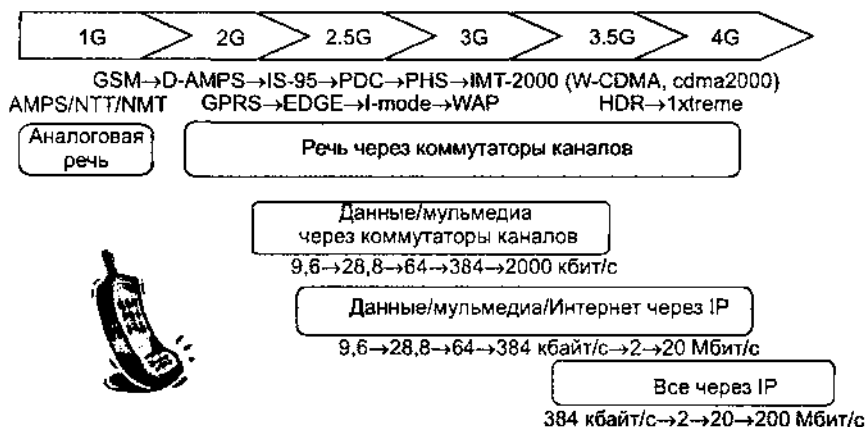


Рис. 3.24. Четыре поколения сотовых сетей

независимо от традиционных проводных сетей, так что архитектура, принципы построения и т.п. у сотовых сетей существенно отличаются от принятых в технологии NGN. Как следствие, технология доступа на основе сотовых сетей представляет собой отдельный технологический мир, живущий и развивающийся по своим законам. В кратком общем обзоре технологических решений NGN невозможно рассмотреть все нюансы этой технологии, можно лишь порекомендовать читателям ознакомиться с монографиями [21–23]. Здесь дадим самые общие сведения о развитии сотовых сетей с точки зрения проблемы доступа.

Изоляция технологии сотовых сетей привела к тому, что все обзоры, связывающие технологию сотовых сетей с пакетными сетями, всегда рассматривают проблему со стороны сотовых сетей, и никогда — со стороны NGN. Чаще всего идет речь об историческом развитии сотовых сетей, которое можно разделить условно на четыре поколения (рис. 3.24).

Поколение 1G — это первые опыты предоставления беспроводной сотовой связи. Сюда относятся стандарты AMPS, NTT, NMT и пр. Часто это поколение называют технологией аналоговых сотовых сетей.

Поколение 2G связывают с массовым внедрением сотовой связи, при этом требовалось решать вопросы конфиденциальности, эффективной загрузки спектра и пр. Это ознаменовалось переходом к цифровой технологии. В результате появились стандарты GSM, DAMPS, IS-95, PDC, PHS, CDMA. В процессе развития сетей этого поколения появились дополнительные услуги, связанные с передачей данных — GPRS, WAP, i-mode, EDGE, GERAN.

Переход к сетям третьего поколения 3G знаменует переход к концепции NGN, так как здесь впервые было признано, что данные для пользователя важнее телефонного трафика. Как было показано в гл. 1, именно эта идея и лежит в основе идеологии NGN. В результате были разрабо-

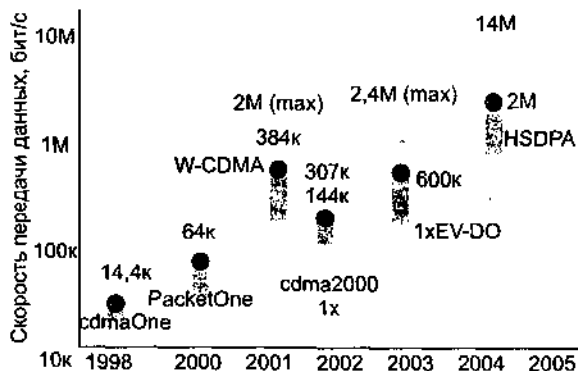


Рис. 3.25. Скорость обмена данными в сетях сотовой связи на рынке Японии

таны стандарты cdma2000, W-CDMA, UMTS, IMT-2000, EV-DO, HSPDA и пр.

Наконец, четвертое поколение 4G связано с появлением широкополосных каналов и с использованием технологии IP в сотовых сетях.

Таким образом, изучая технологии доступа NGN на основе сотовых сетей, следует уделить особое внимание технологиям 3G и 4G, впрочем и поколение 2,5G также можно рассматривать как временные решения доступа.

Следует подчеркнуть, что при всей сложности архитектуры сетей 3-го и 4-го поколений они представляют собой один из эффективных способов организации широкополосных сетей доступа. В качестве примера, доказывающего состоятельность сотовой технологии для NGN, на рис. 3.25 представлены данные о скоростях передачи на одного абонента на наиболее развитом в области информатизации рынке Японии. Как следует из рисунка, уже к началу 2003 г. сотовые технологии обеспечивали абонентам скорость более 2 Мбит/с, а к 2005 г. скорость увеличилась до 14 Мбит/с, составляя конкуренцию даже проводным технологиям доступа.

Рассмотрим кратко упомянутые выше технологии, опуская проблематику сотовых сетей как не имеющую существенного отношения к нашему исследованию. Это даст возможность ориентироваться в сложном мире сотовой технологии и одновременно не утонуть в многочисленных технических подробностях.

Технологии GPRS, EDGE, GERAN. Первый опыт передачи данных на основе сотовых сетей связан с применением технологии GPRS. Используя цифровую по сути природу сотовых сетей GSM, технология GPRS во многом напоминала решения ISDN. Так же, как и в технологии ISDN, целью GPRS стало обеспечение канала передачи данных абоненту сотовой сети без каких-либо дополнительных аналого-цифровых

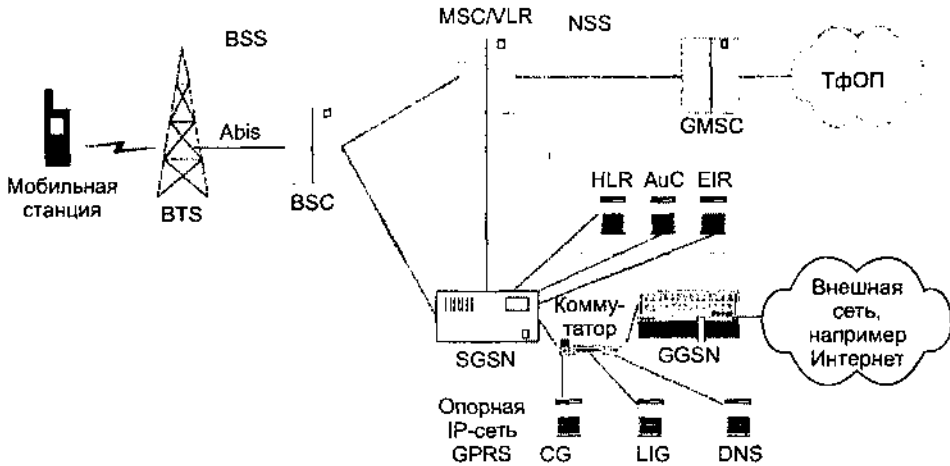


Рис. 3.26. Архитектура сети GPRS

преобразований сигналов. Сотовый телефон в таком случае рассматривался как обычный цифровой телефон, обеспечивающий канал передачи данных на основе использования канальных интервалов, формируемых по протоколу GSM.

В результате GPRS позволила предоставить каналы сравнительно низкой скорости (от 9,6 до 14,4 кбит/с). Архитектура сети GSM, поддерживающей услуги GPRS, представлена на рис. 3.26. Особенностью GPRS как услуги сотовых сетей поколений 2G–2,5G явилось то, что ее внедрение не требовало реконструкции традиционной сети GSM. Мобильные телефоны, базовые станции (BTS), контроллеры базовых станций (BSC) остаются без изменений. Не меняется и традиционная инфраструктура предоставления телефонной связи (NSS), куда входят коммутаторы MSC и шлюзы доступа в сети общего пользования (GMSC). Вся инфраструктура контроля местоположения абонента, процедур роуминга, биллинга и пр. (HLR/VLR, AuC, EIR и т.д.) требовала лишь самых незначительных модификаций. Добавляется только опорная сеть GPRS, показанная на рис. 3.26, как средство сопряжения с сетями на основе IP. В стандартах GPRS не указано, какой тип инфраструктуры NGN должен поддерживаться сегментом передачи данных. В современных сетях в основе инфраструктуры сегмента GPRS используется технология Ethernet.

Как показано на рис. 3.26, основными компонентами сегмента GPRS современной сотовой сети выступают узел предоставления услуг SGSN (Serving GPRS Support Node), шлюз с сетями NGN GGSN (Gateway GPRS Support Node) и несколько серверов предоставления услуг (SG, LIG, DNS). SGSN обеспечивает функционирование услуги GPRS, биллинг, объединение потоков данных IP и пр. GGSN позволяет сопрягать сег-

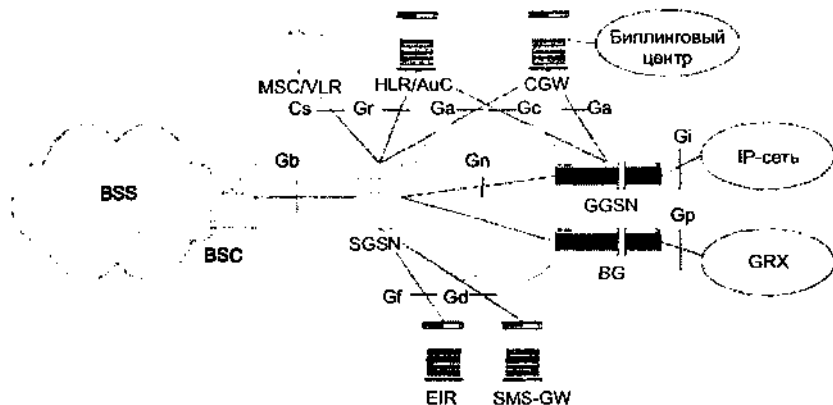


Рис. 3.27. Интерфейсы сети GSM/GPRS

мент GPRS сети мобильного оператора с сетями NGN других операторов. SGSN и GGSN объединяются через инфраструктуру сети GPRS, которая представлена на рисунке коммутатором второго уровня. Серверы приложений выполняют различные функции, необходимые для эффективной работы абонентов в сети передачи данных. Сервер LIG обеспечивает функции COPM на сети GPRS, сервер DNS обеспечивает присвоение адресов IP, что облегчает работу пользователей GPRS с сетью Интернет и т.д.

Развитие технологии GPRS привело к появлению стандартов этой сети и детализации описания интерфейсов системы 2,5G, включая интерфейсы традиционной сотовой системы и сегмента GPRS (рис. 3.27). В результате стандартизации технология GPRS получила распространение на сетях практически всех мобильных операторов и постепенно начала завоевывать рынок передачи данных.

Несмотря на то что технология GPRS позволила решить проблему передачи данных в сетях сотовой связи, объем передаваемых данных, допускаемый этой технологией, оказался недостаточным для ее конкурентоспособности на рынке услуг NGN. По этой причине стандарты GPRS получили дальнейшее развитие в концепции EDGE (Enhanced Data rates for Global/GSM Evolution), которая позволила увеличить скорость передачи данных в сетях GSM до 60 кбит/с.

Объединение технологий EDGE и традиционных сетей GSM привело к появлению концепции GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network), где впервые в теории построения сотовых сетей было использовано понятие сети доступа. Архитектура сети GERAN (рис. 3.28) унаследовала общие черты технологии GPRS, хотя формально были приняты новые обозначения и новые спецификации интерфейсов.

Технология GERAN легла в основу общей для всего мира концепции

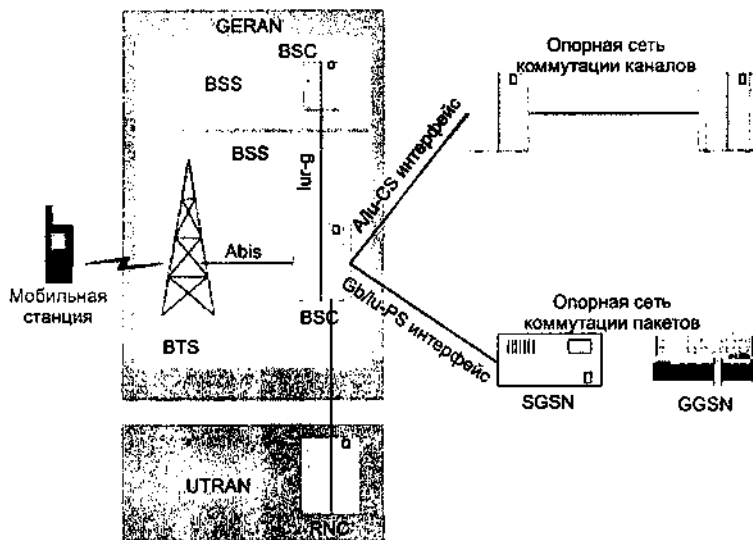


Рис. 3.28. Архитектура сети EDGE/GERAN

универсальной мобильной связи (UMTS) и получила широкое распространение в странах, где поддерживается стандарт GSM. Но несмотря на это уже к началу XXI века стало понятно, что в существующем виде эта технология едва ли сможет конкурировать с другими технологиями доступа в сетях NGN. Скорость, предоставляемая абонентам GERAN, оказалась сопоставимой разве что со скоростью современных проводных модемов. По этой причине начался поиск новых решений, который привел к появлению концепции сотовых сетей поколения 3G и формированию новой концепции IMT-2000.

Технологии cdma2000, EV-DO. Параллельно с развитием сетей стандарта GSM создавалась альтернативная технология на основе систем с кодовым разделением каналов (CDMA). Эта технология в основном развивалась в странах Азии. Первоначально технология CDMA напоминала сети GSM поколения 2G, так как, подобно GSM, в ее основу были положены принципы цифровой передачи данных. Однако скорость передачи данных в системах CDMA оказалась выше GPRS и составила несколько сот кбит/с.

Существенную роль в развитии технологии CDMA сыграл стандарт cdma2000, который предусматривал передачу сигналов в диапазоне старых аналоговых сотовых сетей стандартов AMPS, NMT и IS-95 (рис. 3.29). В результате производители оборудования CDMA выступили с идеей перевооружения операторов NMT новыми системами связи. Ставка была сделана не только на конкуренцию с сетями GSM, но и на предоставление высокоскоростных каналов передачи данных.

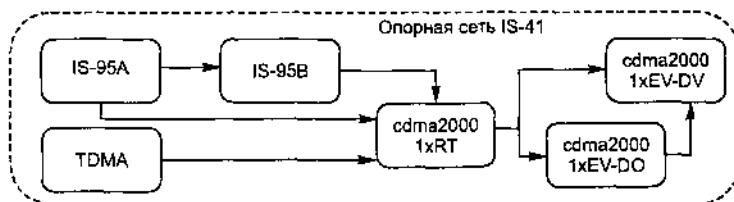


Рис. 3.29. Эволюция стандарта cdma2000

Уже в первых реализациях сетей CDMA (cdma2000 1xRTT) пользователи получили возможность доступа со скоростью 153 кбит/с, а в последующих версиях этого же стандарта скорость была увеличена до 307 кбит/с. При этом сохранялась зона покрытия, созданная операторами NMT, так как для технологии cdma2000 использовались существующие мачты и базовые станции. Это произвело настоящий фурор технологии CDMA на рынке услуг передачи данных. Теперь для подключения к Интернету оказалось достаточно купить небольшую приставку на основе карты PCMCIA в ноутбук и работать в любой точке города с достаточно высокой скоростью.

Стандарт cdma2000 и соответствующая спецификация его интерфейсов представляются слишком сложными для описания в настоящей монографии. Но архитектура сети cdma2000 во многом напоминает архитектуру сети GPRS (рис. 3.30). Здесь можно видеть разделение сети на две части, одна из которых взаимодействует с традиционными телефонными сетями через систему ОКС №7, а другая непосредственно подключается к сети IP через контроллер PDSN.

Дальнейшее развитие стандарта cdma2000 шло по пути увеличения скорости передачи данных. В новой версии стандарта cdma2000 1xEV-DO (DO расшифровывается как Data Only и означает, что данная технология предполагает предоставление только услуг передачи данных) предлагается организация асимметричного доступа. От абонента к се-

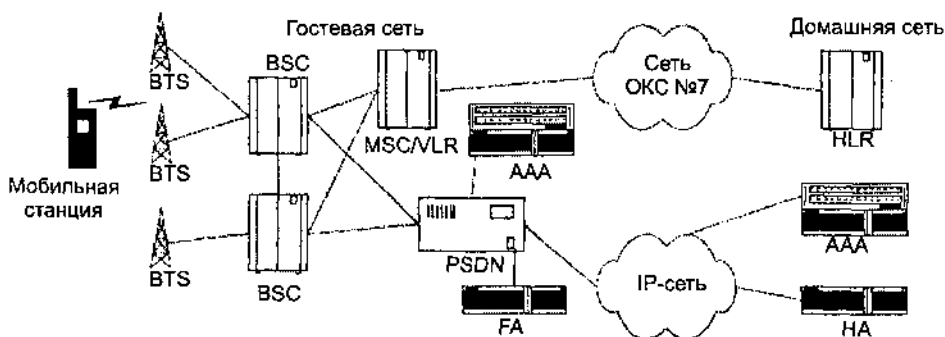


Рис. 3.30. Архитектура сетей cdma2000

ти скорость передачи составляет 153 кбит/с, от сети к абоненту — до 2,4 Мбит/с. EV-DO стал первым серьезным шагом сотовых операторов к технологии NGN.

Последующее развитие стандарта cdma2000 1xEV-DV (DV — Data Voice, т.е. передача и данных, и речи) предусматривает уже скорость в 3,09 Мбит/с по линии «вниз».

Технология UMTS. Вызов технологии CDMA был принят операторами и разработчиками технологии GSM. Они также стали перестраивать стандарты и протоколы современных сетей GSM, приводя их к новой концепции сетей третьего поколения (3G). Архитектура сети UMTS версии 4 (рис. 3.31, а) почти не отличалась от архитектуры сетей GPRS, хотя в ней появились универсальные терминалы пользователя (UE), которые работали на основе протокола IP и обеспечивали высокую скорость доступа. Новая, пятая, версия стандарта (рис. 3.31, б) предусматривает отказ от сегментов традиционной сотовой связи и перевод всей сотовой связи на формат передачи данных на основе IP.

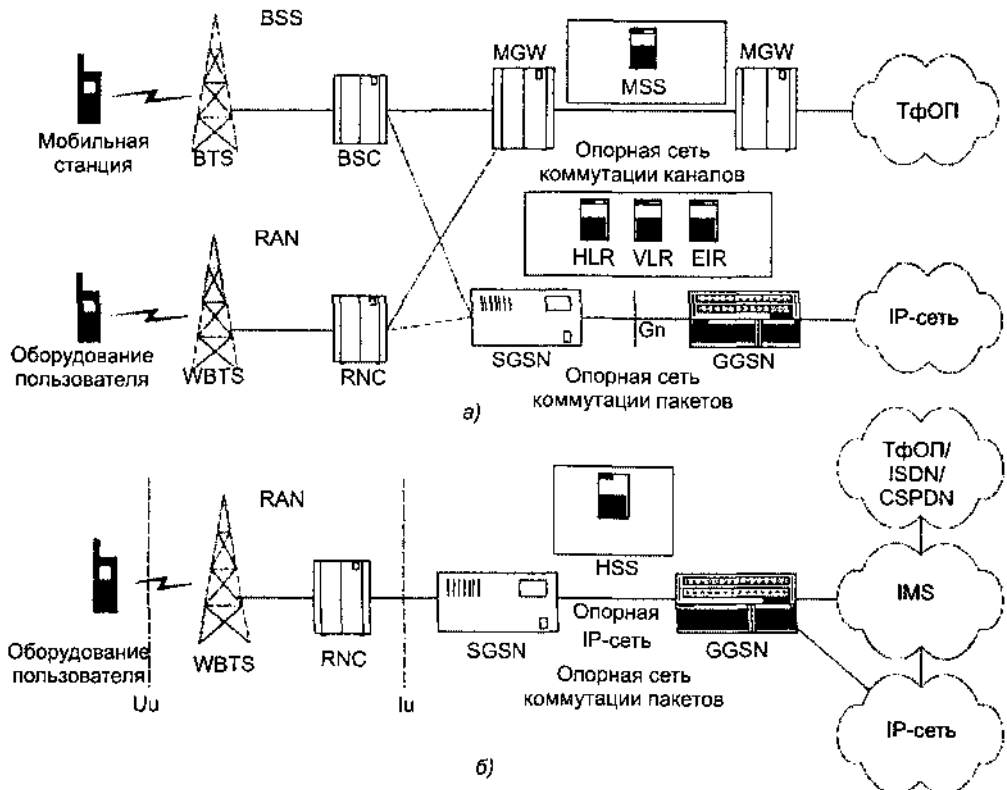


Рис. 3.31. Архитектура сетей UMTS: а — версия 4; б — версия 5

Технология UMTS предусматривает три варианта доступа абонентов в сети с разными скоростями: основной — 144 кбит/с, расширенной — 384 кбит/с и со скоростью для узлов доступа (hot-spot) — 2 Мбит/с. В последнем варианте подразумевается постепенная конвергенция между сетями 3G и современными сетями радиодоступа.

В технологии UMTS предусматриваются симметричный и асимметричный доступ, определенная политика в области контроля качества (QoS), дифференциальная политика авторизации и биллинга пользователей и пр. Это роднит технологию UMTS с современными технологиями радиодоступа. В то же время традиционные для сотовых сетей связи функции поддержки мобильности абонентов, работы через портативные терминалы, роуминга и пр. дают технологии UMTS дополнительные преимущества в качестве технологии доступа NGN.

Так же как технология cdma2000 приходит на сети аналоговой сотовой связи, так технология UMTS базируется на уже развернутых сетях GSM, что обеспечивает этой технологии быстрое проникновение на рынок и существенную зону покрытия территории современных городов.

Концепция IMT-2000. В современных сетях сотовой связи бурно идет процесс конвергенции, связанный с развитием новых технологий широкополосных сетей доступа. В настоящее время под эгидой ITU-T была разработана концепция широкополосных сетей доступа на основе сотовых технологий, получившая название IMT-2000. Она не является какой-то новой технологией доступа, скорее — это концепция системы сотовой связи 4G. По замыслу создателей, в сети IMT-2000 пользователь может получить любой тип широкополосного доступа, сохраняя при этом традиционные для мобильных операторов преимущества сотовой связи.

Основными чертами технологии сотовых сетей поколения 4G являются:

- высокая скорость передачи, достаточная для предоставления услуг Triple Play;
- интеграция в рамках единой сети внутриофисных радиосетей и внеофисных сетей;
- возможность организации симметричного и асимметричного доступа;
- предоставление услуг с коммутацией каналов и коммутацией пакетов;
- повышение эффективности использования радиочастотного спектра;
- обеспечение качества телефонной связи на уровне проводных сетей;
- обеспечение глобального роуминга абонентов во всем мире;
- поддержка мультисервисной работы абонента, в первую очередь для обеспечения ему услуг Triple Play.

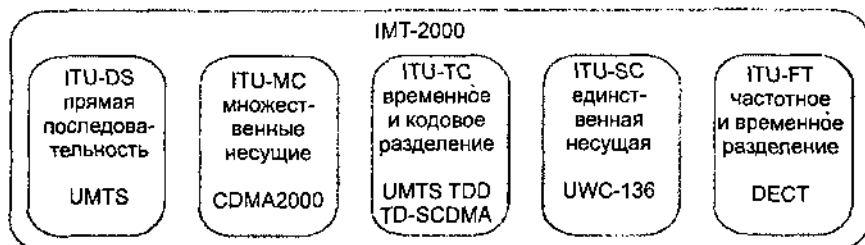


Рис. 3.32. Объединение высокоскоростных технологий сотовой сети в единую концепцию IMT-2000

Для выполнения этих функций было предложено объединить в рамках концепции IMT-2000 все существующие в настоящее время технологии широкополосного доступа в сотовых сетях. Помимо рассмотренных выше технологий cdma2000 и UMTS, в концепцию IMT-2000 были включены новые ответвления технологии UMTS — UMTS TDD и TD-SCDMA, работающие на основе кодово-временного разделения каналов, технология сверхширокополосного CDMA — UWC-136 и, дополнительно, технология широкополосного DECT (рис. 3.32).

Развитие сотовых сетей поколений 3G и 4G по замыслу создателей концепции IMT-2000 должно дополнить многообразие решений в области широкополосного доступа NGN. Но следует отметить, что привнесение специфики NGN в довольно сложный в технологическом отношении мир сотовых сетей сделало технологии IMT-2000 очень сложными и громоздкими. В качестве иллюстрации на рис. 3.33 представлена архитектура современных сетей 3G с указанием интерфейсов, которые существуют в разных элементах сетей третьего поколения. Уже сейчас только узкий круг профессионалов может исследовать принципы работы таких сетей. С развитием концепции IMT-2000 ситуация еще более усложнится. Все это делает технологию доступа на основе сотовых сетей довольно спорной. Как следствие, практическое внедрение соответствующих концепций идет медленно. Процесс интеграции в рамках IMT-2000 пока обозначен только на бумаге. Развитие сетей поколения 3G идет довольно медленно во всем мире.

Тем не менее отказывать системам сотовой связи в месте в будущем мире NGN стратегически неправильно. Эти технологии обязательно будут развиваться и могут изменить характер развития сетей NGN. Такие положительные стороны, как использование существующих сотовых сетей в качестве инфраструктуры сети доступа и решенный вопрос с румингом и мобильностью абонентов сети, делают технологии IMT-2000 очень привлекательными. Поэтому уже сейчас понятно, что в будущем эти технологии дадут свой ресурс значительной части пользователей NGN.

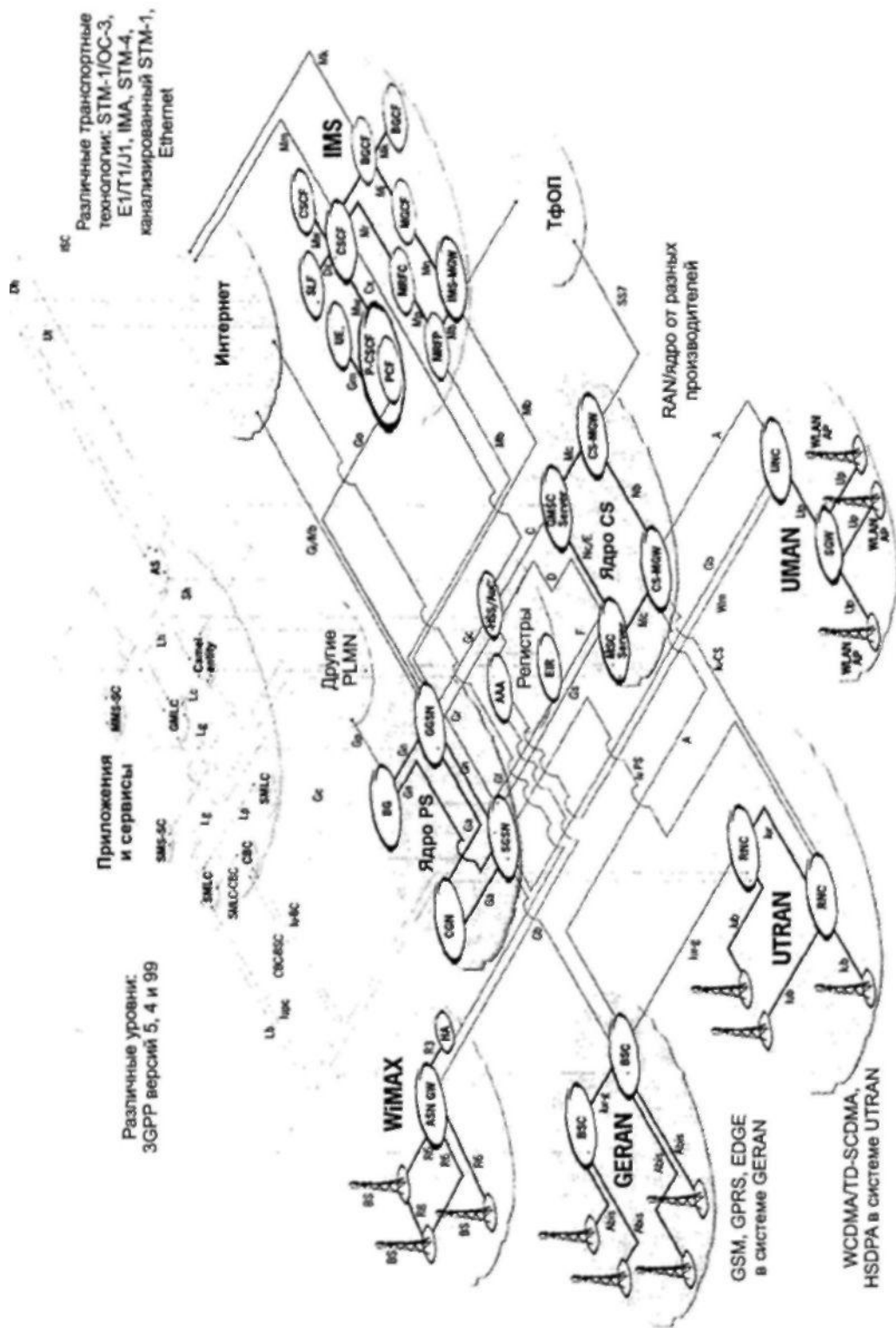


Рис. 3.33. Различные интерфейсы в сетях 3G

3.11. Экзотические решения. Технологии E1 и SDH

Ранее было отмечено, что оператор может применять стратегию разделения всей сети доступа на две части: внутриофисную и внеофисную. Рассматривая технологии HPNA и VDSL, мы говорили о сугубо внутриофисных системах доступа. В этом разделе рассмотрим несколько решений задачи построения внеофисных систем довольно экзотического характера. До последнего времени одной из доминирующих и перспективных технологий в этой области была технология FTTx/PON. Но существует альтернативное решение задачи внеофисной системы доступа, которое базируется на использовании существующей городской инфраструктуры систем передачи. Речь идет о возможном использовании ресурса систем PDH и SDH.

Внутриофисная транспортная сеть может быть построена на основе технологии Ethernet (LAN) любого уровня иерархии. Остается соединить внутриофисную LAN с узлом сопряжения с транспортной сетью. Для этой цели могут использоваться новые технологии MAN Ethernet или FTTx/PON, но такие варианты ориентированы на новое строительство. В то же время существует альтернативное решение, если в городе развернута первичная сеть на основе SDH и в этой сети существуют резервные линии.

Задача построения внеофисной системы доступа сводится к формированию «виртуального коридора» в виде трафикового канала IP (через шлюз Gigabit Ethernet/NGSDH) с высокой пропускной способностью между офисом и узлом транспортной сети (рис. 3.34). Внутри здания локальная сеть может видоизменяться, вместо стандартных скоростей 10/100 Мбит/с можно использовать технологию Gigabit Ethernet без всякой опасности получить «бутылочное горло» в канале между зданиями, так как размер «виртуального коридора» может гибко изменяться.

Системы передачи SDH второго поколения, которые часто называются NGSDH [2], вполне могут справиться с такой задачей, поскольку обладают всеми необходимыми характеристиками для эффективного управления параметрами «виртуального коридора». Обобщая результаты исследования [2], укажем на несколько свойств NGSDH:

- NGSDH обеспечивает формирование «виртуальных коридоров» в режиме «точка-точка»;
- за счет применения виртуальной конкатенации VCAT пропускная способность «виртуального коридора» может быть практически любой, кратной 2 Мбит/с;

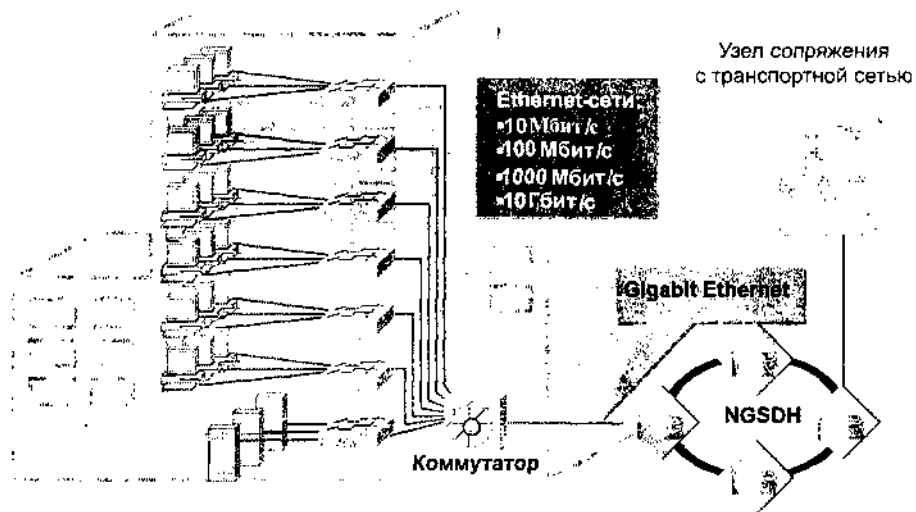


Рис. 3.34. Использование технологии NGSDH для формирования «виртуального коридора» от офиса до узла доступа

- применение процедуры LCAS позволяет в процессе эксплуатации гибко изменять пропускную способность «виртуального коридора» без перерыва связи;
- NGSDH обеспечивает на концах «виртуального коридора» интерфейс Ethernet, что позволяет системе внеофисного доступа на основе NGSDH эффективно сопрягаться с любыми современными системами NGN.

От такого решения выигрывают все. Операторы доступа без особых хлопот оперативно объединяют несколько своих зданий в единую информационную сеть без нового строительства. Оператор городской телефонной сети, которому принадлежит транспорт SDH, привлекает в свою сеть дополнительный трафик, следовательно, получает дополнительный доход и расширяет сферу применения своей транспортной сети. У обеих сторон есть все перспективы роста, поскольку в современных условиях операторы транспортных сетей SDH могут увеличивать размер «коридора» сколь угодно широко и как угодно гибко.

Модификацией такого решения могут служить решения на основе использования ресурсов городской первичной сети E1. Несколько потоков E1 объединяются в «виртуальную трубу» за счет применения специализированных инверсных мультиплексоров. В результате получается решение, аналогичное рис. 3.34.

Следует отметить, что указанные решения являются с современной точки зрения на технологию доступа NGN экзотическими, поскольку при этом невозможно подключать отдельных абонентов, что потребова-

ло бы провести в квартиру канал SDH или pxE1, что одинаково абсурдно. Тем не менее такое решение оказывается жизнеспособным хотя бы на том основании, что оно дает вторую жизнь широко распространенной технологии SDH. Развернутые системы SDH обошлись операторам достаточно дорого, чтобы просто отказаться от них. Тем лучше, что технология SDH смогла вписаться в какой-то мере в технологическую революцию NGN и тем сохранила актуальность.

Ниже в гл. 4 мы еще раз встретимся с технологией NGSDH в контексте ее использования на транспортном уровне.

3.12. Конвергентные сети доступа

Выше мы рассмотрели современные технологии широкополосного доступа, следуя при этом классификации, приведенной на рис. 3.3. Все технологии — от распространенных до экзотических — формируют единое поле технических решений проблемы доступа в сетях NGN. Теперь рассмотрим, каким образом столь разные технологии могут уживаться друг с другом и формировать унифицированную систему доступа современных сетей NGN. Ответом на этот вопрос является конвергенция технологий на уровне доступа, примеры которой мы часто встречали в процессе их исследования. Например, на рис. 3.13 было показано, что технология FTTx очень плотно взаимодействует с технологией DSL, так как часть сети, близкая к абонентам, чаще всего подключается к сети FTTx через кабели витой пары. Если продолжить исследование конвергенции в проводных технологиях доступа, то можно показать, что все рассмотренные проводные технологии доступа тесно взаимодействуют друг с другом (рис. 3.35). Действительно, три основных технологии проводного доступа — FTTx, DSL и CATV — тесно взаимодействуют друг с другом, создавая универсальную (объединенную) проводную сеть доступа. Если расположить технические решения на трех уровнях так,

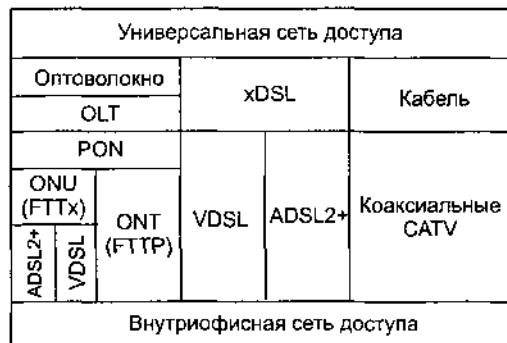


Рис. 3.35. Конвергенция в проводных сетях доступа

что снизу будет внутриофисная сеть доступа (обычно LAN Ethernet), а сверху будет объединенная сеть доступа, то можно увидеть следующие схемы конвергенции:

Ethernet (LAN) → ADSL2+ → FTTx → PON → сеть доступа;

Ethernet (LAN) → VDSL → FTTx → PON → сеть доступа;

Ethernet (LAN) → VDSL → DSL → сеть доступа;

Ethernet (LAN) → CATV → сеть доступа.

Кроме этих схем, например, в настоящее время активно идет процесс конвергенции между технологиями DSL и CATV и т.д.

В разд. 3.10 при рассмотрении современной концепции развития мобильных широкополосных сетей была продемонстрирована конвергенция стандартов сотовой связи поколения 3G и 4G со стандартами DECT (см. рис. 3.32). Современный стандарт технологии UMTS изначально подразумевает глубокую конвергенцию между сотовыми сетями и сетями беспроводного радиодоступа.

Беспроводные и проводные технологии также взаимодействуют, формируя единую объединенную сеть широкополосного доступа. Самым ярким примером такой конвергенции может служить объединение внутриофисных сетей доступа на основе Wi-Fi и внеофисных проводных сетей доступа. В исследовании [24] показано, что именно такой характер подключения абонентов является самым массовым для современной северной Европы. Например, в Норвегии по статистике на 2005 г. более 42 % всех подключений в частных домах было выполнено по подобной схеме, а в 2006 г. доля таких подключений составила уже 51 %.

Дом, в котором живут пользователи NGN, подключается к сети по технологии проводного доступа. Для частных домов наиболее часто применяется технология ADSL, тогда как многоквартирные дома могут подключаться через технологию FTTx.

Внутриофисная система доступа на основе технологии Wi-Fi позволяет исключить необходимость прокладки отдельных кабелей передачи данных по квартире и установку розеток. В результате пользователь может передвигать оборудование, производить перепланировки и пр. В современной технологии NGN к сети должны подключаться не только компьютеры (их на семью предполагается как минимум три), но и телефоны, видеокамеры, телевизоры (их тоже в современных домах несколько), а также различные компоненты и датчики системы «умный дом» (термодатчики, системы видеонаблюдения, удаленные контроллеры бытовой техники и пр.). Использование технологии Wi-Fi позволяет потребителям услуг NGN настраивать домашнюю сеть по своему желанию, и это обусловило самое широкое распространение указанной схемы. Это,

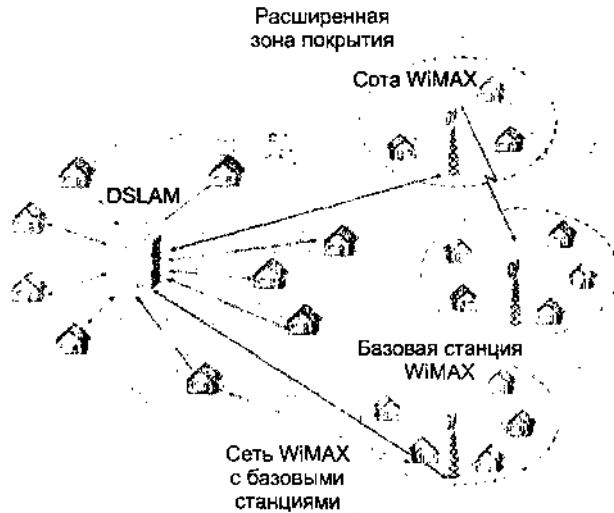


Рис. 3.36. Расширение зоны предоставления услуг ADSL за счет использования «пятен» WiMAX

в свою очередь, привело к довольно одностороннему восприятию технологии Wi-Fi как технологии для сугубо внутриофисных сетей доступа. Как было показано выше, в настоящее время идет ломка этого стереотипа, так как технология Wi-Fi выходит за пределы домов в качестве основы для построения городских сетей доступа на принципах сотовых сетей (со своей зоной покрытия, роумингом, биллингом и пр.).

Для поселков малой численности может быть предложена схема совмещения FTTx и WiMAX (или другой технологии радиодоступа). Базовая станция системы радиодоступа покрывает поселок и обеспечивает его жителей услугами NGN. Но базовая станция подключается к сети NGN через технологию FTTx, обеспечивающую широкую полосу для передачи собранного с поселка трафика. Указанная схема демонстрирует, что конвергенция технологий доступа может осуществляться не только на границе внутриофисной и внеофисной сети, но и в рамках самой внеофисной сети.

Схема рис. 3.36 используется для решения задачи увеличения зон покрытия услугами NGN проводных сетей (например, сетей ADSL). О специфике зон покрытия как явления, неразрывно связанного с проблемой организации доступа NGN, будет сказано ниже. Пока лишь отметим, что ограничивающим фактором для предоставления услуг NGN по технологии ADSL является длина и параметры качества абонентского кабеля. Чем длиннее абонентский кабель, тем меньше скорость передачи, предоставляемая абоненту. Как следствие, вокруг узла, где размещается DSLAM, образуется определенная зона услуг ADSL (зона покрытия)

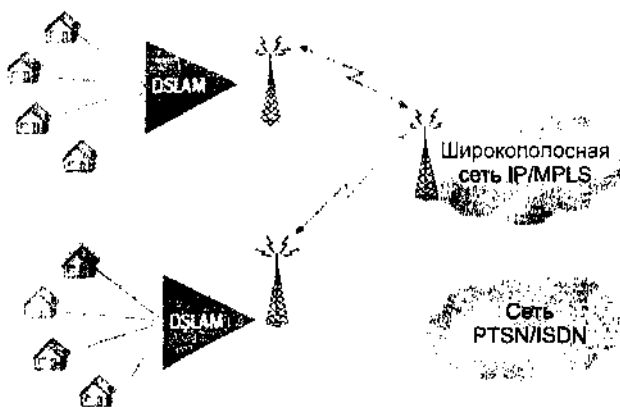


Рис. 3.37. «Обратная» конвергенция: «пятна» ADSL объединяются с использованием технологии радиодоступа WiMAX/3G

с приемлемым качеством. Конвергенция технологий позволяет существенно увеличить зону покрытия, применяя для этой цели удаленные базовые станции WiMAX. Эти станции подключаются к DSLAM, по каждой из них имеет свою зону покрытия, которые существенно расширяют область проникновения услуг NGN объединенной сети.

Возможна и обратная конвергенция, когда пользователи подключаются по абонентским кабелям к DSLAM, а оборудование DSLAM объединяется по технологии WiMAX (рис. 3.37). Рассматриваемая здесь ситуация хорошо отражает характер конвергенции: на рис. 3.36 мы рассматривали работу «WiMAX поверх ADSL», а на рис. 3.37 — «ADSL поверх WiMAX». Рассмотренные случаи не отражают какую-либо особую конвергентную близость технологии ADSL и WiMAX. Вместо ADSL может выступать любая проводная технология доступа, равно как вместо WiMAX может быть любая технология радиодоступа и даже любая технология 3G.

Во всех примерах имела место конвергенция двух технологий доступа. В реальных проектах возможны случаи конвергенции трех и более технологий. В качестве примера на рис. 3.38 представлена конвергенция технологий WiMAX, Wi-Fi, Ethernet и ADSL. На рисунке справа показаны структуры внутриофисных сетей, где могут использоваться Ethernet или Wi-Fi. В системе внеофисного доступа представлены три варианта подключений: Ethernet, ADSL и Wi-Fi. В результате каналы доступа приходят на узловые коммутаторы, которые по сети WiMAX объединяются в единую сеть.

Таким образом, фактор конвергенции превращает сети доступа в многотехнологичные, сложные по топологии и схеме взаимодействия телекоммуникационные системы. Различными аналитиками неоднократно предпринимались попытки изобразить различные конфигурации объединенных сетей доступа, но в большинстве случаев любые иллюстра-

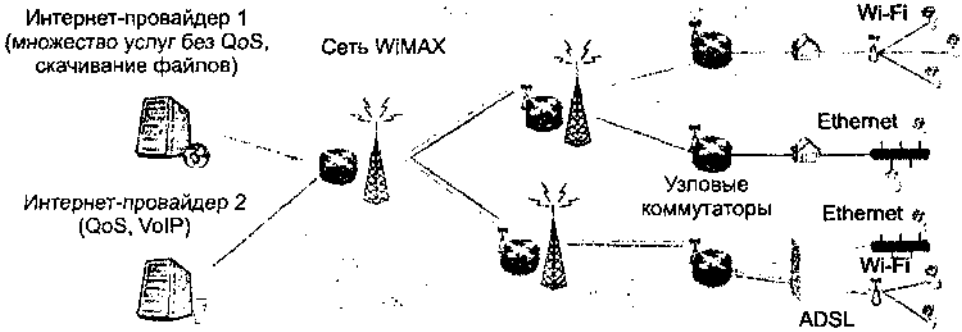


Рис. 3.38. Конвергенция нескольких технологий в одной сети доступа

ции отражали лишь малую часть возможных практических реализаций. В качестве одного из удачных примеров иллюстрации объединенной сети доступа в [25] была представлена сеть, показанная на рис. 3.39. На рисунке показан участок транспортной сети, построенной на технологии MPLS/IP и оптических системах WDM. К транспортной сети подклю-

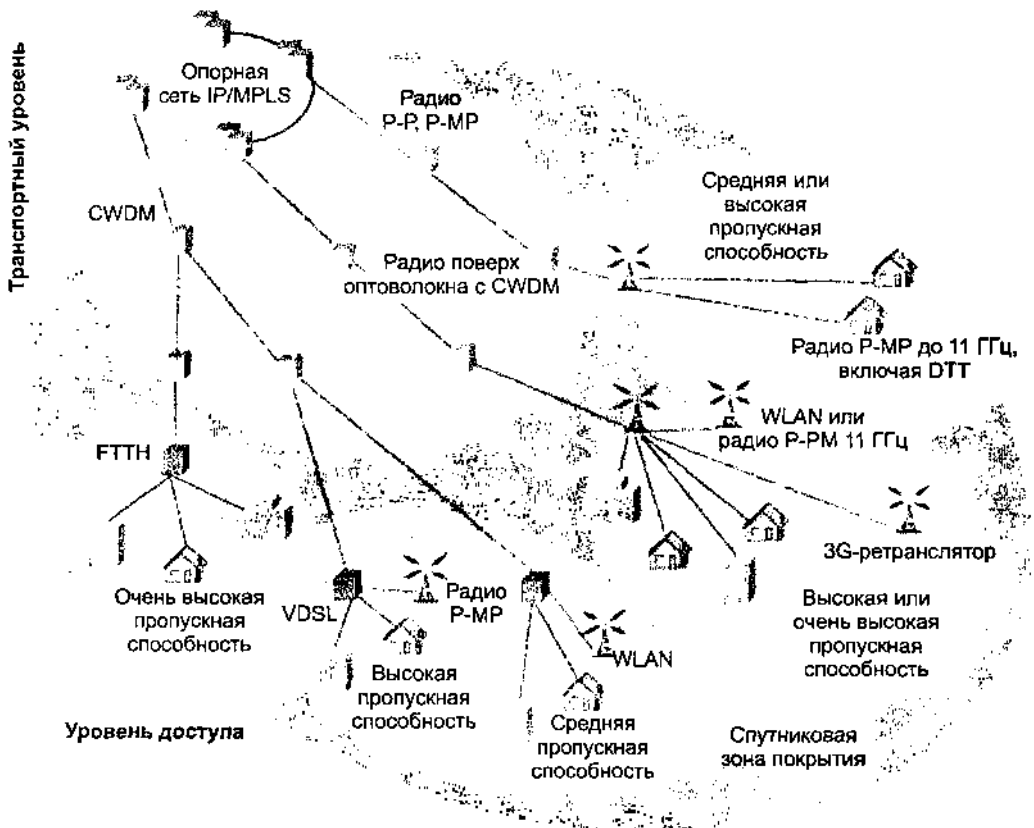


Рис. 3.39. Объединенная сеть доступа NGN

чаются четыре сегмента сети доступа с разной пропускной способностью. Кроме того, вся рассматриваемая территория покрывается услугами спутниковой сети доступа. Все технологии, перечисленные на рисунке, сосуществуют друг с другом в разных сегментах и взаимно объединяются на принципах конвергенции.

Сеть на рис. 3.39 можно с полным правом назвать объединенной сетью доступа. Именно такие сети и должны составлять основу NGN ближайшего будущего. Отдельные технологии могут рассматриваться как определенные компоненты объединенной сети. Они удобны для исследования технологических принципов современных телекоммуникаций. Но сама сеть представляет собой технологический сплав отдельных технологий, что придает каждой объединенной сети неповторимую специфику, одновременно не отменяя технологичности архитектуры NGN в целом.

Ниже мы перейдем от рассмотрения принципов функционирования отдельных технологий к исследованию принципов их поведения и эволюции в рамках рассмотренной в этом разделе объединенной сети.

3.13. Зона покрытия услугами

Рассматривая место каждой из технологий доступа в объединенной сети современного города, мы в первую очередь должны обратить внимание на те характеристики, которые определяют ценность технологии. В первую очередь такой характеристикой может выступить размер зоны покрытия услугами отдельной технологии.

Основным назначением любой технологии доступа NGN является подключение потенциальных абонентов сети к транспортным и информационным ресурсам NGN. Как следствие, для любой технологии доступа будет характерен показатель доступности той или иной услуги для использования ее потенциальными абонентами (жителями современных городов или сельской местности). Любая самая перспективная технология не будет иметь никаких шансов на рынке, если она не будет доступна абонентам. В разных точках города любая технология доступа может быть более доступной, менее доступной или вообще не доступной. В таком случае мы логично приходим к понятию зоны покрытия услугами отдельной технологии доступа. Причем приведенные выше рассуждения приводят нас к выводу, что зона покрытия услугами как параметр сети доступа будет относиться не только к беспроводным, но и к проводным сетям доступа. Поскольку размер зоны покрытия услугами представляет собой параметр, определяющий относительную ценность разных технологий доступа в объединенной сети, резонно уделить этому понятию особое место.

Специфика использования радиосигналов в качестве средства передачи информации потребовала учета фактора распространения электромагнитных волн на местности. Явления отражения, интерференции, многолучевого прохождения сигналов и пр. приводили к тому, что в разных районах местности доступность услуг беспроводной связи оказывалась разной. Тогда и возникло понятие зоны покрытия услугами, которая обычно ассоциируется с картой местности с нанесенными на нее уровнями доступности услуг. Жители современных городов, подключая свой мобильный телефон в салоне сотовой связи, могли видеть на стенде яркие карты зон покрытия услугами отдельных операторов районов города и области. Для сотовой связи контроль зоны покрытия услугами тем более важен, что любое подключение новой базовой станции меняет зону покрытия услугами, расширяя ее. Поэтому оптимизация мест размещения базовых станций сотовой связи теснейшим образом связана с контролем текущего состояния зоны покрытия услугами.

Из сотовой связи понятие зоны покрытия услугами перешло на все беспроводные системы связи городского уровня (RadioEthernet, WiMAX, TETRA, LMDS и пр.). Места размещения базовых станций, конфигурация трансиверов и настройка диаграмм направленности антенн тесно связаны с зоной покрытия услугами. Планирование развития любой радиочастотной сети доступа неразрывно связано с анализом и прогнозированием расширения зоны покрытия. В качестве наиболее рельефного примера на рис. 3.17 была приведена зона покрытия сети Golden Wi-Fi — первого в отечественной практике проекта «сотовизации сетей» Wi-Fi. В соответствии с планами проекта компания Golden Telecom предполагает покрыть услугами своей сети Wi-Fi всю территорию Москвы. Пользователь сети, имеющий встроенный модем Wi-Fi (а большинство современных ноутбуков оснащены такой функцией), может подключиться к сети в любой точке столицы: на переговорах, в клубе, в кафе, на стадионе и т.д.

В современной практике при исследовании зон покрытия услугами беспроводных сетей доступа NGN используются даже трехмерные карты, учитывающие рельеф местности. Это особенно важно в тех случаях, когда местность, на которой разворачивается радиочастотная сеть доступа, является пересеченной. Высокоэтажное строительство современных городов также может сравниться с изрезанным ландшафтом, поэтому для городов или районов, где много небоскребов, также оказывается перспективным переход к пространственным картам покрытия услугами.

Для проводных систем доступа понятие зоны покрытия услугами также имеет место. В качестве примера рассмотрим доступность услуги высокоскоростного обмена данными для абонентов сети ADSL.

Как было сказано выше, технология ADSL использует в качестве ресурса для широкополосного доступа существующие абонентские телефонные линии, подключая со стороны пользователя модем ADSL, а со станционной стороны — DSLAM. При этом в технологии ADSL существуют механизмы адаптации параметров качества формируемого канала к параметрам качества телефонной пары. В результате скорость широкополосного доступа зависит от параметров абонентской линии и меняется в широких пределах. Механизм эффективной адаптации ADSL к особенностям состояния телефонной кабельной сети сделали эту технологию одним из самых популярных на данный момент вариантов решения проблемы «последней мили».

Но преимущество в части развития технологии оборачивается объективными трудностями технической реализации. Абонентские кабельные системы операторов создавались более 100 лет в разных технологических и исторических условиях. По этой причине параметры абонентской кабельной сети каждого оператора являются индивидуальными, а разброс в параметрах абонентских пар слишком велик для того, чтобы можно было гарантировать качество передачи информации без функций динамической подстройки. В результате параметры качества кабельной системы представляются наиболее критичными для функционирования ADSL и выступают слабым звеном этой технологии.

Функции адаптивной подстройки ADSL к параметрам кабельной сети приводят к интересному эффекту. В случае ухудшения параметров абонентской пары в сформированном канале обмена данными вероятность ошибок не увеличивается, как в системах TDM или HDSL. Вместо этого уменьшается скорость обмена, тогда как параметры качества передачи данных остаются прежними. Чем хуже параметры абонентской пары, тем меньшую скорость оператор может предоставить пользователю. В некоторых исследованиях максимальную скорость в канале ADSL при заданной длине пары считают ресурсом и оценивают потери ресурса из-за различных влияний на параметры кабеля.

Таким образом, имеет место объективное уменьшение скорости передачи данных в ADSL по мере удаления пользователя от DSLAM (рис. 3.40). Действительно, чем короче абонентская пара, тем большую скорость обмена данными можно реализовать в ней. По мере удаления от DSLAM уменьшается скорость обмена. В результате оператор может говорить о зонах покрытия услугами ADSL разного качества. Соответствующие границы качества будут образовывать на карте сети оператора линии, напоминающие изотермы и изобары, что и представлено на рис. 3.40. В приведенном примере в центральной области сети могут предоставляться услуги ADSL со скоростью обмена по линии

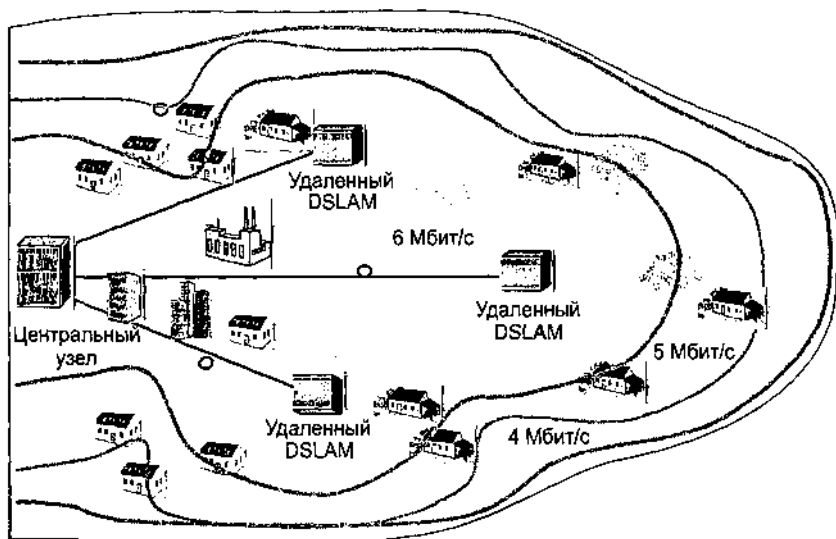


Рис. 3.40. «Зоны качества» на сети оператора ADSL

«вниз» более 6 Мбит/с, далее идет область, где предельным значением будет 5 Мбит/с, затем 4 Мбит/с и т.д. Все это создает на карте города области, эквивалентные зонам покрытия услугами беспроводных технологий доступа.

Для того чтобы в технологии ADSL изменить зону покрытия услугами, нужно приблизить DSLAM к потенциальным пользователям, что также представлено на рис. 3.40, где показаны несколько удаленных DSLAM, соединенных с узлами связи оптоволоконными линиями связи.

Следует отметить, что размер зоны покрытия сети услугами ADSL рассчитывается по средним расчетным параметрам качества. На каждом кабеле достижимая скорость передачи может быть существенно меньше расчетной. Кроме того, расчет максимальной скорости передачи не учитывает индивидуальных влияний на пару со стороны системы связи или внешних факторов. Но в целом приведенная оценка размера зоны покрытия может быть полезна для определения доступности услуги ADSL в современном городе.

Подобные расчеты зон покрытия услугами могут быть проведены для других проводных технологий доступа. Например, для широкополосных систем доступа PON/FTTx скорость передачи оказывается не зависящей от состояния кабельной сети. Оптоволоконная сеть этих технологий прокладывается заново, так что состояние новой кабельной сети оказывается близким к идеальному. Но здесь фактором доступности выступает наличие или отсутствие FTTx в том или ином районе города. Так что и в этом случае можно указать зону покрытия (вернее, зону до-

ступности услуг). Аналогично зоны доступности могут быть построены для систем домашнего Ethernet, PLC, DOCSIS и пр.

Таким образом, любой современный город можно накрыть несколькими областями доступности различных услуг широкополосного доступа (рис. 3.41). Если теперь представить, что все технологии доступа объединяются в единую конвергентную систему доступа, то мы получим многослойное представление о структуре сети доступа города. Поперечные срезы в такой системе над выбранным объектом (жилым домом, бизнес-центром и т.д.) покажут доступность разных технологий в поливариантном решении проблемы «последней мили». Понимание уровня доступности и параметров качества услуг доступа от различных технологий может быть эффективным инструментом проектирования и развития сетей NGN. Этот инструмент будет востребован уже в самое ближайшее время, когда системные интеграторы и операторы столкнутся с практическими проявлениями принципа конвергенции в сетях доступа.

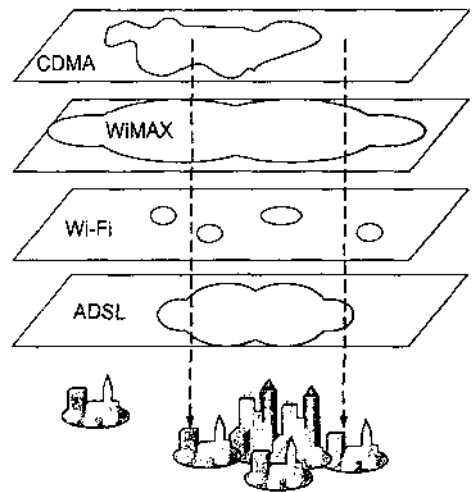


Рис. 3.41. Многослойная зона покрытия услугами в конвергентной сети доступа

3.14. Фактор плотности населения

Продолжая исследование принципов развития конвергентных сетей доступа, оценим перспективы различных технологий широкополосного доступа в единой объединенной сети доступа. Выше мы говорили о потенциальной доступности технологий доступа в различных районах современных городов. Но доступность вовсе не означает, что услуги доступа будут востребованы. Для развития сетей доступа не менее важным фактором является наличие потенциальных пользователей в зоне покрытия. А это в свою очередь определяется плотностью населения. Во всех моделях развития сетей NGN априори предполагается, что потенциальными потребителями услуг могут быть все жители страны (коль скоро эта страна шагает в сторону ГИО). В таком случае плотность населения соответствует плотности потенциальных потребителей технологии сетей доступа.

Исследования, проведенные в [32], дают общие рекомендации о целесообразности использования различных технологий широкополосного



Рис. 3.42. Перспективы использования различных технологий доступа в зависимости от средней плотности населения

В районах с плотностью населения выше 2000 человек на кв. км наиболее перспективными будут проводные технологии доступа. В районах с плотностью населения от 2 до 2000 чел./км² можно ориентироваться на беспроводные технологии доступа. В малонаселенных районах с плотностью менее 2 чел./км² наилучшим решением будет применение спутниковых систем связи.

Кстати, приведенные оценки вовсе не отменяют принцип демократичности NGN, а касаются больше вопроса о потенциальной возможности решить проблему «последней мили» каким-то одним классом технологии. Подобные оценки были взяты на вооружение ведущими системщиками развитых стран, в особенности стран с северным климатом и неравномерным распределением населения [24]. К таким странам относятся скандинавские страны, Канада и Россия. Тем более ценной может быть приведенная оценка для отечественных идеологов.

3.15. Проблема совместимости в сетях доступа

Формирование объединенных сетей доступа на принципах конвергенции приводит не только к всеобщей доступности услуг, но еще и к проблемам взаимной совместимости сетей доступа. Чтобы многослойная система доступа NGN, представленная на рис. 3.39 или 3.41, эффективно функционировала и выполняла свои задачи, различные технологии должны быть взаимно совместимы между собой.

В [26] исследованы проблемы совместимости технологий, которые встретят операторы в самом ближайшем будущем. Было показано, что в объединенных сетях доступа можно выделить два класса проблем: все системы доступа должны быть совместимы с транспортной сетью, что приводит к классу задач вертикальной совместимости, а конвергенция сетей доступа требует горизонтальной совместимости.

Проблемы вертикальной совместимости обычно связаны с преобразованиями трафика при передаче его в транспортную сеть. Как будет

доступа в городах и сельской местности (рис. 3.42). В исследовании ставился вопрос о соотношении между проводными, беспроводными и спутниковыми технологиями широкополосного доступа. Как следует из рисунка, перспективность различных технологий напрямую зависит от плотности населения. В районах с плотностью населения выше 2000 человек на кв. км наиболее перспективными будут проводные технологии доступа. В районах с плотностью населения от 2 до 2000 чел./км² можно ориентироваться на беспроводные технологии доступа. В малонаселенных районах с плотностью менее 2 чел./км² наилучшим решением будет применение спутниковых систем связи.

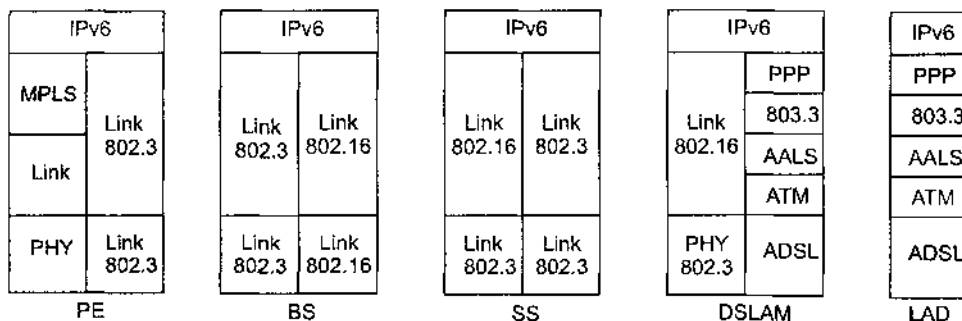


Рис. 3.43. Требования вертикальной совместимости — преобразования протоколов на пути от клиента ADSL (LAD) к узлу транспортной сети (PE)

показано ниже, принципы функционирования транспортной сети и сетей доступа принципиально отличаются. Сети доступа обеспечивают пользователям доступ к ресурсам NGN, а транспортная сеть должна организовать эффективный перенос трафика, собранного системами доступа. При этом трафик должен унифицироваться, и неизбежно его преобразование в унифицированный формат транспортной сети. Иногда такое преобразование настолько сложно, что приводит к многочисленным проблемам так называемой вертикальной несовместимости.

В качестве примера на рис. 3.43 показано последовательное преобразование протоколов данных ADSL/WiMAX в системе объединенной сети доступа, представленной на рис. 3.37. В отличие от простой технологической цепи преобразования данных ADSL, представленной на рис. 3.9, в объединенной сети доступа преобразование намного сложнее. Данные от пользователя объединенной сети (LAD) передаются через DSLAM, узел беспроводного доступа (SS), узел сопряжения с транспортной сетью (BS) к коммутатору сети MPLS (PE). Любое нарушение в структуре протокола данных в любом из указанных на рисунке «кубиков» приведет к проблеме вертикальной совместимости в объединенной сети.

Аналогично можно выделить категорию проблем горизонтальной совместимости. Здесь также осуществляется преобразование данных из одной технологии доступа в другую. Оно может быть не столь сложным, как на рис. 3.43, но также может привести к взаимным проблемам передачи данных, например связанным с параметрами сетей доступа. Конвергенция различных технологий доступа может привести к необходимости объединения в единую сеть доступа сегментов с разными параметрами качества. Например, в представленном на рис. 3.37 примере обратной конвергенции сегментов WiMAX и ADSL объединение проводных сегментов NGN осуществляется с использованием беспроводной технологии. Но параметры стабильности работы у проводных и беспроводных сетей могут существенно отличаться, поскольку беспроводные сети более

подвержены воздействиям внешних факторов (особенностям распространения радиосигнала, интерференции, многолучевого распространения и пр.). В то же время настройки параметров оборудования в сегментах ADSL в соответствии с преобразованием форматов (см. рис. 3.43) может не учитывать быстрого ухудшения качества в сегменте WiMAX. В таком случае в объединенной сети возникнет сбой даже в случае, если совместимость в части преобразования форматов данных будет идеальной.

Еще одна проблема горизонтальной несовместимости связана с объединением в конвергентной сети доступа разных технологий. Например, объединение систем доступа, «потолок» которых ограничен скоростью 1...2 Мбит/с, и систем VDSL и FTТх, для которых скорость передачи выше 30...40 Мбит/с, представляется стандартной, но может привести к диспропорции в структуре объединенной сети. Диспропорция связана с тем, что в разных сегментах доступность услуг NGN будет неодинаковой, разными будут также и параметры качества услуг. Диспропорция будет существовать также в структуре трафика, который будет «собирать» такая объединенная сеть и передавать транспортной сети. В случае существенной диспропорции это может привести даже к проблемам вертикальной совместимости.

Таким образом, проблемы совместимости представляют собой целый пласт задач, которые будет решать оператор NGN уже в самом ближайшем будущем. Нет сомнения, что по мере развития конвергенции в сетях доступа проблемы совместимости будут множиться и становиться разнообразнее. Многие из этих проблем на данном этапе невозможно даже представить.

При решении комплексных задач вертикальной и горизонтальной совместимости нужно учесть еще и тот факт, что развитие сетей доступа и транспортных сетей идет синхронно и динамично. В качестве примера на рис. 3.44 показана динамика взаимного развития сетей доступа и транспорта. Для этого на схеме сделана инверсия рис. 1.6, так что в центре внимания находится развитие сети доступа. Транспортная сеть «окружает» сеть доступа и обеспечивает перенос трафика, собираемого соответствующей технологией.

В своем развитии технология доступа проходит несколько стадий. Для захвата рынка стоимость технологии устанавливается низкой. Это привлекает абонентов и выводит технологию в разряд коммерческих. Затем система доступа перегружается и нуждается в реконструкции. После реконструкции освобождаются новые ресурсы технологии, что приводит к уменьшению цены, и цикл замыкается. Аналогично развивается транспортная сеть. Низкая стоимость переноса трафика приводит к росту трафика, так как операторам сетей доступа становится выгодно

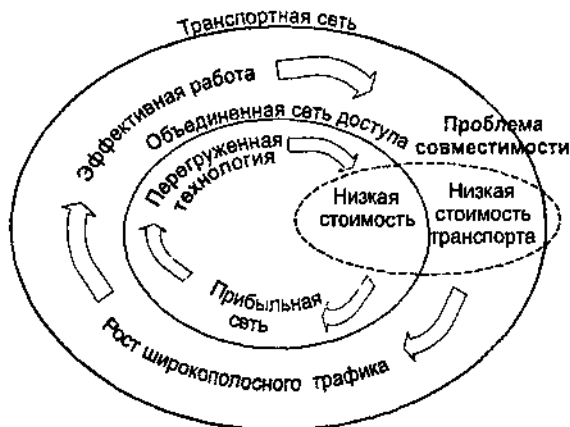


Рис. 3.44. Проблемы совместимости в случае синхронного развития сетей доступа и транспорта

использовать такую транспортную сеть. Рост трафика в сети приводит к коммерческой эффективности и целесообразности расширения ресурса транспортной сети. Это в свою очередь приводит к уменьшению стоимости переноса трафика, и цикл замыкается. В сбалансированной сети циклы развития транспортной сети и сетей доступа независимы и обеспечивают вместе эволюционное развитие сети. Но если фазы понижения стоимости транспорта и доступа внезапно совпадают, может наступить коллапс, когда на сеть обрушится вал трафика. Такая ситуация может иметь разрушительные последствия.

Приведенный пример показывает, что проблема совместимости может иметь не только постоянную, но и динамическую составляющую.

3.16. Стратегии развития сетей доступа

Завершая рассмотрение закономерностей развития различных технологий доступа, остановимся на стратегии развития в условиях конвергенции технологий. Этот вопрос оказывается нетривиальным и его невозможно свести просто к конкуренции различных технических решений в рыночном поле. Детальное рассмотрение показывает, что на разных этапах развития сетей NGN стратегия развертывания сетей доступа меняется.

Как было показано выше, развитие сетей доступа обычно отстает от развития сетей на других уровнях модели SCTA, что делает проблему «последней мили» самой острой в революции NGN. В результате на первом этапе развития NGN развертывание сетей доступа, как уже отмечено, всецело подчинено стратегии «пожарной команды». На этом этапе потребность в подключении новых абонентов опережает возмож-

ности операторов, не готовых к масштабным проектам интернетизации общества. Спрос опережает предложение. Для подключения абонентов к NGN любые технологии оказываются востребованными. Операторские компании обычно одновременно занимаются всеми технологиями — ADSL, Wi-Fi, WiMAX, RadioEthernet, домовыми сетями и пр. Среди возможных решений выбираются те, которые оператору более всего удаются. Именно эти технологии составят костяк будущих сетей нового поколения.

Для операторских компаний это время можно рассматривать как один из самых счастливых периодов развития, когда есть растущий рынок, а конкуренция отсутствует. К сожалению, этот период длится очень недолго. Все зависит лишь от того, насколько быстро инженеры операторской компании смогут освоить технологию внедрения широкополосного доступа, перейдя от частных подключений к массовому захвату рынка. Но по мере накопления опыта стратегия развития сетей доступа меняется. Наступает момент, когда любой оператор может своими силами решить проблему «последней мили» современного города с учетом того, что население обычно инертно в своих потребностях, особенно к новым технологиям, так что рост числа активных пользователей NGN редко составляет более 3...5 % в год.

На этом новом этапе, наоборот, предложение опережает спрос и возникает конкуренция, причем не между технологиями, а между операторами. Как было показано выше, один из решающих факторов выбора технологии доступа связан с тем, насколько эффективно она может «собрать трафик». Этот период развития сетей является довольно драматичным. Приведенные в гл. 1 случаи коллапса проектов массового внедрения различных технологий, когда один оператор вкладывает существенные инвестиции в проект массового ADSL, а другой оперативно забирает трафик, развернув в течение месяца сеть WiMAX, являются характерными для данного этапа развития сетей доступа. Все операторские компании вынуждены применять агрессивные стратегии захвата рынка пользователей широкополосного доступа. Для этой цели каждый оператор разрабатывает свой пакет решений, обычно на основе нескольких технологий «последней мили», объединенных в единое решение на принципах конвергенции. Таким образом, конкуренция между операторами приводит к конкуренции технических решений, но не отдельных технологий доступа. Следует отметить, что период взаимной конкуренции технологий представляет собой очень продолжительный этап, который может длиться от 5 до 15...20 лет в зависимости от уровня информатизации страны (рис 3.45).

Говоря о будущем развития сетей доступа, можно предсказать, что



Рис. 3.45. Изменение стратегии развития объединенных сетей доступа

этап конкуренции рано или поздно должен смениться стабилизацией рынка. Нельзя забывать, что главной движущей силой в развитии рынка сетей доступа является развитие информатизации страны и связанный с ней рост спроса на широкополосные услуги связи. Динамика спроса на услуги определяется только уровнем инерции общества и уровнем активности государства в стремлении к построению ГИО. Спрос на услуги широкополосного доступа порождает на определенном этапе развития NGN конкуренцию в массовых проектах. Но спрос же рано или поздно примирит конкурентов. Здесь нужно учесть, что за исключением технологии FTTx, все другие решения проблемы «последней мили» имеют свои пределы развития. Для технологии ADSL ограничивающим фактором является взаимное влияние широкополосных сигналов в телефонных кабелях, для CATV — количество каналов для передачи широкополосных сигналов, любые решения в части абонентского радиодоступа ограничены полосой выделенного ресурса и т.д. Что будет, когда потребуется уровень проникновения технологии NGN на «последней миле» выше 70...80 %? Ни одна технология не поддержит столь массовый проект, все они придут к своему предельному состоянию. Счастливым исключением может быть только технологии, связанные с новым строительством: FTTx и Ethernet. Но фактор нового строительства растягивает полную победу этих технологий на десятилетия. Единственным решением в таком случае может стать межтехнологическая конвергенция и построение объединенных сетей доступа.

Страны Западной Европы в настоящее время уже вступили в этот этап. После многолетней конфронтации и конкуренции операторы вынуждены объединяться, чтобы удовлетворить все более растущие потребности рынка. Новая стратегия развития сетей доступа, сформулированная в общеевропейском проекте BROADWAN, звучит так: «Любой доступ через любую технологию в любой точке сети». Объединение сетей на этом этапе осуществляется не только в результате конвергенции технических решений, но и в результате объединения усилий операторов. Это может быть взаимное слияние/поглощение компании либо взаимные партнерские контракты, подобные соглашениям о роуминге

трафика у сотовых операторов. Но какой бы путь не был избран, в активе любого оператора на этом этапе оказываются все технологии. Подключая абонента, инженер вынужден не просто выполнять рутинную операцию и контролировать параметры качества, но и выбирать технологию, так как он может использовать ресурсы разных сетей доступа. На этом этапе операторы буквально собирают оставшиеся крохи ресурса сетей доступа, чтобы продолжать развитие NGN. В ситуации, когда отдельные технологические сети доходят до насыщения своих возможностей, требуется объединение сетей. Перегрузка сетей доступа будет затем сниматься в ходе нового строительства и перехода на оптические технологии доступа (Gigabit Ethernet, PON, FTTx), но потребуются десятилетия, прежде чем на абонентских сетях оптика окончательно вытеснит традиционные кабели.

Если говорить о ситуации в России и странах СНГ, то можно указать, что в настоящее время эти страны входят только во второй этап развития сетей доступа, так что операторы должны готовиться к долгой и продолжительной войне за трафик. Отражение этого факта можно наблюдать в маркетинговых стратегиях отдельных операторов, все они несут в себе налет агрессивности, свойственной предвоенной обстановке.

3.17. Сравнительный анализ технологий доступа

Подводя итог анализу технологий уровня доступа, сравним все приведенные решения. В случае с технологиями доступа NGN сделать сравнительный анализ корректно невозможно по следующим причинам:

- принцип демократичности NGN уравнивает в правах на рынке все технические решения. Любая технология, вне зависимости от того, что мы о ней думаем и говорим, имеет право на существование в концепции NGN;
- многопараметричность технологий делает их сравнение спорным или ангажированным*. Чтобы провести технологическое сравнение, нам придется из огромного перечня параметров систем выбрать только некоторые. Такое сравнение будет однозначно односторонним.

Единственным корректным способом обобщенной оценки различных технологий доступа является сравнение популярности различных технологий, что выражается в доле абонентов, подключенных через нее. На популярность могут влиять разные факторы: мода, технические особен-

* Выбирая параметры по своему усмотрению, можно доказать, что технология Wi-Fi эффективнее ADSL, а затем утверждать обратное. Этим приемом часто пользуются журналисты в заказных статьях.

ности, талант маркетологов операторских компаний и пр. Сравнительный анализ по этому критерию не противоречит демократической концепции сетей нового поколения и не предполагает оценку технических сторон различных решений проблемы «последней мили».

В качестве примера на рис. 3.46 показана относительная доля подключений широкополосного доступа в Европе на конец 2005 г. [27]. Выборка для статистического анализа представляется внушительной — это 137 млн абонентов. Результаты сравнительного анализа оказываются довольно интересными. Лидирующее положение на рынке имеет технология DSL (в первую очередь ADSL), которая охватывает более 60 % всех пользователей. Технология широкополосного доступа по слям кабельного телевидения также представляется очень существенной и составляет более 30 %. На остальные технологии (FTTx, Wi-Fi, WiMAX и пр.) приходится не более 7 %.

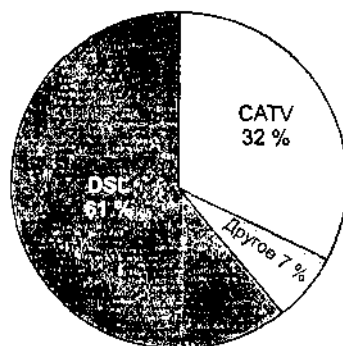


Рис. 3.46. Распространение проводных технологий доступа в Европе на 2005 г.

Приведенная статистика хорошо отражает общие приоритеты в развитии сетей доступа в современном мире. Несмотря на весь пафос сторонников развертывания оптических абонентских сетей, даже в развитых странах Европы подавляющее большинство пользователей подключено через сети доступа, использующие уже развернутую инфраструктуру сетей. Это еще раз показывает, что существует объективная задержка в динамике развития сетей доступа из-за фактора нового строительства. Даже в таких благоприятных для нового строительства странах, как Япония (где еще в 1995 г. были приняты постановления об обязательном развертывании оптических домашних сетей в новых объектах строительства), статистика показывает сравнительно небольшую долю оптических подключений в сравнении с ADSL и CATV.

Таким образом, на современном этапе временные, миграционные решения представляют собой наиболее существенный сегмент сетей доступа NGN. В будущем приоритеты могут поменяться. Новое строительство будет увеличивать долю абонентов FTTx. Современное развитие технологии WiMAX также сулит новый переворот. На горизонте снова появились революционные разработки PLC. Принятие стандартов сотовых сетей 3G вообще может в самое ближайшее время коренным образом изменить приоритеты и распределение ролей на рынке доступа. Все пути развития равновероятны, и в этом еще раз проявляется демократичный принцип NGN.

Таблица 3.5

Сравнительный анализ технологий доступа NGN

Технология	Скорость доступа	Характер	Симметрия	Новизна	Разделенный ресурс	Зона охвата
Семейство DSL						
IDSL	160к	У	С	О	Абонитский кабель	Телефонные линии городов, поселки
SDSL	160...2320к	У	С	О	"	"
MDSL/MSDSL	160...2320к	У	С	О	"	"
ADSL	До 8М	У	А	О	"	Крупные и средние города
ADSL2	До 11М	У	А	О	"	"
ADSL2+	До 24М	У	А	П	"	"
READSL2	До 11М	У	А	П	"	"
HDSL	784к, 1168к, 1552к, 2320к	У	С	О	"	Телефонные линии городов, поселки
G.SHDSL	До 2М	У	С	П	"	"
VDSL	24М	In	А	О	Абонитская сеть здания	Офисные центры, жилые дома
VDSL2	100М	In	А	П	"	"
Home PNA	1 М	In	А	П	"	"
FTTx/PON						
APON/BPON	622М	Out	A/C	О	Оптическая кабельная сеть	Городские сети
EPON	1000М	Out	А	П	"	"
GPON	2488М	Out	А	П	"	"
Ethernet						
Ethernet	100М	У	С	П	Развернутая сеть Ethernet	Домашние и городские сети
Gigabit Ethernet	1000М	У	С	П	"	"
10 GE	10000М	У	С	П	"	"
Системы радиодоступа						
IEEE 802.11a	54М	У	С	П	Радиоресурс	Городские сети
IEEE 802.11b	11М	У	С	П	"	"
IEEE 802.11g	54М	У	С	П	"	"
IEEE 802.11h	54М	У	С	П	"	"
IEEE 802.11j	54М	У	С	П	"	"
IEEE 802.11n	100М	У	С	П	"	"
Wi-Fi	11М	У	С	П	"	Городские и домашние сети
TETRA	28,8к	У	С	П	"	"
TEDS	384к	У	С	П	"	"
IEEE 802.16	75М	У	С	П	"	Городские сети
WiMAX	75М	У	С	П	"	"
VSAT (спутниковая)	76М	У	A/C	П	"	Самый широкий охват
Сотовые технологии радиодоступа						
GPRS/EDGE	473,6к	У	A/C	П	Ресурс сотовой системы связи	Зона покрытия сотового оператора
W-CDMA	384к	У	A/C	П	"	"
HSDPA/HSUPA	13,976М	У	A/C	П	"	"
TD-SCDMA	384к	У	A/C	П	"	"
HSDPA	2,8М	У	A/C	П	"	"
(TD-SCDMA) cdmaOne	1,2М	У	A/C	П	"	"

Окончание табл. 3.5

Технология	Скорость доступа	Характер	Симметрия	Новизна	Разделенный ресурс	Зона охвата
Сотовые технологии радиодоступа						
cdma2000	1,2М	У	А/С	П	"	"
1xEV-DO	2М	У	А/С	П	"	"
Кабельное телевидение						
HFC	3М	У	А/С	П	Ресурс системы CATV	Уровень проникновения CATV
DOCSIS	3М	У	А/С	П		
Семейство PLC						
PLC (HomePlug)	3М	У	А/С	П	Ресурс силовой сети	100 % помещений
BPL	14М	У	А/С	П		
У — универсальная, In — внутриофисная, Out — внеофисная, С — симметричная, А — асимметричная; П — перспективная, О — устаревающая; к — кбит/с, М — Мбит/с.						

Обобщая все рассмотренные в этой главе технологии доступа, приведем их перечень в табл. 3.5, указывая только основные параметры. Время покажет, какие из перечисленных технологий ждет «инновационная смерть», а какие из них станут лидером будущей революции. Пока же все перечисленные технологии равноправны и равноценны.

Транспортный уровень

4.1. Общие принципы построения транспортной сети NGN

После детального исследования технологий уровня доступа в модели SCTA, поднимемся на один уровень вверх, к технологиям транспортной сети. В гл. 1 и 2 было показано место транспортной сети в архитектуре современных сетей NGN. Кратко перечислим сформулированные выводы.

1. Транспортная сеть является развитием первичной сети при переходе от коммутации каналов к коммутации пакетов.

2. Транспортная сеть является каркасом современной сети NGN. Она представляет собой средство для соединения пользователей и приложений.

3. В первичной сети основная функция сводилась к образованию стандартного аналогового или цифрового канала между двумя точками сети, а транспортная сеть формирует канал передачи данных между двумя точками подключения пользователей NGN. Аналогия между транспортной сетью и первичной сетью присутствует также в механизме связей между пользователями (см. рис. 1.3 и 1.6).

4. Несмотря на единство принципов работы транспортной сети и первичной сети, NGN привносит свою специфику:

- вместо типового канала первичной сети используется канал передачи данных, который может быть установлен на основе технологии «виртуального канала», или «виртуальной трубы» в случае использования принципа дейтаграммной передачи (см. пример 2.7); эти пока размытые понятия ниже будут уточнены;
- в сети могут присутствовать как соединения «точка-точка», что может трактоваться как канал, так и соединения «точка-многоточка» и даже «многоточка-многоточка», что нельзя уже рассматривать как канал;



Рис. 4.1. Взаимодействие сетей доступа через транспортную сеть

- «виртуальные трубы» могут быть симметричными и асимметричными по объему передаваемого трафика; допускается также режим одноподнаправленной передачи (симплексный канал).

5. В отличие от сетей доступа, которые разворачиваются «по месту», транспортная сеть строится запланировано, в соответствии со стратегией развития оператора.

Перечисленные выводы могут быть дополнены. Напомним, что одна из возможных точек зрения на транспортную технологию состоит в том, чтобы понять, насколько эффективно она может собрать трафик широкополосного доступа. Отсюда следует зеркальный взгляд на технологию транспортных сетей: это технология, которая позволяет перераспределять по сети собранный сетями доступа трафик.

На рис. 4.1 представлена модель функционирования транспортной сети, согласно которой потребителями ресурсов транспортной сети являются сети доступа. Сети доступа собирают трафик от пользователей NGN и взаимодействуют друг с другом через транспортную сеть. Из этой модели мы получаем самый важный вывод, определяющий ценность технических решений в области транспортных сетей:

Основное назначение транспортной сети заключается в обслуживании трафика данных NGN.

Для обслуживания трафика транспортная сеть должна обеспечивать следующие процедуры, принятые в NGN: распределение трафика, выравнивание нагрузки, маршрутизацию трафика по связям различной топологии («точка-точка», «точка-многоточка» и пр.), дублирование трафика, мультиплексирование (объединение) и демультимплексирование (разделение) и т.д. Чем успешнее обслуживает технология транспортной сети пакетный трафик, тем эффективнее техническое решение. Именно такой критерий эффективности будет принят в этой главе в качестве основного при сравнении различных технологий.

Облако транспортной сети. В конце 80-х годов на отечественные экраны вышел научно-фантастический фильм «Через тернии к звездам».

дам». Фильм был очень популярен в свое время, так что многие читатели может быть помнят образ биомассы, которая была показана в этом фильме. Про нее в фильме говорилось очень мало, разве только то, что это строительный материал для будущего «идеального человека». Она живая, но лишена интеллекта. На экране был показан этакий живой кисель довольно противного цвета, покрытый пеной. В финале фильма биомасса вырвалась из своего хранилища, но благодаря мужественным действиям совместного отряда землян и инопланетян была успешно нейтрализована.

Так вот, часто новые технологии, сети и сегменты сетей напоминают такую биомассу. И особенно глубоко ассоциации с этим образом возникают при знакомстве с современными технологиями пакетных транспортных сетей*.

Действительно, читатели, надеюсь, уже привыкли к схемам, на которых присутствует «облако» транспортной сети, как на рис. 1.6, 2.2 и многих других. Но при детальном рассмотрении это облако очень похоже на биомассу из фантастического фильма. Она живет своей жизнью, которая нам не всегда ясна и чаще даже непонятна. Если мы загружаем с одной стороны «облачка» пакетный трафик, мы его получаем на другой стороне... или не получаем. Но понять детально, что происходит в сети, представляется сложным.

Например, современные сети на основе технологии IP используют принцип маршрутизации трафика методом дейтаграмм (см. пример 2.7). В соответствии с этим методом весь передаваемый по транспортной сети трафик разделяется на отдельные дейтаграммы, которые двигаются по сети на манер «казацкой лавы», только в самых общих чертах выдерживая направление передачи. Бросая в «биомассу» транспортной сети дейтаграмму, мы надеемся, что она вылетит на другом конце в нужной точке. Если речь идет о вещательном трафике, то внутри транспортной сети дейтаграммы должны будут размножиться и оказаться сразу в нескольких точках на выходе транспортных шлюзов. Но что происходит внутри самой «биомассы»? На этот вопрос простые схемы с «облаками» не отвечают. В этой главе мы должны проникнуть в общие принципы функционирования транспортной сети, исследовав, что происходит внутри «биомассы» современной транспортной сети.

* Подобная ассоциация придумана не автором. Впервые связь между технологией IP и образом биомассы из фильма подсказала автору М. Нурмиева. Позже независимо от нее и от автора те же ассоциации возникли и у других специалистов. Таким образом, образ биомассы как отражение транспортных сетей представляется очень устойчивым и заслуживает внимания.

Как будет показано ниже, процессы, которые позволяют транспортной сети выполнять свои функции, оказываются очень сложными и многообразными, хотя в целом подчиняются единой логике сетей NGN, рассмотренной в гл. 2. Именно эта логика позволяет различным технологиям транспортных сетей формировать единое «облако» и функционировать как единое целое.

4.2. Противостояние технологий ATM и IP

Рассмотрение внутреннего строения транспортной сети NGN начнем с исследования вопроса о едином транспорте данных. Идея транспортной сети как элемента NGN, обеспечивающего передачу данных любого формата, неизбежно требует унификации данных. Разнородные данные от разных сетей доступа целесообразно сначала преобразовать в единый формат, а затем передавать их средствами транспортной сети.

Идея унификации формата данных оказывается близкой к идее унификации каналов первичной сети, которая в свое время позволила создать каркас для традиционных сетей связи. Требование совместимости различных вторичных сетей друг с другом потребовало стандартизации сети с коммутацией каналов. Появился единый банк каналов и сформировалась концепция первичной сети. Точно так же требование совместимости различных сетей доступа при их работе через транспортную сеть приводит к необходимости стандартизации формата пакетных данных, что и составляет одну из основ этих сетей.

С начала 90-х годов началось противостояние двух технологий транспортной сети — ATM и IP. Сейчас это противостояние стало достоянием истории, но в свое время вокруг него кипели страсти. Цена вопроса была высока — мировая индустрия делала выбор стандарта унификации пакетного трафика. Два совершенно разных стандарта и стратегии единого транспорта боролись за право на жизнь.

Технология ATM была предложена как плановое развитие больших сетей. В качестве принципа маршрутизации в технологии ATM использовался принцип виртуальных каналов, отработанный на сетях X.25 и Frame Relay. Пакетные данные преобразовывались в ячейки фиксированного размера. Были разработаны стандарты коммутации ячеек, политики в области обеспечения качества, предоставления различных услуг и пр. Стратегия развития ATM предусматривала направление развития «сверху». Предполагалось провести модернизацию сетей, а затем постепенно доводить технологию ATM до окончного пользователя.

Альтернативным подходом явилась идея транспорта на основе дейтаграмм IP. Здесь была предложена идея использовать в качестве еди-

ного стандарта дейтаграммы переменной длины со множеством заголовков. Принцип маршрутизации трафика ориентировался на индивидуальную передачу дейтаграмм. При этом развитие технологии IP шло по стратегии «снизу», так как эта технология к началу противостояния фактически победила в сегменте оконечного оборудования, локальных и офисных сетей. Соответственно развитие технологии шло от оконечных устройств к транспортной сети.

Нет смысла исследовать причины, по которым в результате противостояния победила технология IP. Исследователи часто приводят объективные недостатки ATM (сложная процедура обслуживания трафика, высокая стоимость оборудования, отсутствие гибкости и пр.) и субъективные причины поражения этой технологии (заговор компаний во главе с Cisco, отсутствие гибкой маркетинговой политики у больших операторов и т.д.). Сейчас не столь важно понимание причин победы технологии IP, сколько само признание этого факта. В конце концов, в мире могла победить только одна технология единого транспорта, только так можно построить каркас единой пакетной сети. То, что такой технологией стала IP, — это всего лишь страница современной технической истории. В настоящее время никто не сомневается в окончательной победе IP в качестве стандарта единого транспорта пакетного трафика. Эта победа была подтверждена двумя основными сторонниками технологии ATM — компаниями Alcatel и Nortel, когда несколько лет назад они официально объявили о прекращении производства компонентов магистральных сетей ATM.

Таким образом, если мы говорим о современной концепции единого транспорта пакетных сетей, то однозначно имеем в виду технологию IP и ее окружение.

Однако если рассмотреть технологию IP, нельзя не учитывать некоторые исторические особенности ее происхождения, которые не могли не сказаться на ее развитии. Часто эксперты в области современных систем связи говорят о «родовой травме» технологии IP и утверждают, что технология IP произошла из среды студенческих локальных сетей и логично «унаследовала определенный уровень разгильдяйства и волонтаризма», который присущ студенческому сообществу*. В результате некоторые особенности IP как технологии единого транспорта выглядят на первый взгляд как существенные недостатки. Например, в этой технологии не существует механизмов гарантированной передачи данных

* Речь идет о большом вкладе студентов университета Беркли, шт. Калифорния, которые реализовали протоколы стека TCP/IP в своей версии операционной системы UNIX. Финансировало этот проект агентство DARPA, которое впоследствии установило взаимодействие практически со всеми университетами США. — *Прим. ред.*

между двумя точками сети. Политика качества (QoS), которая входила в состав технологии ATM, позволяла гарантировать определенный уровень потерь пакетов, задержки и т.д. для разных категорий трафика. Ничего подобного в технологии IP нет, и в процессе разработки технологий на базе IP пришлось создавать новые и новые технические решения, чтобы «снизу» довести уровень качества в сети IP до уровня, который технология ATM предлагала как само собой разумеющееся.

Сложность и разнообразие решений в области технологии IP часто рассматриваются не как достоинство, а как недостаток, связанный с необходимостью приспособить изначально порочную технологию к реальности ее использования в транспортной сети NGN. Существует много других сомнений в эффективности IP как транспортной технологии. Иногда даже говорят о деструктивном заговоре нескольких производителей оборудования во главе с Cisco. Якобы эти компании путем удачного маркетинга и политических интриг добились удушения конкурирующей технологии ATM, а сами предложили некорректное решение.

Оставив в стороне домыслы об ошибке истории и идею «масонского заговора», попробуем честно взглянуть на развитие технологии IP и выяснить, имеется ли обозначенная проблема «родовой травмы».

Действительно, технология IP и ее технологическое окружение возникли из студенческих сетей, в которых присутствовал определенный дух свободы и вседозволенности. Алгоритмы маршрутизации IP, схемы обмена данными, системы сигнализации и т.д. отработывались на прототипах студенческих сетей стоимостью в сотни и тысячи долларов. Но этот факт как раз и позволил быстро разработать основы технологии и адаптировать ее к любым особенностям использования в качестве единого транспорта передачи данных. Дух свободы и творчества в области принципов построения сетей передачи данных на основе IP заразил многие университеты в 70–90-е годы. Тот факт, что для отработки даже самых сложных моделей работы сети оказалось достаточно использовать несколько студенческих компьютеров, объединенных в локальную сеть, и при этом решать стратегические вопросы функционирования сетей, оказался настолько привлекательным, что он привел к резкому росту интереса к технологии IP со стороны научного сообщества. В результате количество талантливых специалистов, которые работали над технологией IP, оказалось на порядки больше, чем количество разработчиков технологии ATM, развиваемой кулуарно в лабораториях крупных компаний-производителей. Как следствие, уровень проработанности концепции IP оказался выше, а решения на основе IP обладали самой высокой гибкостью, что особенно важно в условиях формирования и бурного развития концепции NGN.

Следует отметить, что дух демократичности, который пронизывает всю концепцию NGN снизу доверху, как нельзя лучше соответствует концепции технологии IP. Разные научные школы, лаборатории, университеты, внесшие вклад в развитие современной технологии IP, разрабатывали порой самые противоречивые концепции маршрутизации, сигнализации, коммутации и пр. И весь этот опыт вошел в технологию, сформировав уникальный демократичный мир технологии IP. Как было показано в главе 2, именно демократичность отличает современные сети NGN. Возможно, что победа технологии IP над ATM была обусловлена еще и тем, что технология IP с ее противоречиями, альтернативными решениями и пр. эффективно вписалась в модель сетей NGN и стала действительно основой современных пакетных сетей.

Поэтому нельзя осудить одно из мнений о том, что современные сети NGN — это сети на основе технологии IP. Такое суждение имеет право на жизнь не только как отражение демократичности концепций NGN, но и как отражение уникальной роли IP как единого технологического и концептуального каркаса современных сетей нового поколения. Поэтому суждения о «родовой травме» едва ли являются конструктивными на современном этапе развития технологии транспортных сетей. Они могли иметь место на этапе противостояния ATM и IP. Сейчас связанная отрасль находится на другом этапе. Технология IP вошла в стандарты NGN в качестве единого формата унифицированных данных и вошла настолько глубоко, что стала равнозначна самой технологии NGN.

Можно сказать, что вызов со стороны NGN был принят разработчиками IP, и именно эта технология оказалась максимально удобной в качестве каркаса современных сетей. На этом основании она победила и продолжает развиваться всем связным сообществом.

4.3. Многослойная архитектура транспортной сети

Рассмотрев общую философию построения транспортной сети на основе технологии IP, перейдем к исследованию этой технологии. Исторический путь развития технологии IP указывает на то, что мир этой технологии является очень разнообразным и динамичным. В нем присутствуют самые разные концепции и технологии, часто даже взаимно-конкурентные решения. Поэтому сделать короткий обзор этой технологии, запланированный в этой главе, представляется непростой задачей. Для понимания принципов функционирования сетей на основе IP целесообразно использовать несколько ключей к пониманию этой технологии.

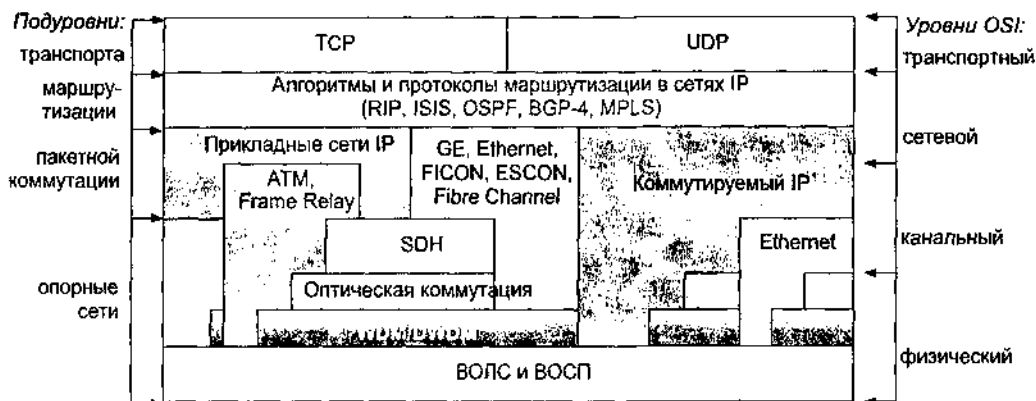


Рис. 4.2. Современная концепция транспортной сети NGN

Первым ключом является деление технологии транспортной сети на основе IP на несколько уровней согласно модели OSI. Как было показано в гл. 2, модель OSI не противоречит принятой в этой книге классификационной модели SCTA, а применение модели OSI к исследованию транспортной сети NGN существенно облегчает понимание некоторых процессов в сетях IP, поскольку на разных уровнях работают разные процессы и используются различные технологии.

Выше мы уже рассматривали некоторые варианты структурного построения современной транспортной сети NGN (см. примеры 2.2, 2.3, а также рис. 2.6 и др.). Теперь уже с новых позиций построим многоуровневую концепцию транспортной сети NGN, охватывающую все технологии современных сетей от физического до транспортного уровня OSI (рис. 4.2).

Физический уровень представлен волоконно-оптическими системами передачи (ВОСП) на основе волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Поверх него размещается оборудование оптического мультиплексирования (WDM/DWDM). Выше уровня WDM находятся системы оптической коммутации, где с помощью специальных устройств оптический сигнал коммутируется и в дальнейшем распространяется по другому волокну или в другом диапазоне волн без аналогово-цифровых преобразований, поскольку здесь данные передаются непосредственно в виде цифрового сигнала.

Основной технологией физического уровня должны быть ВОСП. Можно долго дискутировать, в какой степени современные радиорелейные, спутниковые и традиционные системы передачи смогут формировать транспортный уровень NGN, но очевидно, что они войдут в NGN в основном на уровне доступа. Современные требования по передаче пакетного трафика ориентированы на скорость передачи данных более

10 Гбит/с. Такую скорость передачи может обеспечить только оптоволоконная технология, т.е. ВОСП.

Технология WDM/DWDM оптимизирует использование оптических кабелей за счет системы спектрального мультиплексирования, позволяющей формировать несколько цифровых каналов широкополосной передачи на одном оптическом волокне. Системы оптической коммутации дополняют эту систему, обеспечивая коммутацию сигналов с одной длины волны на другую. Тем самым эффективность ВОСП выходит на уникально высокие показатели.

На физическом уровне имеет место поливариантность технических решений. Оператор в равной степени может использовать только системы передачи на основе ВОЛС, ВОСП с системами WDM и/или оптической коммутацией.

На *канальном уровне* транспортных сетей применяются различные технологии, которые позволяют загрузить данные по протоколу IP в ВОСП на физическом уровне. Как показано на рис. 4.2, в качестве возможных вариантов могут применяться технологии NGSDH (SDH нового поколения), сети Ethernet и Gigabit Ethernet (GE), уже развернутые сети ATM и Frame Relay, а также стек технологий систем хранения информации (SAN), куда входят технологии Fiber Channel, FICON, ESCON. Помимо перечисленных технологий допускается и вариант прямой загрузки дейтаграмм IP в ВОСП, что представлено на рисунке как вертикальный разрез технологией IP всей многоуровневой структуры. Такой вариант в последнее время используется редко, но теоретически он вполне возможен.

Все решения объединяются на *сетевом уровне*, который включает в себя два подуровня. На нижнем подуровне данные от различных систем канального уровня преобразуются в дейтаграммы единого формата IP, верхний подуровень объединяет различные решения в части организации маршрутизации полученных дейтаграмм.

Завершает модель *транспортный уровень*, где дейтаграммы IP собираются в кадры TCP или UDP, которые собственно и передаются по транспортной сети.

Дальнейшие уровни модели OSI уже являются уровнями управления и услуг и будут рассмотрены в следующих главах.

Как следует из рис. 4.2, не существует четкого деления технических решений по уровням OSI: некоторые технологии выполняют функции одновременно нескольких уровней, другие — только отдельных уровней или даже подуровней. Все это делает спорной эффективность применения модели OSI к описанию технологий транспортной сети. Эффективнее классифицировать поливариантные решения, присутствующие на

физическом и канальном уровне, как решения подуровня *опорных сетей*, который включает в себя технологии ВОЛС, WDM, NGSDH, оптической коммутации и магистрального Ethernet. Выше этого подуровня целесообразно ввести *подуровень пакетной коммутации*. Над ним разместим подуровень *маршрутизации*, а выше выделим подуровень *транспортной сети*, который уже полностью соответствует транспортному уровню модели OSI. Полученная модель из четырех подуровней в нашем исследовании кажется более корректной, чем модель OSI, поскольку не требует выделения в отдельных технологиях транспортной сети каких-то дополнительных слоев или элементов. В дальнейшем мы будем придерживаться именно такой классификации технологий.

Из рисунка следует не только многослойность современной концепции транспортной сети, но и поливариантность технических решений. В качестве иллюстрации можно рассмотреть пять различных методов загрузки данных коммутируемого IP (на схеме справа) в ВОСП:

$$\begin{aligned} & \text{IP} \rightarrow \text{Ethernet} \rightarrow \text{ВОСП}; \\ & \text{IP} \rightarrow \text{Ethernet} \rightarrow \text{WDM} \rightarrow \text{ВОСП}; \\ & \text{IP} \rightarrow \text{Оптическая коммутация} \rightarrow \text{WDM} \rightarrow \text{ВОСП}; \\ & \text{IP} \rightarrow \text{WDM} \rightarrow \text{ВОСП}; \\ & \text{IP} \rightarrow \text{ВОСП}. \end{aligned}$$

Таким образом, при детальном рассмотрении технология транспортной сети уже не представляет собой однородную «биомассу», под уровнем IP находится поливариантная архитектура, допускающая самые разные технические решения, а сама архитектура транспортной сети оказывается многослойной.

Вторым ключом к пониманию принципов построения технологии транспортной сети является демократизм, свойственный в целом технологии NGN. Суть его состоит в том, что все технологии, представленные на рис. 4.2, являются равноправными, равновозможными и равноценными с точки зрения их использования для построения транспортной сети. В то же время демократизм имеет свои особенности, например необходимо учитывать взаимное расположение различных технологий на уровнях архитектурной модели OSI. Так, технология NGSDH эффективна в случае, когда оператор решает проблему миграции своей сети из традиционной первичной в транспортную сеть NGN. Если же по условиям развития сети нужно строить новые сегменты, то в них целесообразнее использовать технологию Gigabit Ethernet. Точно также в условиях дефицита свободных волокон целесообразно использовать технологию WDM, тогда как в условиях прокладки нового кабеля целесообразнее использовать под технологии SDH и WDM разные волокна, и т.д.

Наконец, **третьим ключом** является понимание особенностей конвергенции технологий на этом уровне NGN. Конвергенция технологий транспортных сетей имеет ряд отличий от конвергенции сетей доступа. В сетях доступа конвергенция имеет много внешних проявлений, эти сети как технологические компоненты развиваются независимо и объединяются только на завершающем этапе создания NGN в точках подключения оборудования пользователя. Такое направление конвергенции можно рассматривать как внешнюю конвергенцию.

Для транспортной сети характерно явление внутренней конвергенции, которая предусматривает объединение технологий уже на начальном этапе построения сети. Как следует из рис. 4.2, в рамках единой транспортной сети технологии внедряются независимо только на подуровне опорных сетей. Выше этого подуровня все технологии работают с единым форматом данных (дейтаграммами IP), т.е. их следует рассматривать как единую транспортную сеть. Таким образом, транспортная сеть IP внешне выглядит как однородная «биомасса», а все границы раздела технологий скрываются в ее глубине.

В остальном конвергенция технологий в транспортных сетях NGN подчиняется общим принципам, рассмотренным в гл. 2.

Последним ключом к пониманию принципов построения современных транспортных сетей является динамика их развития. В последние 10–15 лет транспортные сети развивались под флагом миграции технологий от традиционной сети с коммутацией каналов к транспортной сети с коммутацией пакетов (рис. 4.3). На этом пути возникало много различных промежуточных решений, которые в дальнейшем включались в демократичный мир NGN.

На первом этапе развития транспортной сети доминировало понятие канала, пришедшее из традиционной первичной сети. Как следствие, сеть рассматривалась как система управления каналами. Именно в таком виде эта технология была представлена в системах WDM, где существуют несколько полос передачи (по сути каналов), и в системах оптической коммутации, которые позволяют переключать оптический сигнал с одной длины волны (канала) WDM на другую.

Появление концепции мультисервисных сетей привело к развитию транспортных технологий ATM и Frame Relay. Это позволило отказаться от понятия физического канала, сделав его менее строгим. В результате возникло понятие виртуального канала, удобного для передачи пакетного трафика между двумя точками сети. Дальнейшее развитие привело к появлению виртуальных частных сетей (VPN), которые рассматривались как выделенная и закрепленная за пользователем совокупность виртуальных каналов (ATM VPN).

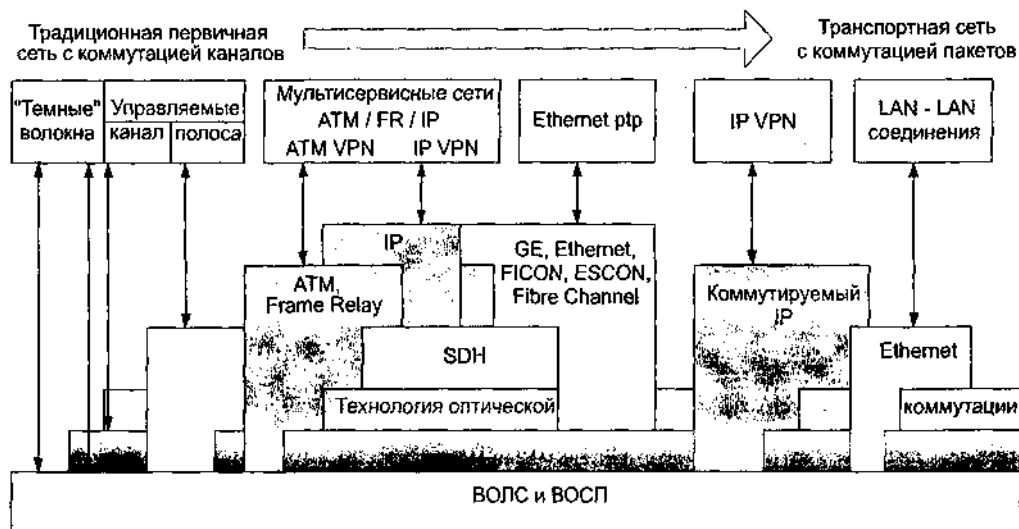


Рис. 4.3. Исторический срез развития технологий транспортных сетей

Развитие технологии Ethernet и переход этой технологии от применений в области локальных сетей к городским сетям MAN привело к тому, что появились решения, позволяющие передавать трафик Ethernet в единой «виртуальной трубе». Такая технология получила название Ethernet ptp (ptp — point-to-point, или «точка-точка»). «Виртуальная труба» в сети Ethernet представляет собой эквивалент канала, но этот канал оказывается полностью ориентированным на передачу пакетного трафика, а понятие канала в данном случае стало еще менее строгим, чем понятие виртуального канала.

Следующим этапом в развитии транспортных сетей по направлению к полностью пакетной коммутации стало развитие технологии виртуальных сетей в сети IP (IP VPN). По аналогии с ATM VPN технология IP VPN предлагала закрепить совокупность «виртуальных труб» в сети IP за отдельным пользователем. В результате понятие канала как двунаправленного обмена между двумя точками сети стало еще менее четким.

Технология IP VPN оставила заметный след в развитии транспортных сетей от коммутации каналов к коммутации пакетов. С одной стороны, она позволяет вернуться в пакетных сетях к элементам коммутации каналов, закрепляя отдельные «виртуальные трубы» в качестве отдельных VPN. С другой стороны, понятие VPN оказывается существенно шире, чем двунаправленный обмен, так что технология IP VPN позволяет формировать внутри «облака» транспортной сети любые схемы обмена данными. Такая гибкость позволила технологии IP VPN стать одним из краеугольных камней современной технологии транспортных сетей.

Развитие транспортных сетей после технологии IP VPN пошло в на-

правлении полного отказа от понятия канала и перехода к технологии коммутации пакетов. На этом этапе претерпело качественное изменение даже понятие пользователя NGN. В современной трактовке пользователем NGN является в том числе и домашняя сеть, которая вобрала в себя так много технологий, что ее можно назвать конвергентной. Соответственно, в такой трактовке транспортная сеть превращается в набор механизмов для соединения домашних сетей друг с другом, что логично приводит к технологии соединений LAN-LAN, которая развивается в настоящее время.

Таким образом, на разных этапах развития технологии пакетной коммутации появлялись различные решения, которые постепенно преобразовывали идеологию транспортных сетей, и то многообразие решений, которое мы наблюдаем на современном этапе, во многом связано с особенностями исторического развития мировой технологии связи. Если этого не учитывать, то оказываются непонятными многие явления в области современных транспортных сетей. Например, широкое использование NGSDH в качестве транспортной технологии NGN объясняется тем фактом, что долгое время только такая технология обеспечивала режим самовосстановления в случае существенных повреждений на сети. Любой радикальный сбой в сети SDH приводит к реконфигурации сети, так что обмен данными восстанавливается не более чем через 50 мс. Только сравнительно недавно технологии на базе Gigabit Ethernet продемонстрировали аналогичный уровень оперативности при переключении на резерв.

В ходе развития технологий мнялись не только решения, но и многие понятия. Вместе с тем наблюдаются и консервативные тенденции. Примером служит стремление ряда операторов к поиску эквивалента канала в современных транспортных сетях. В результате возникают проекты, построенные на современном оборудовании, но на идеологии традиционных сетей. Например, оператор может предложить организацию выделенных VPN для каждого пользователя сети, зафиксировав допустимую скорость передачи. С точки зрения идеологии сеть, построенная на таких VPN, представляет собой ни что иное, как сеть с коммутацией виртуальных каналов фиксированной пропускной способности, т.е. сеть с коммутацией каналов. Можно указать и на другие примеры, когда эволюция мышления специалистов отставала от развития техники, что неизбежно приводило к казусам.

Подводя итог вышесказанному, подчеркнем, что современное состояние технологий транспортных сетей можно понять, только соединив исторический взгляд на развитие сетей с их многослойной архитектурой и демократизмом технологических решений.

Рассмотрим подробнее принципы построения и функционирования четырех указанных выше подуровней: опорных сетей, пакетной коммутации, маршрутизации и транспорта. Это позволит нам заглянуть внутрь «биомассы» и понять основные процессы, которые протекают в ней.

Как уже говорилось во введении, в книге не предусматривалось детальное описание отдельных технологий, но это в данном случае и не нужно. Технологии, образующие предложенную выше модель транспортных сетей NGN, — это хорошо изученные и популярные технологии на отечественном и мировом рынках. Студенты или инженеры, желающие узнать больше об этих технологиях, без проблем найдут огромный теоретический и фактический материал и в книжных магазинах, и в свободном доступе в Интернете. Достаточно сказать, что технология TCP/IP каждый год рассматривается в 5–10 публикациях. Технология транспортных сетей SDH также популярна, ей посвящен ряд монографий, в том числе и исследование автора [2]. По причине большого объема знаний, связанных с технологией транспортной сети NGN, ниже будут сделаны акценты на закономерности развития различных технологий, их месте в настоящем и будущем транспортных сетей NGN, а также на те специфические изменения, которые претерпевают технологии, будучи включенными в «биомассу» транспортных сетей NGN.

4.4. Опорные сети как базовые технологии транспортных сетей

4.4.1. Волоконно-оптические системы передачи

Большая часть опорных сетей построены на базе традиционных технологий цифровых систем связи, так или иначе адаптированных к условиям передачи пакетного трафика. Как уже говорилось, на физическом уровне транспортных сетей NGN должны находиться волоконно-оптические системы передачи (ВОСП). Несмотря на то что в современных системах связи для передачи сигналов широко используют металлические кабели и радиоэфир, эти среды не подходят для построения транспортных сетей NGN. Как было показано в разд. 4.3, для передачи трафика, который собирают сети доступа, пропускная способность транспортной сети должна превышать 10 Гбит/с, а перспектива за терабитными магистральными каналами. При такой скорости передачи альтернативы оптоволоконным технологиям практически нет. Поэтому радиоэфир (радиорелейные и спутниковые каналы), а также любые системы на основе металлического кабеля (DSL, HPNA, Ethernet и пр.)



Рис. 4.4. Типовая схема волоконно-оптической линии связи

в гл. 3 рассматривались как среды передачи для сетей доступа, но не для транспортных сетей.

Типовая система волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) представлена на рис. 4.4. Следует различать волоконно-оптические линии связи и волоконно-оптические системы передачи (ВОСП). ВОЛС включает в себя только оборудование для передачи оптического сигнала по оптическому кабелю, в ВОСП входят также система передачи, принимающая электрический сигнал, и аппаратура сопряжения, которая обеспечивает преобразование электрического сигнала в оптический.

Представленная схема ВОЛС традиционна и вошла во все учебники. Такие ВОЛС используются в системах связи (в первую очередь в первичной сети) более 30 лет. Переход от традиционной первичной сети к NGN не внес принципиальных изменений в структуру кабельной оптической сети. Увеличилась лишь эффективная полоса передачи сигнала, что связано с необходимостью передавать большие массивы информации. В результате для передачи данных стали важны не только амплитудно-частотная характеристика широкополосного канала (затухание на разных частотах), но и фазочастотная (дисперсия). Влияние поляризационной модовой дисперсии (PMD) или хроматической дисперсии (CD) на качество передачи широкополосного сигнала по оптическому кабелю проявляется на скорости более 10 Гбит/с, ниже этой скорости нелинейность дисперсии не влияет на качество передачи данных. Поэтому в традиционных сетях на физическом уровне параметры PMD и CD не учитываются, но в транспортной сети NGN они становятся достаточно критичными, что было показано в монографии [33].

4.4.2. Технология спектрального разделения WDM/DWDM

Следующая технология, которая широко используется в транспортных сетях NGN, — это мультиплексирование по длинам волн WDM [33]. Назначение систем WDM состоит в переходе от передачи данных на одной длине волны с использованием разделения ресурса канала методом временного мультиплексирования (TDM) к передаче данных на разных



Рис. 4.5. Передача сигналов по оптоволокну: а — на одной длине волны (технология TDM); б — на нескольких длинах волн одновременно (технология WDM)

длинах волн (рис. 4.5) в пределах единого окна прозрачности оптоволоконного кабеля. За счет этого удается достичь высочайшей скорости передачи на отдельном волокне. Если пределом для систем TDM стали системы уровня STM-256 (40 Гбит/с), то системы WDM в настоящее время обеспечивают от 8 до 100 несущих, а общая пропускная способность таких систем достигает нескольких терабит в секунду на одном волокне.

Структура системы передачи WDM представлена на рис. 4.6. Основными блоками системы являются мультиплексор MUX, обеспечивающий объединение оптических сигналов с разными длинами волн в единый композитный сигнал, и демультиплексор DEMUX, выполняющий обратное преобразование. Следовательно, технология WDM по сути — технология канального уровня. Функции сетевого управления и обработки каналов лежат на мультиплексорах ввода-вывода (MBV) или других сетевых элементах транспортной сети.

Технологию WDM в основном используют для увеличения пропускной способности в тех сетях, где прокладка кабельной системы уже завершена, но прокладка новых кабелей затруднительна или не планируется. В настоящее время системы WDM получили распространение не только в магистральных системах передачи, но и в транспортных сетях городского и районного масштаба. Стоимость решений WDM год от года уменьшается, следовательно, уменьшается стоимость каждого канала. В настоящее время распространены два типа магистральных систем: с 40 и 100 несущими на одном кабеле. Сказанное дало основание многим

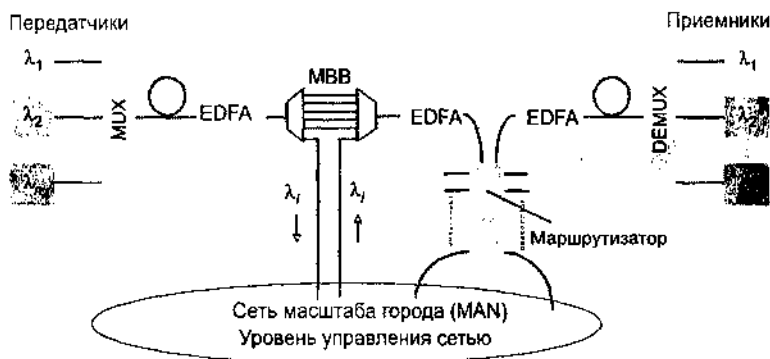


Рис. 4.6. Структура системы WDM

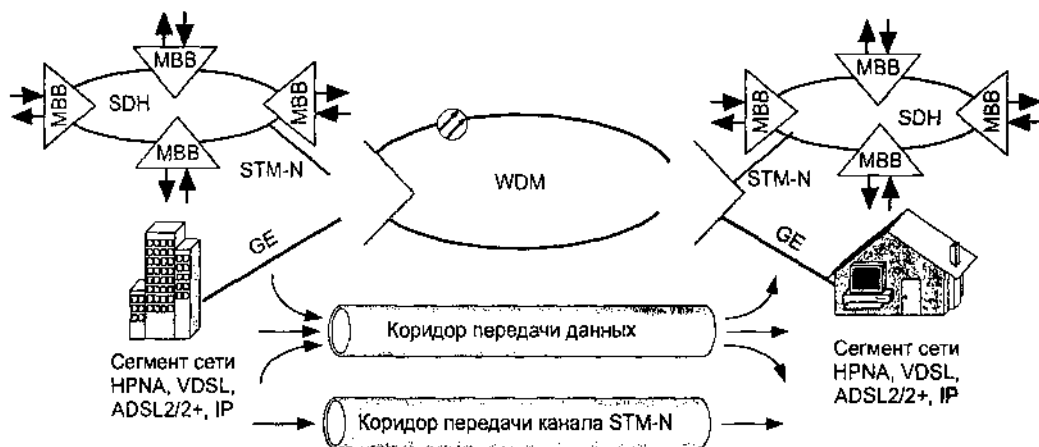


Рис. 4.7. Формирование коридоров передачи традиционного и пакетного трафиков системой WDM

операторам транспортных сетей говорить о том, что «труба» современных систем передачи может расширяться практически бесконечно, поскольку ее размер заведомо превышает существующие и перспективные объемы передаваемого трафика.

Технология WDM существенно повлияла на расстановку сил на рынке решений систем передачи. Например, она может эффективно конкурировать с технологией SDH второго поколения (NGSDH). Как показано в примере 2.3 (см. рис. 2.5) технология NGSDH позволяет эффективно передавать трафик IP и традиционный трафик TDM в одной транспортной сети. Технология WDM также позволяет объединить в единой транспортной сети традиционный и пакетный трафик. В таком случае объединение происходит не на уровне NGSDH, а на уровне WDM.

Будучи канальной системой передачи, WDM обеспечивает несколько каналов передачи оптического сигнала, что позволяет построить две параллельные сети: одну под традиционный трафик (и это будет традиционная система SDH), одну — под передачу данных (например, сеть 10 Gigabit Ethernet). Для этого технологии пакетной передачи выделяется один канал системы WDM, технологии SDH — другой канал (рис. 4.7). Сети интегрируются на основе единого оптического транспорта WDM, но разделяются на уровне оконечных мультиплексоров. В таком случае необходимость в технологии NGSDH отпадает, а «коридоры» для передачи традиционного и пакетного трафика создаются в разных спектральных окнах системы WDM.

Будущее развитие технологии WDM видится последовательным и эффективным. По мере роста трафика данных и традиционного речевого трафика будут задействованы новые каналы обмена в свобод-

ных окнах WDM. Таким образом, при всей своей простоте технология WDM предлагает довольно динамичное техническое решение, рассчитанное на развитие транспортной сети NGN и увеличение объемов передаваемого трафика.

4.4.3. Системы оптической коммутации

Как было указано выше, технология WDM позволяет использовать от 40 до 100 несущих для передачи цифровых сигналов в одном кабеле. Спектральное (оптическое) разделение позволяет говорить об окнах передачи как об отдельных широкополосных каналах*. Как следствие, логично ввести коммутацию между отдельными каналами WDM.

В начале 90-х годов появились первые системы автоматической пространственной коммутации, которые стали использоваться в качестве эффективного средства для обеспечения резервных переключений и дистанционной реконфигурации оптической сети. Однако недостатком систем являлась низкая скорость отклика на запросы от управляющего процессора, которая была в пределах 10...15 мс, что было явно недостаточно для разработки скоростного оптического коммутатора. В середине 90-х годов был выпущен первый оптический коммутатор со спектральным переключением каналов. Показатели оперативности спектральной коммутации лучше, но и здесь мировая промышленность пока далека от создания оперативного коммутатора WDM. Таким образом, в технологии оптической коммутации остается еще много проблем.

Системы оптической коммутации представляют собой системы, где сигнал коммутируется в оптическом виде. Такая коммутация представляет собой переключение оптического сигнала с длины волны (канала) λ_k волокна К в канал с длиной волны λ_m волокна М без оптоэлектронного преобразования (рис. 4.8). Как следствие, параметры качества передачи таких систем (отношение сигнал/шум, уровень помехозащитности сигнала и пр.) остаются на высоком уровне.

Применение оптической коммутации не способствует увеличению скорости передачи, а только оптимизирует управление в системах WDM. Поэтому оптическая коммутация — это средство третьего приоритета после ВОСП и WDM. Соответственно и отношение операторов к этой технологии довольно прохладное. Расширяя свое влияние на новые районы, оператор вначале планирует прокладку новых оптических кабелей и только при необходимости наращивания пропускной способности в уже развернутой сети обращает внимание на технологию WDM. Однако, если

* Спектральное мультиплексирование в оптоволокне представляет собой по сути частотное разделение, так что можно провести параллель между системами WDM и устаревшими в настоящее время аналоговыми системами связи с частотным разделением каналов.

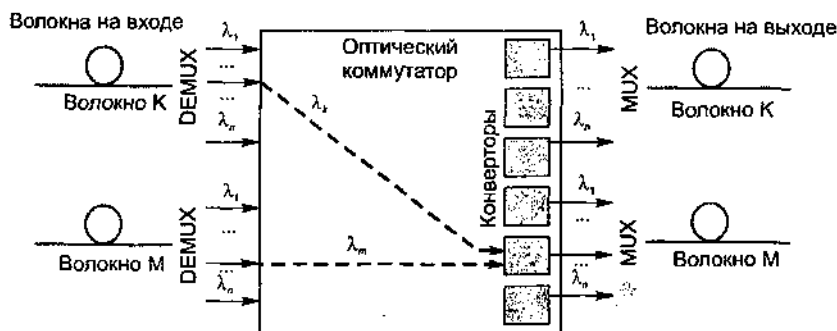


Рис. 4.8. Устройство оптического коммутатора

WDM не приводит к дальнейшему повышению эффективности использования уже проложенных кабельных систем, необходимо оптимизировать работу системы WDM за счет оптической коммутации. Таким образом, оператор делает выбор между экстенсивным и интенсивным путями развития, в последнем случае ему необходимы системы WDM и оптическая коммутация. Экстенсивное развитие проще, но дороже, интенсивное — сложнее и дешевле. Ситуация может измениться в ближайшем будущем, когда развитие систем FTTx приведет к резкому увеличению объемов передаваемого трафика. В таком случае можно будет ожидать ситуацию, когда скорость развертывания новых кабельных сетей не сможет удовлетворить росту пропускной способности транспортных сетей, и операторам придется идти по интенсивному пути развития. Пока же можно рассматривать системы оптической коммутации как одно из возможных технических решений на физическом уровне транспортных сетей NGN.

4.4.4. Системы SDH второго поколения — NGSDH

Долгое время технология SDH доминировала в качестве основы построения цифровых первичных сетей, а позже стала основной технологией для магистральных сетей связи. Диапазон скоростей достиг 10 Гбит/с при высоком уровне надежности, управляемости и гибкости.

При переходе от традиционных цифровых сетей к NGN перед технологией SDH возникла задача существенного преобразования своей структуры, чтобы соответствовать требованиям времени. Сделать это оказалось непросто, так как изначально система SDH была ориентирована на коммутацию каналов в первичной сети и не была адаптирована к использованию ее в качестве системы передачи пакетного трафика.

Для адаптации технологии SDH к новым требованиям NGN было разработано несколько технологий: PoS, LAPS, ATM, GFP и другие. В демократичном мире NGN все технологии пашли свое место, хотя некоторые из них существенно снизили эффективность использования

ресурсов SDH. Они образовали семейство систем SDH второго поколения, или технологию NGSDH. Таким образом, в результате многолетней работы проблемы адаптации были решены, и технология NGSDH стала одной из распространенных технологий транспортных сетей NGN.

Глубокий анализ технологии NGSDH и происходящих в ней процессов был сделан автором в работе [2]. Здесь же рассмотрим несколько основных принципов, которые использованы в системах NGSDH.

Первым техническим решением для адаптации технологии SDH к условиям передачи пакетного трафика стала процедура виртуальной конкатенации (VCAT) и формирования в системе NGSDH виртуальных коридоров произвольной пропускной способности. Как известно, трафик, передаваемый в системах SDH, упаковывается в контейнеры разной пропускной способности. Всего в современных сетях SDH используются три типа контейнеров (С-12, С-3 и С-4) для передачи потоков данных соответственно Е1 (2 Мбит/с), Е3 (8 Мбит/с) и Е4 (140 Мбит/с). Такая пропускная способность не соответствует реалиям современных транспортных сетей NGN, в которых передаются более высокоскоростные потоки. Например, скорости передачи данных для некоторых технологий NGN представлены ниже.

Технология	Скорость передачи данных
Ethernet	10 Мбит/с
Fast Ethernet	100 Мбит/с
Gigabit Ethernet	1,25 Гбит/с
Fibre Channel	1,06; 2,12; 10 Гбит/с
ESCON	200 Мбайт/с, или 1,6 Мбит/с

Для передачи подобных потоков данных в SDH был разработан механизм конкатенации, в соответствии с которым контейнеры С-4 могут передаваться по сети SDH в виде сцепки. Содержимое контейнеров в таком случае считается объединенным, что и формирует единый поток данных, который передается с высокой скоростью. В результате применения процедуры конкатенации на разных скоростях на выходе системы SDH появляются не только стандартные контейнеры С-12, С-3 и С-4, но также и конкатенированные контейнеры С-4-4с, С-4-16с, С-4-64с и С-4-256с. Буква «с» здесь обозначает метод последовательной конкатенации.

Метод конкатенации позволил расширить скорость передачи данных от точки к точке сети SDH, формируя определенный набор «виртуальных труб» фиксированного размера (табл. 4.1).

Однако решение проблемы передачи высокоскоростного трафика в системах SDH в виде конкатенации имело один важный недостаток: оно существенно снижает КПД системы передачи. Например, формирование коридора для передачи трафика Gigabit Ethernet (1,05 Гбит/с) методами

Таблица 4.1

Емкости конкатенированных контейнеров VC-4-Nc

Тип VC	Емкость, кбит/с	Интервал выравнивания, байт	Транспорт SDH
VC-4	149 760	3	STM-1
VC-4-4c	599 040	12	STM-4
VC-4-16c	2396 160	48	STM-16
VC-4-64c	9584 640	192	STM-64
VC-4-256c	38 338 560	768	STM-256

конкатенации требует использование контейнера VC-4-16c, что соответствует скорости 2,5 Гбит/с. Таким образом, ресурс системы SDH используется только на 42 %. Эффективность использования ресурса SDH для других приложений также невысока (табл. 4.2). Такое положение вещей могло бы устроить операторов, если бы в технологии SDH не возникали проблемы с эффективностью использования ресурсов. Вспомним, что в системах SDH используется резервирование передаваемого потока 1:1. Это означает, что КПД систем SDH уже в самой идее составляет 50 %. За счет использования заголовков, которые занимают место при передаче данных, КПД «классической» SDH становится еще меньше и достигает 42...45 %. Если теперь уменьшить КПД за счет использования процедур конкатенации, то мы получим для рассмотренного выше случая технологии GE производительность системы 17,6 %. Это даже ниже КПД первых паровозов. И конечно, верные своему инженерному призванию, разработчики технологии транспортных сетей не могли мириться с таким положением вещей.

Решение было найдено в принципе виртуальной конкатенации (VCAT). Идея VCAT состоит в том, чтобы вместо прямого «склеивания» контейнеров использовать виртуальное «склеивание» (рис. 4.9). На окончном мультиплексоре поток GE разбирается (splitting) и упаковывается (mapping) в контейнеры VC-4. Затем контейнеры передаются по сети как обычные контейнеры SDH автономно. На другом конце мультиплексор демультиплексирует нагрузку (demapping) и объединяет контейнеры (recombining) в единый поток GE. Тем самым при формировании коридора можно устанавливать его размер кратным VC-4.

Таблица 4.2

Оценка эффективности использования ресурса SDH в случае применения конкатенации и VCAT

Приложение	Применение конкатенации, %	Применение VCAT, %
Ethernet (10 Мбит/с)	VC-3 → 20	VC-12-5v → 92
Fast Ethernet (100 Мбит/с)	VC-4 → 67	VC-12-47v → 100
ESCON (200 Мбайт/с)	VC-4-4c → 33	VC-3-4v → 100
Fibre Channel (1 Гбит/с)	VC-4-16c → 33	VC-4-6v → 89
Gigabit Ethernet (1 Гбит/с)	VC-4-16c → 42	VC-4-7v → 85

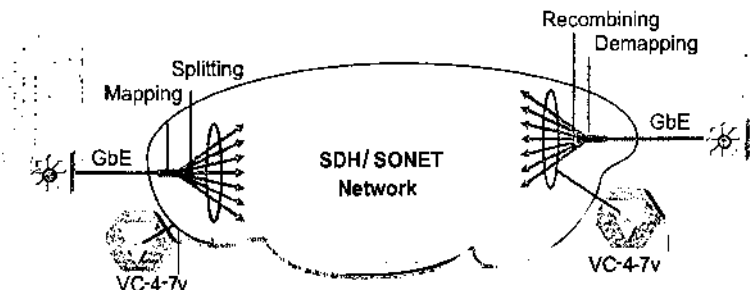


Рис. 4.9. Формирование коридора для передачи трафика Gigabit Ethernet (GbE) методами VCAT

В данном случае для формирования коридора GE можно эффективно объединить семь контейнеров VC-4, в результате чего эффективность составит 85 %, что уже вполне приемлемо. Если рассмотреть другие технологии мультисервисных сетей, то эффективность применения VCAT для них также не вызывает сомнений (см. табл. 4.2).

Удобство VCAT состоит в том, что эта процедура допускает мягкое внедрение в системы «классической» SDH без необходимости существенного преобразования самой системы связи. Действительно, из рис. 4.9 видно, что процедура VCAT может быть реализована только на двух оконечных мультиплексорах. Остальная сеть «не чувствует» применения VCAT, так как по ней передаются стандартные контейнеры VC-4. Таким образом, VCAT еще меньше, чем конкатенация, изменяет структуру «классической» SDH, одновременно предлагая более эффективное решение.

Процедура виртуальной конкатенации отличается тем, что позволяет более эффективно использовать план маршрутизации. Принятый в методе последовательной конкатенации принцип сцепки требует одного маршрута передачи контейнеров, тогда как для VCAT возможна передача каждого контейнера по своему пути (рис. 4.10).

Использование VCAT позволяет формировать в системе NGSDH различные коридоры с разным назначением, что решает задачу объединения в единой транспортной сети пакетного трафика с трафиком традиционных сетей TDM (рис. 4.11). Кроме того, применение VCAT позволило существенно увеличить КПД систем NGSDH, так что эта технология оказалась конкурентоспособной даже с новыми технологиями транспортных сетей NGN (OTN, MPLS, PWE3 и пр.).

Но в таком виде системе NGSDH не хватает гибкости. Нужно учесть, что трафик на те или иные направления может менять свою структуру. В результате желательно было бы не только создавать в рамках сети NGSDH виртуальные коридоры для передачи пакетного трафика, но и без отключения канала изменять размер виртуального коридора. Этот

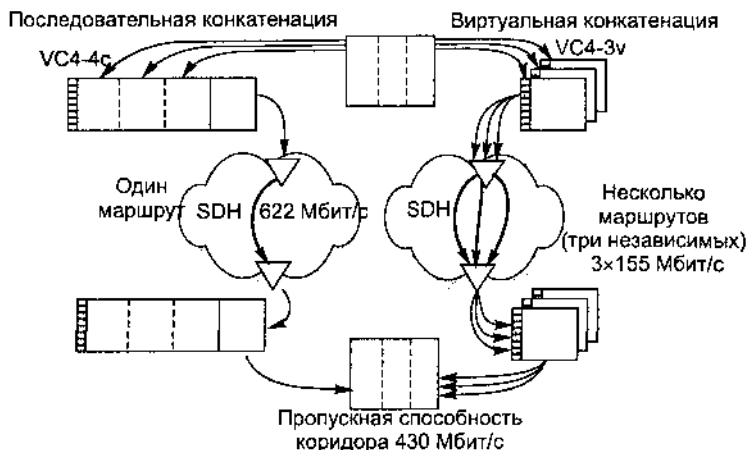


Рис. 4.10. Процедуры конкатенации и VCAT

механизм получил название LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme — схема регулирования размера канала). В основе LCAS лежит использование внутри системы NGSDH специальной системы сигнализации, которая позволяет расширять или сужать размер виртуального коридора по командам из центра управления сетью.

Например, на рис. 4.12 представлена ситуация, когда на сети уже имеется виртуальный коридор емкостью VC-4-4v, т.е. с пропускной способностью 600 Мбит/с*. Точка подключения окончных пользователей имеет интерфейс GE, т.е. 1 Гбит/с полезной нагрузки, следовательно, «бутылочное горло» в случае увеличения трафика пользователя будет находиться в виртуальном коридоре. Предположим теперь, что уровень трафика вырос. Возникает необходимость расширения виртуального коридора. Такое расширение выполняется под управлением центра NMS

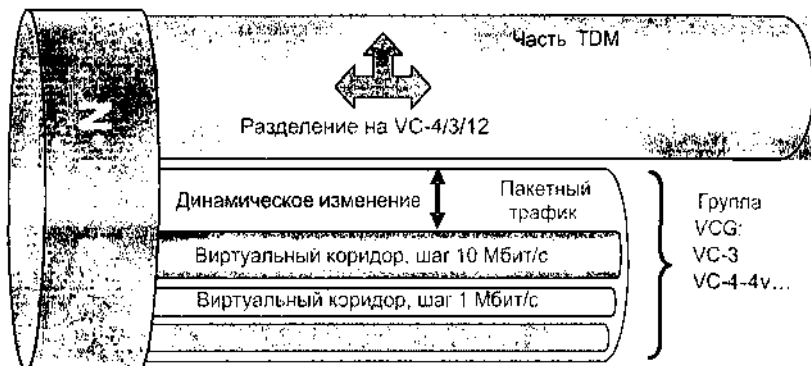


Рис. 4.11. Модель тракта системы передачи NGSDH

* Расчет в данном примере делается исходя из размера VC-4. Полезная скорость передачи будет меньше: $4 \times 140 = 560$ Мбит/с.

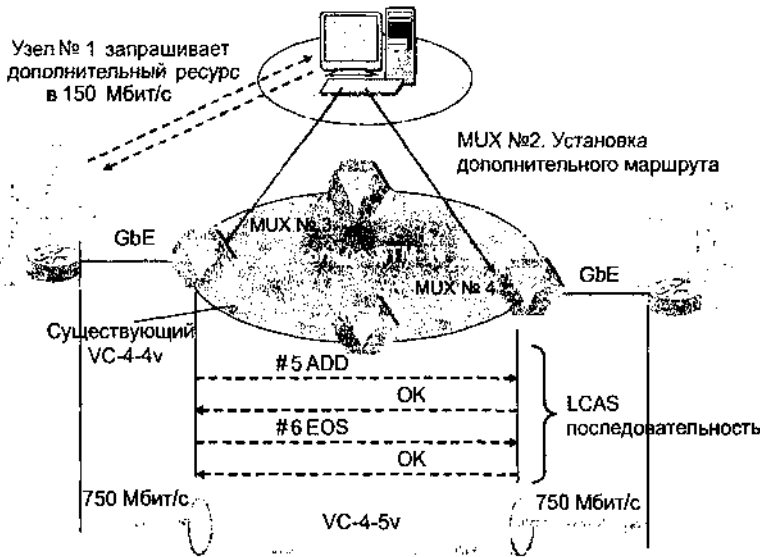


Рис. 4.12. Принцип работы LCAS

системы NGSDH. Когда узел № 1 запрашивает расширение виртуального коридора на 150 Мбит/с, центр NMS дает команду на мультиплексоры № 3 и № 4 добавить в соответствующий виртуальный коридор еще один контейнер VC-4. Оконечные мультиплексоры начинают обмен сигналами LCAS. В результате виртуальный коридор расширяется до уровня VC-4-5v, что соответствует 750 Мбит/с.

Таким образом, процедура VCAT была дополнена процедурой LCAS, что позволяет формировать в системе NGSDH «упругие» виртуальные коридоры, которые могут менять свой размер.

После создания виртуальных коридоров в сети NGSDH разработчики занялись вопросом оптимальной загрузки пакетного трафика в виртуальные коридоры. Система сигнализации LCAS позволяет управлять размером виртуального коридора, но не делает это оперативно, в режиме реального времени. В то же время характерной чертой пакетного трафика является его изменчивая структура, так что интенсивность передачи данных может существенно меняться. Для повышения эффективности использования ресурсов NGSDH необходимо предусмотреть механизм выравнивания интенсивности трафика, что и было сделано в несколько этапов.

Первоначально проблему передачи по системе SDH пакетного трафика решали существующими методами с использованием технологий HDLC или ATM (рис. 4.13). Первый метод получил название PoS (Packet over SDH). Альтернативной стала идея использовать промежуточное преобразование ATM.

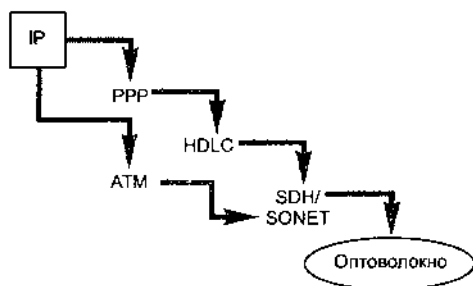


Рис. 4.13. Варианты передачи пакетного трафика через сеть SDH

передачи данных IP. На втором шаге кадры протокола PPP преобразуются в кадры формата HDLC. Необходимость этого преобразования определяется тем, что в протоколе HDLC предусмотрен специально разработанный формат данных для их передачи, ориентированной на соединение. На третьем шаге процесса PoS полученные кадры загружаются системой HDLC в виртуальные контейнеры SDH. При этом перед поступлением в систему SDH дейтаграмма IP проходит несколько стадий обработки:

- формирование кадра PPP;
- расчет контрольной суммы FCS;
- добавление байтов стаффинга для выравнивания скоростей и формирование кадра HDLC;
- загрузка кадров HDLC в систему SDH;
- передача контейнеров PoS по сети SDH.

Алгоритм PoS передачи пакетного трафика по NGSDH имел ряд достоинств и недостатков. К числу достоинств можно отнести его простоту. Действительно, вопросы пакетизации любого трафика в виде кадров HDLC в настоящее время решаются специальными микросхемами, так что реализовать PoS не представляет труда. Основным недостатком алгоритма PoS является низкий КПД использования ресурса системы. На рис. 4.14 показано типичное заполнение транспортного модуля SDH трафиком PoS. Свободное пространство заполняется «пустыми» кадрами, которые представлены 16-ричной последовательностью 7E, эквивалентной флагу кадров HDLC. На рисунке светлые поля 7E представляют флаги кадров полезной нагрузки, темные поля 7E — «пустые» кадры. График справа на рисунке показывает довольно низкую эффективность использования ресурса NGSDH. Причиной такого положения вещей является алгоритм выравнивания скорости.

Развитие технологии PoS привело к появлению протокола LAPS. Суть изменений подхода сводится к тому, чтобы не использовать схему

Как следует из рис. 4.13, технология PoS предусматривала последовательную загрузку дейтаграмм IP в сеть SDH. Поскольку в сети NGSDH формируется коридор для передачи пакетов, оказалось целесообразным выполнить сначала промежуточное преобразование дейтаграмм IP в кадры протокола PPP, который имеет ряд удобных для PoS функций, например контроль связности канала

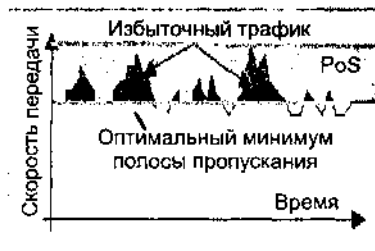
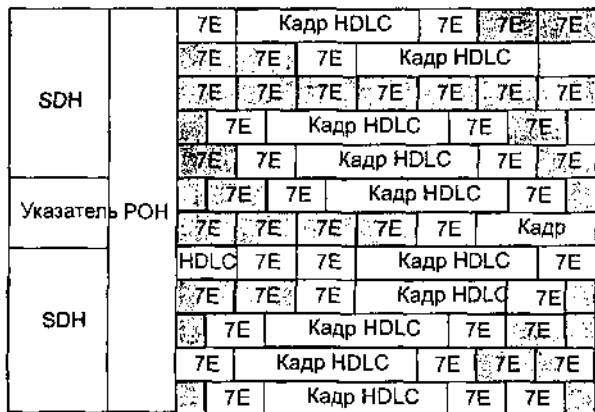


Рис. 4.14. Процедура загрузки HDLC в систему SDH и график изменения нагрузки загрузки

IP → PPP → HDLC → NGSDH,

а непосредственно загружать пакеты Ethernet в систему NGSDH:

IP → Ethernet → HDLC → NGSDH.

Но результаты применения алгоритма LAPS показали сопоставимую с PoS низкую эффективность использования ресурса сети. Единственным дополнительным преимуществом LAPS по сравнению с PoS можно считать то, что он был стандартизирован в Рек. ITU-T X.86. Но в полной мере реализоваться на рынке этот протокол не смог, так как был вытеснен более новым решением на базе GFP.

Параллельно с развитием алгоритмов PoS шло развитие метода преобразования трафика в ячейки ATM и последующей загрузки данных в сеть NGSDH:

IP → Ethernet → ATM → NGSDH.

Технология ATM хорошо подходит для решения задачи о выравнивании графика. Основой этой технологии является принцип передачи данных в виде ячеек размером 53 байта. Как следствиe, любые пакетные данные (например, кадры Ethernet размером от 64 до 1518 байтов) разделяются на блоки длиной 48 байтов и передаются по сети ATM. Эта процедура называется сегментированием данных, а соответствующая процедура — SAR (Segmentation and Reassembly — сегментация и объединение) (рис. 4.15). В результате сегментирования в систему SDH поступает последовательность ячеек фиксированного размера. Такой трафик не имеет неравномерности и идеально подходит для передачи по системе NGSDH (см. график справа). Как это часто случается, пер-

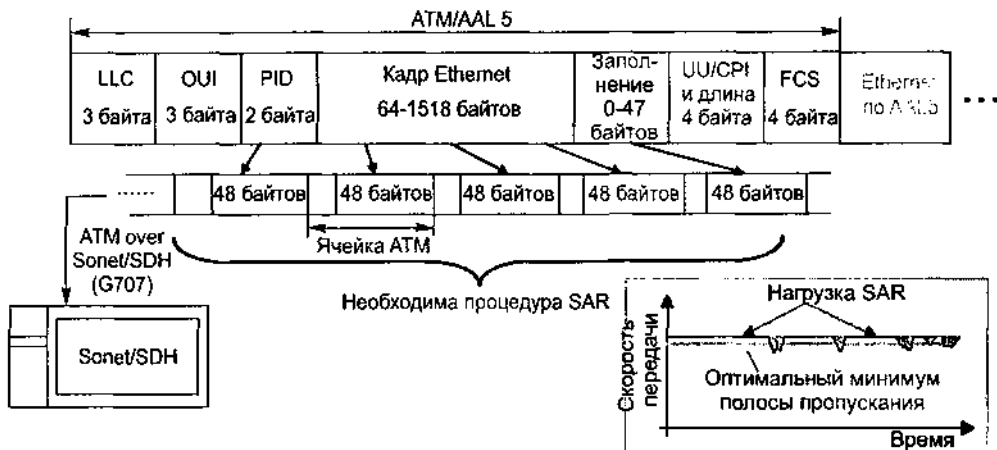


Рис. 4.15. Процедура выравнивания скоростей в алгоритме ATM

вая попытка выравнивания скоростей оказалась самой эффективной с точки зрения использования ресурса NGSDH.

К сожалению, реальная техническая реализация алгоритма SAR оказывается сравнительно дорогой в связи с ее сложностью. Кроме того, технология ATM проиграла соревнование с технологиями на основе IP и постепенно уходит с рынка.

Стремясь найти технологию, которая бы учитывала особенности пакетного трафика и одновременно не была бы слишком дорогой, разработчики предложили компромиссное решение в виде протокола GFP (General Framing Protocol), представленного на рис. 4.16.

В основу алгоритма GFP были положены несколько принципов:

- пакетный трафик передается в виде кадров GFP;
- процедура формирования кадров GFP должна быть максимально простой, чтобы избежать излишней сложности и дорогой реализации;

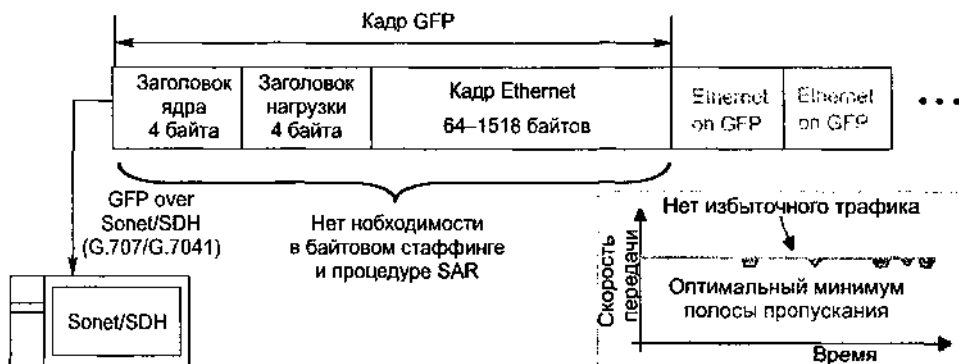


Рис. 4.16. Особенности протокола GFP

- заголовки кадров GFP должны иметь фиксированный размер для удобства их обработки;
- GFP не должен быть связан с уровнями контроля/обеспечения качества и управления пропускной способностью системы передачи;
- процедура выравнивания скоростей должна быть максимально простой;
- GFP должен быть максимально адаптирован к специфике мультисервисного трафика NGN.

Алгоритм GFP установил разумный баланс между сложностью реализации (он дешевле, чем SAR) и эффективностью использования ресурса NGSDH (лучше, чем PoS/LAPS). Как показано справа на рис. 4.16, GFP обеспечивает сравнительно высокую эффективность выравнивания скорости, т.е. выполняет функцию «размазывания» неравномерного трафика, за счет чего устраняется избыточность в ресурсе.

Ряд дополнительных преимуществ протокола GFP перед LAPS обеспечили ему абсолютную конкурентоспособность на рынке технологий.

Таким образом, четвертая попытка решения проблемы передачи пакетного трафика по сети NGSDH была признана удачной, а GFP рассматривается как наиболее эффективное решение в современной технологии NGSDH. В результате родилась поливариантная модель современных систем NGSDH, рассматривавшаяся ранее в гл. 2 (см. рис. 2.4).

Как было показано в гл. 2, в поливариантном мире транспортных сетей NGN все технологии могут в равной степени реализовываться и сосуществовать. Но наибольшую эффективность использования ресурса систем передачи в настоящий момент имеет объединенное решение VCAT → LCAS → GFP. В этой триаде каждый компонент выполняет свою роль:

- VCAT позволяет повысить эффективность использования ресурса систем передачи;
- LCAS добавляет гибкости и позволяет повысить динамику использования сети;
- GFP эффективно адаптирует пакетный трафик к загрузке в систему SDH.

За счет этой триады технология NGSDH оказалась достаточно эффективной для того, чтобы сохранить свои позиции в условиях перехода к NGN.

4.4.5. Транспортные сети Ethernet

Технология Ethernet рассматривалась в нашем исследовании в качестве одной из возможных технологий широкополосного доступа (см. разд. 3.5). Исторически технология Ethernet выросла из локальных вычислительных сетей (LAN). В этом качестве Ethernet конкурировала с

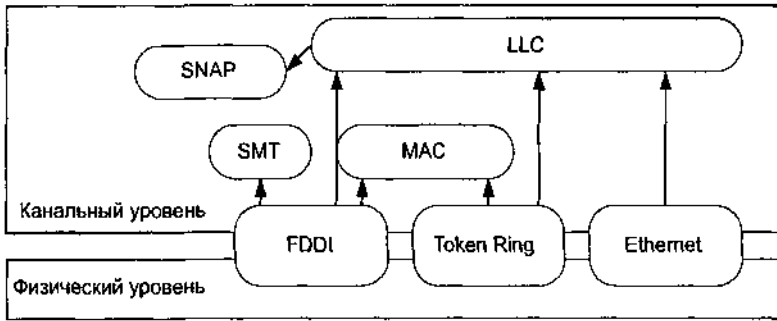


Рис. 4.17. Структура стека протоколов LAN

двумя другими технологиями — Token Ring и FDDI (рис. 4.17) и в течение сравнительно короткого времени победила эти две технологии и стала доминирующей. Поскольку до последнего времени трафик локальных сетей предприятий и офисов составлял более 80...90 % всего трафика данных, победа технологии Ethernet в сегменте локальных сетей означала, что трафик современных сетей NGN на 90...95 % состоит из кадров Ethernet.

Дальнейшее развитие технологии Ethernet пошло по пути ее масштабирования, что можно представить как «растягивание локальной сети до уровня...». От технологии локальных сетей Ethernet пришла в сети MAN, т.е. стали создаваться открытые сети городского масштаба. Затем технология Ethernet была «растянута» до уровня междугородных и национальных сетей, так что сейчас можно рассматривать ее в качестве одной из возможных технологий для транспортного уровня NGN. Вообще технология Ethernet представляет собой целое семейство технологий, отдельно для локальных (LAN), городских (MAN) и сетей доступа.

Технология Ethernet стандартизирована в Рек. IEEE 802.3 (рис. 4.18). В январе 2005 г. окончательно были определены четыре скорости передачи данных, единые для всех типов сетей Ethernet: Ethernet на скорости 10 Мбит/с, Fast Ethernet на скорости 100 Мбит/с, Gigabit Ethernet на

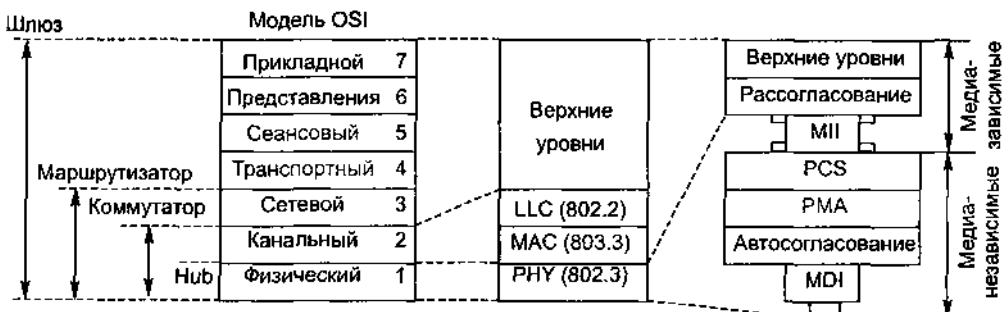


Рис. 4.18. Структура протокола Ethernet применительно к модели OSI

скорости 1 Гбит/с и 10 Gigabit Ethernet на скорости 10 Гбит/с. Указанное разделение относится ко всем несущим средам, включая витую пару, оптический кабель и беспроводные локальные сети.

Скорости в 1 и 10 Гбит/с подходят для транспортной сети. Существенным преимуществом систем Ethernet является широкая масштабируемость, которая обеспечивает эффективную конвергенцию между транспортной сетью и сетями доступа Ethernet. Кроме того, технология Ethernet оказывается максимально приближенной к стеку протоколов IP и самым распространенным форматом пользовательских данных. Все перечисленные факторы в настоящее время делают системы Ethernet самой перспективной технологией транспортных сетей NGN.

Архитектура, стандарты и принципы технологии магистральных сетей Ethernet неоднократно описаны в отечественной и переводной литературе. Здесь в рамках краткого обзора имеет смысл коснуться лишь самых основ этой технологии.

Как следует из рис. 4.18, технология Ethernet охватывает все уровни семиуровневой модели OSI. В зависимости от уровня коммутации в технологии Ethernet используются различные устройства:

- объединение сетей на уровне физической среды передачи выполняют самые простые устройства — хабы (Hub);
- коммутацию на канальном уровне выполняют коммутаторы или мосты;
- коммутацию на сетевом уровне выполняют маршрутизаторы;
- преобразование на уровне приложений выполняется различными шлюзами.

Первоначально технология Ethernet предусматривала полный доступ всех клиентских устройств к единому ресурсу сети, но по мере эволюции технологии сети были сегментированы, и в настоящее время доступ к ресурсам сети ограничен.

Стандарт IEEE 802.3 предусматривает деление протокола на четыре уровня:

1) уровень физической среды передачи (физический уровень в модели OSI), который в свою очередь делится на несколько подуровней (рис. 4.18);

2) уровень управления средой передачи (Medium Access Control — MAC);

3) уровень управления логическими соединениями (Logical Link Control — LLC);

4) верхние уровни протокола.

Современная технология транспортных сетей Ethernet ориентирована на оптическую среду передачи и широкое использование одной из

модификаций технологии Ethernet — Gigabit Ethernet (GE). Если сама технология Ethernet рождалась как технология локальных сетей, а уже затем вышла на уровень распределенных сетей и MAN, то GE изначально разрабатывалась под задачи MAN/WAN, так что GE целесообразно использовать в территориально распределенных сетях. При этом GE является наследницей классической Ethernet и очень просто сопрягается с форматами данных локальных сетей. Таким образом, достигается интеграция между локальными сетями и MAN/WAN. Будучи современной технологией, Gigabit Ethernet в полном мере адаптирована к новым технологиям и услугам в сети, например к технологии MPLS.

Как транспортная технология Gigabit Ethernet упразднила некоторые ограничения технологии Ethernet на размер сети. Эти ограничения связаны с вопросами совместного использования ресурса сети и среды передачи, а также с режимом полудуплексной передачи в сети. Технология GE должна была снять соответствующие ограничения, чтобы стать технологией высокоскоростных транспортных сетей, поэтому необходимо модифицировать стандарты Ethernet в новых условиях.

Технология сетей Gigabit Ethernet использует полнодуплексный режим передачи. К сетевым коммутаторам подключаются терминалы GE, работающие обычно с дуплексными оптическими каналами. Исключением стал стандарт 1000BASE-T, специально разработанный для постепенной миграции из стандартных сетей Ethernet UTP к сетям GE и к технологии транспортных сетей.

Стандарты для сетей Gigabit Ethernet 1000 Мбит/с появились в 1998 г. Первым стандартом стал IEEE 802.3z/ab, который определил две возможных модели архитектуры сетей Gigabit Ethernet. Одна модель получила название архитектуры 1000BASE-X (вместо X устанавливается вариант версии: CX, LX или SX) и была ориентирована на использование оптической среды передачи. Другая касалась сетей на основе витой пары UTP категории 5 или выше и получила название 1000BASE-T. Стандартизация модели также учитывала указанную двойственность: интерфейс 1000BASE-X был стандартизирован в 802.3z, а 1000BASE-T — в 802.3ab.

После стандартизации сетей Gigabit Ethernet развитие этой технологии не остановилось. Более того, очень скоро были предложены новые уровни скоростей, что привело к появлению новой технологии высокоскоростного транспорта — 10 Gigabit Ethernet или 10GE.

Технология 10 Gigabit Ethernet имеет два отличия от предыдущих версий Ethernet. Во-первых, в отличие от Gigabit Ethernet, которая может применяться на уровне локальных и транспортных сетей, технология 10 Gigabit Ethernet изначально была предложена только как

транспортная. Как следствие, в пей используются мощные оптические трансиверы с дальностью действия более 40 км и одномодовые кабели, используемые в транспортных оптических сетях. Во-вторых, в стандарт 10 Gigabit Ethernet была внесена специальная модификация (опция WAN), позволяющая прозрачно транслировать данные 10 Gigabit Ethernet по транспортным сетям NGSDH. Во многих случаях появились решения, интегрирующие технологии SDH и 10 Gigabit Ethernet, а также комбинированные системы WDM/SDH/10GE.

Стандарты 10 Gigabit Ethernet были приняты, а оборудование постепенно начало внедряться на сетях, включая и сети отечественных операторов. Современный этап развития технологии Gigabit Ethernet можно охарактеризовать как опытное внедрение сетей 10GE и постепенный переход от технологии Gigabit Ethernet (в этой книге — GE) к 10GE на транспортных сетях WAN.

Но уже сейчас в лабораториях решается вопрос о дальнейшем развитии технологии Gigabit Ethernet и о будущих взаимосвязях ее с технологией SDH. В основном разработчики сейчас работают над созданием высокоскоростного оборудования SDH уровня 40 Гбит/с или STM-256. Для таких сетей передача в одном их контейнеров трафика 10GE становится вполне реализуемой. С другой стороны, разработчики технологии Gigabit Ethernet также не стоят на месте, предлагая пилот-проекты оборудования 40 Gigabit Ethernet, которые будет соответствовать объемам трафика NGSDH. В то же время некоторые горячие головы предлагают по-прежнему следовать стратегии увеличения технологии на 10, сразу предлагая разработки 100 Gigabit Ethernet, однако в целом процесс разработки такой технологии буксует.

Дело в том, что в настоящее время операторы более охотно внедряют технологию WDM и развертывают сети Gigabit Ethernet в разных каналах WDM. Такой подход обещает быструю отдачу в отличие от неясных перспектив разработки супервысокоскоростной технологии 40/100GE. На уровне локальных сетей по-прежнему доминирует технология Fast Ethernet (100 Мбит/с), хотя в последнее время многие отмечают, что недостаток пропускной способности этой технологии ощущается год от года более отчетливо.

Таким образом, современное состояние развития Ethernet можно характеризовать как доминирующее положение технологии Gigabit Ethernet на уровне транспортных сетей с ясной перспективой перехода на 10GE и доминантой технологии 100BASE-T на уровне локальных сетей с постепенным переходом к GE. Последняя оказывается наиболее интересной для современного состояния и на ближайшую перспективу.

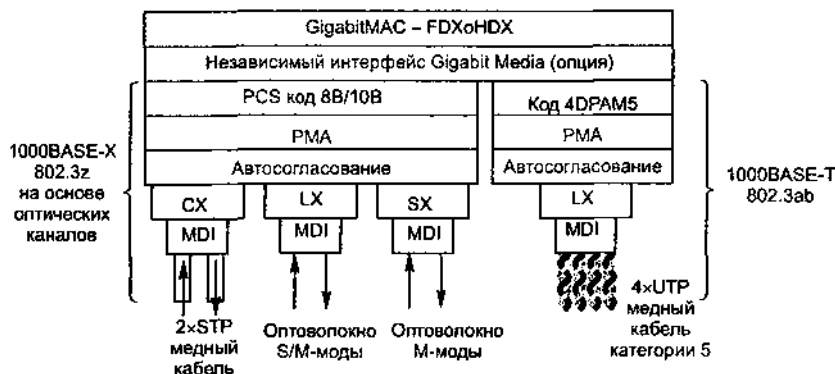


Рис. 4.19. Архитектура современных сетей Gigabit Ethernet

Рассмотрим архитектуру сети Gigabit Ethernet (рис. 4.19). Справа представлен стандарт IEEE 802.3ab (1000BASE-T) поверх кабелей UTP, слева — стандарт IEEE 802.3z (1000BASE-X) поверх оптического кабеля. Технология этой сети использует те же форматы кадров и типы протоколов, что и ее предшественницы — Ethernet/Fast Ethernet. Это дает возможность безболезненно мигрировать от одного уровня технологии Ethernet к другому без существенных капитальных затрат. Архитектурная модель на рис. 4.19 расширена до модели на рис. 4.20. Отличительными чертами технологии Gigabit Ethernet стали уровни MAC и Gigabit MII (GMII) вместо MII для адаптации технологии к новой среде передачи и новой скорости передачи кадров, а также существенная переработка стандартов физического уровня.

Основные изменения в архитектуре Gigabit Ethernet по сравнению с Ethernet коснулись физического уровня 1000BASE-X (теперь здесь используется оптический кабель) и уровня кодирования (PCS), поскольку

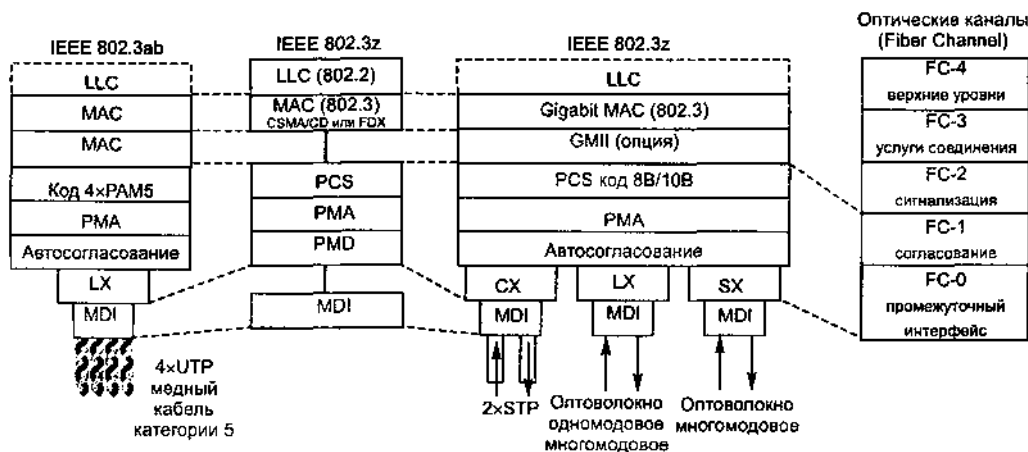


Рис. 4.20. Модель протокола Gigabit Ethernet IEEE 802.3

было предложено, чтобы технология Gigabit Ethernet опиралась на принципы кодирования и передачи сетей Fiber Channel (уровни FC-0 и FC-1). Тот факт, что данные Fiber Channel передаются по системе NGSDH прозрачно формирует основу для конвергенции сетей Gigabit Ethernet и NGSDH, о которой говорилось выше. Действительно, если использовать кодирование и протокол физического уровня Fiber Channel, то данные Gigabit Ethernet будут без существенного преобразования проходить через транспортные сети NGSDH. В результате транспортные сети Gigabit Ethernet и NGSDH вместо того, чтобы интегрироваться «по-соседски», оказываются самыми ближайшими родственниками, связываясь на основе протокола GFP. Так формируется основа глубочайшей конвергенции двух технологий, которая еще даст себя знать в будущем.

4.5. Уровень пакетной коммутации. Совокупность «виртуальных труб»

4.5.1. Формат дейтаграммы IP

Как следует из многослойной архитектуры современных транспортных сетей, представленной на рис. 4.2, унификация технологий происходит на уровне пакетной коммутации IP, который находится выше уровня опорных сетей и занимает в соответствии с моделью OSI уровни 2 и 3.

Следует отметить, что современная динамика развития технологий транспортных сетей вносит коррективы в выбор технологии единого транспорта. Все чаще роль единого транспорта отводится технологии Ethernet, поскольку в настоящее время более 90 % трафика от сетей доступа пакетизировано в виде кадров Ethernet. Тем не менее, говорить о том, что технология Ethernet в настоящее время является единым транспортом, нельзя по двум причинам:

- существуют сегменты современных транспортных сетей, в которых нет технологии Ethernet, поэтому эта технология пока не полностью проникла в транспортную сеть;
- технология Ethernet представляет собой в большей степени концепцию, в которой объединены довольно разнородные технологические элементы (Ethernet разного типа, Gigabit Ethernet, 10GE и пр.), так что говорить о единых стандартах и принципах построения системы невозможно.

Как показано на рис. 4.2, технология Ethernet находится уровнем ниже технологии IP, так что изменение концепции единого транспорта с технологии IP на технологию Ethernet не противоречит идее внутренней конвергенции транспортных сетей, сформулированной в разд. 3.3.4.

Если в будущем технология Ethernet займет место технологии IP как стандарта единого транспорта, то этот шаг будет также развитием современной концепции IP, поскольку в таком случае можно будет говорить о стандарте единого транспорта «Ethernet поверх IP».

Так что несмотря на широкое распространение технологии и стандартов Ethernet, на роль единого стандарта транспортного уровня претендует IP. В этом разделе мы рассмотрим основы технологии IP и принципы функционирования унифицированной транспортной сети. Поскольку технология IP занимает пограничное положение и фактически объединяет различные технологии уровня опорных сетей в единую «биомассу» транспортной сети, рассмотрение технологии IP целесообразно сделать более глубоким.

В основе технологии IP лежит принцип использования дейтаграмм для передачи информации. Дейтаграммный метод отличается от принципов передачи с использованием виртуального канала, которые долгое время доминировали в системах связи. Отличие двух методов передачи было рассмотрено в примере 2.7 разд. 2.3.3, где было показано, что победа дейтаграммного принципа маршрутизации трафика является отражением принципа децентрализации в общей философии NGN.

Формат дейтаграммы IP (рис. 4.21) имеет ключевое значение, поскольку эта структура обеспечивает унифицированную передачу данных по транспортной сети NGN. Дейтаграмма состоит из заголовка и поля данных. Особенность дейтаграммного алгоритма маршрутизации данных требует относительно большой длины заголовка дейтаграммы. Лаконичность протоколов маршрутизации, связанных с виртуальным каналом, в данном случае оказывается недостижимой, поскольку каждая дейтаграмма должна содержать всю необходимую информацию для ее передачи по сети.

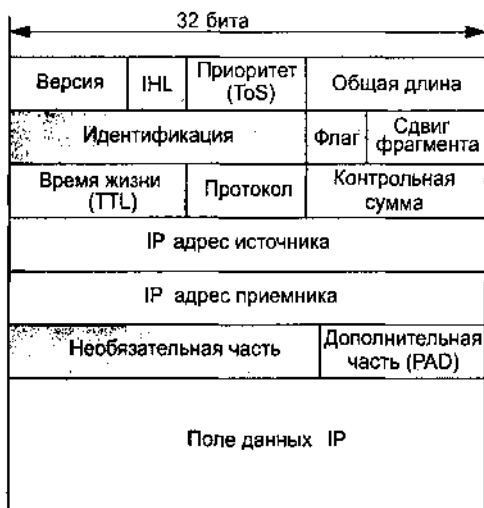


Рис. 4.21. Формат дейтаграммы IP

Заголовок дейтаграммы состоит из нескольких полей (рис. 4.21).

Поле *Версия* содержит информацию о версии протокола, что позволяет использовать разные версии протокола IP на разных узлах или участках сети.

Поле *IHL* содержит информацию о длине заголовка датаграммы, поскольку сам заголовок имеет переменную длину. В состав заголов-

ка дейтаграммы входят поля *Общая длина*, *Идентификация*, *Флаг*, *Сдвиг фрагмента*, *Время жизни (TTL)*, *Протокол*, *Контрольная сумма*, *IP адрес источника*, *IP адрес приемника*, *Необязательная часть* и *Дополнительная часть (PAD)*.

ка входит обязательная (15 байтов) и дополнительная (до 40 байтов) части.

Поле *Приоритет (ToS)*, называемое также полем типа услуги, определяет приоритетность в обслуживании дейтаграммы. Исторически это поле содержало информацию о приоритетности, задержке, полосе передачи данных и надежности передачи. Но со временем поле потеряло свое значение, поскольку в современной технологии приоритетность задается другими методами. В результате некоторые маршрутизаторы вообще игнорируют это поле.

Поле *Общая длина* дейтаграммы устанавливает размер дейтаграммы IP. Максимальный размер дейтаграммы составляет 65 535 байтов, но есть тенденция к пересмотру этого стандарта и переходу к более длинным пакетам.

Поле *Идентификация* позволяет получателю определить, какой дейтаграмме принадлежат получаемые фрагменты данных

Поле *Сдвиг фрагмента* используется во всех случаях передачи фрагментированных данных, когда блок данных разделяется на фрагменты. Это поле показывает положение принятого фрагмента в общем блоке данных.

Поле *Время жизни (TTL)* используется для контроля процессов передачи данных в транспортной сети. TTL определяет максимально допустимое количество переприемов пакета в сети и уменьшается на единицу каждым маршрутизатором. Пакеты с TTL = 0 уничтожаются. Это позволяет избежать закольцовок трафика, когда пакеты блуждают в сети по кругу бесконечно при самых минимальных нарушениях в процессе маршрутизации.

Поле *Протокол* связано с процессом, в котором используется дейтаграмма. Например, в качестве протокола могут быть установлены значения UDP, TCP и пр.

Контрольная сумма заголовка используется для контроля возможных ошибок в заголовке.

Адресные поля отправителя и получателя используются в процессе маршрутизации дейтаграммы по транспортной сети.

Завершает заголовок поле *Необязательная информация*, которое может присутствовать или отсутствовать в разных дейтаграммах. В случае, если это поле не кратно 4 байтам, для симметричности заголовка заполняется *Дополнительное поле (PAD)*.

Таким образом, заголовок дейтаграммы представляет собой довольно сложную структуру, многие поля которой могут казаться избыточными. Но такова объективная плата за принцип децентрализации NGN и

механизм дейтаграммной передачи данных, принятый в IP. Как будет показано ниже, принцип дейтаграммной маршрутизации оказывается для многих задач существенно эффективнее принципа виртуального канала.

4.5.2. Концепция заголовков

Для различных технологий, использующих в качестве среды передачи IP, характерна определенная концепция заголовков, которая оказывается единой практически для всех сегментов современной структуры транспортных сетей. Суть этой концепции заключается в том, что информация между разными уровнями протоколов на основе IP передается в заголовках дейтаграммы, причем имеет место принцип вложенных заголовков. Эта концепция заголовков не ограничивается только уровнем IP и выше, но распространяется также на уровень ниже, проявляясь в кадровой структуре Ethernet.

В качестве иллюстрации на рис. 4.22 показано, каким образом осуществляется принцип вложенности заголовков для распространенных протоколов на основе Ethernet и IP. Назначение протоколов состоит в следующем:

- технология виртуальных локальных сетей VLAN позволяет создавать имитацию работы пользователя в офисной локальной сети даже при условии, что он подключен к глобальной сети;
- протокол PPP используется для передачи данных между двумя пунктами связи, формируя виртуальный коридор;
- технология MPLS позволяет эффективно маршрутизировать трафик в транспортной сети и одновременно следить за политикой обеспечения параметров качества;
- технология TCP позволяет передавать данные в режиме «пользователь-пользователь» на уровне 4 модели OSI.

На первый взгляд представленная система вложенности заголовков противоречива, поскольку часто заголовки добавляются к структуре кадра справа, а иногда слева. В случае прямой вложенности кадров их заголовки добавляются справа. Например, если кадры Ethernet являются транспортом уровня 2 для IP-дейтаграмм уровня 3, то заголовок Ethernet будет находиться слева, а заголовок IP справа. Прямая вложенность связана с объективным разделением технологий по уровням модели OSI. Согласно этой модели кадры Ethernet уровня 2 являются транспортом для пакетов уровня 3 IP, а те в свою очередь являются транспортом для кадров TCP.

Существует и обратная вложенность, когда для транспортировки данных используется дополнительный транспортный механизм. Например, кадры Ethernet стандартно переносят трафик IP, но для обеспече-

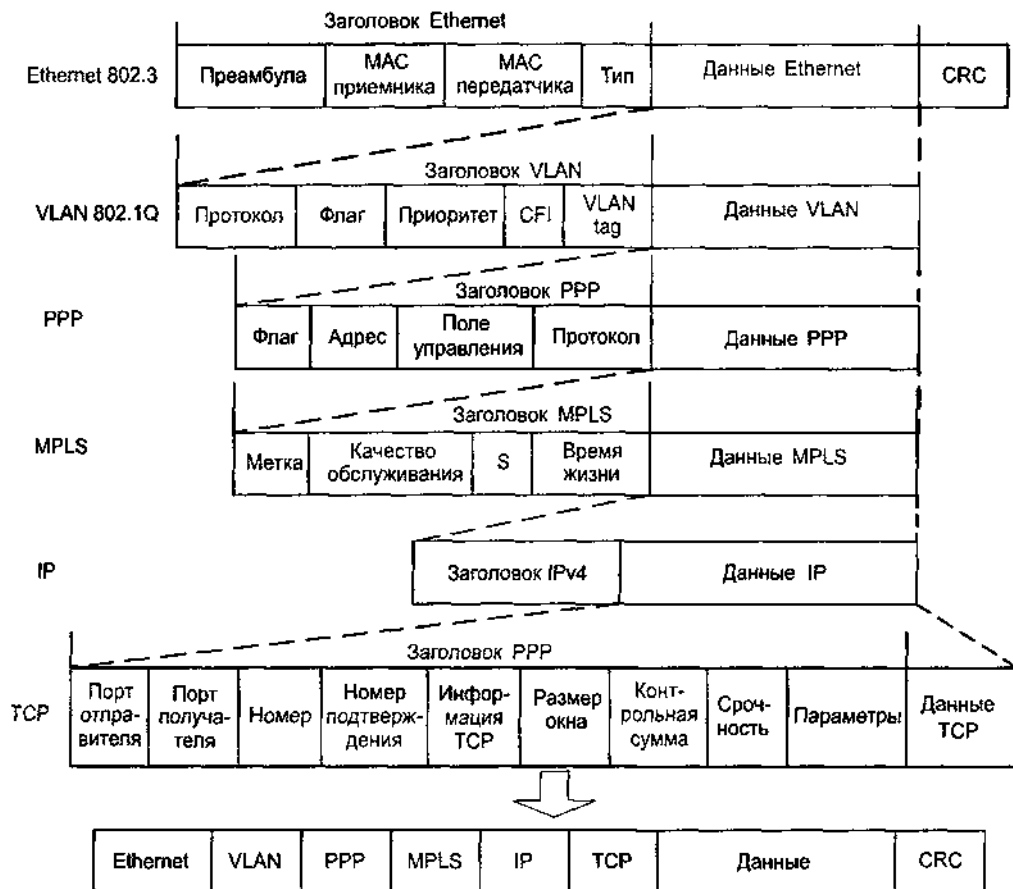


Рис. 4.22. Принцип вложенности заголовков

ния более высоких показателей качества может использоваться дополнительный механизм MPLS. В таком случае кадры MPLS выступают в роли контейнеров для передачи пакетов IP. Соответственно, структура нагрузки кадра Ethernet будет меняться: вместо пакета IP в качестве нагрузки будут загружены кадры MPLS, которые будут транспортом для пакетов IP. Но в таком случае заголовок MPLS появится между заголовком Ethernet и заголовком IP, несмотря на то, что структурно технология MPLS является надстройкой над уровнем IP.

Формальная техническая логика прямой и обратной вложенности заголовков не до конца может объяснить порядок следования заголовков в случае полной их реализации. Скорее всего, порядок следования заголовков, представленный на рис. 4.22 внизу, в составе дейтаграммы можно объяснить историческими особенностями появления тех или иных технических решений.

Демократичность технологии транспортных сетей NGN предусматривает поливариантность реализации различных схем и соответствующих форматов данных. В этом смысле общая схема заголовков на рис. 4.22 внизу представляет собой максимально возможный заголовок, тогда как на практике могут быть реализованы различные варианты передачи данных и соответствующие им структуры кадров. Например, в отсутствие технологии VLAN в транспортной сети соответствующий заголовок не используется и т.д.

4.5.3. Многоуровневая адресация в системе IP

Одной из основ правильной работы транспортной сети является маршрутизация, которая, в свою очередь, невозможна без правильно построенной системы адресации. В технологии дейтаграммной маршрутизации адресная информация тем более оказывается ценной, поскольку дейтаграммы передаются по индивидуальным маршрутам и, следовательно, в заголовке каждой дейтаграммы должна содержаться одна и та же адресная информация.

В технологии современных транспортных сетей используются два уровня адресации: на канальном уровне адресация передается в кадрах Ethernet и называется адресацией уровня MAC (см. рис. 4.22); на сетевом уровне адресация передается в дейтаграммах IP (см. рис. 4.21).

Уровень MAC. Адресное поле уровня MAC используется на канальном уровне для согласования работы оконечных устройств и подключения порта приемника к порту передатчика. С точки зрения функционирования транспортной сети как единого целого уровень адресации MAC имеет локальное значение. Кадры Ethernet, в которых передается в настоящее время более 90 % трафика, содержат в себе информацию о портах источника и приемника, которая передается в виде MAC-адресов. Если между двумя портами возникает нарушение на уровне MAC-адресов, то соответствующие кадры уничтожаются. С этим нюансом технологии, в частности, связан тот факт, что тестовые шлейфы, привычные для эксплуатации систем передачи, в транспортных сетях NGN оказываются трудно реализуемыми. Для установления шлейфа нельзя только установить физическую перемычку с канала передачи на канал приема, поскольку одинаковые MAC-адреса в этом случае не позволяют передать данные. Для правильной установки шлейфа необходимо использовать разные порты и программировать соответствующим образом адреса. Проходя через коммутатор Ethernet, кадр претерпевает изменения, его MAC-адресация полностью изменяется в соответствии с новыми данными о MAC-адресах нового направления.

Уровень IP. Адрес IP представляет собой очень важный элемент системы маршрутизации в транспортной сети. Очень часто рассмотрение IP-адресации делается в контексте исследования принципов работы Интернет, поскольку все устройства современных сетей связи, вне зависимости от уровня принадлежности, имеют свои адреса IP.

Все адреса IP имеют размер 32 бита, что создает адресное пространство, образующее более 4 млрд свободных адресов. Этого не хватает на всех жителей планеты, поэтому в настоящее время стандарт IPv4, использующий формат дейтаграммы рис. 4.21, пересматривается в пользу нового стандарта IPv6, который рассмотрен ниже.

Поскольку размер адреса составляет 4 байта, исторически было принято отображать его в виде четырех десятичных чисел, разделенных точками, по одному числу на каждый байт. Например, шестнадцатеричный адрес C0290614 записывается как 192.41.6.20.

Все IP-адреса традиционно делятся на несколько классов:

класс А, начинающийся с 0;

класс В, начинающийся с 10;

класс С, начинающийся с 110;

класс D, начинающийся с 1110 и используемый для широковещательных рассылок данных;

класс E, начинающийся с 11110 и зарезервированный под будущие задачи использования сетей.

Для каждого класса предусмотрена своя структура адресного поля, которая может быть найдена в [7] (рис. 4.23). Как следует из рисунка, для трех основных классов адресов, определяющих местоположение компьютера (хоста) в сети, адрес состоит из адреса сети и адреса хоста в сети. Таким образом создается двухуровневая адресация пользователей в транспортной сети.

Различие IPv4 и IPv6. Использование нескольких классов адресов в формате IPv4 привело к тому, что общее количество возможных адресов в сети связи стало даже меньше максимально возможных 4 млрд. Но и в случае 4 млрд адресное поле IPv4 оказывается недостаточным для будущего развития технологии NGN. Революционная доктрина NGN

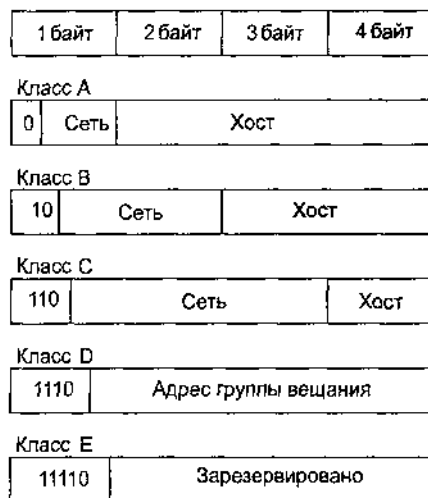


Рис. 4.23. Классы адресного пространства IP

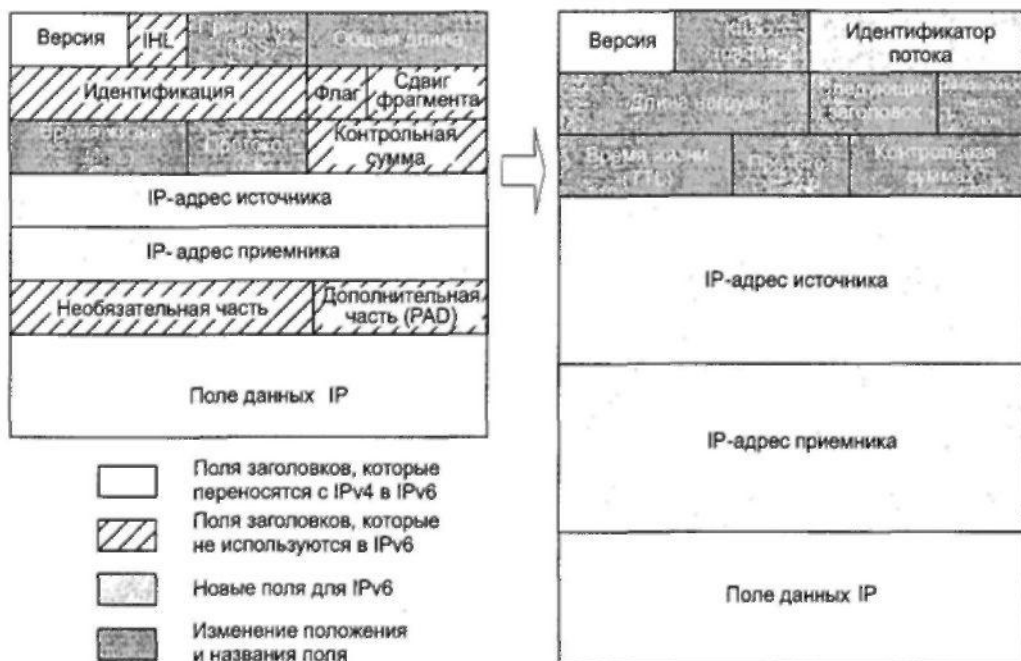


Рис. 4.24. Различия заголовков стандарта IPv4 и IPv6

подразумевает изменение самих принципов связи. Вместо традиционных связей «человек–человек» предусматривается связи «компьютер–компьютер». Как было показано в гл. 1 и 2, это приводит к ситуации, когда абонентами сети становятся не только люди, но и информационные ресурсы. Как следствие, еще в начале 90-х годов стало понятно, что адресного пространства IPv4 окажется недостаточно для обеспечения всех жителей планеты и новых информационных ресурсов соответствующими адресами.

Решение было найдено в виде нового формата дейтаграммы IP, получившего название IPv6. Различия между форматом данных IPv4 и IPv6 представлены на рис. 4.24. Основные отличия нового протокола состоят в следующем:

- увеличился размер адресного поля до 16 байтов;
- упростился формат дейтаграммы;
- уменьшился размер таблиц маршрутизации и ускорилась обработка дейтаграмм новым поколением маршрутизаторов IP;
- улучшены функции защиты данных, в протокол внесены функции аутентификации и шифрования;
- введены функции контроля качества услуг и контроля класса услуг, особенно критичные для трафика реального времени;
- упрощена работы вещательных и многоадресных рассылок данных;

- предусмотрена возможность изменения положения компьютера в сети без изменения его адреса (функции роуминга абонентов в пределах сети).

Процесс перехода от IPv4 к IPv6 оказался сложным и растянутым во времени. Архитектура протокола IPv6 подразумевала возможность сосуществования двух версий протокола в единой транспортной сети в течении долгого времени, что дало повод консерваторам не стремиться к быстрому внедрению IPv6. Некоторые оптимистичные прогнозы предсказывают переход на IPv6 за одно-два десятилетия, тогда как пессимистичные аналитики говорят, что этого не произойдет никогда. В то же время количество доступных адресов современного Интернет на основе IPv4 неуклонно сокращается, так что рано или поздно возникнет необходимость перехода к IPv6*.

К скорому переходу к IPv6 ведет и новая концепция перехода к ГИО, предложенная совсем недавно производителями компьютеров и бытовой электроники. В новой доктрине NGN предусматривается переход к от связей «компьютер-компьютер» к связям «процессор-процессор». В таком случае в мировую сеть будут подключена вся бытовая электроника современного дома.

Вне зависимости от успеха новой доктрины «поющих кофемолок» в настоящее время именно эта доктрина предусматривает быстрый процесс занятия всех свободных IP-адресов и является главным стимулом к переходу к IPv6. Так что есть все основания ожидать скорой победы этого формата адресных полей.

4.6. Маршрутизация в транспортных сетях IP

4.6.1. Алгоритмы маршрутизации

Наличие адресов отправителя и получателя является необходимым условием для корректной доставки пакетов по транспортной сети. Но для этого необходимо определить правила использования адресной информации для оптимального выбора маршрута передачи дейтаграмм по транспортной сети. Решение вопроса маршрутизации трафика является ключевым, поскольку основными функциями транспортного уровня

* В 1996 г. 190 университетов США совместно с несколькими ведущими корпорациями приступили к работам над созданием сети «Интернет-2», которая работает по протоколу IPv6. В настоящее время в США построены две магистрали Интернета-2. Оптические каналы одной из этих магистралей обеспечивают пропускную способность 622 Мбит/с. Пропускная способность второй магистрали составляет до 10 Гбит/с. Все это позволяет вести потоковое медиавещание со скоростью до 70 Мбит/с. Участки Интернета-2 появились в Японии, Китае. В России фирма «Корбина Телеком» в 2004 г. продемонстрировала возможности Интернета-2. — *Прим. ред.*

модели SCTA являются обработка трафика, собранного на уровне сетей доступа, и его распределение по сети NGN.

При разработке принципов маршрутизации трафика в транспортных сетях NGN во всей полноте проявился принцип демократичности NGN. Большая часть алгоритмов, протоколов и принципов маршрутизации трафика пришла из технологии Интернета, что и определило многообразие решений в этой области.

В системах маршрутизации формируются адресные поля (таблицы), которые указывают направление маршрутизации. Как было показано выше, в современных транспортных сетях используется принцип многоуровневой адресации (на уровне MAC и на уровне IP). В то же время адресация на уровне IP оказывается поливариантной, в настоящее время используется формат адреса IPv4, но постепенно будет происходить переход к IPv6.

Таким образом, формирование технических решений в части маршрутизации представляет собой сложный процесс, в котором участвуют поливариантные алгоритмы маршрутизации, разнообразные протоколы маршрутизации и несколько вариантов стандартов адресации. В таком поливариантном пространстве технических решений ярко проявляются основные принципы NGN: демократичность, поливариантность и конвергенция. Ниже будут рассмотрены основные алгоритмы маршрутизации и протоколы маршрутизации, используемые в современных транспортных сетях.

В настоящее время существует несколько алгоритмов маршрутизации. Они могут быть статическими и динамическими, ориентированными и не ориентированными на установление соединения, широковещательными и индивидуальными — и все они в той или иной степени присутствуют в современной технологии транспортных сетей NGN.

Статический алгоритм маршрутизации представляет собой наиболее простой алгоритм, когда направления маршрутизации зафиксированы по группам адресов. По сути такая схема маршрутизации может в равной степени использоваться в сетях с коммутацией пакетов и сетях с коммутацией каналов, так что в теории и практике связи принципы статической маршрутизации хорошо изучены и используются не одно десятилетие.

Как было сказано выше, в транспортной сети на основе дейтаграммной передачи данных имеется возможность выбирать маршрут передачи каждой дейтаграммы индивидуально. При этом можно использовать принцип динамической маршрутизации, изменяя направления маршрутизации трафика во времени. Один из возможных вариантов динамической маршрутизации — это изменение плана маршрутизации в соот-

ветствии с новыми данными о состоянии сети, которые получают маршрутизаторы. В таком случае возникают адаптивные алгоритмы маршрутизации. Динамические и особенно адаптивные алгоритмы маршрутизации представляют наибольший интерес в современной теории построения транспортных сетей, поскольку они обеспечивают наибольшую устойчивость работы сети и наилучшие показатели эффективности использования ее ресурсов.

В целом уместна аналогия между различными формами пассажиропотока и современными методами построения систем маршрутизации. Принципы маршрутизации с использованием виртуальных каналов можно сравнить с вариантом перевозки людей в современные города из области на электричках. Электричка представляет собой контейнер определенного размера (количество пассажиров), который перевозит полезную нагрузку по фиксированному маршруту. Дейтаграммный принцип маршрутизации подразумевает, что люди из области в город перемещаются в собственных автомобилях. Каждый водитель индивидуально выбирает маршрут в соответствии со своим опытом и текущей информацией о пробках на дорогах. Кстати, такая аналогия показывает, что с точки зрения цели поездки различие между двумя вариантами маршрутизации не существует, поскольку в конце концов пассажиры электричек и автолюбители собираются вместе в одних и те же офисах. Но данная аналогия хорошо демонстрирует, что для дейтаграммных сетей целесообразно использовать именно динамические алгоритмы маршрутизации трафика.

Большинство алгоритмов динамической маршрутизации можно свести к следующим основным группам:

- алгоритмы заливки;
- маршрутизация на основе вектора расстояния;
- маршрутизация на основе оценки состояния канала (выбор на основе кратчайшего пути), при которой воссоздается точная топология всей сети;
- иерархическая маршрутизация;
- широковещательная маршрутизация;
- гибридный подход, объединяющий вышеуказанные алгоритмы.

Наиболее простой алгоритм динамической маршрутизации — это алгоритм заливки. В соответствии с этим алгоритмом маршрутизатор пересылает принятый пакет по всем направлениям связи. В результате вся сеть наполняется дубликатами передаваемого пакета. В пакете устанавливается определенное значение параметра времени жизни TTL (см. рис. 4.21), которое уменьшается на единицу на каждом пункте транзита. В качестве иллюстрации работы такого алгоритма на рис. 4.25

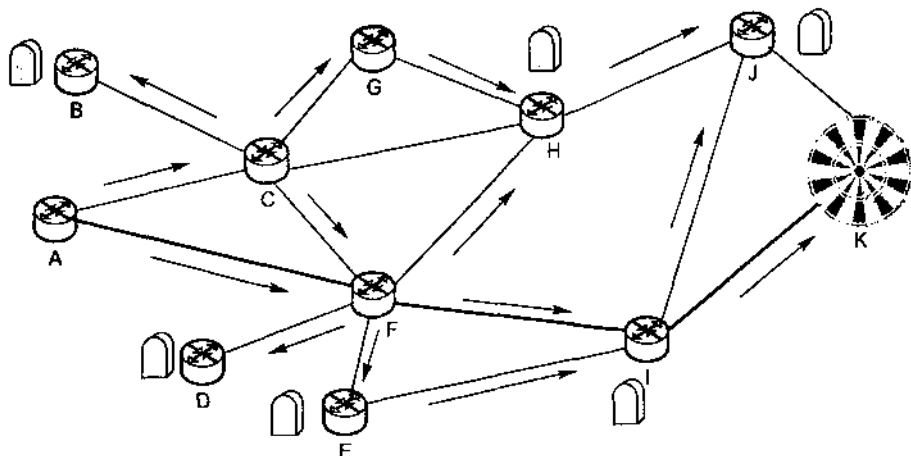


Рис. 4.25. Иллюстрация к алгоритму заливки

представлена схема передачи данных от узла А до узла К. Как следует из рисунка, кратчайшим является маршрут А — F — I — К. Все остальные маршруты оказываются длиннее этого и для передаваемого пакета являются тупиковыми. При установке параметра TTL = 3 только по маршруту А — F — I — К будут переданы данные, по всем остальным направлениям пакеты будут уничтожены, как только значение параметра TTL станет равным 0.

Алгоритм заливки представляет собой очень простой и в то же время абсолютно надежный алгоритм передачи данных по пакетной сети. Даже в случае существенного повреждения сети связь по такому алгоритму оказывается возможной, если сохраняется хотя бы один действующий маршрут, соединяющий две точки сети. По этой причине этот алгоритм до сих пор используется в специализированных сетях и сетях военного назначения.

Очевидным недостатком алгоритма заливки является низкая эффективность использования ресурсов сети, поскольку все каналы сети загружены дубликатами. По этой причине едва ли уместно использование алгоритма заливки в разветвленных сетях. В теории пакетных сетей связи существуют различные методы оптимизации алгоритма заливки, которые образуют семейство алгоритмов **выборочной заливки**. Как правило, все они используют различные методы, позволяющие дублировать пакеты не по всем, а только по определенным направлениям. Это повышает эффективность использования ресурсов, но не решает проблему КПД алгоритма.

В современных транспортных сетях большее распространение получили алгоритмы маршрутизации по вектору расстояний и с учетом состояния канала связи.

Алгоритмы маршрутизации на основе **вектора расстояния** (алгоритмы Беллмана–Форда) основаны на использовании таблиц маршрутизации, где устанавливается приоритетность передачи данных по направлениям. Алгоритмы предусматривают периодическую передачу копий таблиц маршрутизации от одного маршрутизатора другому. Такие передачи позволяют актуализировать изменения в топологии сети.

Каждый маршрутизатор получает информацию от соседнего маршрутизатора. При изменении информации в таблицу маршрутизации добавляется вектор расстояния (например, число транзитов), и далее информация передается следующему маршрутизатору.

В данных алгоритмах каждый маршрутизатор начинает с идентификации или исследования состояния своих соседей. Расстояние до маршрутизатора непосредственно подключенной сети равно 0. Продолжая процесс исследования векторов расстояния в сети, маршрутизаторы обнаруживают наилучший путь до пункта назначения на основе информации от всех соседей. Каждая запись в таблице маршрутизации содержит кумулятивное значение векторов расстояния, показывающее насколько далеко данная сеть находится в этом направлении.

При изменении топологии сети, использующей протокол на основе вектора расстояния, таблицы маршрутизации должны быть обновлены, а маршрутизаторам необходимо отослать свою таблицу маршрутизации каждому непосредственному соседу.

Алгоритмы маршрутизации на основе вектора расстояний хорошо зарекомендовали себя во времена развертывания однородных сетей типа ARPANET, когда соединения между маршрутизаторами были одинаковыми (например, в сети ARPANET все соединения имели одинаковую пропускную способность — 56 кбит/с).

Развитие технологии транспортных сетей потребовало внести в алгоритмы маршрутизации фактор дифференцирования направлений по параметрам качества соединений. Например, если в сети присутствуют соединения разной пропускной способности, то наивысший приоритет должен отдаваться каналу с более широкой полосой передачи и т.д. В результате появились алгоритмы маршрутизации с **учетом состояния канала связи**. В основе таких алгоритмов лежит понятие обобщенной стоимости канала связи. В зависимости от задач маршрутизации в качестве обобщенной стоимости могут выступать различные параметры: время задержки передачи данных, пропускная способность канала, вероятность потери пакета, данные о топологии, любые другие параметры и их комбинации. Минимальная стоимость направления, характерная для первого кратчайшего пути (Shortest Path First, SPF), определяет наивысший приоритет для маршрутизации пакетов.

Маршрутизаторы, обеспечивающие передачу данных с учетом состояния канала связи, должны поддерживать базу данных топологической информации. Для обновления данных о топологии сети используются специальные служебные сообщения о состоянии канала (Link State Advertisements, LSA). LSA позволяют актуализировать информацию о стоимости различных направлений. Обычно макроязык LSA включает несколько сообщений: приветствие Hello, запрос статуса направления и отклик на запрос. Иногда в зависимости от версии протокола передачи данных служебные сообщения дополняются одним или несколькими дополнительными, иногда запрос статуса направления совмещается с сообщением Hello. Механизма LSA оказывается достаточно для того, чтобы поддерживать в таблицах маршрутизации каждого узлового элемента актуальные данные о топологии и стоимости передачи каждого пакета по основным направлениям.

Использование LSA позволяет реализовать метод адаптивной маршрутизации (напомним, что адаптивность является одним из фундаментальных принципов построения NGN). В соответствии с этим принципом на сети существует постоянный обмен сообщениями LSA между узлами, в результате которого происходит мониторинг состояния сети, с одной стороны, и одновременно постоянная модернизация плана маршрутизации — с другой.

Наиболее простая схема обмена сообщениями Hello позволяет маршрутизаторам диагностировать любые изменения в топологии транспортной сети. Возникновение сбоя на одном из направлений изменяет приоритетность в таблицах маршрутизации всех узлов сети, так что изменение связности графа транспортной сети становится известно на всех узлах и тем самым приводит к динамическому изменению плана маршрутизации. В результате транспортная сеть адаптируется к изменениям топологии, т.е. система маршрутизации становится адаптивной.

Применение динамической (адаптивной) маршрутизации приводит к тому, что транспортная сеть становится более устойчивой и может в полной мере продемонстрировать концепцию самозалечивающихся сетей, при этом одновременно сохраняя высокую эффективность использования ресурса. Такой план маршрутизации привлекателен, так как выдержан в современной идеологии Plug&Play. Добавление нового узла к системе связи приводит к обмену сообщениями Hello, так что новый маршрутизатор сам «прописывается» в динамическом плане маршрутизации. Привнесение идеологии Plug&Play в современные системы связи — несомненное достижение технологии транспортных сетей NGN. В традиционной первичной сети каждый маршрут прописывался вручную, что существенно снижает гибкость и реакцию транспортной сети на

рост трафика. Адаптивная маршрутизация позволяет решить проблему борьбы с перегрузками. Поскольку в качестве показателя обобщенной стоимости может использоваться время задержки пакета в очередях, перегрузка на направлении объективно должна увеличивать стоимость и снижать приоритет пакета.

В то же время применение адаптивной маршрутизации делает транспортную сеть лишь частично подконтрольной оператору. Поскольку такой метод маршрутизации предусматривает разделение ответственности в выборе маршрута между оператором (запланировавшим размещение узловых элементов сети) и самим оборудованием (маршрутизатор сам выбирает маршрут передачи), то вполне логичным является сомнение в том, что такая система маршрутизации не выйдет из-под контроля. Действительно, серьезные исследования принципов маршрутизации по вектору состояния [7] показывают, что у этого алгоритма существуют нестабильные состояния. Для борьбы с ними в составе протоколов на основе данного алгоритма предусматриваются различные механизмы контроля, однако все они имеют характер технологических «костылей», следовательно, исключить фактор нестабильности полностью невозможно.

Например, для маршрутизации трафика в транспортной сети существенной оказалась проблема сходимости алгоритма. Именно этот фактор явился одним из двигателей в разработке различных алгоритмов маршрутизации трафика. В случае возникновения различных сбоев и неисправностей в системе маршрутизации (сбой на направлении, возникновение перегрузки, изменение состояния и параметров качества передачи и пр.) система маршрутизации должна изменить схему обмена данными, восстановив связность каналов обмена дейтаграммами между сегментами сети или отдельными точками. Оперативность реакции сети на возникшие воздействия зависит от того, насколько оперативно протокол, реализующий данный алгоритм, диагностирует возникший сбой и обеспечивает изменение плана маршрутизации. Степень реакции системы на возникающие сбои называется сходимостью алгоритма. Существует несколько теоретических проблем (например, в [7] описана проблема счета до бесконечности), свойственных некоторым алгоритмам, которые могут вообще приводить к состояниям несходимости при определенных условиях и комбинациях негативных факторов. Система маршрутизации в таком состоянии может постоянно изменять план маршрутизации, пока один или несколько сегментов сети не будут полностью дестабилизированы и непригодны в качестве транспорта пакетного трафика. Выходом из такого состояния может стать только перезагрузка маршрутизаторов, в результате которой будет утерян весь план маршрутизации. Ситуация очень напоминает лавинный процесс, в результате которого

будут затронуты самые разные участки транспортной сети. Поэтому состояние нестабильности или несходимости системы маршрутизации признаны в технологии недопустимыми, и в разных протоколах устанавливаются различные варианты защиты от возможных лавинных процессов.

Тем не менее преимущества маршрутизации по вектору состояния столь существенны, что в настоящее время этот алгоритм доминирует в технологии транспортных сетей NGN. В демократичном мире NGN не отрицаются и другие алгоритмы, более того, они используются различными протоколами, но стратегически адаптивная маршрутизация в настоящее время признана наиболее эффективной.

Наличие разнообразных алгоритмов маршрутизации и их реализаций, включая наиболее распространенный алгоритм маршрутизации по вектору состояния, отличающийся адаптивностью, делает структуру транспортной сети довольно разнородной. Здесь снова оказывается уместным образ «биомассы», живущей по своим законам и наполненной разными процессами. В этой «биомассе» могут сочетаться процессы дублирования пакетов и «расползания» их по сети в соответствии с алгоритмами заливки, постоянные потоки, связанные со статистической маршрутизацией, и процессы адаптивной маршрутизации, напоминающие своей непредсказуемостью движение потока машин в современном городе. Все эти процессы передачи дейтаграмм уживаются и совмещаются в едином символе «облака», которым чаще всего на схемах обозначается транспортная сеть.

Разнообразие технологий транспортных сетей далеко не исчерпывается различными алгоритмами маршрутизации. Алгоритм по своему назначению представляет лишь метод передачи пакетного трафика от одной точки к другой. Этот метод становится техническим решением, получая реализацию в различных протоколах транспортной сети.

4.6.2. Протоколы маршрутизации трафика

На основе алгоритмов маршрутизации строится семейство протоколов маршрутизации, каждый из которых определяет правила поиска маршрута для трафика в транспортной сети. Протокол использует один или несколько алгоритмов маршрутизации, но также является демократичным технологическим решением. В зависимости от ситуации могут использоваться различные реализации протокола. Кроме того, у каждого протокола существует набор настроек, которые позволяют адаптировать его к реальной ситуации и задачам маршрутизации. И наоборот, в зависимости от специфики использования протокола алгоритм маршрутизации получает определенную трактовку и определенную реализацию.

Протоколы маршрутизации обычно опираются на использование маршрутных таблиц, на основании которых осуществляется передача данных на отдельные направления. Динамическая маршрутизация предусматривает, что таблицы маршрутизации не являются фиксированными и корректируются в случае изменений в сети. В результате протокол разделяется на две подсистемы: одна обеспечивает обмен сигнализацией для передачи обновленных маршрутных таблиц, вторая обеспечивает непосредственно перенос трафика в транспортной сети.

Чем сложнее оказывается топология транспортной сети, тем сложнее актуализировать информацию в маршрутных таблицах. В транспортной сети с динамической маршрутизацией должен существовать принцип полновязности, т.е. каждый маршрутизатор должен иметь информацию о состоянии другого маршрутизатора и корректировать соответственно таблицу маршрутизации. Практически реализовать такой принцип сложно уже при количестве маршрутизаторов в сети более 100, поскольку простая комбинаторика потребует в плане маршрутизации актуализировать в реальном времени более 9 тыс. соединений, а на каждом маршрутизаторе будет таблица из 99 направлений связи. Для актуализации информации в такой сети требуется огромное количество сигнальных сообщений, объем которых должен расти как квадрат N (от количества узлов) и на каком-то этапе превысит объем транспортного трафика.

Для разрешения указанного парадокса в транспортной сети предусматривается иерархическая маршрутизация из двух уровней. Вся транспортная сеть разделяется на автономные области. У всех маршрутизаторов автономной области имеется одна и та же база данных состояния канала и один алгоритм выбора кратчайшего пути в системе маршрутизации между областью и всей остальной сетью. В результате маршрутизатор не работает над выстраиванием пути переноса трафика между областью и внешним миром, ориентируясь только на расчет оптимального маршрута внутри области. Такой протокол называется протоколом внутреннего шлюза.

Автономные области связываются между собой каналами или через маршрутизаторы. При этом маршрутизаторы между областями обеспечивают оптимальный выбор внешнего пути, для чего используется протокол внешнего шлюза.

Пограничные маршрутизаторы должны поддерживать актуализированную базу данных как автономной области, так и внешнего пространства. Обычно эти узловыe элементы поддерживают оба типа протоколов.

Разделение транспортной сети на два уровня иерархии позволяет ограничить количество маршрутизаторов в одной области и тем самым повышает управляемость транспортной сети и исключает регресс в сто-

рону увеличения объемов сигнального трафика. В современном состоянии технологии транспортных сетей считается, что двух уровней иерархии достаточно для решения проблемы сигнального трафика, но не исключен вариант внесения еще одного уровня иерархии в будущем.

Следует подчеркнуть, что иерархичность протоколов несколько не ограничивает демократичность концепции транспортных сетей. Само понятие автономной области представляется очень размытым, что дает возможность оператору по своему усмотрению устанавливать размер и количество автономных областей и назначать использование различных протоколов. Современные маршрутизаторы ведущих фирм-производителей позволяют переключать режимы работы с протокола внутреннего шлюза на протокол внешнего шлюза. Тем самым по мере развития транспортной сети может меняться статус отдельного маршрутизатора.

Ниже будут кратко рассмотрены наиболее часто используемые протоколы маршрутизации в современных транспортных сетях.

Протокол RIP. Протокол дистанционно-векторной маршрутизации RIP (Routing Information Protocol) представляет собой первый протокол внутреннего шлюза, разработанный на заре развития технологии пакетных сетей связи для известного проекта ARPANET. В настоящее время RIP признан окончательно устаревшим, чем и оправдал свое название*. Тем не менее он встречается не только на страницах технологических монографий. В демократичном мире NGN RIP может использоваться в сегментах транспортных сетей небольшого масштаба. В основе протокола RIP лежит использование известного алгоритма маршрутизации Беллмана-Форда, обеспечивающий неплохие показатели для небольших сетей. С увеличением количества маршрутизаторов в сети существенно снижается быстродействие алгоритма, так что уже в 1979 г. начались поиски его альтернативы, которые увенчались успехом с разработки в конце 80-х годов протокола OSPF.

Протокол OSPF (Open Shortest Path First) представляет собой современный протокол внутреннего шлюза. Со времени его появления протокол объективно претерпел много изменений. В настоящее время различают протоколы OSPFv2 и OSPFv3.

Протокол OSPFv2 был разработан в качестве средства управления большой сетью на основе IP, разделенной на небольшие сегменты — зоны. Разделение сети на зоны позволило уменьшить требования к объему памяти и производительности центральных процессоров маршрутизаторов сети. Вместо устаревшего алгоритма Беллмана-Форда в протоколе

* В католицизме сокращение RIP означает «Покойся с миром», так что эти буквы являются наиболее распространенной эпитафией на могиле.

OSPF используется алгоритм выбора кратчайшего пути Дейкстры [7], который обеспечивает лучшую сходимость, чем в протоколе RIP.

В протоколе OSPF используется пять типов сигнальных сообщений:

- 1) сообщения типа HELLO для обмена данными о наличии маршрутизаторов в сети;
- 2) обновление данных о состоянии канала;
- 3) подтверждение состояния канала;
- 4) описание базы данных, которое позволяет оценить уровень актуальности таблиц маршрутизации;
- 5) запрос о состоянии канала.

Для передачи сигнальных сообщений в OSPFv2 использовался свой формат кадра, который может быть легко найден в соответствующих стандартах и документах RFC. Одной из важных составляющих функционирования протокола OSPF является проверка графа в системе маршрутизации на отсутствие возможных закольцовок трафика.

Использование протокола OSPFv2 позволило реализовать разные схемы организации связи в транспортной сети: «точка-точка», «точка-многоточка», «вещание», «групповая рассылка без режима вещания», «виртуальная частная сеть».

В основе принципов маршрутизации лежит использование в сигнальных сообщениях многоуровневых идентификаторов (ID): ID маршрутизатора, ID зоны, ID состояния канала.

Все перечисленные технические особенности протокола почти без изменений перешли в новую версию OSPFv3. Необходимость разработки новой версии протокола была обусловлена появлением нового формата адресации IPv6. В этой версии протокола изменен состав сообщений, что позволило адаптировать протокол OSPF к специфике адресации IPv6 и оптимизировать процессы обмена сигнальными данными. Кроме того, в новый протокол была внесена функция аутентификации, важная для внедрения в сеть политики управления правами доступа к ресурсам транспортной сети.

Протокол BGP (Border Gateway Protocol) представляет собой современный протокол внешнего шлюза. Поскольку протокол BGP относится не к замкнутым автономным областям (AS) сети, а к внешнему пространству между ними, он представляет собой более сложный технологический элемент системы маршрутизации.

Не вдаваясь в глубокое исследование протокола BGP, можно выделить следующие его характерные черты как протокола маршрутизации:

- каждый маршрутизатор BGP имеет информацию о всех сегментах сети в своем окружении;

- поддерживаются несколько связей между AS, каждая из которых используется либо как основное, либо как резервное направление маршрутизации;
- допускает сигнальный обмен транзитом через зону AS, так что он присутствует не только во внешнем к AS пространстве, но и внутри отдельных AS;
- информация в системе маршрутизации включает в себя данные о сети (AS) получателя данных, следующем за каналом направлении маршрутизации, перечне AS (E-BGP) и локальном приоритете для маршрутизации (I-BGP);
- последняя версия протокола BGP (BGP4) предусматривает подсистему маршрутизации между областями без указания класса передаваемого трафика CIDR (Classless Inter-Domain Routing).

В протоколе BGP используется алгоритм маршрутизации по вектору состояния, что позволяет в сочетании с протоколом OSPF обеспечить полностью динамичную систему маршрутизации. В качестве критерия состояния направления передачи выбирается метрика качества из целого ряда факторов (скорость, задержка, стабильность, стоимость, количество направлений обмена и пр.). Отражением принципа децентрализации NGN является тот факт, что метрика состояния направления выбирается администратором сети, так что у разных операторов может существовать разная политика приоритетности в обслуживании трафика. Это повышает эффективность протокола, делает его гибким и позволяет реализовать различные стратегии маршрутизации. Обратной стороной такой гибкости является повышение ответственности оператора за свою политику.

Протокол BGP предусматривает три типа соединений (рис. 4.26):

- 1) маршрутизация между AS (Exterior или E-BGP);
- 2) маршрутизация внутри AS (Interior или I-BGP);
- 3) транзитные маршрутные соединения.

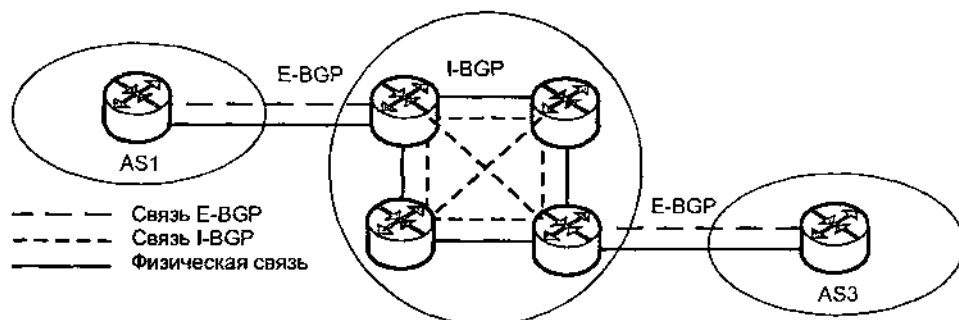


Рис. 4.26. Соединения внутри системы маршрутизации BGP

Таким образом, сложность протокола BGP дополняется еще и тем, что в составе этого протокола присутствует две подсистемы сигнализации E-BGP и I-BGP. Между этими подсистемами много различий. Процесс настройки и взаимодействия маршрутизаторов с использованием каждой системы сигнализации существенно отличается. Но главным отличием подсистем E-BGP и I-BGP является их взаимодействие с протоколами транспортного уровня, в частности с TCP. Для протокола TCP важным оказывается указание конечной точки взаимодействия с протоколом сетевого уровня. Для подсистемы E-BGP конец маршрута представляет собой порт с физическим адресом, тогда как для подсистемы I-BGP конец маршрута имеет виртуальный адрес. Есть и много иных отличий, которые делают эти две подсистемы сигнализации разными, но обсуждение их выходит за рамки данного исследования.

4.7. Многопротокольная архитектура транспортных сетей

Современная транспортная сеть NGN, построенная на основе технологии IP, помимо уже рассмотренных протоколов маршрутизации, использует огромное количество различных протоколов и их модификаций. Как было показано в гл. 1–3, технологии транспортной сети используют протоколы уровней 2–4 модели OSI, т.е. протоколы канального, сетевого и транспортного уровней. Наиболее популярные протоколы транспортной сети IP представлены на рис. 4.27 с указанием различных внутренних связей между ними.

На первый взгляд кажется, что такое многообразие протоколов в современной транспортной сети представляется заведомо избыточным. Но указанному разнообразию есть свои оправдания. По сравнению с традиционными сетями, построенными на принципах коммутации каналов и по этой причине топологически довольно простых, транспортные сети NGN оказываются существенно более многообразными по решаемым задачам. Например, в транспортной сети должны быть предусмотрены не только связи «точка–точка», но и «точка–многоточка», «точка–все пользователи», а также «многоточка–многоточка» с различными режимами выбора участников связи и компенсацией дубликатов. Поэтому для обеспечения функционирования транспортной сети в разных режимах используются разные протоколы.

Принцип демократичности NGN позволяет разным группам разработчиков реализовывать разные стратегии управления процессами переноса трафика. Поэтому современная технология транспортных сетей наводнена различными протоколами и их модификациями, отражающими

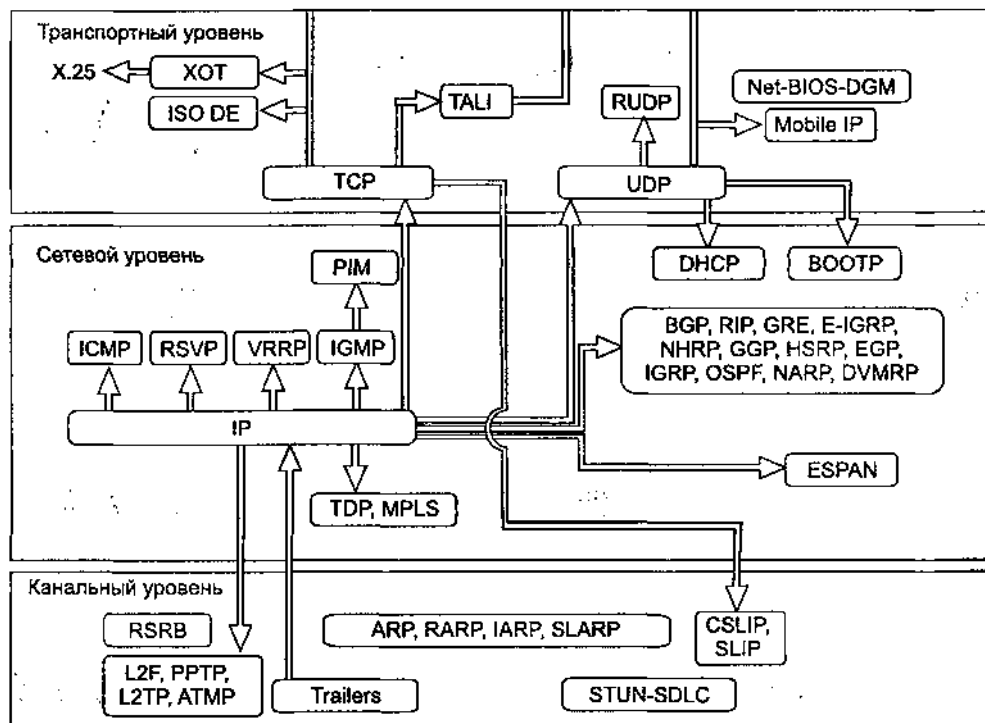


Рис. 4.27. Протоколы современной транспортной сети

ми разные точки зрения на процессы маршрутизации, управления этими процессами и оптимизацию этого управления.

При исследовании протоколов современной транспортной сети необходимо учитывать также историю возникновения различных технических решений. Как правило, технические решения возникают как ответ на новые задачи, появляющиеся в ходе научно-технической революции NGN. Например, ниже будет показано, что изменение концепции услуг приводит к появлению новых требований к режимам функционирования транспортной сети. Технология отвечает появлением новых процедур маршрутизации, управления, контроля качества и оптимизации, в результате появляются целые семейства новых протоколов. В то же время принцип демократичности сохраняет все предыдущие технологические решения до тех пор, пока будут существовать соответствующие им процессы в транспортной сети.

Все перечисленные принципы породили в настоящее время многообразный мир современных протоколов, часть которого представлена на рис. 4.27. Каждый из указанных на рисунке протоколов представляет собой цельную технологию со своими форматами сообщений, принципами обмена сигналами, информационными полями, множеством модифи-

каций и приложений. Собственно протоколом можно считать отдельную технологию, которая, следуя логике перманентной новизны NGN, представляет собой не просто отдельный мир со своими законами, но и открытое поле для творчества. Исследование даже в самой грубой форме этого многообразного мира представляет собой сложную задачу. Например, в монографии [7] был сделан общий анализ соответствующих технологий, но на это потребовалось более 800 страниц, а монография [28], посвященная только одному протоколу MPLS, включает в себя более 300 страниц. По причине такого богатства материала в настоящем обзоре выделены лишь самые общие черты различных протоколов и сделан акцент в большей степени на исследование того места, которое занимает тот или иной протокол в общей структуре современных транспортных сетей.

В целом все рассмотренные выше протоколы можно разделить на несколько классов.

1. Протоколы туннелирования уровня 2, обеспечивающие создание в транспортной сети «виртуальных труб», или туннелей для передачи трафика.

2. Протоколы маршрутизации трафика уровня 3, обеспечивающие различные топологические схемы маршрутизации трафика, в том числе и на основе принципов адаптивной маршрутизации.

3. Протоколы, обеспечивающие определенный уровень качества передачи данных в транспортной сети.

4. Протоколы групповой рассылки, используемые для реализации схем переноса трафика «точка-многоточка», в том числе и с использованием адаптивных алгоритмов.

5. Управляющие протоколы, поддерживающие различные процедуры управления работой транспортной сети на уровнях 2-3.

6. Протоколы транспортного уровня, обеспечивающие контроль связности передаваемых данных.

Ниже все перечисленные классы будут рассмотрены отдельно.

4.7.1. Протоколы туннелирования

Транспортную сеть NGN невозможно представить только в виде совокупности «виртуальных труб», в противном случае не потребовалась бы такая широкая трактовка самого понятия транспортной сети. Как было показано выше, требования к современной транспортной сети со стороны сетей доступа и новых концепций услуг предусматривают самые разные схемы организации связи, далеко выходящие за рамки виртуального туннеля.

Принцип образования туннеля представляет собой наиболее простой механизм передачи данных по схеме «точка-точка». Протоколы туннелирования относятся номинально к канальному уровню OSI, поскольку



Рис. 4.28. Функционирование туннелей в транспортной сети IP

понятие туннеля тесно связано с понятием канала. Часть транспортной сети, которая построена на туннелях, возвращает исследователя в область традиционной первичной сети, поскольку можно рассматривать такие сегменты транспортной сети, как совокупности каналов (туннелей), с теми оговорками, что туннели не коммутируются и могут иметь произвольную пропускную способность.

С точки зрения применения туннели могут использоваться для объединения локальных сетей, например локальных Ethernet-сетей, через транспортную сеть NGN. В таком случае туннель выйдет как «виртуальная труба», обеспечивающая передачу данных в формате Ethernet между двумя маршрутизаторами. Можно сравнить механизм работы туннеля с железнодорожной веткой, до которой машины доходят своим ходом (пакетный трафик), а затем перемещаются в вагонах по железной дороге вне зависимости от того, какие пробки возникают на дорогах рядом с железнодорожной веткой (рис. 4.28).

С точки зрения сетей доступа туннель представляет собой канал уровня 2, обеспечивающий связь между двумя точками сети. В терминологии транспортных сетей существует понятие псевдокабеля (PWE), когда виртуальный туннель рассматривается как имитация отдельного физического канала передачи данных. Если виртуальный туннель в этом случае формируется в транспортной сети на уровне 3, то такая технология называется PWE3.

Для образования туннелей технология транспортной сети вынуждена использовать уровни «выше уровня IP». Тем самым технология делает как бы шаг назад: используя дополнительные подуровни протоколов сетевого уровня, имитирует связной канал уровня 2. Обычно для формирования виртуального туннеля используется очень простой способ. Дейтаграммы IP, связанные с тем или иным туннелем определенным образом, отмечаются («окрашиваются») на пограничном маршрутизаторе

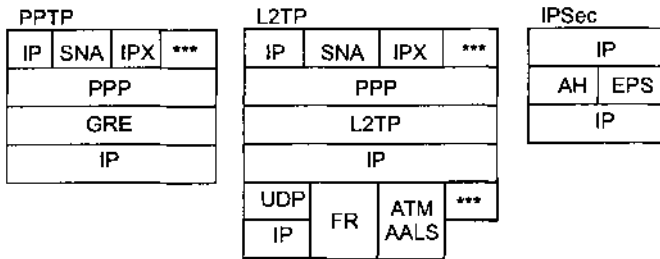


Рис. 4.29. Варианты технологии формирования туннеля

и в дальнейшем рассматриваются на всех узловых элементах сети как пакеты, принадлежащие выделенному виртуальному туннелю.

В демократичном мире существует несколько методов формирования туннелей в соответствии с разными методами «окрашивания» (рис. 4.29). Для каждого метода разработана своя архитектура протоколов и свои правила формирования. Наиболее часто используются методы формирования туннелей с использованием протоколов PPP, L2TP и IPSec.

Семейство протоколов PPPoX. Протокол PPP по своему назначению относится к протоколам канального уровня и уже поэтому может использоваться в качестве удобного метода для формирования виртуального туннеля. Как следует из рис. 4.29, в соответствии с протоколом PPP дейтаграммы, связанные с определенным туннелем, получают в точке начала туннеля дополнительный заголовок, расположенный между заголовком Ethernet и заголовком IP. Преимуществом протокола PPP является то, что он допускает как симметричный, так и асимметричный обмен данными в виртуальном канале. За счет такой гибкости и простоты использования протокол PPP получил широкое распространение и стал использоваться не только в транспортных сетях, но даже в большей степени в технологии сетей доступа (например, в технологии ADSL — см. рис. 1.11). Как следствие, в современной терминологии часто указывают, поверх какой технологии используется PPP, например, PPPoA (поверх ADSL), PPPoE (поверх Ethernet) и т.д. Широкое распространение протокола PPP в сетях доступа позволяет использовать его в качестве интерфейсного протокола между сетями доступа и транспортными сетями, когда нужно организовать простой обмен «точка–точка».

Как показано на рис. 4.29, для формирования виртуальных туннелей в транспортной сети между заголовками IP и PPP используется еще один заголовок протокола GRE, который дополнительно обеспечивает устойчивость функционирования виртуального туннеля.

Протокол L2TP. Альтернативой протоколу PPP для формирования виртуальных туннелей является протокол L2TP (Level 2 Tunnel

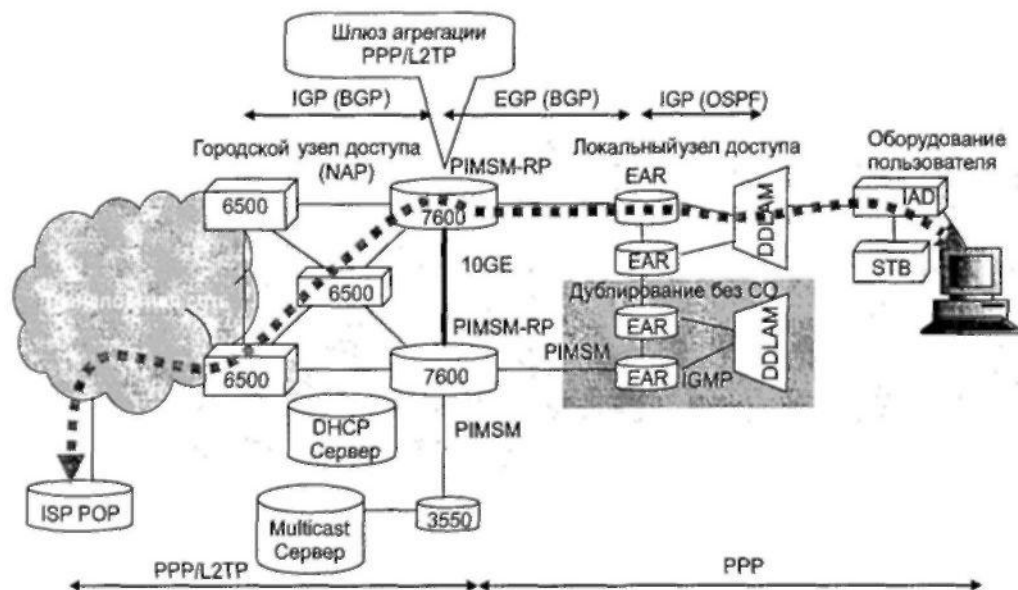


Рис. 4.30. Взаимодействие PPP и L2TP на городской сети доступа

Protocol), специально разработанный в качестве протокола для туннелей в стеке протоколов на основе IP, что и отражено в его названии. Как показано на рис. 4.29, протокол L2TP предусматривает отдельный заголовок выше заголовка IP, в котором указываются данные режима имитации синхронного канала передачи. Выше заголовка L2TP может размещаться заголовок PPP, а выше него — заголовки других протоколов локальных сетей.

Поскольку протоколы L2TP и PPP могут тесно взаимодействовать друг с другом, создаются условия для внутренней конвергенции технологий, вообще свойственной транспортной сети. Виртуальные туннели PPP из сетей доступа могут вкладываться в виртуальные туннели L2TP, которые формируются уже в транспортной сети. В этом случае на узле доступа должен формироваться единый туннель L2TP (рис. 4.30), т.е. выполняться агрегация виртуальных туннелей. Такое решение имеет широкое распространение в технологии городских сетей доступа и городских транспортных сетей.

Протокол IPSec. Для формирования виртуальных туннелей в транспортной сети могут использоваться даже протоколы, которые изначально разрабатывались для другого применения. Например, протокол IPSec используется для эффективной защиты данных, поскольку позволяет передавать данные аутентификации (AH) и специального протокола защиты информации ESP (Encapsulation Security Protocol). Но в современной технологии транспортной сети IPSec широко использует-

ся для формирования виртуальных туннелей, также как в некоторых реализациях для этой же цели используется протокол MPLS.

4.7.2. Протоколы обеспечения качества

Формирование системы маршрутизации с помощью рассмотренных выше технологий позволяет создать транспортную сеть на основе IP, обеспечивающую любые необходимые схемы переноса трафика и управления маршрутизацией. Однако гарантировать устойчивость и обеспечение контроля качества в такой транспортной сети оказалось невозможным без использования специальных механизмов. С увеличением объемов трафика и соответствующего количества открытых сессий межзональных связей (BGP) система маршрутизации, построенная на современных протоколах, становится нестабильной (рис. 4.31)*. Если в случае OSPF проблему можно решить, разделяя сеть на все более мелкие автономные области, то в случае BGP решить проблему может только использование дополнительных механизмов обеспечения качества соединений.

Работа над проблемой обеспечения качества привели к появлению целого семейства технологий и связанных с ними протоколов, дополнительно стабилизовавших состояние транспортной сети.

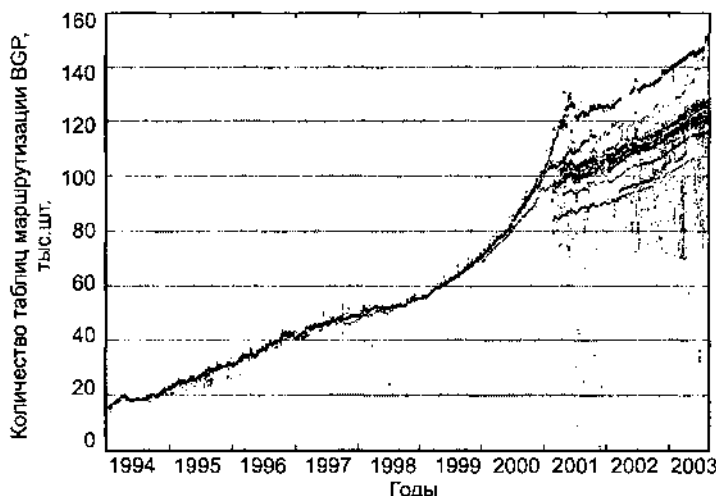


Рис. 4.31. Явление неустойчивости работы системы маршрутизации BGP

* Протокол маршрутизации BGP, используемый практически всеми провайдерами, не устраивает специалистов, поскольку незначительное изменение связей может порождать миллионы корректирующих сообщений. Фирма PacketDesign разработала статистический алгоритм, позволяющий выявлять первопричины этого и визуализировать процесс работы протокола. Один из полученных фирмой графиков представлен на этом рисунке. — Прим. ред.

Следует отметить, что разработка технологий в области обеспечения качества всегда базируется на принципе избыточных ресурсов. В результате технология должна была сделать шаг назад от решения проблем эффективности использования ресурсов и оптимизации работы сети в сторону создания избыточных ресурсов для повышения показателей качества. Таким образом, в разработке технологии транспортных сетей шли два противоположных процесса. Новые алгоритмы маршрутизации повышали эффективность использования ресурсов сетей, но неизбежно уменьшали показатели качества передачи трафика. И наоборот, разрабатывались стратегии обеспечения качества передачи данных за счет алгоритмов, снижающих эффективность использования ресурсов сети. Дух демократичности NGN привел в конце концов к появлению компромисса: эффективность работы и качество передачи достигаются на каждой транспортной сети по-своему и могут быть даже различными для разных сегментов сети.

При разработке методов обеспечения качества было применено две стратегии: интегральное обслуживание и дифференциальная политика. Первая стратегия предусматривала разработку механизмов, единых для всех пользователей транспортной сети. В результате был создан алгоритм RSVP, который нашел отражение в протоколах RSVP-TE и его модификациях. Дифференциальная политика привела к появлению довольно сложной технологии MPLS, рассмотреть которую в рамках данного исследования можно только в самых общих чертах.

Протокол RSVP. Это первый протокол, идеология которого была построена на том, что для обеспечения высоких показателей качества передаваемого трафика каждый пользователь может зарезервировать на время передачи необходимый ему ресурс сети в виде канала передачи заданного размера. Механизм резервирования ресурсов в протоколе RSVP представлен на рис. 4.32.

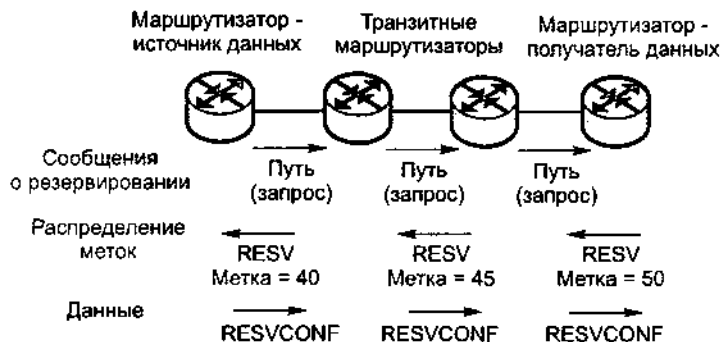


Рис. 4.32. Принцип резервирования ресурсов в алгоритме RSVP

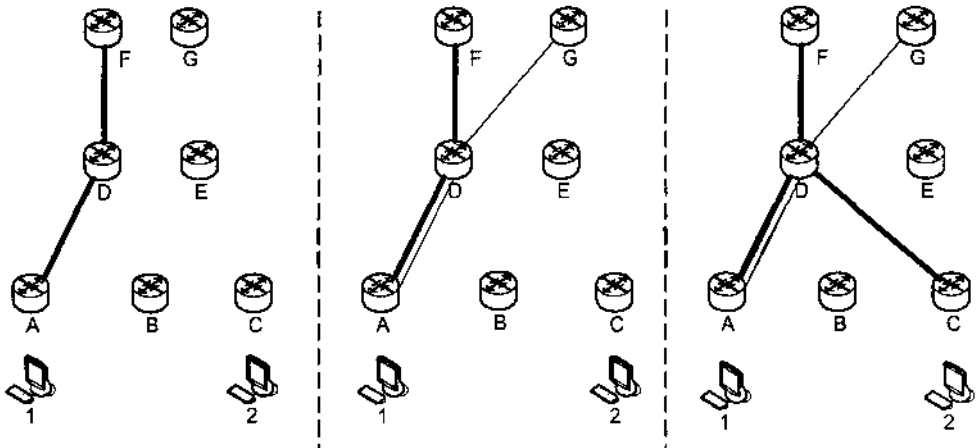


Рис. 4.33. Совместное использование ресурсами в протоколе RSVP

В соответствии с алгоритмом RSVP маршрутизатор – источник данных резервирует виртуальный канал передачи данных по всему пути передачи данных. Для этого всем маршрутизаторам на этом пути передается запрос на резервирование, а каждому транзитному участку присваивается определенная метка. Затем исходному маршрутизатору направляется поток подтверждений о том, что данные о конфигурации образованного виртуального коридора получены, после чего выполняется передача данных.

Несмотря на то что протокол RSVP ориентирован на резервирование канала под каждый сеанс передачи, эта технология не отменяет принципы совместного использования ресурсов и формирования различных топологических схем обмена данными. В качестве примера на рис. 4.33 показан процесс последовательного построения двух соединений разной связности. Сначала узел А резервирует канал с узлом F через узел D по запросу пользователя 1. Затем тот же маршрутизатор устанавливает через узел D другой независимый канал обмена с маршрутизатором G. Маршрутизатор C также резервирует канал обмена с узлом F через узел D (запрос пользователя 2), но в таком случае данные проходят через уже зарезервированный канал обмена D–F. Так достигается оптимизация использования ресурсов транспортной сети и возможность создания различных графов связности.

Алгоритм RSVP относится к категории алгоритмов интегрального обслуживания, поскольку он предусматривает единый механизм резервирования ресурсов для всех ситуаций и для всех пользователей сети вне зависимости от приоритетности, специфики требований и пр.

В случае сетей небольшого размера, где объем запросов RSVP оказывается небольшим, данная технология позволяет эффективно реали-

зывать политику обеспечения качества. При увеличении размера сети протокол RSVP уже не будет эффективен. Действительно, в случае относительно небольшой интенсивности запросов на резервирование ресурса RSVP вполне может справиться с эффективным регулированием уровня качества передачи в пакетной сети. Но каждый сеанс связи в такой сети требует довольно интенсивного обмена между маршрутизаторами, что было показано на рис. 4.32. Более того, сигнальный обмен между маршрутизаторами осуществляется по всей цепи будущего обмена данными, так что в процесс резервирования канала может быть вовлечена большая часть маршрутизаторов. В результате в случае большой сети, насчитывающей тысячи и миллионы связей, не исключается возможность упоминавшегося выше регресса в сторону увеличения объема сигнальной нагрузки. В результате объем сигнализации RSVP может оказаться сопоставимым с объемом трафиковой нагрузки. По этой причине в больших сетях протокол RSVP используется редко, и в ходе развития технологий NGN выжило немного реализаций RSVP.

Альтернативой политики интегрального обслуживания пользователей сети является формирование дифференциальной политики, в соответствии с которой разные классы трафика могут иметь различный приоритет в передаче по транспортной сети. С дифференциальной политикой в области обеспечения качества передачи связано понятие класса трафика. Весь трафик сети разделяется на различные классы, и каждому классу устанавливается определенный приоритет в процессе передачи. Гибкость дифференциальной политики зависит от того, какое количество классов трафика допустимо в сети и в какой степени оператор может варьировать установки приоритетности в обслуживании классов трафика. Принцип децентрализации технологий NGN требует, чтобы политика обеспечения качества определялась не единообразно по какому-то шаблону, а персонально самими операторами. Поэтому идеальной технологией обеспечения дифференциальной политики качества является установление 15–20 классов трафика и обеспечение оператору самых широких полномочий в настройке приоритетности. В действительности разные технологии дифференциальной политики лишь частично реализуют упомянутый идеал.

Самой простой технологией дифференциального обслуживания трафика является **технология срочной пересылки**. В соответствии с этой технологией весь трафик делится на два класса: обычный и приоритетный. Под приоритетный трафик резервируется определенный ресурс, который позволяет избежать любых задержек при передаче трафика по сети, т.е. формируется наложенная транспортная сеть для передачи приоритетного трафика, который передается по сети по своим выделенным

каналам. Например, если приоритетный трафик составляет 10 % общего объема трафика, под него необходимо выделить около 20 % пропускной способности каналов. Только в этом случае можно гарантировать беспроблемную передачу пакетов по алгоритму срочной пересылки. Но в таком случае неизбежно пострадает обычный трафик, поскольку полоса передачи под него уменьшится на 10 %. Таким образом, избыточность ресурса канала срочной пересылки уменьшает эффективность использования ресурсов всей транспортной сети в целом. Алгоритмы срочной пересылки используются в наиболее простых конфигурациях сети или в составе отдельных механизмов и протоколов.

Существенным недостатком алгоритма срочной пересылки является малое количество классов обслуживания трафика. Модификацией алгоритма стала **технология гарантированной пересылки**, разработанная в документе RFC2597. В ней устанавливалось четыре уровня приоритетов и три различных алгоритма игнорирования пакетов в состоянии перегрузки, так что можно говорить о 12 классах обслуживания. Для того чтобы реализовать многоуровневую приоритетность обслуживания трафика, все пакеты в технологии гарантированной пересылки должным образом маркируются. Затем эта технология маркировки была использована в протоколе MPLS.

Протокол MPLS (Multi-Protocol Label Switching) нельзя свести только к определенной реализации дифференциальной политики обеспечения качества. MPLS представляет собой отдельное явление в технологии транспортных сетей NGN, повлиявшее на развитие всей современной связи. Поэтому MPLS лучше трактовать как технологию, а не как протокол, и рассматривать ее в историческом и технологическом контексте.

Исторически технология MPLS появилась из разработок систем маршрутизации. Стремясь упростить процесс маршрутизации пакетов в высокоскоростной транспортной сети, разработчики предложили отказаться от принципа маршрутизации по адресам в пользу маршрутизации по меткам. Для того чтобы упростить процесс маршрутизации, в начале каждого пакета при его поступлении на входящий узел транспортной сети добавляется отдельный заголовок MPLS с отдельной меткой, определяющей маршрут следования пакета по сети (рис. 4.34). Заголовок MPLS формируется так, как рассмотрено выше в разд. 4.5.2 и проиллюстрировано на рис. 4.22. По всей транспортной сети пакет передается на основании присвоенной метки, причем на каждом транзитном маршрутизаторе LSR метка может переписываться. Так пакет достигает пограничного маршрутизатора на выходе из сети, где метка MPLS удаляется и пакет покидает транспортную сеть.

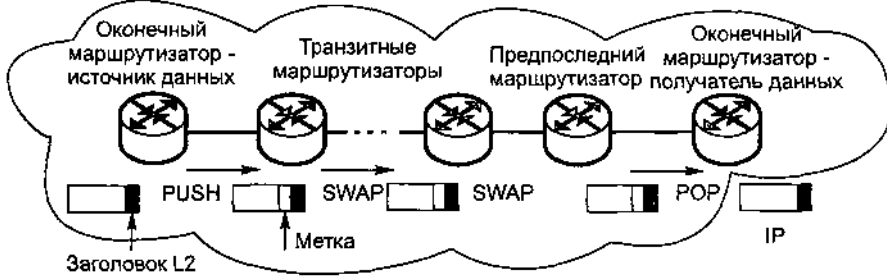


Рис. 4.34. Принцип функционирования MPLS

Предлагаемый механизм существенно упрощает процесс маршрутизации, поскольку маршрутизаторы в таком случае хранят информацию о направлениях обмена данными (таблица меток), а не адресов (таблица адресов). В результате процесс маршрутизации выполняется быстрее, что оказалось удобно для высокопроизводительных транспортных сетей с терабитными системами передачи. Как новый протокол маршрутизации MPLS занял достойное место среди прочих протоколов (RIP, OSPF, BGP и пр.).

В то же время технология MPLS предложила определенное изменение концепции функционирования транспортной сети. Напомним, что основным методом маршрутизации в современных транспортных сетях на основе IP является дейтаграммный метод, что отличает технологию IP от ее предшественниц — Frame Relay и ATM, где используется технология виртуальных каналов. Но технология MPLS предусматривает создание в дейтаграммной сети IP определенных направлений передачи, получивших название LSP (Label Switch Path). Технологическая разница между LSP и виртуальным каналом едва просматривается, поскольку в обоих случаях пакеты передаются по сети с определенной меткой. Отличие составляет лишь процесс установления соединения, но и здесь технология MPLS максимально приближается к ATM. Поэтому технология MPLS вызвала широкую дискуссию среди специалистов. Сторонники технологии IP усматривали в MPLS отступление от канонов дейтаграммной передачи, побежденные в свое время сторонники технологии ATM почувствовали свою правоту. Но обе стороны признавали уникальность технологии MPLS, поскольку эта технология позволила соединить принципы дейтаграммной маршрутизации в сети IP и концепции виртуальных каналов, которая оказывается удобной для обеспечения высокого уровня качества услуг по переносу трафика.

Именно реализация политики в области обеспечения качества способствовала широкому распространению технологии MPLS. По этой причине невозможно свести эту технологию только к протоколу маршрутизации и вполне логично рассматривать MPLS в контексте политики

обеспечения качества. В технологии MPLS были применены принципы дифференциальной политики обеспечения качества, причем в наиболее гибком виде. Все трафиковые потоки в сети MPLS разделяются на классы эквивалентности FEC (Forwarding Equivalence Class). В один класс объединяются не только потоки одного типа трафика, но и потоки, заканчивающиеся на одних маршрутизаторах. Пакеты, относящиеся к одному FEC, имеют один набор меток.

С точки зрения политики обеспечения качества передачи технология MPLS является в определенной мере уникальной. Можно было бы считать, что идеальная политика обеспечения качества передачи данных была реализована в технологии ATM, техническое задание на разработку которой с самого начала включало требования разделения трафика данных на классы и обеспечения фиксированных параметров качества передачи для каждого класса. Но такая политика оказалась не гибкой, поскольку слишком фиксированными и застандартизированными были механизмы в технологии ATM. Наступление демократичных концепций в рамках развития NGN привело в конечном счете к победе более гибкой технологии на базе IP над менее гибкой технологией ATM. Но в результате этой битвы победила технология, имеющая с точки зрения проблемы обеспечения качества «родовую травму». Технология IP родилась в студенческих сетях и Интернет и принесла с собой дух необязательности и волюнтаризма*. В этом смысле MPLS можно рассматривать как серьезную попытку «дотянуться» в решении проблемы качества до уровня ATM с сохранением свойственной сетям IP гибкости. Для этого пришлось вернуться к понятию виртуального канала, но сделать это понятие более широким и не таким костным, как в ATM.

Развитие рынка решений в области транспортных сетей показало, что технология MPLS не просто прижилась в созвездии современных технологий, но и определяет в настоящий момент стратегию развития транспортных сетей. Тот факт, что технология MPLS объединяет в себе идеологическую и технологическую концепции, технологию маршрутизации с соответствующими протоколами и дифференциальную политику обеспечения качества, делает эту технологию замечательным объектом всестороннего изучения и темой для глубоких исследований. В этом смысле появление отдельных монографий, посвященных MPLS, например [28], представляется вполне естественным.

Технология VPN. Еще одним методом обеспечения дифференциальной политики обеспечения качества переноса трафика является создание виртуальных частных сетей VPN (Virtual Private Networks). Эта

* См. примечание редактора на стр. 198.

технология может рассматриваться как эффективное дополнение всех рассмотренных выше, но имеет самостоятельную ценность. Идеология VPN базируется на довольно простой идее. С одной стороны, дифференциальная политика обеспечения качества переноса трафика представляется очень важным элементом работы транспортной сети. С другой стороны, рассмотренные выше технологии, в том числе MPLS, ориентируются на понятие виртуального канала, т.е. связи «точка–точка» внутри транспортной сети. Такая концепция позволяет решить проблему качества, но затрудняет формирование многоточечных соединений. Поэтому была сформулирована дополняющая MPLS концепция VPN, которая предусматривает выделение в транспортной сети определенного ресурса, доступного только отдельным пользователям сети. Такая концепция не является строгой и позволяет реализовать различные технологические решения и использовать различные протоколы для своей реализации. По этой причине концепция VPN была принята всеми операторами и разработчиками в качестве вполне логичной части транспортной сети.

Сказанное позволяет утверждать, что все развитие технологии транспортных сетей — это развитие технологии VPN, коль скоро любая технология транспортной сети обязательно содержит в себе механизм формирования VPN. В демократичном поле современной технологии такое утверждение имеет право на жизнь и вполне допустимо. Но такое утверждение не дает представления о том, что же вообще привносит с собой технология VPN, какое место она занимает в современной концепции транспортных сетей и каким образом она взаимодействует с другими технологиями. Поэтому целесообразно исследовать VPN как отдельную технологию транспортных сетей.

Если всех пользователей разбить на группы, каждая из которых получает выделенный ресурс транспортной сети (VPN) с гарантированным качеством, то подобная концепция — это идеальный способ наведения порядка с качеством предоставления услуг.

Концепция VPN предлагает максимальную гибкость в управлении качеством переноса трафика. Здесь возможно два гипотетических случая. В случае, когда вся транспортная сеть рассматривается как одна VPN, происходит возврат к исходной сети с коммутацией пакетов. В случае, если каждому пользователю предоставляется персональный канал VPN, получается сеть с коммутацией каналов, особенно если все VPN будут иметь одинаковую пропускную способность. Таким образом, регулируя параметры VPN, оператор может реализовывать любые сетевые концепции и различную политику в обеспечении качества.

Рассмотрим только некоторые подходы, реализуемые в современной технологии VPN и отражающие современное видение (технологическую

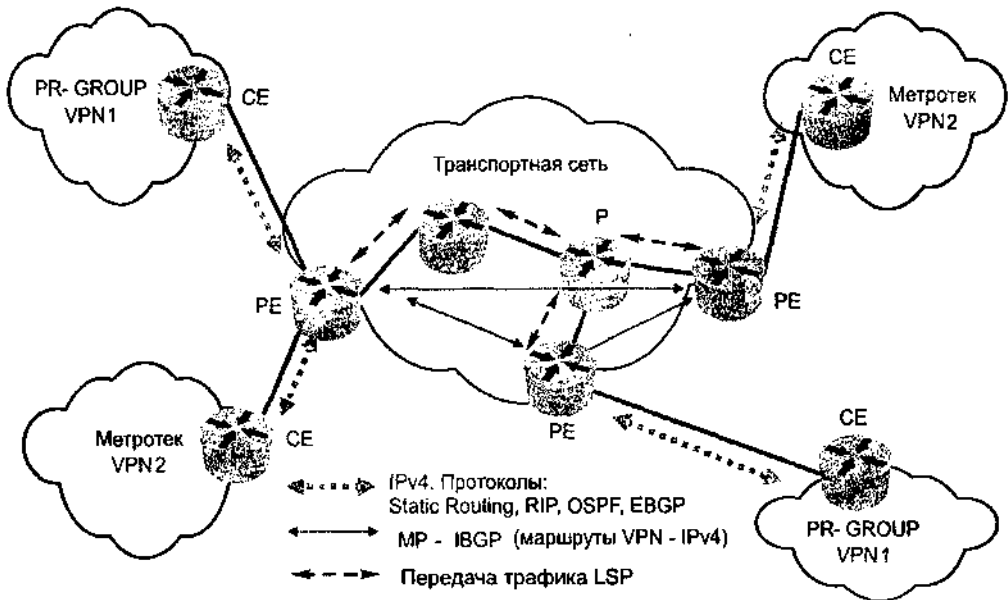


Рис. 4.35. Структура сети VPN и взаимодействие VPN с различными протоколами транспортной сети

моду). В качестве примера на рис. 4.35 представлен вариант транспортной сети, в которой реализованы две VPN (VPN1 и VPN2) для компаний PR-GROUP и «Метротек». В сети присутствуют пограничные маршрутизаторы (CE), магистральные узлы (P) и транспортные маршрутизаторы (PE). В ядре сети используется протокол BGP, а в пограничных районах применяются протоколы внутреннего шлюза (RIP, OSPF) либо совмещенный протокол EBGP. Для выделения VPN используются специальные таблицы меток VRF (VPN Routing & Forwarding Table), которые указывают на принадлежность пакетов различным VPN. Метки VPN устанавливаются на узлах CE и используются для маршрутизации транспортными узлами PE. В результате формируется канал передачи данных по виртуальному направлению (LSP).

По механизму функционирования VPN напоминает MPLS, поскольку здесь также используются метки (VRF), что демонстрирует рис. 4.36. В предлагаемом примере компьютер в VPN компании «Метротек», показанный на рисунке справа, пересылает данные компьютеру той же VPN слева. Соответствующий адрес IP указывается в дейтаграмме. Дейтаграмма принимается маршрутизатором PE, который идентифицирует, что соответствующий адрес относится к VPN компании «Метротек» и устанавливает соответствующую внутреннюю метку VRF. В метке указывается не только номер VRF (метка 15), но также информация о том, что дейтаграмма должна быть передана на направление LSP = 1001 по

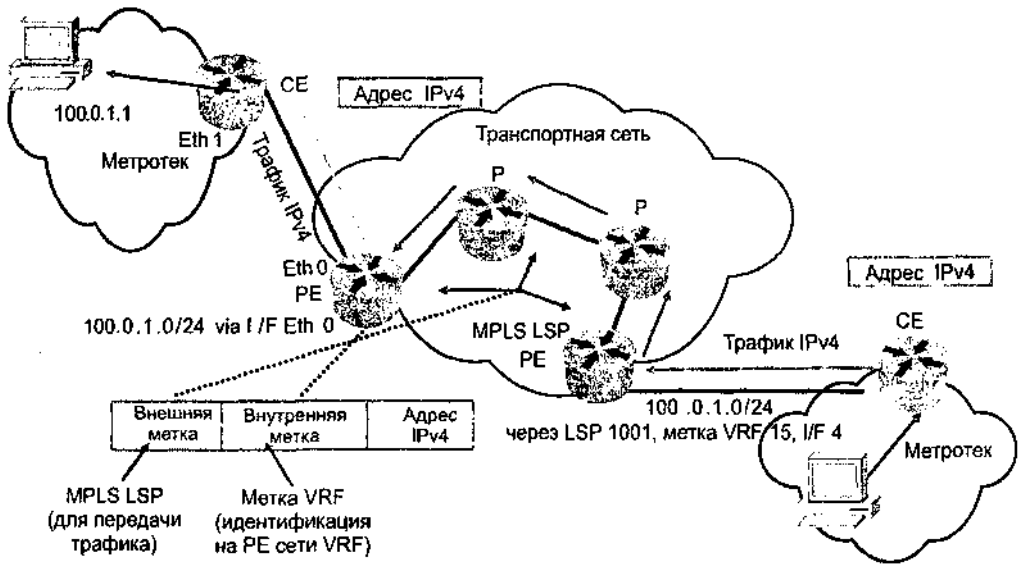


Рис. 4.36. Схема передачи данных в сети VPN/MPLS

выходному порту I/F = 4. Так формируется канал передачи до узла PE, где находится приемный компьютер. Передача осуществляется по LSP MPLS, так что дейтаграмма получает две метки — от сети MPLS и от сети VPN соответственно. На узле PE слева метка VRF удаляется (I/F = Eth0), после чего данные поступают в виде обычной дейтаграммы с адресом IPv4.

Таким образом, технология VPN в современных транспортных сетях использует все ту же философию вложенных заголовков, которая свойственна вообще всей технологии IP.

Семейство VPLS. Технология Q-n-Q. Для формирования VPN и, соответственно, обеспечения качества передачи могут использоваться не только рассмотренные выше технологии, но и технология виртуальных локальных сетей (VLAN), упоминавшаяся в разд. 4.5.2. В таком случае появляется новая технология VPLS (Virtual Private LAN Services), которая позволяет соединять две сети Ethernet с функциями VLAN через сеть MPLS (рис. 4.37). В результате формируется VPN, которую часто называют VPN второго уровня.

В основе концепции VPLS лежит идея передачи пакетов Ethernet из сети заказчика (включая информацию о внутренних VLAN) по операторской сети прозрачным образом, без каких-либо изменений. Для этого пакеты инкапсулируются с использованием технологии MPLS, которая обеспечивает создание туннелей в сети оператора связи, или LSP MPLS, которые независимы от пользовательского трафика. Для борьбы с возможными перегрузками и обеспечения качества используется ме-

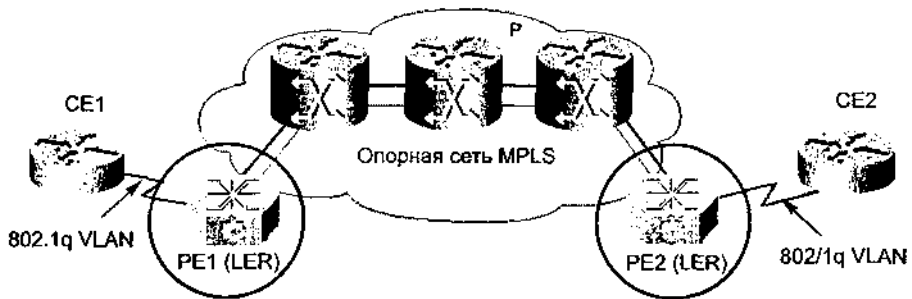


Рис. 4.37. Принципы организации VPLS

ханизм разделения трафика на классы и дифференциальная политика, реализованная средствами технологии MPLS.

Главная особенность технологии VPLS — ее простота. Заказчикам не требуется подключаться к IP-сети оператора и настраивать сложные протоколы IP-маршрутизации, они используют простые соединения Ethernet. Все возможности формирования VPN предоставляются на основе стандартного Ethernet и MPLS.

С применениями технологии VPLS связана ситуация, когда в сети используется две вложенных VLAN. Поскольку для обеспечения качества в VPLS используется формирование VLAN в сети MPLS, то данные, поступающие на маршрутизатор PE, дополняются заголовком VLAN стандарта IEEE 802.1q (VLAN2). В случае, если в трафике пользователя уже используется VLAN (VLAN1), возникает ситуация двух вложенных VLAN (рис. 4.38). Внутри операторской сети работа VPLS может осуществляться двумя основными способами. Если абонентов сети не так много (менее 4000), метки VLAN2 могут быть без изменений использованы для организации соединений. При большем числе абонен-

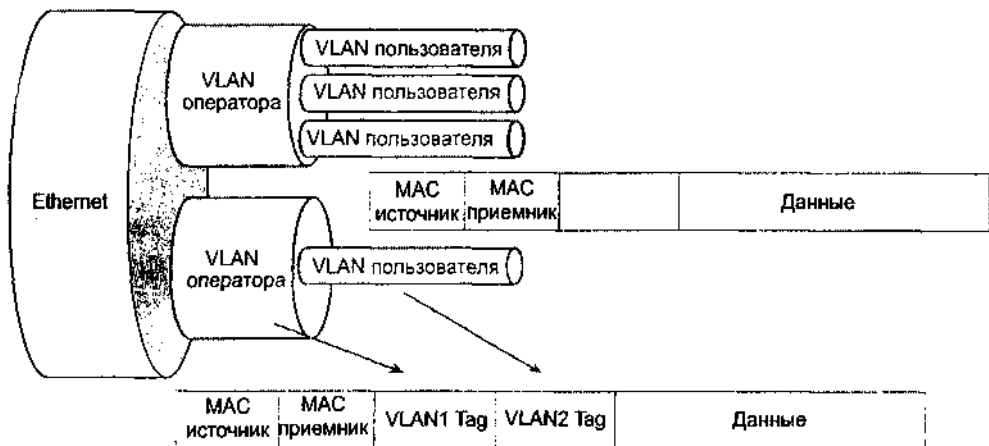


Рис. 4.38. Технология вложенных VLAN

тов (тысячах и десятках тысяч) сеть необходимо сконфигурировать для использования инкапсуляции MPLS, которая помещает в пакеты метки, позволяющие определить их происхождение и способы их пересылки внутри сети оператора.

Независимо от архитектуры сети оператора, на выходе из сети пакет заказчика восстанавливается в своем исходном виде, включая возможное наличие метки VLAN1. Это дает возможность заказчику быть полностью независимым от конфигурации сети оператора, что является важнейшей функцией любой услуги по созданию виртуальных частных сетей.

При использовании VPLS возможны соединения типа «точка–точка», а также многоточечные конфигурации.

Развитие технологии VPLS в последние годы привело к технологии Q-p-Q, использующей рассмотренный выше механизм двух вложенных VLAN. Такая стратегия позволяет использовать удобный и простой механизм VPLS для создания множества виртуальных соединений между пользователями разного уровня иерархии. В последнее время технология Q-p-Q по популярности вполне сопоставима с технологией VPN MPLS, использовавшейся в последнее десятилетие.

4.7.3. Протоколы групповой рассылки

Рассмотренные выше принципы функционирования транспортных сетей были ориентированы на соединения в режиме «точка–точка» или «точка–многоточка». Реализация услуг передачи видеоизображений, вещания, дистанционного образования и пр. требует предусматривать также связи по схеме «один–всем» или «один–почти всем». Для реализации функций вещания было разработано семейство технологий, которое получило название групповой рассылки или Multicast.

Функции рассылки могут реализовываться с использованием трех типов пакетов: Unicast (одноцелевые), Multicast (групповые) и Broadcast (широковещательные).

В сетях с технологий передачи Unicast пакеты рассылают по одной копии каждого пакета персонально каждому клиенту на основе его адреса. При использовании пакетов Broadcast приложения рассылают по одной копии каждого пакета на так называемый адрес Broadcast, который означает, что данный пакет должен обрабатываться каждым узлом сети. Такое техническое решение является более простым, нежели организация рассылки на основе Unicast, особенно при внедрении принципов групповой рассылки. Негативной стороной использования принципа Broadcast является то, что ресурс сети используется неэффективно, поскольку пакеты рассылаются по всем направлениям и даже тем пользователям, которые не должны получать вещательные данные. Поэтому

возникает задача исключить пользователей, которым не нужно рассылать данные, ограничив область рассылки данных определенной целевой группой. Такая технология получила название **групповой рассылки** или Multicast. В такой технологии данные рассылаются по одной копии каждого пакета на групповой адрес, причем именно клиент определяет, надо ли ему обрабатывать пакеты с таким адресом. Использование технологии Multicast обеспечивает возможность контроля объема передаваемого трафика, а также ограничивает объем вычислений, производимых активным сетевым оборудованием и конечными узлами сети, что позволяет исключить избыточность трафика.

Технология IP Multicast предоставляет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционным подходом рассылки данных (Unicast). Например, появление новых пользователей не влечет за собой необходимое увеличение пропускной способности сети. Значительно сокращается нагрузка на посылающий сервер, который больше не должен поддерживать множество двухсторонних соединений. Использование групповой адресации позволяет обеспечить доступ корпоративных пользователей к данным и сервисам, ранее недоступным, так как для их реализации с помощью обычной адресации потребовались бы значительные сетевые ресурсы.

Для поддержки технологии групповой рассылки в сети необходимо установить три следующие группы параметров.

Адресация — необходимо иметь адрес сетевого уровня, отвечающий за соединения между серверами и группами рассылки, причем группы рассылки могут состоять как из одного, так и из большого числа пользователей.

Динамическая регистрация — необходимо обеспечить механизм регистрации компьютера, подключенного к сети, в определенных группах рассылки. Без такого механизма невозможно определить, по каким именно подсетям необходимо передавать трафик для каждой группы рассылки.

Маршрутизация Multicast — сеть должна обеспечивать построение деревьев распределения пакетов, которые позволят источникам рассылки отправлять пакеты всем узлам-приемникам. Основной задачей деревьев распределения пакетов является обеспечение нахождения каждого пакета в определенной подсети только один раз и тем оптимизировать использование ресурсов транспортной сети.

Часть из перечисленных функций связана с использованием Multicast на уровне услуг и будет рассмотрена детально в гл. 6. Но и технологии транспортной сети оказываются вовлеченными в механизм групповой рассылки через систему маршрутизации и адресации трафика.

Протокол IGMP. В современной технологии групповой рассылки чаще всего используется протокол IGMP, который позволяет реализовать концепцию динамической регистрации и управления режимом групповой многоадресной рассылки. Особенность использования протокола IGMP в качестве управляющего протокола для реализации услуг интерактивного телевидения будет рассмотрена в гл. 6. Описание протокола IGMP в основном будет ограничено процедурами управления списком рассылки и особенностями переноса трафика.

Для определения членов групповой рассылки один из маршрутизаторов подсети периодически опрашивает узлы, чтобы узнать, какие группы используются приложениями узлов. На каждую группу генерируется только один ответ. Для того чтобы стать членом новой группы, узел получателя инициирует запрос на маршрутизатор локальной сети. Сетевой интерфейс узла-получателя настраивается на прием пакетов с этим групповым адресом. Каждый узел самостоятельно отслеживает свои активные групповые адреса и, когда отпадает необходимость состоять в данной группе, прекращает посылать подтверждения на IGMP-запросы. Результаты IGMP-запросов используются протоколами групповой маршрутизации для передачи информации о членстве в группе на соседние маршрутизаторы и далее по сети.

Основная идея групповой маршрутизации состоит в том, что маршрутизаторы, обмениваясь друг с другом информацией, строят пути распространения пакетов ко всем необходимым подсетям без дублирования и петель. Каждый из маршрутизаторов передает принимаемый пакет на один или несколько других маршрутизаторов, избегая тем самым повторной передачи одного и того же пакета по одному каналу и доставляя его всем получателям группы. Поскольку состав группы со временем может меняться, вновь появившиеся и выбывшие члены группы динамически учитываются в построении путей маршрутизации.

4.7.4. Управляющие протоколы

Помимо протоколов переноса трафика, маршрутизации, рассылки в современной транспортной сети используются различные служебные протоколы и технологии, позволяющие контролировать и управлять работой транспортной сети. Как правило, эти протоколы незначительно используют ресурс транспортной сети, поскольку экономно обмениваются сигнализацией. Но от работы этих протоколов зависит функционирование всей транспортной сети, и любые рассогласования в системе служебной сигнализации могут приводить к нарушениям процесса переноса трафика. Поэтому в завершении исследования технологий транспортной сети сетевого уровня рассмотрим наиболее популярные управляющие протоколы.

Протокол ARP используется в качестве инструмента управления адресацией на канальном уровне. Первоначально протокол ARP был разработан для локальных сетей, но потом был расширен на всю технологию IP. ARP используется для определения соответствия IP-адреса адресу Ethernet. Поиск адресов осуществляется путем поиска в ARP-таблице. Таблица соответствия необходима, так как адреса выбираются произвольно и нет какого-либо алгоритма для их вычисления. Если компьютер перемещается в другой сегмент сети, то ее ARP-таблица должна быть изменена. Когда отправитель определил IP-адрес получателя, то на основании ARP-таблицы определяется его MAC-адрес. Между MAC- и IP-адресами устанавливается соответствие, которое используется при инкапсуляции данных.

Таблицы ARP заполняются автоматически. Для этого устройства рассылают запросы ARP, сканируя IP-адреса и устанавливая актуальную связь между уровнем IP и уровнем MAC-адресов.

Использование протокола ARP облегчает стыковку различных устройств в транспортной сети, но может служить и причиной рассогласования в работе устройств и даже подсистем, когда одно устройство неправильно реагирует на ARP-запрос другого устройства.

Протокол DHCP. С адресацией связано использование другого служебного протокола — DHCP. Протокол DHCP используется для автоматического присвоения адресов IP в системе связи, в том числе и в транспортной сети. Для работы механизма DHCP в сети должен размещаться сервер DHCP, который занимается присвоением новых адресов IP устройствам при их обращении на сервер. Работа механизма DHCP представлена на рис. 4.39. На рисунке показано, что механизм DHCP может работать на разных уровнях транспортной сети (в сегментах маршрутизации BGP и OSPF).

Принципы работы протокола DHCP едины для сетей доступа, транспортных сетей и технических решений уровня услуг. DHCP облегчает процесс присвоения IP-адреса различным устройствам, автоматизируя этот процесс. В результате новое устройство само прописывается в сети, получая все необходимые атрибуты для включения его в систему маршрутизации.

Протокол ICMP. Управляющий протокол ICMP используется на сетевом уровне для контроля связности сети на основе IP. Этот протокол обеспечивает различные режимы диагностики транспортной сети, для чего использует различные типы сообщений, связанных с диагностикой недоступных направлений передачи, выявлением возможных направлений перемаршрутизации, диагностикой удаленных узлов и компьютеров, а также управлением работой самого протокола ICMP.

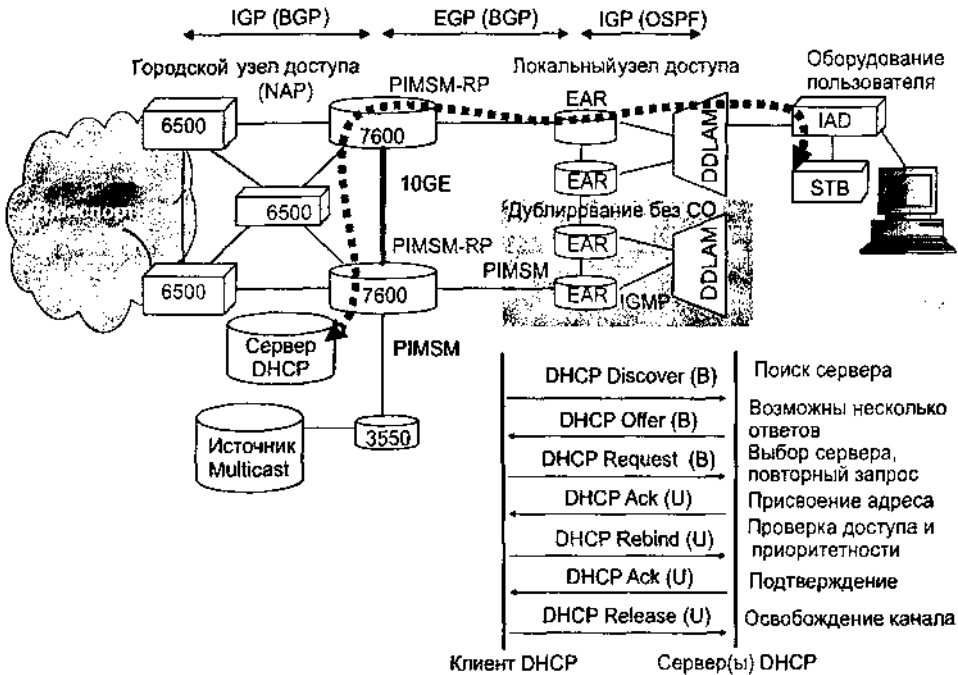


Рис. 4.39. Функционирование протокола DHCP

Чаще всего протокол ICMP связывается с функциями программного обеспечения операционных систем Ping и Trace Route, которые используются для контроля связности на уровне приложений. В основе обеих функций лежит использование эхо-пакетов ICMP. С помощью отправки сообщений с эхо-запросом по протоколу ICMP узел проверяет соединение на уровне протокола IP с другим компьютером, поддерживающим TCP/IP. После каждой передачи выводится соответствующее сообщение с эхо-ответом. Функция Ping используется для контроля связности между одним компьютером (узлом) и другим. Функция Trace Route, кроме этого, позволяет указать адреса всех узлов, через которые проходит маршрут.

4.8. Протоколы транспортного уровня

Как показано на рис. 4.2, на верхнем уровне современных транспортных сетей находятся две технологии — TCP и UDP. Решения на этом уровне NGN выглядят достаточно просто и они не столь разнообразны, как решения канального и сетевого уровня, поэтому в этом разделе им будет уделено минимальное внимание.

Основное назначение протоколов транспортного уровня состоит в унификации работы транспортной сети NGN. Можно рассматривать этот

факт как окончательную унификацию решений, начатую на предыдущих уровнях. Так, разнообразие технологий организации транспортных каналов на сетевом уровне было унифицировано за счет применения идеи единого транспорта на основе IP. Рассмотренное выше многообразие решений сетевого уровня с различными вариантами маршрутизации, рассылки, переноса трафика и протоколов управления также нуждается в унификации, поскольку для пользователя транспортная сеть NGN должна выглядеть как красивое и удобное в использовании «облако». Поэтому решения транспортного уровня вне зависимости от применяемых технологий нижних уровней должны быть максимально просты и максимально унифицированы. Два упомянутых выше протокола — как раз то, что нужно, чтобы упростить использование транспортной сети. Ниже будут рассмотрены некоторые технологические особенности указанных протоколов, важные для понимания принципов функционирования транспортной сети NGN как единого целого.

Протокол UDP позволяет передавать сообщения прикладного уровня по транспортной сети с минимальными издержками, связанными с преобразованием протоколов уровня приложений в протокол IP. С точки зрения архитектуры это наиболее простой протокол преобразования данных, поскольку технология уровня приложений должна заботиться о подтверждении того, что сообщение доставлено по месту назначения.

Заголовок UDP-дейтаграммы (сообщения) показан на рис. 4.40 и состоит всего из пяти информационных полей. Поле *Длина* определяет общую длину сообщения. Поле *Контрольной суммы* служит для контроля целостности данных.

0	Биты	16	32
Порт передачи		Порт приема	
Длина		Контрольная сумма	
Данные уровней L5–L7			

Рис. 4.40. Структура заголовка UDP

Приложение использует определенные порты, сведения о которых также находятся в заголовке. После получения данных приложение должно заботиться о целостности данных, анализируя контрольную сумму и длину, а также о контроле доставки данных адресату. Последнее достигается за счет квитирования в процессе обмена данными на уровнях выше транспортного.

Протокол UDP получил очень широкое распространение как протокол в сети Интернет. В последнее время он пережил второе рождение в связи с появлением технологий передачи потокового видео.

Протокол TCP (Transmission Control Protocol) имеет большее распространение, чем протокол UDP. Основное отличие протоколов состоит в том, что протокол TCP имеет встроенный механизм проверки доставки

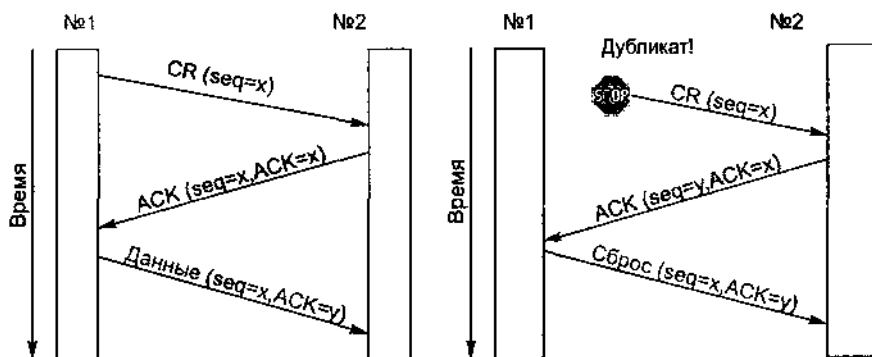


Рис. 4.41. Схема организации передачи данных по протоколу TCP

сообщений. В силу этого оказывается, что протокол TCP всегда ориентирован на определенную сессию передачи между двумя сторонами, т.е. поддерживает связь в режиме «точка-точка». Это отражено в его названии — «протокол управления передачей».

Для управления процессом передачи данных в протоколе TCP используется простая схема, включающая передачу запроса (CR) на передачу данных и получение подтверждения (ACK) перед тем, как осуществлять передачу данных (рис. 4.41).

В системе работают два счетчика: один учитывает последовательность номеров команд, другой — последовательность номеров квитанций. В случае, если какой-то пакет теряется, передается сообщение «Сброс» (Reject) и передача возобновляется с последнего потерянного пакета.

Следствием такого механизма диагностики связности передаваемых данных стала более сложная структура TCP-заголовка, представленная на рис. 4.42. В заголовке TCP используются, кроме известных полей UDP, поля счетчиков, а также информационное поле, определяющее размер окна ожидания пакета.

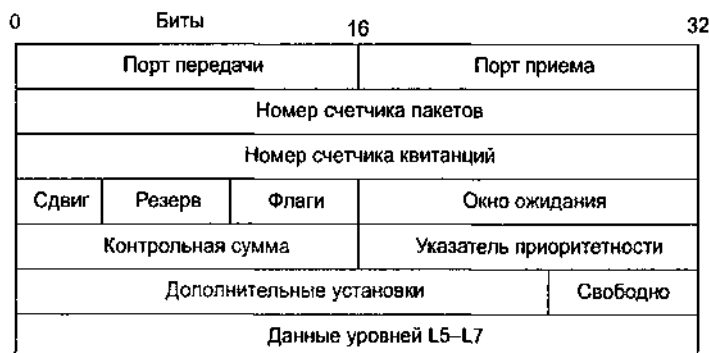


Рис. 4.42. Структура заголовка TCP

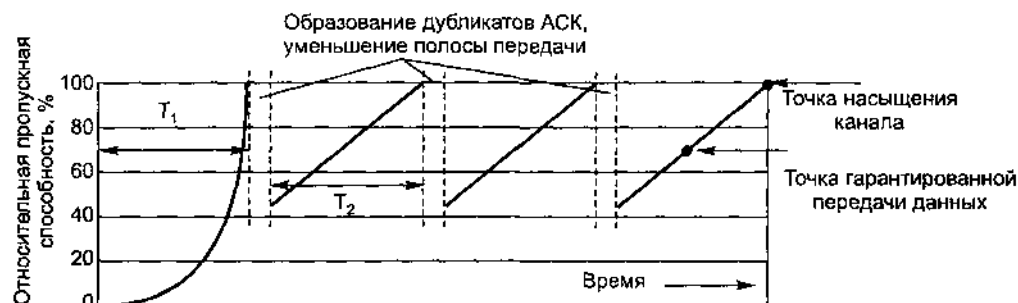


Рис. 4.43. Возникновение пилообразного трафика в случае применения протокола TCP: T_1 — начало передачи данных (медленный старт); T_2 — интервал, в котором возникает насыщение канала данных

Несмотря на простоту протокола TCP, с этим протоколом связана целая технология TCP/IP, определяющая принципы связей между TCP и сетевым уровнем протокола. Различные принципы, механизмы обмена данными в протоколе TCP стали благодатным полем для исследований этого протокола (например, [7, 43]). Для обзорного исследования общей концепции NGN глубины протокола TCP едва ли могут быть интересны, здесь целесообразно рассмотреть только влияние механизмов TCP на структуру трафика данных в транспортных сетях.

Применение алгоритма контроля связности канала в протоколе TCP порождает очень интересное явление, представленное на рис. 4.43. Пусть существует канал с фиксированной пропускной способностью. Сначала передача данных характеризуется экспоненциальным ростом емкости трафика, выраженной по оси ординат в процентах пропускной способности, вплоть до полной емкости канала (интервал T_1 на рис. 4.43). В стандартах TCP эта фаза передачи данных называется медленным стартом (slow start). После насыщения канала все последующие запросы на передачу (команды АСК) не могут быть удовлетворены и возникают дубликаты команд АСК (см. рис. 4.41), так что обмен данными приостанавливается и эффективная скорость обмена падает до определенного уровня. Затем по мере завершения передачи ранее переданных данных запросы начинают удовлетворяться, и скорость обмена данными начинает расти линейно вновь до насыщения пропускной способности канала. Затем процесс повторяется, что приводит к появлению пилообразного трафика.

Появление гигабитных сетей поставило перед разработчиками задачу адаптировать технологию TCP к таким высокоскоростным сетям. В этом случае применение традиционного механизма TCP оказывается малоэффективным, поскольку рост скорости передачи оказывается слишком быстрым, так что алгоритм «захлебывается» потоком дубликатов. Чтобы решить проблему, в 2006 г. была предложена новая технология Gigabit TCP, которая предусматривает разделение потока данных

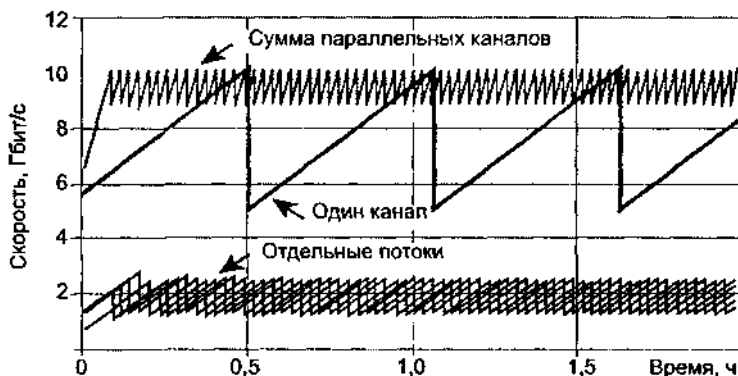


Рис. 4.44. Пилообразный трафик в гигабитной транспортной сети

на несколько составляющих и уменьшение окон ожидания. В результате пилообразный трафик сохраняется, но приобретает иные параметры (рис. 4.44). При этом параллельно может передаваться трафик в виде индивидуальных потоков TCP.

Таким образом, наличие механизма регулирования передачи данных на уровне протокола TCP качественно изменяет структуру трафика в транспортной сети, создавая пилообразные потоки данных. С учетом того, что трафик TCP составляет половину всего трафика NGN, если не более, фактор пилообразной структуры трафика оказывается очень существенным и определяет высокую неравномерность трафика в транспортных сетях.

4.9. Конвергенция в технологиях систем передачи

Завершая исследование технологий уровня транспортных сетей, следует еще раз вернуться к емкому образу биомассы, который во многом олицетворяет современную транспортную сеть.

Выше были рассмотрены наиболее важные механизмы работы транспортной сети на разных уровнях. Тем самым при анализе общих задач, стоящих перед транспортной сетью, была сделана попытка проникнуть внутрь биомассы и разобраться в ее внутреннем строении. Эта попытка продемонстрировала многообразный мир современных транспортных сетей, при этом сама биомасса едва ли стала более понятна и предсказуема в поведении, так что можно говорить о сохранении этого образа на самые далекие перспективы.

Тем не менее, обобщая все перечисленное, можно указать на ключевые моменты технологии транспортных сетей и на те факторы, которые влияют на современное развитие этого уровня технологии.

Во-первых, необходимо выделить многообразие технических решений, протоколов, подходов, что определяется духом демократизма современных сетей NGN. В транспортной сети присутствуют самые разные типы связей: от виртуальных коридоров до схем групповой рассылки, различные технологии, уровни и протоколы.

Во-вторых, трафик в современной транспортной сети является динамичным и не может быть описан простыми моделями или схемами «точка-точка» и «точка-многоточка». В сети имеют место каналы обмена данными, виртуальные туннели симметричного или асимметричного типа. В то же время имеются вещательные каналы, «заливающие» сеть трафиком, а также каналы групповой рассылки, которые не просто доставляют трафик до пользователя, но дублируют сообщения и рассылают их по разным направлениям. Принципы маршрутизации (заливка, маршрутизация по вектору состояния и пр.) добавляют разнообразия схемам обмена данными в сети. Наличие отдельных протоколов управления сетью увеличивает вероятность сбоя, а широкое использование принципов протокола TCP делает даже самое простое соединение в сети существенно неравномерным по интенсивности передаваемых данных. Все перечисленное создает исключительно разнообразную и пеструю картину.

В-третьих, все технологии транспортной сети не только сосуществуют в рамках единого «облака», но взаимно конкурируют за ресурс различных систем передачи, которые используются в транспортных сетях. Выше было показано разнообразие технологических решений: от традиционных сетей NGSDH до современных магистралей 10 Gigabit Ethernet и MPLS. Все они создают с той или иной долей эффективности совокупный ресурс транспортной сети канального уровня, за который конкурируют технологии уровней L3-L4.

Представленная картина показывает, что по богатству технологических решений транспортная сеть не уступает другим уровням технологии NGN и является очень важным компонентом современной технологии сетей нового поколения.

При этом следует учесть свойство конвергенции, которое характерно для транспортных сетей. В отличие от сетей доступа, транспортная сеть должна представлять собой единый каркас современной системы связи. Как следствие, невозможно представить, чтобы этот каркас был собран из разрозненных частей, пусть даже и на принципах конвергенции. Внешнее объединение технологий и внешняя конвергенция, свойственные сетям доступа (см. гл. 3), в случае транспортной сети могут привести только к появлению «лоскутного одеяла», которое не сможет стать опорой для развития сети NGN.

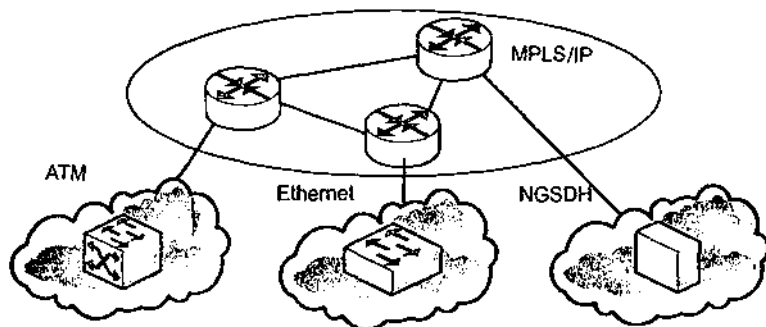


Рис. 4.45. Концепция MPLS-ядра NGN

Поэтому технологиям транспортных сетей свойственна внутренняя конвергенция, в рамках которой они объединяются изнутри на уровне протоколов, механизмов, алгоритмов, но внешне это будет выглядеть по-прежнему как красивое и компактное «облако Интернета». При рассмотрении различных уровней технологии ранее несколько раз встречалось явление внутренней конвергенции. Наиболее явно оно было продемонстрировано в ходе исследования принципов маршрутизации трафика, где используются различные протоколы (OSPF, BGP, MPLS и пр.) и их комбинации.

Конвергенция в сочетании с демократизмом, свойственным NGN, делает каждую транспортную сеть индивидуальным объектом. Можно говорить о модных тенденциях и предпочтениях операторов. Например, в [43] была предложена наиболее популярная в настоящее время концепция (рис. 4.45), согласно которой каркасом высокоскоростной транспортной сети выступает ядро MPLS, а другие технологии (NGSDH, Metro-Ethernet и ATM) «выталкиваются» на периферию. Такой подход в целом отражает текущие предпочтения в технологической моде, но не учитывает разнообразных альтернатив. Например, вместо ядра MPLS/IP может использоваться система WDM, в которой передаются данные 10GE. Такое решение тоже имеет право на жизнь в качестве концепции ядра, пусть и менее распространенной.

Принцип демократизма здесь не позволяет корректно ставить вопрос о предпочтительности той или иной технологии. Принцип внутренней конвергенции позволяет выравнивать даже малые технологические отличия. Например, в предлагаемой концепции 10GE/WDM в качестве протокола маршрутизации вполне может использоваться технология MPLS, что делает обе концепции эквивалентными.

Таким образом, многообразный мир технических решений в области транспортных сетей живет в соответствии с общими законами NGN и с учетом собственных технологических особенностей.

Уровень управления

5.1. Особенности уровня управления

Уровень управления, обозначенный в модели SCTA буквой «С» (см. рис. 3.1), занимает в современной концепции NGN уникальное положение. Под ним в модели SCTA находится уровень транспортных сетей, где сосредоточены ресурсы сети и обслуживается весь трафик, над ним — уровень услуг. Таким образом, решения уровня «С» одновременно связаны с вопросами управления процессами обслуживания трафика и предоставления современных услуг связи. Можно отметить, что такое положение обязывает относиться к решениям этого класса чрезвычайно серьезно и рассматривать их как одну из важнейших составляющих всех сетей NGN. Кстати, такая важная роль рассматриваемых в этой главе решений связана с радикальной и не совсем корректной позицией некоторых специалистов, которые вообще ставят знак равенства между решениями данного типа и концепцией NGN.

Как следует из названия «уровень управления», данная группа решений представляет собой **ядро управления всеми процессами в современных системах NGN**. Исследование решений уровня управления представляет собой нелегкую задачу, поскольку многие решения в техническом мире являются новыми и у исследователя нет опоры на историю их развития. Нельзя сказать, что решения уровня управления возникли внезапно, до этого развитие традиционных систем связи имело ряд технических решений, которые мигрировали в решения уровня управления. Но только на этапе перехода систем связи к концепции NGN решения данного уровня обособились в отдельный класс, который должен рассматриваться отдельно. Как будет показано ниже, для решений уровня управления существуют особые принципы построения и концепции, которые отличают их от решений других уровней NGN.

В этой главе будут рассмотрены решения уровня управления и основные технологические тенденции. Как и решения других уровней, данный

класс решений представляет собой отдельный многообразный и демократичный мир, поэтому целью нашего обзора станет исследование общих тенденций и законов, которые действуют на этом уровне NGN.

На развитие решений уровня управления оказывают воздействие принципы NGN, сформулированные в главе 2, это:

- демократичность и поливариантность решений;
- релятивизм;
- конвергенция;
- использование адаптационных механизмов;
- многоуровневая архитектура решений;
- раздельное и совместное использования ресурсов NGN;
- многопараметричность.

Кроме того, решения уровня управления отличаются от решений других уровней модели SCTA особой логикой. Выше в главах 3 и 4 мы наблюдали нечто похожее на уровнях доступа и транспорта. В первом случае закономерности развития сетей доступа определялись неизбежностью применения существующих абонентских линий и технологий, во втором случае — особенностью транспортных сетей как каркаса современной системы с явлением внутренней конвергенции, при этом лейтмотивом исследования сетей выступал образ «биомассы-облака».

Как уже говорилось, в теории управления существуют два метода построения сетей: системы управления централизованного и распределенного типов. Обычно первые решения используют в сетях, решающих относительно простые задачи. По мере усложнения сетей системы управления последовательно эволюционируют от централизованного к распределенному типу. Именно такая тенденция существует в эволюции решений уровня управления.

Последовательный переход от централизованных решений к распределенным получил название **принципа декомпозиции**, который играет существенную роль в развитии решений уровня управления. Впервые принцип декомпозиции был представлен в примере 2.4 как отражение демократичности NGN в целом. Вместе с тем декомпозиция оказывается слишком важным принципом развития NGN, чтобы рассматривать ее только как иллюстрацию демократичных тенденций. Как уже отмечалось, декомпозиция связана с демократичностью NGN, равно как и с адаптивностью, многопараметричностью и пр.

Принцип декомпозиции заключается в последовательном разделении задач управления между различными устройствами и подсистемами. Сейчас практически во всех устройствах NGN присутствует микроконтроллеры, функциональные возможности которых постоянно растут, следовательно, сложность управления системой NGN пропорционально

увеличивается. Чтобы справиться с растущим объемом задач управления, функции управления должны размещаться внутри каждого микроконтроллера, выполняющего часть задач управления, относящуюся к данному устройству управления. Так происходит переход централизованных решений к распределенным.

В то же время нельзя рассматривать тенденцию развития систем управления NGN только от централизованного к распределенному типу как безальтернативную. Объективно существует и обратный процесс — централизация управления, которая связана с необходимостью гарантировать работоспособность, надежность и предсказуемость поведения всей системы NGN. Ядро управления NGN должно быть единым и выполнять функции контроля всех процессов — от передачи данных до предоставления услуг. По этой причине в ходе эволюции современных систем связи обязательно должно сохраняться единство ядра управления.

Централизация и сохранение ядра управления не позволяет NGN «уйти в разнос» и стать окончательно неуправляемой структурой. Декомпозиция задач и устройств позволяет сохранять при общей централизации управления сетью высокий уровень гибкости и надежности работы сети. С учетом того, что процесс развития идет в сторону декомпозиции устройств, можно говорить о **принципе перманентной декомпозиции** как об основном принципе развития решений NGN уровня управления.

Итак, рассмотрим развитие решений уровня управления на основе принципа перманентной декомпозиции в процессе эволюции сетей связи от традиционных телефонных сетей (ТФОП) к NGN. Как будет показано ниже, выбор ТФОП как исходной точки эволюции не случаен. Все современные концепции управления NGN ведут свое начало от телефонных сетей, хотя в процессе эволюции заимствовали много решений из компьютерных сетей, распределенных баз данных и сетей пакетной передачи.

Управление в ТФОП реализовано (как это не странно) распределенными методами. Каждая электронная АТС имеет собственную систему управления, установленную в управляющий процессор. Процессор выполняет две функции: внешние — установления соединений и внутренние — управления станцией. Начиная с ТФОП, можно выделить следующие пять этапов декомпозиции в современных системах управления (рис. 5.1).

1. Переход к концепции ОКС №7, которая привела к разделению задач обмена сигнализацией и задач обмена данными (речевыми сигналами). На этом этапе система связи разделилась на сеть сигнализации и сеть коммутации.

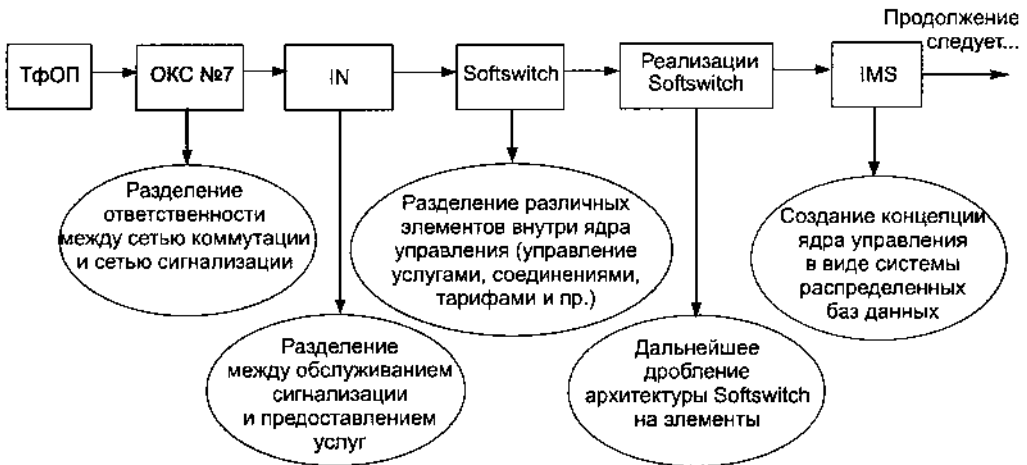


Рис. 5.1. Процесс эволюции сетей связи от ТфОП к NGN

2. Разработка концепции интеллектуальных сетей (IN), которая предусматривала разделение функций внутри системы сигнализации на функции обмена сигнальными сообщениями и функции обеспечения доступа к новым услугам.

3. Появление элементов NGN и переход к гибридным сетям ОКС №7/NGN. На этом этапе появилось устройство Softswitch, которое по сути реформировало общие принципы управления сетями. Концепция Softswitch предусматривает разделение задач обеспечения управлением различными процессами в сети NGN между целыми семействами различных устройств: медиа-шлюз MG, контроллер медиашлюзов MGC, сигнальный шлюз SG, шлюз транспортных каналов TG и др.

4. Продвижение концепции Softswitch как доминирующей в существующих сетях связи одновременно с активным процессом декомпозиции задач Softswitch между различными устройствами. В результате появились многоуровневые концепции Softswitch.

5. Появление новой концепции IMS, которая представляет собой окончательную декомпозицию ядра концепции Softswitch — MGC в связи с процессами конвергенции между мобильными и проводными системами связи. На современном этапе развития концепции IMS продолжается процесс декомпозиции различных устройств в составе IMS-платформ.

Весь ход эволюции технологии NGN на уровне управления представляет собой лишь иллюстрацию действия принципа перманентной декомпозиции. Однако предложенный исторический экскурс оказывается очень удобным для исследования принципов построения современного уровня управления, поскольку всем техническим решениям изначально свойственна преемственность. Поэтому ниже мы рассмотрим поэтапное

развитие решений уровня управления и сделаем анализ тех технологий, которые появились на каждом этапе.

Знание истории сетей связи здесь тем более важно, что принцип демократичности NGN обуславливает возможность сосуществования решений уровня управления, принятых на разных этапах. Если на данном этапе модно предлагать в качестве решения уровня управления концепцию IMS, то это не означает, что технология Softswitch устарела, наоборот, для многих операторов во всем мире она может считаться вполне перспективной.

Эта история важна для нашего исследования еще и потому, что развитие уровня управления NGN шло последовательно. Решения одного уровня перетекали в решения другого, причем имела место конвергенция решений из разных этапов. Поэтому в большинстве монографий, связанных с исследованиями уровня управления NGN [9, 10, 37 и пр.], присутствует исторический компонент. В этом исследовании также будет выдержана эта методическая тенденция.

5.2. От ОКС №7 к интеллектуальным сетям

5.2.1. Концепция управления и система сигнализации традиционных телефонных сетей

Поскольку эра NGN окончательно пока не наступила и большая часть отечественных операторов владеет и управляет традиционными телефонными сетями, целесообразно за отправную точку исторического анализа технических решений в области управления взять ТфОП. Современная цифровая телефонная сеть состоит практически из однородных элементов — АТС различной емкости и функциональности. Если говорить о спецификации услуг, то они ограничены традиционной телефонией плюс дополнительные услуги, которые можно реализовать с использованием программного обеспечения цифровых АТС.

Основным инструментом управления традиционной телефонией являются каналы сигнализации, по которым передается информация о состоянии вызовов. В ТфОП используются несколько семейств протоколов сигнализации (рис. 5.2).

Исторически к первому семейству протоколов относят протоколы сигнализации, связанные с телефонными каналами CAS (Channel Associated Signaling) и ориентированные на использование цикловой структуры ИКМ-30 потока Е1. В состав любого протокола сигнализации CAS входят две подсистемы сигнализации: линейная и регистровая. По линейной сигнализации передаются команды занятия, вызова, отбоя и пр. в виде битов ABCD в составе канального интервала TS16 в сверхцикле

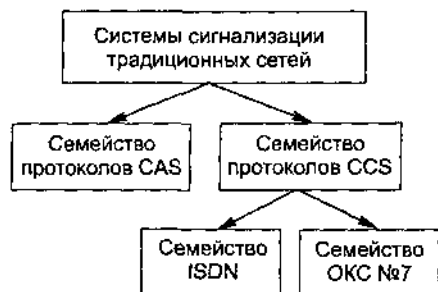


Рис. 5.2. Концепция систем сигнализации ТфОП

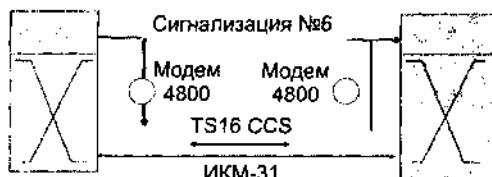


Рис. 5.3. Концепция системы сигнализации № 6 — предшественницы ОКС №7

ИКМ-30. В регистровой сигнализации передаются данные о набираемых номерах, номере АОН, кодах дополнительных услуг и пр. Для этой цели используются модуляции DTMF или MF «2 из 6», в том числе и наиболее распространенная сигнализация «импульсный челнок». Данные передаются непосредственно в разговорном канале. Именно поэтому весь сигнальный обмен оказывается связанным с определенным разговорным каналом, что и дало название сигнализации CAS. К наиболее известным протоколам CAS можно отнести протоколы 1ВСК, 2ВСК (R1,5), различные модификации MFC — R2, DE&M, 600/750 Гц и пр.

Сигнализация CAS обеспечивала достаточные возможности управления услугами традиционной телефонии. Но изначально она ориентировалась на аналоговые АТС. С появлением цифровых АТС появилась возможность построить систему сигнализации на новых принципах. Условно любую цифровую АТС можно представить в виде совокупности коммутационного поля («фабрики каналов») и управляющего процессора («мозга»). Поскольку цифровые АТС взаимодействуют по правилам компьютерного обмена, оказалось целесообразным не использовать многоуровневый алгоритм протоколов семейства CAS, а связать управляющие процессоры друг с другом напрямую. Следуя исторической преемственности, решено было использовать для связи ресурс канального интервала TS15. Управляющие процессоры подключались к модему на скорости 4800 бит/с и обменивались линейной и регистровой информацией. Так появилась система сигнализации № 6 (рис. 5.3) — первый вариант семейства сигнализации по выделенному каналу CCS (Common Channel Signaling).

Исследования потенциала системы сигнализации № 6 показали, что ресурса в 4800 кбит/с вполне достаточно, чтобы обслуживать до 60 соединений, тогда как в канале Е1 было активно только 30, т.е. система сигнализации имела существенный запас ресурса. Дальнейшее развитие концепции CCS пошло по пути упрощения схемы обмена, показанного на рис. 5.3. В процессе развития сетей IDN, когда телефонная сеть

стала строиться на цифровых системах передачи и цифровых коммутационных узлах, оказалось логичным отказаться от модемной связи и использовать весь ресурс потока TS16, т.е. все 64 кбит/с.

Как было указано выше, ресурс сигнализации для обслуживания услуг телефонной сети оказался явно избыточным. Этот ресурс можно было использовать двояко. Можно было передавать по каналу сигнализации дополнительную информацию о новых услугах, существенно расширяя их номенклатуру. Такой путь привел к появлению целого семейства протоколов ISDN (EDSS1, NI-1, NI-2, DPNSS, DASS2, CorNet-N, CorNet-T, 1TR6, TN1R6, Qsig и пр.). Широкая номенклатура услуг оказалась востребованной в первую очередь сектором корпоративных сетей, где используется немного телефонных линий, но требования к количеству услуг высоки.

Второй способ использования ресурса системы сигнализации — передача сигналов управления для большого количества коммутационных узлов. Это привело к появлению совершенно новой концепции системы сигнализации, получившей название общеканальной сигнализации №7 или ОКС №7.

5.2.2. Особенности концепции ОКС №7

Переход от традиционного дерева протоколов сигнализации, представленного на рис. 5.2, к концепции ОКС №7 стал первым шагом по пути перманентной декомпозиции решений в части управления системами связи. Следует отметить, что этот шаг был сделан задолго до появления концепции NGN, так что в концепции NGN не было предложено чего-то совершенно революционного, скорее решения уровня управления развивают уже сложившуюся десятилетиями традицию.

Важным шагом в развитии системы сигнализации ОКС №7 стала декомпозиция этой системы и телефонной сети. Ключевым в концепции ОКС №7 стало создание отдельной сети сигнализации, которая накладывается на сеть связи (рис. 5.4). В результате традиционное понимание сигнализации как обмена данными между двумя АТС при обслуживании соединения отошло в прошлое. Сеть сигнализации первоначально создавалась на основе ресурса канальных интервалов TS16. Развитие концепции ОКС №7 привело к тому, что сеть сигнализации вообще отделилась от телефонной сети. В новых версиях протокола ОКС №7 для передачи сигнальных сообщений могут использоваться любые канальные интервалы. При необходимости оператор может объединить сигнализацию в отдельный поток E1, а все остальные потоки использовать только под передачу голосового трафика.

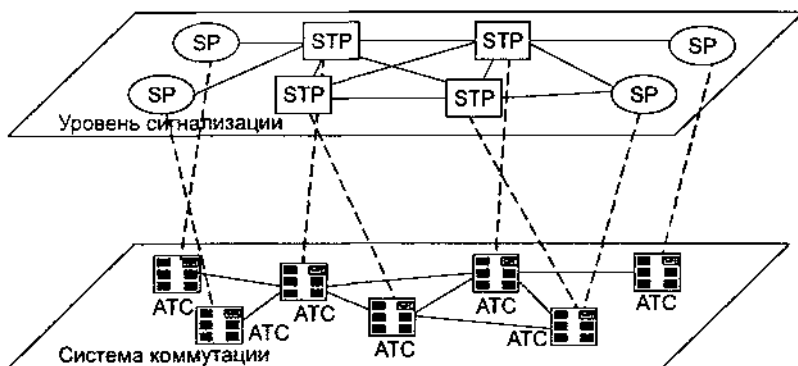


Рис. 5.4. Первая декомпозиция телефонной сети: разделение сети сигнализации и телефонной сети

Декомпозиция сигнальной и телефонной сетей привела к необходимости проектирования системы сигнализации как выделенного элемента сетей связи. Если проводить аналогию с сетями передачи данных, в которых используются оконечные элементы, коммутаторы и серверы/базы данных, то в составе сети ОКС №7 также можно выделить:

- оконечные узлы сигнализации SP (Signaling Point);
- транзитные пункты сигнализации STP (Signaling Transfer Point);
- пункты предоставления услуг SCP (Service Control Point).

Направления сигнальной передачи и передачи трафика могут не совпадать (рис. 5.5). Более того, будучи построенной на принципах коммутации пакетов, система сигнализации ОКС №7 предусматривает вариант, когда начало сигнального обмена идет по одному сигнальному каналу, а его завершение — по другому. В результате система сигнализации ОКС №7 стала работать устойчивее, чем традиционная система сигнализации. При возникновении любых перегрузок в системе сигнализации сеть связи не теряет управления.

Но качественный переход от канального обмена сигнализацией к сетевому принес и новую специфику с точки зрения эксплуатации сети. Обеспечивая функции контроля и управления, система ОКС №7 ока-

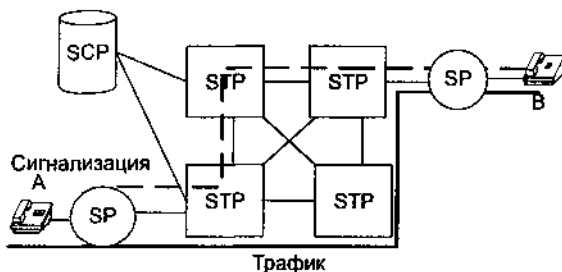


Рис. 5.5. Направления сигнальной передачи и передачи трафика в системе ОКС №7

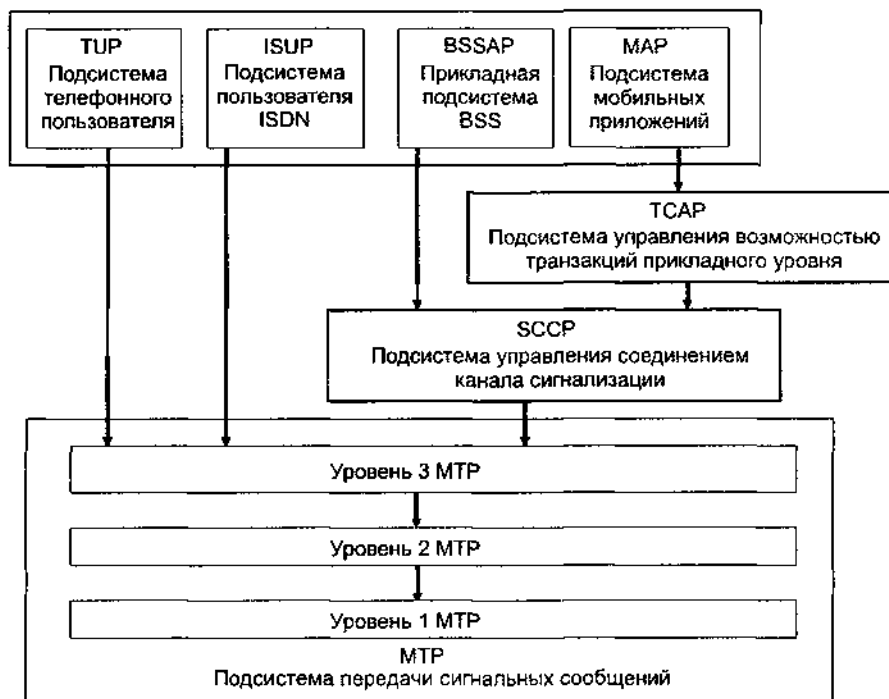


Рис. 5.6. Многоуровневая архитектура протокола ОКС №7

залась менее подконтрольной и менее управляемой, чем традиционные системы сигнализации. Например, контроль сигнального обмена в сети ОКС №7 может выполняться только сетевыми методами. Подключившись к одному каналу STP, инженер может идентифицировать начало сигнального обмена и не получить подтверждение о его окончании. Отсутствие подконтрольности — это объективная плата за увеличение сложности самой системы сигнализации, и ниже будет показано, что эта тенденция сохранилась на всех последующих стадиях развития технологии управления сетями связи.

Дальнейшее развитие концепции ОКС №7 было связано не только с созданием распределенной сети, но и с расширением структуры протокола. В отличие от рассмотренных выше протоколов сигнализации ОКС №7 рассматривалась как система сигнализации, которая включает в себя несколько подсистем, выполняющих определенные функции (рис. 5.6).

Развитие ОКС №7 в виде целого стека протоколов и подсистем сигнализации также можно рассматривать как декомпозицию. Ряд подуровней сигнализации, например подсистема ISUP сигнализации пользователя ISDN, играет самостоятельную роль. Другие уровни стека имеют технологическое значение и позволяют разным уровням стека

ОКС №7 взаимодействовать друг с другом (например, подсистемы SССР и ТСАР большей частью выполняют такие функции). Начиная с системы сигнализации ОКС №7, все системы сигнализации создавались в виде многоуровневого стека, включающего специализированные подсистемы сигнализации.

5.2.3. Переход к концепции интеллектуальных сетей

Следующим шагом по пути декомпозиции решений в области управления сетями стало появление концепции интеллектуальных сетей IN (Intelligent Network). Эта концепция развивалась внутри ОКС №7. В стек протоколов сигнализации (см. рис. 5.1) была добавлена подсистема управления услугами интеллектуальной сети INAP (IN Application Part).

Для нашего исследования большую ценность имеет появление новых методов предоставления услуг, которое принесли с собой решения IN. Основным вопросом, который решался в IN, стал вопрос об эффективности наращивания спецификации дополнительных услуг, или дополнительных видов обслуживания (ДВО). В отличие от базовых услуг традиционной телефонной сети (телефония, АОН и пр.), дополнительные услуги постоянно расширяются. За последнее десятилетие многие из таких услуг получили широкое распространение (вызов третьего абонента, телеголосование, конференц-связь, код 800 и пр.). В результате операторы столкнулись с интересной проблемой. Если ДВО предоставляются на каждой АТС отдельно (рис. 5.7, а), то в составе АТС должен быть предусмотрен контроллер ДВО. Введение новой услуги требует перепрограммирования этого контроллера. Но в таком случае системное введение новой спецификации услуг ДВО требует программирования сразу всех АТС.

В концепции IN предложено решить проблему внедрения ДВО как отдельной подсистемы. Любого абонента, желающего получить ДВО, станция коммутирует по системе сигнализации на единый для всей сети

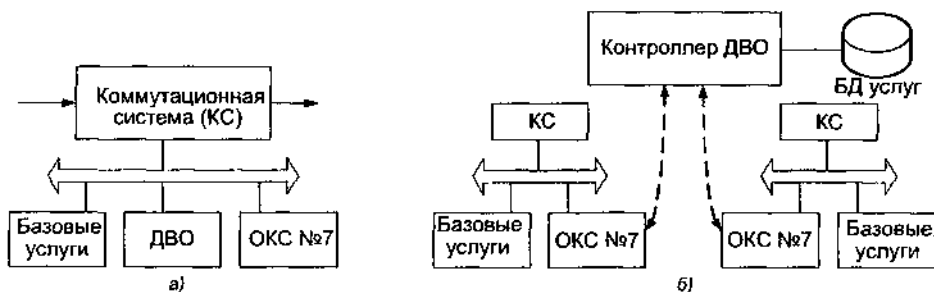


Рис. 5.7. Переход к концепции централизованного предоставления ДВО

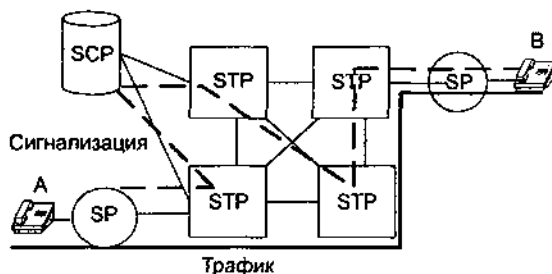


Рис. 5.8. Функционирование системы IN

контроллер ДВО, связанный с БД услуг (рис. 5.7,б). Здесь сигнальные сообщения от абонента принимаются, анализируются и предоставляется услуга. При внедрение IN требуется лишь один раз перепрограммировать АТС, указав направление коммутации АТС при обращении к контроллеру ДВО. Теперь изменение набора ДВО происходит обычной заменой программного обеспечения этого контроллера. Тем самым существенно уменьшаются расходы на системное внедрение новых услуг и увеличивается оперативность внедрения.

Концепция IN изменила структуру сигнального обмена в сети сигнализации ОКС №7 (ср. с рис. 5.5). Пункты предоставления услуг в сети ОКС №7 получили название SCP. Теперь для предоставления новой услуги между абонентами А и В сигнальный трафик пропускается через SCP, где и предоставляются услуги (рис. 5.8).

Переход от традиционных концепций предоставления услуг к концепции IN стал следующим шагом по пути декомпозиции решений управления сетями. Теперь разделение прошло по линии сеть – услуги. Концепция IN выделила услуги и процедуру их предоставления в отдельную подсистему.

5.2.4. Альтернатива IN — системы компьютерной телефонии

Концепция IN имела альтернативу — системы компьютерной телефонии*. В качестве устройства компьютерной телефонии может быть использован обычный компьютер с платой фирмы Dialogic или других фирм-производителей, которая обеспечивает преобразование сигнальных сообщений из сети ОКС №7 (рис. 5.9).

Устройства компьютерной телефонии работают на протоколах IN, но, например, могут не использовать протоколы INAP. В последнем случае можно реализовать концепцию IN, но лишь в отдельном регионе, например в одном городе. Первые примеры услуг телеголосования, первые

* Не следует путать системы компьютерной телефонии и системы IP-телефонии — это принципиально разные технические явления.

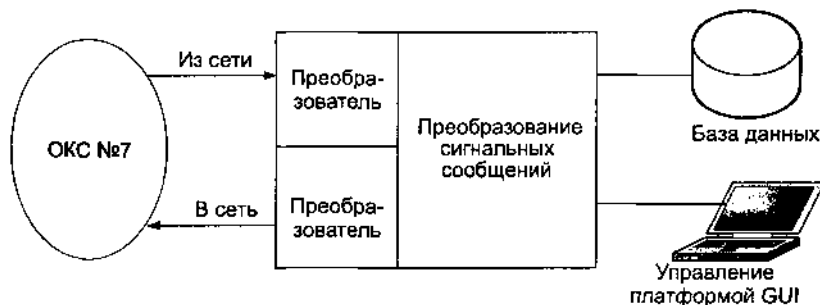


Рис. 5.9. Схема узла компьютерной телефонии

карточные платформы, аналог «услуги 800» LogicLine и другие услуги были сначала реализованы на платформах компьютерной телефонии, а уже затем появились большие INAP-платформы.

С точки зрения перманентной декомпозиции появление устройств компьютерной телефонии имеет особенное значение. Здесь явно прослеживается декомпозиция на уровне оборудования разных производителей. Производитель IN-решений может быть не зависим ни от поставщика оборудования для систем сигнализации, ни от поставщика коммутационных станций. Этот факт можно рассматривать, с одной стороны, как появление новых надстроек (в частности, IN) над телефонной сетью, и с другой — как первое проявление новой демократичной тенденции, когда рынок систем связи распадается на сегменты: отдельно решения для системы связи, отдельно — для сети сигнализации и отдельно — платформы для предоставления услуг. В каждом из сегментов существует конкуренция и альтернативные решения.

5.3. От интеллектуальных сетей к концепции Softswitch

5.3.1. Новые задачи управления услугами NGN

Появление сегментов сетей NGN, построенных на принципах пакетной передачи данных, потребовало изменения концепции системы управления. Как было показано выше, к моменту появления сетей NGN система управления уже включала три подсистемы: управления, сигнализации и предоставления услуг.

Построение гибридных сетей из сегментов NGN и сегментов традиционных сетей привело к росту требований к системе управления. Качественный рост перечня услуг, вызванный переходом к NGN, повысил требования к функциональности системы управления. Можно указать следующие особенности этого этапа:

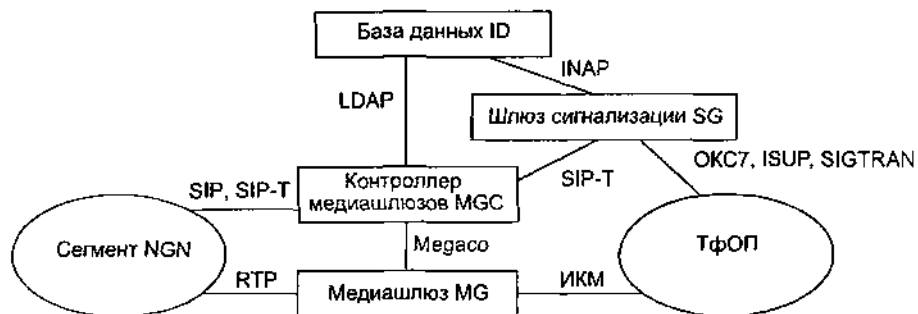


Рис. 5.10. Архитектура сопряжения традиционной сети и NGN

- в отличие от традиционных сетей, набор базовых услуг которых был ограничен традиционной телефонией, в сегментах NGN набор базовых услуг включает в себя передачу речи, видео и данных;
- возникла необходимость сквозной трансляции сигнальных сообщений между традиционной сетью и сегментами NGN;
- объективное увеличение номенклатуры технических решений, протоколов, принципов организации связи, обусловленное фактором демократичности концепции NGN.

В результате возникло решение, которое позволяет объединить традиционные телефонные сети и сегменты NGN IP-сети на всех трех уровнях управления (рис. 5.10). Как показано на рисунке, на уровне передачи трафика ТфОП объединяется с сегментами NGN через медиашлюз MG (Media Gateway). Сигнальные системы сетей NGN и ТфОП объединяются через сигнальный шлюз SG (Signaling Gateway). Платформа предоставления услуг, взаимодействующая с традиционной сетью по протоколу INAP, подключается к системе управления гибридной сетью по протоколу LDAP.

Поскольку в новой архитектуре системы управления используется несколько новых устройств — шлюзов, потребовалось установить отдельное устройство для координации их работы. Такое устройство получило название контроллера медиашлюзов MGC (Media Gateway Controller).

5.3.2. Концепция Softswitch

Таким образом, решение задачи организации взаимодействия сегментов традиционных сетей и сегментов NGN стало новым шагом на пути декомпозиции. Теперь каждый узел системы сигнализации включает в себя несколько устройств, взаимодействующих по разным протоколам. Эта концепция получила название Softswitch и стала основной концепцией систем NGN на уровне управления.

Говоря строго, концепция Softswitch не может быть сведена только к переходу от отдельных устройств в системе управления к распределенной архитектуре. Дать точное определение Softswitch сложно. Например, в [9] дается следующее определение: «Softswitch является носителем интеллектуальных возможностей сети, который координирует управление обслуживанием вызовов, сигнализацию и функции, обеспечивающие установление соединения через одну или несколько сетей». В таком определении много неясного, но это и понятно, поскольку Softswitch представляет собой слишком объемное и расплывчатое понятие. В зависимости от контекста можно говорить о трех основных значениях Softswitch:

1) Softswitch представляет собой устройство, непосредственно связанное с сетью сигнализации и работающее на принципе объединения нескольких элементов. Данные элементы могут быть локализованы или территориально распределены по сети;

2) Softswitch — это сетевая архитектура, которая включает в себя перечисленные выше элементы MGC, MG, SG и пр.;

3) Softswitch — это идеология построения системы управления в сетях NGN.

То, что под одним понятием Softswitch мы видим несколько разных явлений, всего лишь частное следствие концептуального плюрализма NGN и демократичности суждений на тему современных систем связи. Но все эти определения свидетельствуют о ключевой роли Softswitch в современной системе управления NGN.

Впервые со структурой Softswitch мы познакомились в примере 2.4, когда рассматривали демократические тенденции в сетях NGN. Рассмотрим теперь составные части современной концепции Softswitch (рис. 5.11). Как следует из рисунка, ядром Softswitch является один или несколько управляющих элементов — контроллеров медиашлюзов MGC (Media Gateway Controller). Последний выполняет роль координации всех остальных подсистем Softswitch.

Для присоединения к Softswitch сегментов современных телефонных сетей на основе VoIP используются серверы. Поскольку в настоящее время существует две технологии VoIP — SIP и H.323, то, соответственно, в состав Softswitch входят SIP-серверы и H.323-серверы. Эти серверы взаимодействуют с MGC по протоколам сигнализации SIP/SIP2.0 и H.323 соответственно.

Помимо новых сегментов VoIP, к Softswitch должны подключаться сегменты традиционной сети, использующей ОКС №7. Для этого используется шлюз сигнализации SG (Signaling Gateway), взаимодействующий с MGC на основе протокола SIGTRAN.

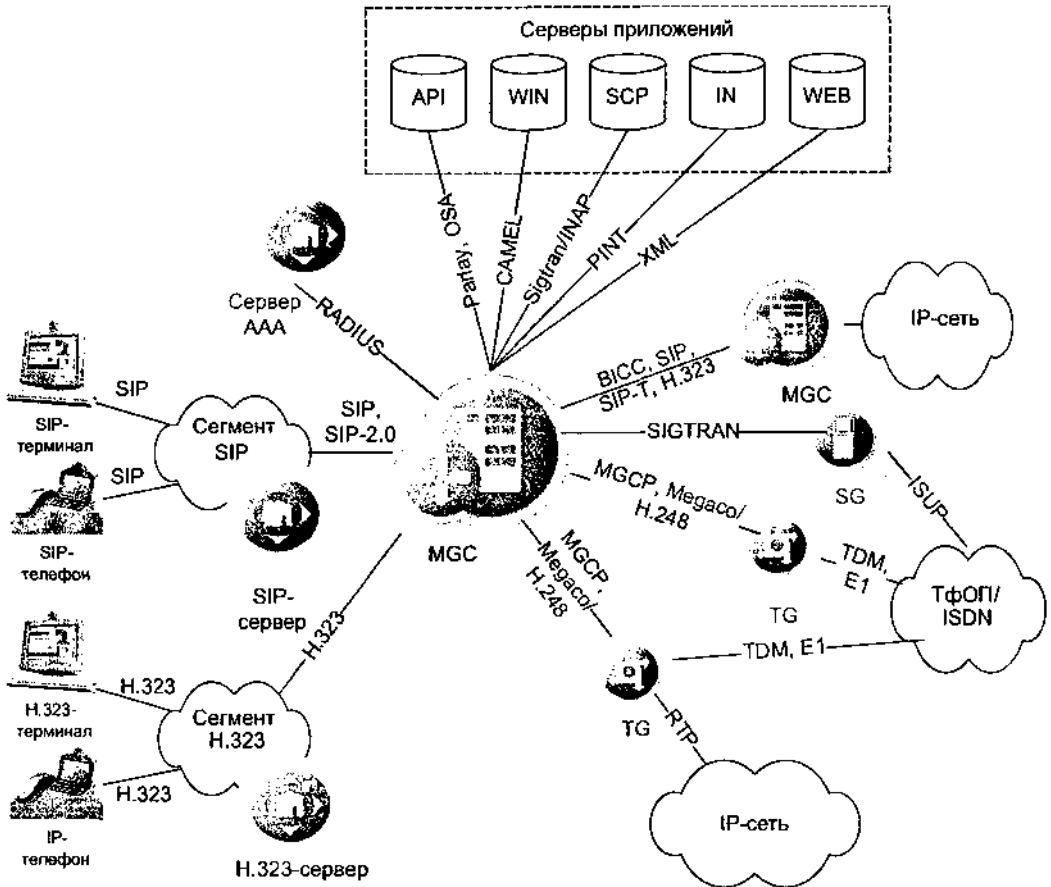


Рис. 5.11. Структура современного Softswitch

Для присоединения сетей VoIP и сегментов традиционных сетей TDM к Softswitch используются только сигнальные каналы. Преобразование каналов TDM в каналы пакетной сети, строго говоря, не является задачей Softswitch. Напомним, что система Softswitch относится к уровню «С», где решаются задачи управления, а не переноса трафика. Тем не менее конвергенция традиционных и пакетных сетей привела к необходимости включить в концепцию Softswitch шлюз транспортных каналов TG (Trunking Gateway), который выполняет преобразование традиционных каналов E1 в пакетные каналы RTP/RTSP. MGC осуществляет только функции управления этим преобразованием, для чего соединяется с TG по протоколам MGCP или Megaco. Таким образом, голосовой трафик не проходит через MGC. Наконец, к MGC может подключаться другой MGC, формируя тем самым распределенную систему управления. Для обмена данными между MGC могут использоваться разные системы сигнализации: BICC, SIP, SIP-T, H.323 и пр.

Рассмотренные выше архитектурные элементы определяют базовые функции Softswitch, связанные с управлением процессами передачи данных в конвергентной системе. В то же время в структуру Softswitch включается ещё ряд элементов, используемых для управления различными процессами внутри Softswitch.

Особняком от всех элементов системы стоит система биллинга NGN, которая часто называется сервером AAA (Authentication, Authorization, Accounting — Идентификация, Авторизация, Тарификация). Система AAA может строиться как локальная или распределенная система клиент-серверной архитектуры (подробнее об этом см. [19]). В архитектуре Softswitch подсистема AAA взаимодействует с MGC по протоколу RADIUS.

Отдельным уровнем в архитектуре Softswitch является уровень приложений. Концепция этого уровня заимствована из IN, чем и обусловлено, что одно из приложений — подсистема SCP, которая взаимодействует с MGC по протоколу INAP/SIGTRAN. Но в отличие от ТФОП, где IN решала задачи предоставления ДВО телефонным абонентам, в NGN объем различных услуг увеличивается на порядок. Это связано с тем, что абонентские устройства NGN теперь более разнообразны (это не только телефоны, но и КПК, компьютеры, контроллеры и пр.), появились новые сегменты сети, а новая концепция услуг существенно расширила номенклатуру сервисов и т.д. В результате при сохранении принципов IN уровень приложений объективно должен быть сложнее. Так же, как и в случае IN, центральное место на уровне приложений занимают различные базы данных, где обрабатывается, видоизменяются и преобразуются сигнальные сообщения из MGC. Как показано на рис. 5.11, к наиболее распространенным приложениям Softswitch относятся различные информационные системы (API), широко используемые в технологии мобильных сетей базы данных WIN, традиционные для IN компоненты, SCP, а также Web-приложения.

Таким образом, Softswitch представляет собой сложную архитектурную модель, включающую от нескольких до нескольких сотен устройств, призванных выполнять функции управления всеми процессами в NGN. Переход к распределенной архитектуре системы управления не является просто консервативным следствием ранее определенного принципа перманентной декомпозиции. Как было показано выше, этот переход означает качественное преобразование системы связи, в том числе увеличение количества и разнообразия задач управления. В результате, чтобы решить проблему управления локальными устройствами, требуется переход к распределенной концепции Softswitch.

Устройства Softswitch часто называют гибкими коммутаторами, под-

черкивая их высокую адаптивность к любым задачам управления. Действительно, распределенная система, построенная во многом на компьютерной, а не на телекоммуникационной логике, обладает повышенной гибкостью. До появления Softswitch подсистемы управления, даже на уровне IN-платформ, были тесно связаны с АТС и коммутационными узлами. Даже при отделении сети сигнализации ОКС №7 от сети передачи трафика узлы системы сигнализации все еще находились внутри АТС. Логика работы системы управления оставалась телекоммуникационной, так как базировалась на функциях специальных контроллеров АТС.

Декомпозиция устройств, которую привнесла компьютерная телефония, позволила разделить задачи управления и передачи данных между различными устройствами. Здесь впервые проявилась гибкость, которая свойственна системам, основанным на компьютерной логике. Такие системы позволяют разделять процессы управления, использовать различные открытые интерфейсы программирования, имеют более широкий диапазон вариаций установок и т.д.

Технология Softswitch предлагает пойти дальше и разделить различные процессы управления в сложной конвергентной сети NGN между разными устройствами. Это приводит к новому витку декомпозиции, приносит дополнительную сложность, но уже обусловленную качественным изменением задач управления сетью. Вместе с тем Softswitch сохраняет верность компьютерной логике и обеспечивает действительно высочайшую гибкость.

5.3.3. Новая концепция сигнализации

Новая концепция Softswitch привела не только к усложнению архитектуры подсистемы управления, но и архитектуры протоколов сигнализации. На рис. 5.11 представлены различные протоколы, которые используются внутри системы Softswitch для связи различных элементов между собой, а также протоколы, которые используются для связи Softswitch с окружением традиционных сетей и NGN. Представленная на рис. 5.8 многоуровневая концепция сигнализации ОКС №7 на этапе перехода к технологии Softswitch эволюционировала не только в многоуровневую, но и в многопротокольную систему сигнализации.

В [9] предложена классификация протоколов по различным задачам, выполняемым MGCP, которые находят отражение в различных функциональных элементах концепции Softswitch. Перечислим некоторые группы таких протоколов:

- SIP, SIP2.0, SIP-T;
- H.323;
- MGCP, H.248, LDAP;

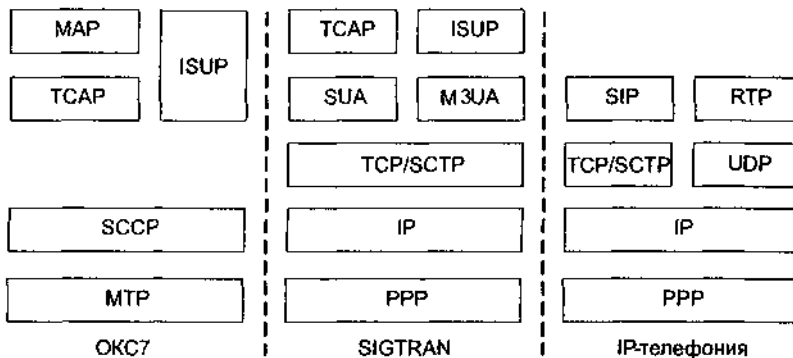


Рис. 5.12. Многоуровневая архитектура протокола SIGTRAN

- Open API (JAIN, PARLAY, XML);
- HTTP, CPL;
- INAP, CAP, MAP, CAMEL;
- SIGTRAN (TUA, SUA, M2UA, M3UA, V5UA и пр.);
- RTP, RTCP;
- Q.921, Q.931, Qsig;
- OKS №7 (MTP, SCCP, TCAP, ISUP и пр.).

В качестве примера рассмотрим одну из реализаций протокола SIGTRAN (рис. 5.12). Как указано выше, протокол SIGTRAN используется в узлах SG, т.е. в точках преобразования сигналов сигнализации, идущих между сегментами традиционной сети и NGN. Внутри NGN используется система сигнализации IP-телефонии (рис. 5.12, справа), где присутствуют уровни PPP (Point-to-Point Protocol), уровень IP, над ним уровни TCP/UDP/SCTP, над которыми присутствует сигнализация RTP/UDP для обмена данными VoIP и протокол сигнализации SIP в качестве системы сигнализации вызова VoIP. В традиционных сетях используется многоуровневый стек сигнализации OKS №7 (рис. 5.12, слева).

Протокол SIGTRAN должен решить много задач: преобразовать сигнальные сообщения OKS №7 в IP и обратно, обеспечить взаимное преобразование сигнальных сообщений, информационных полей, полей, используемых для управления соединением и контроля качества, и пр., а также, при необходимости, транзит сообщений OKS №7 через сеть IP или сообщений VoIP через ТфОП. Чтобы выполнить все эти задачи, протокол SIGTRAN включает в себя отдельные элементы протоколов IP и OKS №7, из-за чего его структура существенно усложняется.

Таким образом, от концепции многоуровневой сигнализации технология Softswitch переходит к концепции многоуровневой и многопротокольной системы сигнализации, сложность которой превышает современную.

менные протоколы сигнализации в десятки раз. Сложность современной системы сигнализации в Softswitch легко оценить, если указать хотя бы несколько уровней ее детализации:

- набор протоколов может устанавливаться производителем Softswitch или самим оператором в соответствии с задачами, решаемыми на уровне «С»;
- каждый протокол состоит из нескольких уровней, связанных с уровнями OSI или решаемыми задачами;
- на каждом уровне набор сообщений, правила обмена и значения информационных полей сообщений могут меняться в зависимости от производителя, оператора, инженера, программирующего Softswitch. Например, у каждой крупной фирмы, предлагающей решения в области мобильной связи, имеется доработанная для своих целей версия протокола CAMEL, и часто эти версии взаимно не совместимы.

Все сказанное показывает, что система сигнализации Softswitch не могла бы работать в традиционных сетях, где в каждом случае несовместимости протоколов необходимо изменять программное обеспечение станций. Технология Softswitch предлагает гибкое решение данной проблемы: большая часть полей протоколов может программироваться эксплуатирующим персоналом.

Усложнение структуры системы сигнализации оказывается настолько существенным, что современные монографии, посвященные теме Softswitch [9, 10, 34–39 и пр.], содержат в себе справочник по протоколам сигнализации. Не будем здесь подробно анализировать специфику системы сигнализации нового поколения, читатель может найти все необходимые материалы в технической литературе, а также в Интернете.

5.4. Многослойная архитектура Softswitch

Предложенная концепция распределенных систем управления оказалась настолько революционной, что концепция Softswitch развивается и сейчас, следуя по пути декомпозиции технических решений уровня управления. Можно выделить несколько направлений перманентной декомпозиции, которые привели к существенным изменениям в этой концепции:

- появление и развитие многослойной архитектуры Softswitch как совокупности устройств;
- разработка платформ прикладного уровня поставщиками оборудования;
- решения проблем контроля качества, безопасности и пр., которые воплотились в реализацию пограничных контроллеров сеансов (SBC).
Ниже мы особо рассмотрим каждое из этих направлений.

5.4.1. Развитие многослойной архитектуры Softswitch

Как было показано выше, концепция Softswitch сохранила в себе концепцию IN, предусматривавшую разделение процессов управления трафиком и предоставления услуг. Как следствие, базовая архитектура Softswitch предусматривала разделение на два слоя: слой управления сетью, где размещались устройства MG, MGC, TG, GC и серверы, и слой управления услугами с серверами AAA и AS. При практической реализации в архитектуре Softswitch появились несколько промежуточных слоев, чтобы обеспечить более структурированное решение. Процесс такого «расслоения» шел у каждой фирмы по-своему, но общий демократизм NGN не ограничивал инициативу разработчиков.

В качестве яркого примера многослойной архитектуры Softswitch рассмотрим систему CIRPACK — одну из наиболее развитых в настоящее время платформ (рис. 5.13). Как видно из рисунка, аппаратно-программная реализация Softswitch предусматривает еще один внутренний слой, который получил название промежуточного (Middleware)*. Его роль заключается в том, чтобы реализовать функции первичной обработки сигнальной информации для ее передачи на уровень приложений и обратно. Услуги гибкого управления реализуются на уровне приложений и разделяются на две части: часть функций — в Softswitch, а другая часть — в программных модулях сторонних разработчиков. Снизу в архитектурной модели на рис. 5.13 указаны физические интерфейсы подключения Softswitch к пакетным и традиционным сетям.

Как следует из рис. 5.13, универсальная архитектура Softswitch позволяет реализовать различные компоненты распределенной системы. В промежуточном слое Middleware присутствуют компоненты серверов SIP/H.323, элементы TG, SG и MGC. Все эти элементы представляют собой «кубики», набирая которые, оператор может получить из платформы CIRPACK отдельные элементы Softswitch или всю систему в полном объеме. Таким образом, исходный принцип декомпозиции различных устройств воплотился в декомпозицию «кубиков» с разным функциями, которые можно складывать вместе или использовать выборочно, чтобы формировать распределенную систему управления NGN.

Для современных вариантов реализации Softswitch отечественными и зарубежными компаниями-производителями [9] также наблюдается тенденция перманентной декомпозиции: количество различных модулей в составе Softswitch неизменно увеличивается.

* В главе 6 мы еще раз столкнемся с этим понятием, когда будем рассматривать архитектурную модель современной системы IPTV.

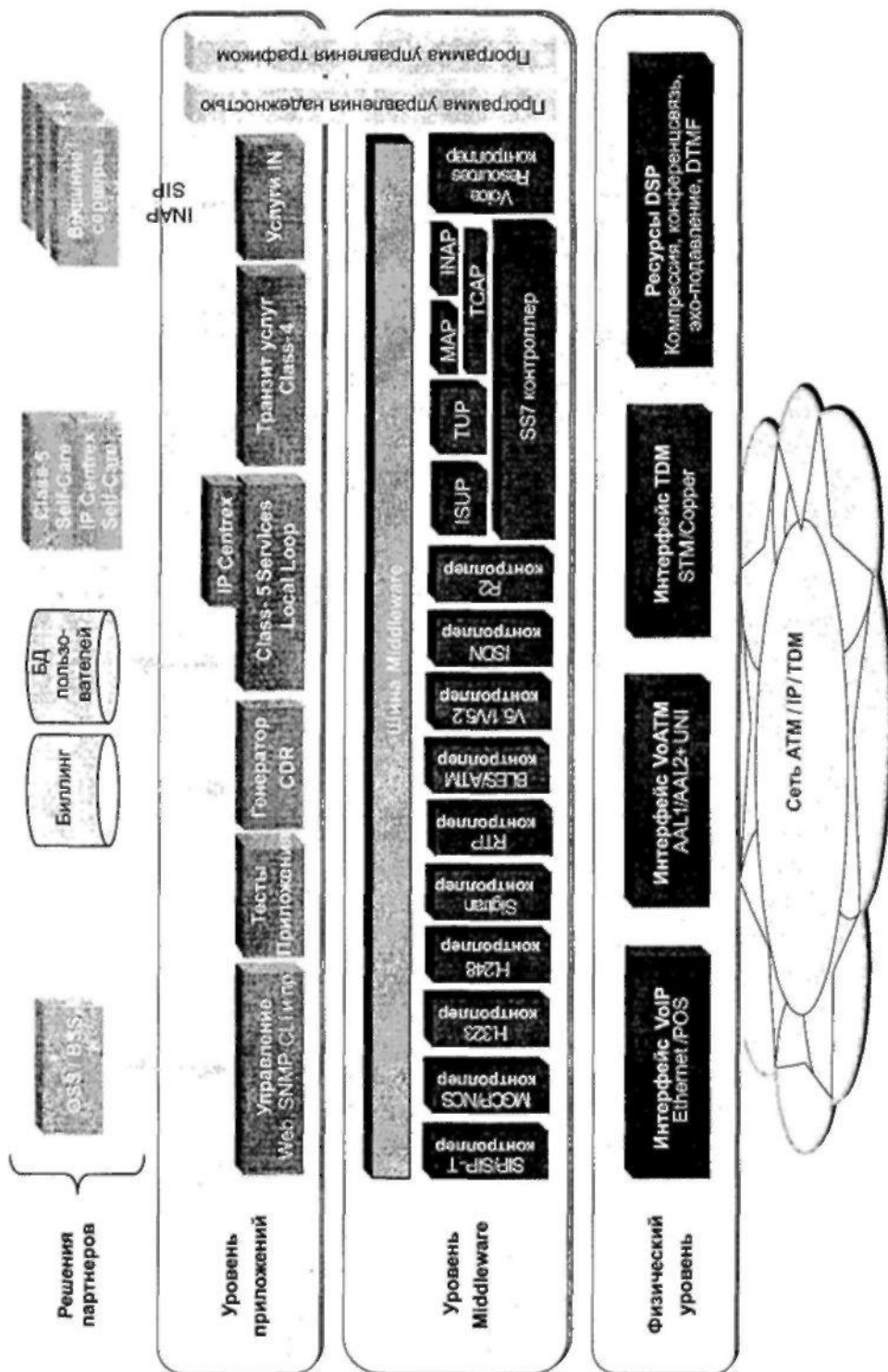


Рис. 5.13. Архитектура SoftSwitch CIRPACK

5.4.2. Разработка платформ прикладного уровня

Качественный скачок, связанный с появлением компьютерной телефонии, повторился снова при переходе к технологии Softswitch. Напомним, что компьютерная телефония принесла с собой стратегию разделения IN и сети сигнализации на уровне оборудования. Разделение задач управления на управление трафиком и управление услугами позволило ряду компаний выйти на рынок с независимыми продуктами на прикладном уровне Softswitch.

Так, появился сегмент рынка технических решений уровня «С», работающих на протоколах OSA/PARLAY. Часть таких решений показана на рис. 5.14, они являются надстройками над распределенной системой Softswitch. Шлюз PARLAY взаимодействует с сегментами мобильных сетей по протоколам MAP и CAP, с сегментами сетей NGN — через протокол SIP и с сегментами традиционных сетей как отдельное решение IN задач компьютерной телефонии.

Рассмотренная схема позволяет создать платформу для реализации любых современных концепций управления услугами. С учетом того, что на прикладном уровне осуществляется конвергенция услуг мобильной сети, ТфОП и NGN, построенное таким образом решение может рассматриваться не только в качестве дополнения к концепции Softswitch, но и как постепенный переход к концепции мобильного широкополосного доступа и IMS (см. ниже). Все эти факторы способствовали широкому развитию концепции независимых решений прикладного уровня, а также систем на основе OSA/PARLAY (этот вопрос детально изучен в [10]).

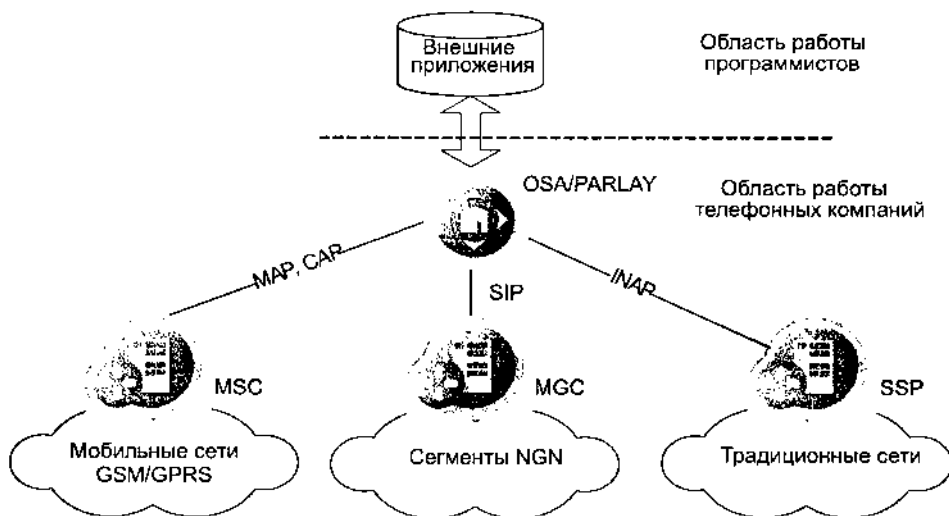


Рис. 5.14. Примеры независимых приложений PARLAY

5.4.3. Реализация пограничных контроллеров сеансов

Еще одно направление развития концепции Softswitch — это создание и развитие нового класса устройств — пограничных контроллеров сеансов SBC (Session Border Controller). Эти устройства настолько удачно дополнили концепцию Softswitch, что внедрение SBC можно рассматривать как революционное явление в рамках этой концепции.

Появление SBC было связано с недостатками концепции Softswitch, которые проявились довольно рано, в процессе первых опытных внедрений этой технологии. Первым недостатком оказалось большое количество устройств в распределенной системе управления и многообразии протоколов. После обнаружения фактов нестыковки различных подсистем сигнализации друг с другом потребовалось разработать единое устройство, отвечающее за сопряжение различных сегментов сетей в рамках распределенного Softswitch. Таким устройством стал контроллер SBC. Как следует из идеи этого устройства, SBC помещается в точку сопряжения сетей и выполняет функцию преобразования и согласования системы сигнализации (рис. 5.15). В этом смысле SBC по своим функциям очень близок к шлюзам сигнализации SG.

Но функции SBC далеко не исчерпывались решением проблемы сопряжения разных протоколов в распределенной системе Softswitch. Проблемы оказались намного глубже, чем просто нестыковки различных протоколов и систем. В процессе разработки концепции Softswitch была упущена очень важная функция, связанная с управлением качеством услуг. Как известно, переход от коммутации каналов к коммутации пакетов существенно усиливает требования по контролю качества голосовых и видеоприложений (ниже в главе 6 мы рассмотрим эти особенности современных услуг NGN). В результате система управления сетью должна, помимо управления процессами установления соединений, управлять качеством услуг. Система контроля качества должна включать в себя подсистемы диагностики и управления качеством. Поскольку система Softswitch работает с данными от различных систем сигнализации, но не обслуживает абонентский трафик, в ней невозможно измерять параметры качества, а следовательно, нельзя и управлять им. Исключением являются шлюзы каналов TG, но они устанавливаются в точках преобразования пакетного трафика в TDM. Поскольку голосовые или видео-

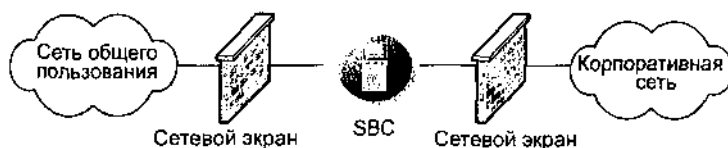


Рис. 5.15. Понятие SBC

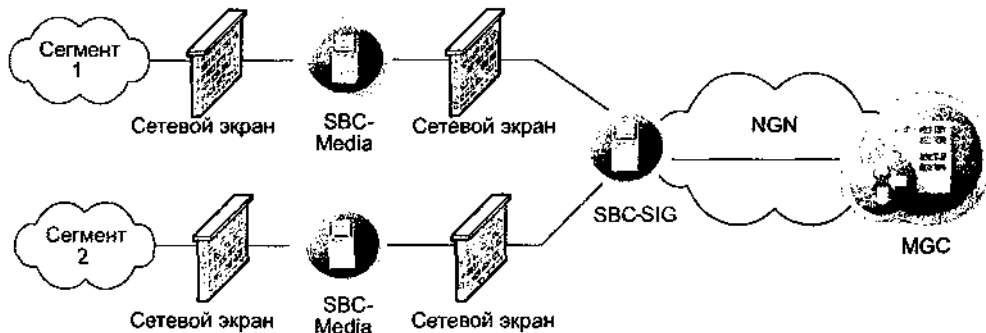


Рис. 5.16. Распределенная структура SBC

данные передаются не по гибридной сети TDM/IP, а по сети NGN (IP/IP), в существующей архитектуре Softswitch не были предусмотрены механизмы диагностики и обеспечения параметров качества услуг.

Стремясь поправить положение, разработчики технологии Softswitch предложили возложить функции по контролю качества на SBC. Для этой цели было предложено использовать распределенную архитектуру SBC (рис. 5.16). В таком случае контроллер SBC реализуется в виде двух устройств. Устройства SBC-Media устанавливаются на трафиковые каналы и обеспечивают комплекс функций по управлению качеством в системе NGN. Устройства SBC-SIG выполняют функции согласования протоколов сигнализации и тем самым позволяют управлять качеством услуги. Подсистемы SBC-Media и SBC-SIG должны тесно взаимодействовать друг с другом, чтобы обеспечить политику управления качеством услуг в системе NGN.

На контроллер SBC была возложена еще одна функция — управление безопасностью решений на уровне «С». Эта функция, как показано на рис. 5.15 и 5.16, реализуется в виде сетевых экранов (firewall), которые являются составной частью SBC.

Решение вопросов обеспечения безопасности при внедрении Softswitch представляет собой важное направление развития этой технологии. Напомним, что абоненты NGN, представляющие собой в большинстве своем SIP-клиентов, включаются напрямую в ядро Softswitch (MGC). В таком случае мы получаем довольно спорную ситуацию, когда потенциальный хакер может подключиться непосредственно к управляющему элементу сети. С учетом того, что протокол SIP является открытым, создаются идеальные условия для любых несанкционированных операций на уровне управления сетью, что конечно недопустимо. Традиционная концепция Softswitch не предусматривала элементов обеспечения безопасности работы подсистемы управления, так что применение для этой цели SBC решило проблему.

Помимо трех основных функций: согласования протоколов, контроля и управления качеством услуг и обеспечения безопасности, SBC выполняет еще ряд дополнительных функций, анализ которых приведен в [9].

Следует отметить, что в настоящее время активно идет внедрение технологии Softswitch, что отражает современное состояние революционных преобразований NGN. И наоборот, говоря о концепции управления современными сетями NGN, мы имеем в виду именно технологию Softswitch, и, по оценке автора, доминирование этой концепции может растянуться на десятилетия. Но в то же время понятно, что в будущем концепция Softswitch должна быть реформирована. Поэтому в следующем разделе мы рассмотрим дальнейшее развитие решений уровня «С», оговаривая тот факт, что эти решения скорее будущего, чем настоящего.

5.5. От Softswitch к объединению мобильных и проводных сетей

5.5.1. Конвергенция проводных и мобильных сетей

Необходимость модернизации концепции Softswitch стала понятна в период 2005–2006 гг., когда была сформулирована стратегия развития концепции NGN. Можно выделить следующие движущие силы перехода от концепции Softswitch к новой концепции (рис. 5.17).

1. Развитие мобильных сетей связи привело к тому, что большая часть абонентов NGN имеют также и сотовые телефоны. В результате у пользователей возникает естественное желание реализовать функции сотовых сетей в терминалах NGN (например, функции роуминга) и функции широкополосного доступа в сотовых сетях (см. гл. 3). Развитие сотовых сетей от 2,5G к сетям 3G и 4G логично приводит к идее конвергенции сотовых и широкополосных сетей.

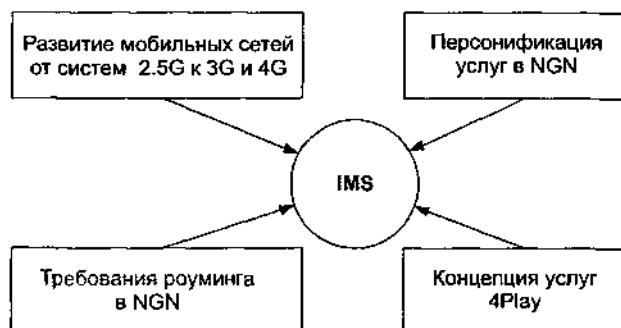


Рис. 5.17. Движущие силы перехода к концепции IMS

2. В последние несколько лет получила распространение концепция персонификации услуг связи. Революция в области услуг, которая началась с эпохой NGN, породила очень сложный и многообразный мир новых услуг (подробнее об этом см. гл. 6). В результате абонент NGN потенциально может пользоваться тысячами различных услуг. Но в жизни абонента интересует всего несколько десятков услуг, которые нужны ему для работы или отдыха. Набор услуг для каждого абонента оказывается своим, т.е. набор услуг становится персонифицированным. Технология Softswitch сделала первые шаги к персонификации услуг, но их оказалось недостаточно для дальнейшего развития.

3. С персонификацией услуг тесно связаны новые требования по роумингу абонентов NGN. Предположим, что абонент NGN получает персонифицированный набор услуг в одной из точек сети. Если он переместится в другую точку, то логично должен получить этот же набор услуг. Это и можно трактовать как концепцию роуминга услуг в современной сети NGN.

4. Наконец, сильным толчком к изменению концепции управления стал переход от концепции услуг Triple Play (объединения данных, речи и видео) к концепции 4Play (Triple Play + мобильность абонента). В результате новая концепция потребовала мобильности широкополосных абонентов, и вся технология сотовых сетей (перехват, сопровождение, роуминг и пр.) оказалась востребованной для систем NGN.

Подытоживая сказанное, можно констатировать, что требования нового времени сводятся к тому, что абоненты NGN становятся мобильными, абоненты сотовых сетей — широкополосными, а услуги обеих сетей — персонифицированными.

Новой концепцией стала технология IMS (IP Multimedia Subsystem), упомянутая нами в примере 2.5 раздела 2.3.2.

С точки зрения эволюции сетей появление IMS — закономерный результат общего движения по пути конвергенции современных технологий (рис. 5.18). В рамках этой тенденции объединение LAN и WAN в единую мультисервисную сеть можно рассматривать как первый шаг по пути конвергенции. Объединение традиционной телефонии и технология VoIP в единую технологию IP-телефонии стало вторым шагом. Объединение разнородных услуг на основе концепции Triple Play можно считать третьим шагом по пути глобальной конвергенции сетей связи, а закономерным результатом эволюции является объединение проводных и беспроводных технологий под общим флагом IMS.

IMS позволяет разрабатывать и предоставлять абонентам сетей фиксированной и мобильной связи персонализированные услуги, основанные на различных комбинациях речи, текста, графики и видео (чат на

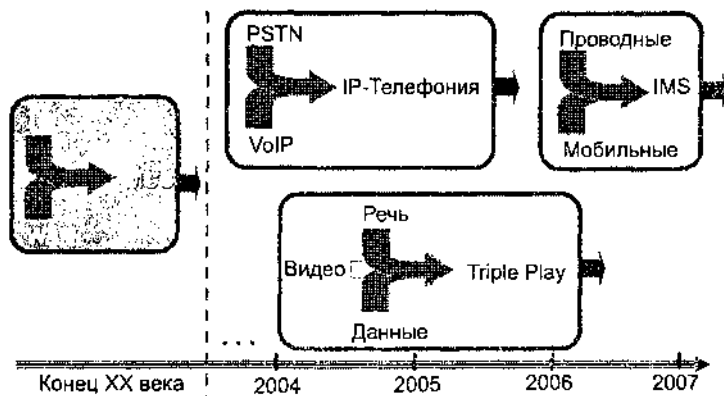


Рис. 5.18. Эволюция современных сетей по пути IMS

экране мобильного телефона, электронная почта, игры и многое другое). Как следствие, решения IMS значительно расширяют возможности конечного пользователя за счет предоставления расширенного набора услуг, в том числе тех, которые были невозможны или экономически неэффективны в сетях TDM или в сетях NGN на Softswitch.

Технология IMS в настоящее время стандартизирована в деталях и описана в международных рекомендациях ITU-T, ETSI TISPAN и других организаций. С точки зрения практического внедрения технология IMS весьма перспективна, но даже самые смелые прогнозы рассматривают ее как технологию 2008–2010 годов (рис. 5.19).

Ниже мы рассмотрим особенности технологии IMS в той степени, в которой это позволяет небольшой объем книги.

5.5.2. Основы технологии IMS

В основу новой концепции управления на основе IMS были положены несколько принципов.

1. Вместо понятия «абонент» в системе IMS предлагается понятие «абонентская сеть». Тем самым изначально учитывается тенденция к увеличению количества пользовательских устройств в сети, а также специфика конвергенции в сетях доступа NGN.

2. В систему управления добавляется домашний (основной) сервер абонентов HSS (Home Subscriber Server) как эквивалент домашнего ре-



Рис. 5.19. Предполагаемый рост прибыли в мировой экономике за счет внедрения технологии IMS (источник: ABI Research)

гистра положения HLR (Home Location Register) — системы учета местоположения абонентов, которая используется в процессах биллинга, роуминга и контроля местоположения абонента.

3. В основу построения ядра управления IMS положена концепция Softswitch с разделением процедур управления между различными устройствами.

4. Для обеспечения требуемой функциональности системы IMS необходимо существенно усложнить архитектуру управляющего ядра, что привело к декомпозиции MGC из Softswitch на несколько элементов.

Перечисленные четыре принципа определили технические решения IMS. Сделаем несколько замечаний по поводу перечисленных нововведений IMS.

Первое качественное отличие концепции IMS от концепции Softswitch — это понятие абонентской сети. Дело в том, что концепция Softswitch пришла из компьютерной телефонии и по этой причине содержала в себе определенную «родовую травму», поскольку в ней в первую очередь рассматривались только телефонные абоненты. Специфика NGN внесла свои коррективы, и в современной трактовке Softswitch абонентом может выступать и компьютер, и SIP-терминал и пр. Концепция IMS понятие «абонент» заменила на «абонентская сеть», так что к оконечным устройствам в системе IMS теперь относится семейство разнородных систем, объединенных в сеть NGN. Здесь есть определенная свобода в трактовке понятия, поскольку IMS не определяет размеры абонентской сети. В самом простом случае это может быть конвергентное абонентское подключение, например ADSL-подключение с домашней Wi-Fi сетью и несколькими устройствами в ней. Но с точки зрения IMS любой сегмент традиционной сети TDM или сегмент NGN также может рассматриваться как абонентская сеть. Даже национальная сеть размера «Ростелеком» или «Транстелеком» с этой точки зрения выступает всего лишь как абонентская сеть, причем от объема передаваемой информации, количества устройств NGN в абонентской сети и ее масштаба возможности управления ею со стороны IMS не зависят. В такой трактовке абонентской сети уже проявляется повышенный демократизм и новизна концепции IMS. Эта новизна настолько неявная и сложная, что она исключена практически из всех обзоров современной технологии, но именно она не позволяет судить об IMS только как о «Softswitch с установленным HLR».

Наличие в системе IMS системы учета местоположения абонента HSS — определенная дань мобильности абонентов IMS. Здесь нет необходимости отдельно обсуждать данный вопрос. Необходимо только отметить, что функции HSS существенно шире, чем функции HLR в системах

сотовой связи. Во-первых, вместо базы данных о положении телефонных абонентов в сотовой сети в IMS должны быть реализованы функции контроля местоположения абонентских сетей, что представляет качественно новую задачу. Во-вторых, персонализация услуг в IMS требует учета специфики каждого абонента. Если в HLR все абоненты имели одинаковый статус, то в HSS они неизбежно будут разделены на категории, и чем дальше будет развиваться концепция персональных услуг, тем больше категорий будет присутствовать в HSS. Таким образом, структура HSS оказывается существенно сложнее структуры HLR.

5.5.3. Декомпозиция MGC

Развитие концепции IMS стало лишь подтверждением единого принципа перманентной декомпозиции, который присутствует как стратегия развития решений уровня «С» в NGN. На этот раз было предложено провести декомпозицию ядра управления Softswitch, разделив основной управляющий элемент MGC на несколько устройств различной функциональности (рис. 5.20).

В концепции IMS функции ядра управления выполняет комплекс устройств, согласующихся через интерфейсы серии M. В состав управляющего ядра входят следующие устройства.

CSCF (Call Session Control Function) — центральный модуль управления процессами установления соединения между различными устройствами IMS-сети. Это устройство регистрирует абонентские устройства и направляет сигнальные сообщения протокола SIP к соответствующим серверам приложений.

MGCF (Media Gateway Control Function) — устройство управления шлюзом среды, которое выполняет преобразование протоколов между ISUP (подсистемой пользователей ISDN) и протоколами управления соединениями IMS (например, преобразование протокола иницирования



Рис. 5.20. Принципы декомпозиции MGC

сеанса ISUP/SIP). По сути это устройство выполняет все задачи по конвергенции традиционных сетей и NGN.

MFR (Multifunction Resource) — устройство объединения множества ресурсов, которое выполняет функции коллективных соединений и проведения мультимедийных конференций.

IM-MGW (IM Media Gateway) — шлюз среды IP-мультимедиа, который управляет каналами из сети с коммутацией каналов и потоками мультимедиа из сети с коммутацией пакетов. Шлюз IM-MGW может поддерживать преобразование TDM/IP, функции управления качеством и обработку загрузки (например, функции кодека, эхо-компенсатора, моста конференц-связи).

Как следует из указанного выше перечня устройств, в концепции IMS не делается разделения между устройством в составе платформы и его функцией. Таким образом, все процессы реализованы с помощью множества функций, которые, как правило, представляют собой программные модули, работающие на одном или нескольких распределенных устройствах. С точки зрения программистов, такое объединение понятий представляется существенным упрощением, но для традиционного понимания системы связи оно существенно затрудняет понимание самой концепции IMS, так как связисты не всегда понимают язык атрибутов и функций.

Как было показано выше, ядро управления CSCF представляет собой очень сложный элемент, который в процессе разработки концепции IMS подвергся последовательной декомпозиции и был разделен еще на три устройства:

1) полномочный прокси-сервер (Proxy-CSCF, P-CSCF) — первая контактная точка для абонента IM в пределах IMS. Функция управления стратегией (PCF) является логическим элементом P-CSCF;

2) опрашивающий сервер CSCF (I-CSCF) — контактная точка в пределах сети оператора для всех соединений IMS, предназначенных пользователю этого оператора;

3) обслуживающий сервер CSCF (S-CSCF), который выполняет услуги управления сеансом для абонента.

В результате двойной декомпозиции структура IMS стала чрезвычайно сложной, так что оценить все нюансы этой технологии в рамках небольшого обзора не представляется возможным. Тем не менее ниже мы рассмотрим основы технологии IMS и соответствующие им структуры. Для более детального изучения принципов работы систем IMS можно порекомендовать монографию [42], которая доступна в Интернете. Эта монография содержит описание многих необычных нюансов,

которые свойственны технологии IMS и будут полезны для изучения всеми заинтересованными читателями.

5.5.4. Архитектура IMS

Рассматривая основы технологии IMS, необходимо учесть, что данная технология находится на стыке современных мобильных сетей 2,5-3G и технологии конвергентных сетей TDM/NGN. В результате синтез этих технологий порождает объединение под флагом IMS трех технологических пластов (рис. 5.21):

- 1) технологии современных мобильных сетей GGSN/GPRS и 3G/UMTS, включая всю специфику систем сотовой связи;
- 2) технологии объединенных сетей NGN/TDM, куда можно отнести концепцию современных традиционных систем сигнализации от ISDN до ОКС №7 и все решения на основе технологии IN и Softswitch;
- 3) технологии IMS, которая представляет собой качественно новую технологию, возникшую в результате синтеза первых двух технологий.

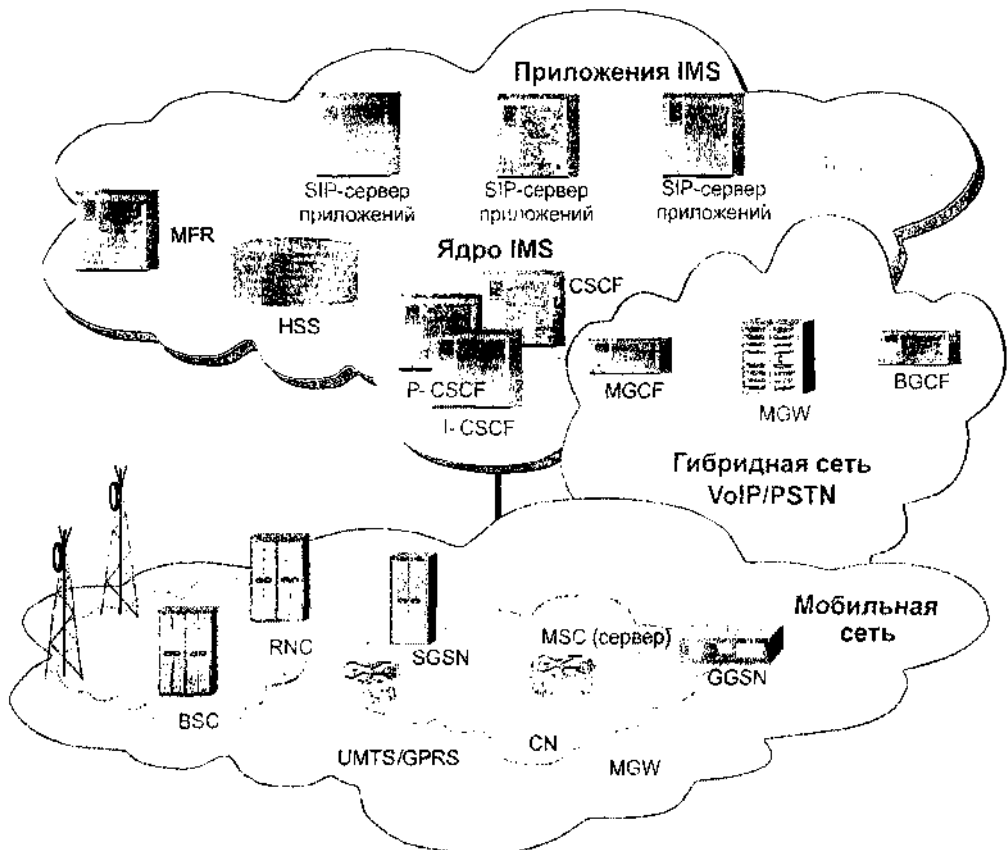


Рис. 5.21. IMS как объединение трех составляющих технологий

Таким образом, проводя детальное исследование технологии IMS, следует дать описание этих технологий, что само по себе представляется очень трудоемким.

Если ограничиться исследованием ядра IMS, предполагая, что структура современных мобильных сетей и сетей NGN нам известна, то анализ IMS можно свести к следующим темам, которые будут рассмотрены ниже:

- структура IMS и разделение системы управления на слои;
- внешние и внутренние интерфейсы IMS;
- система сигнализации в сети IMS.

5.5.5. Структура IMS и разделение системы управления на слои

Самый простой путь исследовать внутреннюю архитектуру технологии IMS состоит в том, чтобы идти от простого к сложному, что мы и сделаем ниже. Для начала признаем, что технология IMS является наследницей идеологии NGN и всех наработок в области построения систем управления, которые были сделаны до Softswitch включительно. В рамках этого наследия и преемственности решений оказываются понятными многие решения по структуре IMS.

Структура технологии IMS предусматривает разделение концепции IMS на три основных уровня (рис. 5.22):

1) уровень доступа, куда относятся внешние для IMS технологии VoIP, Wi-Fi, MSC сотовых сетей, сегменты традиционных телефонных сетей (ТфОП) и пр.;

2) уровень управления сетью, куда относятся ядро управления CSCF, медиа-шлюзы и подсистема HSS;

3) уровень приложений (или услуг), куда относятся различные серверы приложений, шлюзы с системой управления сетями OSS/BSS, а также целый класс решений на основе SDP (Session Description Protocol — протокол управления сессиями), логика которых во многом совпадает с логикой прикладного уровня Softswitch.

Из рис. 5.22 видно, что первичное разделение технологии IMS на три слоя представляет собой знакомые нам принципы построения NGN. Во-первых, такое разделение соответствует классификационной модели NGN SCTA, за исключением уровня транспортной сети. Во-вторых, непосредственная связь между уровнем доступа и уровнем управления сетью является наследием межуровневой конвергенции, о которой шла речь в разд. 2.3.4. В-третьих, разделение уровня управления сетью и уровня приложений является наследием концепции IN, а выделение в ка-



Рис. 5.22. Разделение технологии IMS на уровни

чество отдельного класса решений AS соответствует современному уровню развития технологии Softswitch.

В общем виде технология IMS не включает в себя уровень доступа, но поскольку IMS должна обеспечить услуги для всех типов традиционного и современного доступа, в технологию IMS был включен подуровень адаптации сетей доступа. Таким образом, когда мы говорим о трехуровневой модели IMS и уровне сетей доступа, мы имеем в виду решения по адаптации сетей доступа, а не сами технологии доступа. Как правило, решения уровня адаптации сетей доступа строятся на основе канальных шлюзов (TG) и шлюзов доступа (AG) из технологии Softswitch.

Уровень управления сетью часто разделяют на два подуровня (рис. 5.23): управления сессиями и управления качеством. Такое разделение связано в первую очередь с необходимостью учитывать проблему обеспечения качества услуг, которая в свое время привела к появлению SBC (см. разд. 5.4.3). В результате в современную многослойную струк-

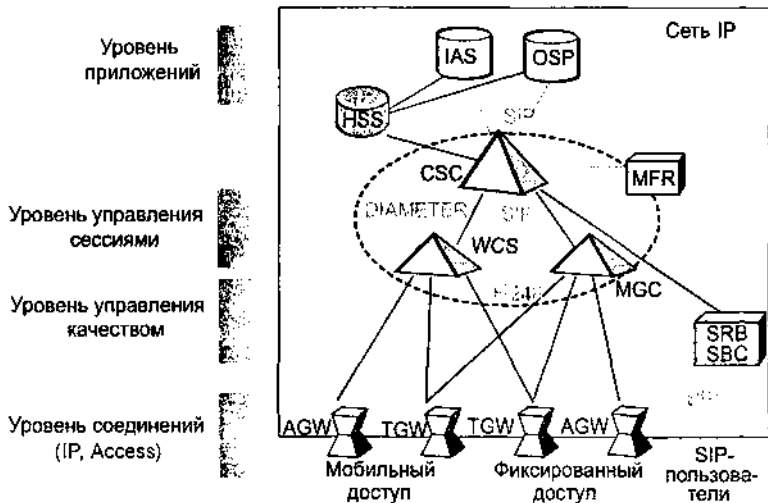


Рис. 5.23. Разделение уровня управления на два подуровня

туру IMS были включены SVC и эквивалентные им устройства, которые образовали подуровень управления качеством. Все остальные устройства были вынесены в подуровень управления сессиями.

Следует отметить, что указанные структурные построения отражают только идеологию IMS, но не являются законодательно закрепленными структурами. Тем самым разработчики технологии IMS не ограничивают демократичных тенденций в развитии технологии. В конце концов, могут быть предложены любые структурные построения системы IMS, важно, чтобы сохранялась идеология таких систем.

Существенным аспектом технологии IMS является ее горизонтальная структура в отличие от вертикальной структуры управления разнородными сетями. Этот вопрос обсуждался в примере 2.5 как изменение стратегии управления «спагетти» на «лазанья» (см. рис. 2.8). Замысел технологии IMS состоит в том, чтобы объединить «под зонтиком» IMS проводные и беспроводные сети, различные услуги и приложения и сделать этот симбиоз максимально гибким, персонифицированным для клиента и удобным для контроля сети со стороны оператора. Такая концепция определяет уникальную роль IMS на современном этапе развития сетей — сейчас это опора для всех процессов, связанных с конвергенцией сетей. Действительно, концепция конвергентной сети доступа, когда любой пользователь имеет выбор между несколькими технологиями, несколькими операторами и даже несколькими сетями, подразумевает, что существует система управления, которая обеспечит управления такой сетью и услугами.

В качестве примера идеологии IMS на рис. 5.24,а представлен современный этап развития NGN, который связан с конвергенцией беспроводных и проводных сетей. На этом этапе внедрение платформы IMS не отменяет разделения мобильных и фиксированных сегментов сетей. Абоненты каждого сегмента подключаются к платформе IMS через отдельные сети доступа и средства адаптации, реализованные в IMS. Далее единая платформа IMS обеспечивает доступ и управление услугами для каждого сегмента сети, поскольку на этом этапе услуги беспроводных и проводных сегментов могут существенно отличаться.

В перспективе (рис. 5.24,б) сети доступа будут конвергированы между собой, так что технологии доступа объективно унифицируются. На этом этапе наличие платформы IMS позволит унифицировать также средства адаптации доступа и произвести конвергенцию сетей на уровне услуг, так что вне зависимости от типа доступа пользователь будет получать весь пакет услуг, в которых он заинтересован.

Изложенная концепция и структурная модель платформы IMS кажутся простыми, но технология IMS представляет собой довольно слож-

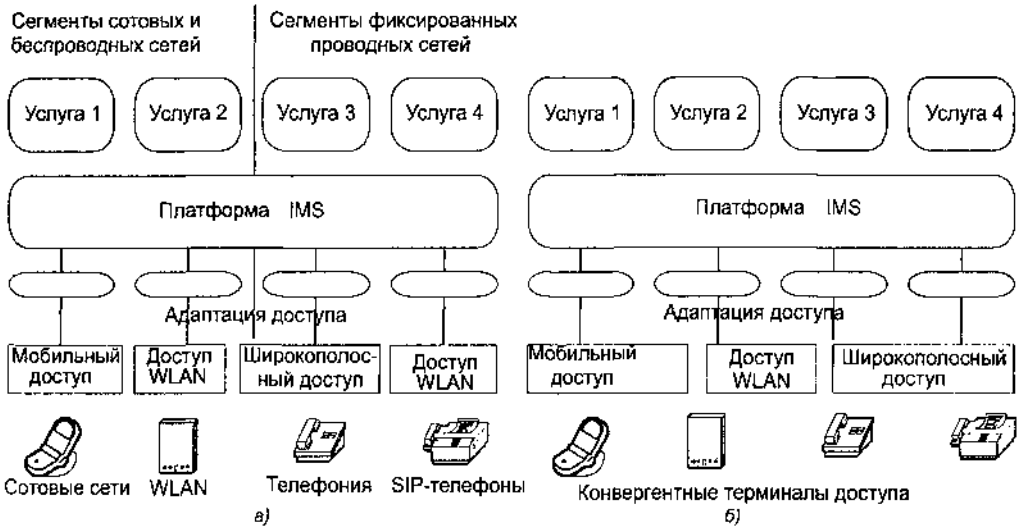


Рис. 5.24. Конвергенция проводных и беспроводных сетей связи на основе IMS

ную систему. Даже поверхностный взгляд на внутреннее устройство системы IMS делает понятным, что идея глобальной конвергенции вовсе не так проста, когда речь идет о непосредственных технических решениях.

5.5.6. Внешние и внутренние интерфейсы IMS

Структура интерфейсов системы IMS наглядно отражают основную идею синергетики, состоящую в том, что объединение сложных систем может породить систему, сложность которой больше, чем у ее компонентов. Казалось бы, простая идея унификации уровней услуг, управления и адаптации доступа в действительности превратила концепцию IMS в многомерного концептуального монстра, в технологию, разобраться в деталях которой могут только профессионалы с многолетним стажем.

На рис. 5.25 представлена современная модель платформы IMS, которая включает в себя сегмент IMS (справа) и сегмент мобильной сети (слева). Соответствующие обозначения и назначения различных интерфейсов IMS представлены в табл. 5.1, где показан тип интерфейса внутри IMS, узлы распределенной системы IMS, с которыми связан данный интерфейс, его функции и протокол сигнализации, который используется в интерфейсе.

Как следует из приведенных данных, новый шаг по пути перманентной декомпозиции, который отделяет технологию IMS от Softswitch, существенно усложнил архитектуру современных сетей управления. Теперь в составе ядра управления используется несколько десятков устройств, выполняющих различные функции. Эти устройства связаны

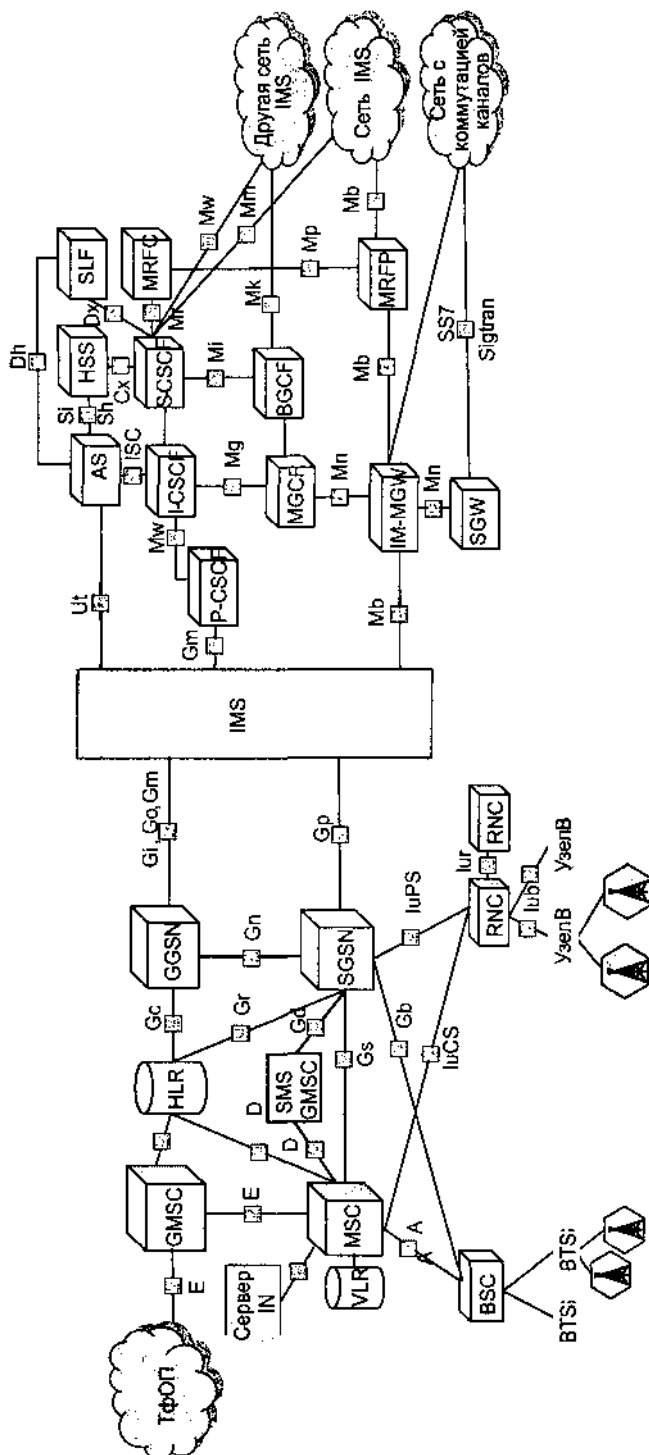


Рис. 5.25. Интерфейсы современной концепции IMS

Таблица 5.1

Интерфейсы системы IMS

Интерфейс	Узел	Назначение	Протокол
Gm	UE, P-CSCF	Интерфейс между пользователем и CSCF	SIP
Mw	P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF	Интерфейс между разными CSCF	SIP
ISC	S-CSCF, I-CSCF, AS	Интерфейс обмена между CSCF и AS	SIP
Cx	I-CSCF, S-CSCF, HSS	Интерфейс обмена между I-CSCF, S-CSCF и HSS	Diameter
Dx	I-CSCF, S-CSCF, SLF	Интерфейс используется I-CSCF/S-CSCF для поиска HSS в условиях нескольких HSS	Diameter
Sh	SIP AS, OSA SCS, HSS	Интерфейс обмена между SIP AS/OSA SCS и HSS	Diameter
Si	IM-SSF, HSS	Интерфейс обмена между IM-SSF и HSS	MAP
Dh	SIP AS, OSA, SCF, IM-SSF, HSS	Интерфейс используется AS для поиска HSS в условиях нескольких HSS	Diameter
Mm	I-CSCF, S-CSCF, внешняя сеть IP	Интерфейс обмена между сетью IM и внешними сетями IP	Не задан
Mg	MGCF → I-CSCF	MGCF преобразует сигналы ISUP в сигнализацию SIP на I-CSCF	SIP
Mi	S-CSCF → BGCF	Интерфейс обмена сигналами между S-CSCF и BGCF	SIP
Mj	BGCF → MGCF	Интерфейс обмена сигналами между BGCF и MGCF в одной сети IMS	SIP
Mk	BGCF → BGCF	Интерфейс обмена сигналами между несколькими BGCF в разных сетях IMS	SIP
Ml	S-CSCF, MRFC	Интерфейс обмена S-CSCF и MRFC	SIP
Mr	MRFC, MRFP	Интерфейс обмена MRFC и MRFP	H.248
Mn	MGCF, IM-MGW	Интерфейс управления различными ресурсами пользователя сети	H.248
Ut	UE, AS (SIP AS, OSA SCS, IM-SSF)	Интерфейс управления услугами со стороны пользователя (персонализация управления)	HTTP
Go	PDF, GGSN	Интерфейс управления качеством услуг в точках стыка сети IMS и GPRS	COPS
Gq	P-CSCF, PDF	Интерфейс обмена P-CSCF и PDF для координации политики принятия решений	Diameter

по своим интерфейсам, используют определенные системы сигнализации и должны тесно взаимодействовать друг с другом в процессе каждого сеанса предоставления услуги. Следует отметить, что приведенная на рис. 5.25 модель IMS является распределенной системой, которая допускает еще и резервирование. В результате некоторые интерфейсы из табл. 5.1 позволяют устанавливать несколько HSS, CRCF и т.д. Таким образом, в современной системе управления NGN могут

быть задействованы сотни и даже тысячи территориально разнесенных устройств, а сама система управления превращается в сложный многокомпонентный комплекс.

В рамках краткого анализа технологии NGN изучать отдельные интерфейсы, процессы, компоненты IMS не представляется возможным. Достаточно сказать, что в монографии [42] только краткое описание интерфейсов IMS занимает более 300 страниц. Поэтому здесь мы лишь отметим сложность и многомерность современной концепции управления на основе IMS.

5.5.7. Идеология распределенных баз данных

Существенным фактором систем IMS является переход к идеологии распределенных баз данных в качестве ядра управления сетью. Если рассмотреть процесс предоставления услуги в условиях нескольких взаимодействующих платформ IMS, то оказывается, что каждый вызов в такой системе проходит через целую цепь транзакций с использованием различных компонентов IMS.

На рис. 5.26 показан режим установления соединения в системе, состоящей из двух IMS, от сегмента DSL в сегмент сотовой сети UMTS/GPRS. При этом пользователи могут обмениваться информацией по всей спецификации услуг Triple Play (данные, речь, видео). Как следует из рисунка, любой вызов абонента для получения доступа к услуге связи запускает в сети IMS довольно сложный процесс, в котором задействованы разные группы устройств. Одни обеспечивают адаптацию доступа, другие управляют режимом соединения, третьи подключают систему биллинга, четвертые гарантируют и обеспечивают качество передачи информации в соответствии с соглашением о качестве (SLA), заключенным с пользователем, и т.д.

Большая часть из представленных на рисунке блоков представляет собой программные модули, работающие на принципах распределенных баз данных. В результате можно указать на существенную особенность IMS как современной концепции управления услугами NGN — она представляет собой распределенную базу данных, и любая сессия в системе связи объективно требует, чтобы при ее реализации была задействована вся система распределенных баз данных. Эта особенность несет в себе определенные последствия для систем эксплуатации сетей связи. В частности, наличие распределенных баз данных требует жесткой временной синхронизации в сети NGN, чего до появления концепции Softswitch и IMS не требовалось. Вопросы контроля, управления, диагностики распределенных баз данных также имеют свою специфику, что должно учитываться при построении современных систем управления, эксплуатации, измерений и т.д.

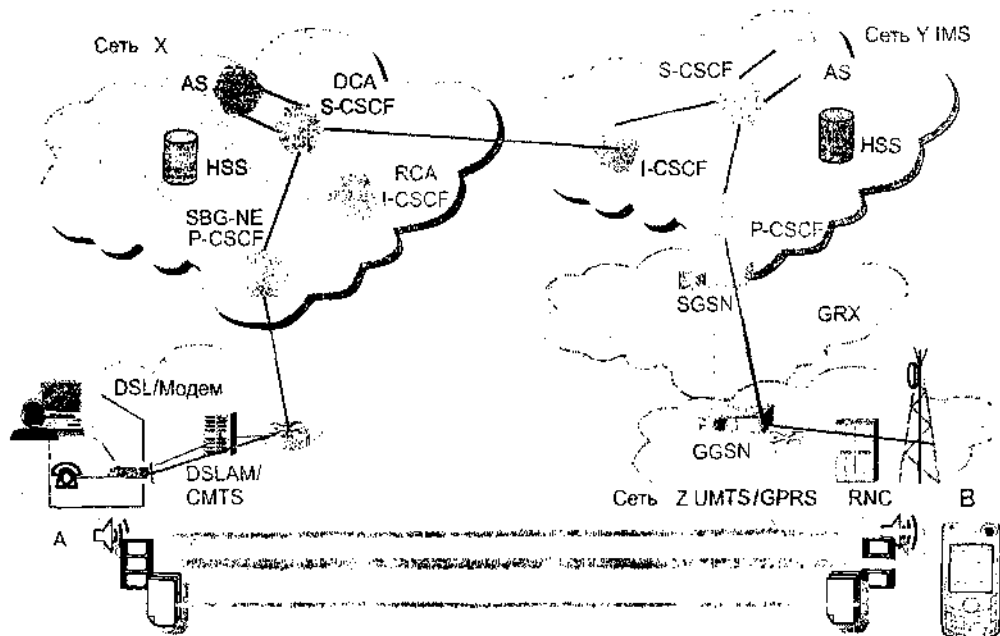


Рис. 5.26. Установление соединения Triple Play в системе из двух IMS

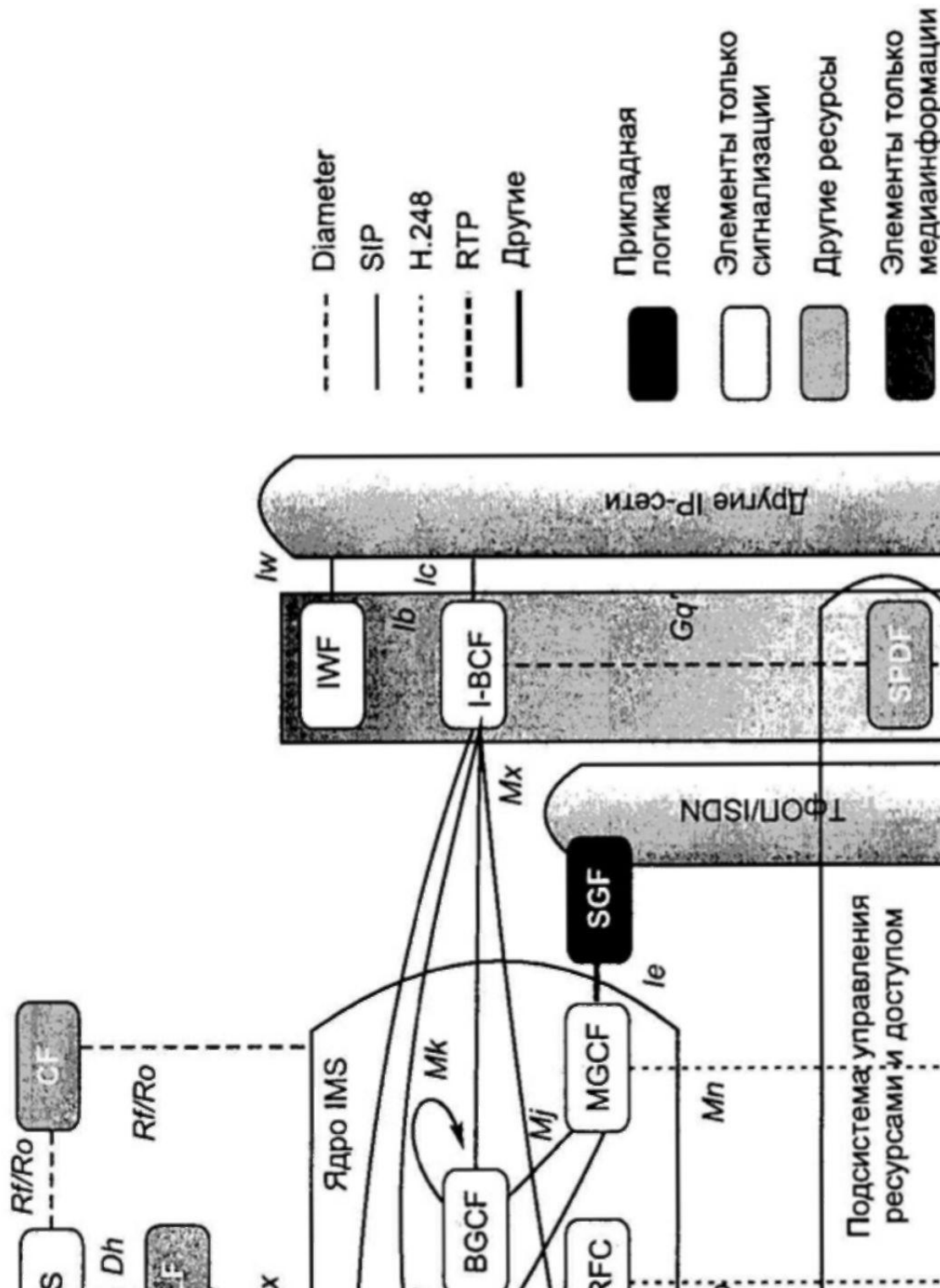
5.5.8. Дальнейшее усложнение системы сигнализации

Еще одна особенность IMS как нового шага по пути развития современных систем управления — это дальнейшее усложнение систем сигнализации.

С одной стороны, среди интерфейсов табл. 5.1 нет ничего нового в части систем сигнализации по сравнению с технологией Softswitch. Разве что протокол RADIUS, используемый в технологии Softswitch, был заменен на протокол DIAMETER, который удовлетворяет условиям роуминга клиентов широкополосного доступа и задачам конвергенции проводных и беспроводных систем связи.

С другой стороны, сложность сигнального обмена в системе IMS существенно увеличилась. Здесь нужно учитывать тот факт, что множество протоколов NGN представляет собой внешне довольно простую систему, которая тем не менее допускает очень большое количество вариантов. Протоколы сигнализации NGN можно сравнить с языком, в котором используются всего лишь несколько десятков букв, но количество комбинаций из них вполне достаточно для появления самобытной литературы. Также и протокол SIP, наиболее распространенный в системах NGN всех уровней, оказывается всего лишь носителем общих правил обмена данными, а сами данные могут быть весьма разнообразны.

Система сигнализации IMS объективно должна превосходить по сложности все существующие в настоящее время системы сигнализации.



Это определяется хотя бы преимуществом технологии, поскольку IMS включает в себя все наработанные до сих пор концепции сигнализации. Кроме того, факт перехода от локальных устройств к технологии распределенных баз данных должен усложнить систему сигнализации в IMS. Еще одним фактором усложнения выступает существенное увеличение количества услуг в NGN как следствие конвергенции проводных и беспроводных сетей. Каждая новая услуга требует создания новых сценариев протокола, в силу чего протоколы сигнализации эволюционируют и расширяются.

В настоящее время сложность систем сигнализации IMS достигла такого уровня, что требует отдельного исследования. Чтобы продемонстрировать сложность современной концепции сигнализации, на рис. 5.27 представлены результаты исследования компании Acme Packets, которая одна из первых провела глубокий анализ современных систем сигнализации.

5.6. «Дыхание» NGN в решениях уровня управления

Завершая исследование технических решений уровня управления, сделаем ряд замечаний относительно общих принципов NGN и технических решений на данном уровне. До сих пор лейтмотивом исследования в этой главе был принцип перманентной декомпозиции, который определяет специфику решений уровня управления в их сравнении с другими уровнями NGN. Но присутствие такой специфики не отменяет того, что на уровне управления действуют те же самые законы, которые определяют развитие сетей NGN в целом. Принципы демократичности, конвергенции, наличие адаптивных механизмов и многие другие закономерности развития сетей NGN проявляются на уровне управления и вносят свою специфику в характер этих решений.

Принцип демократичности существенно повлиял на ход эволюции решений на уровне управления. Некоторые рассмотренные выше шаги по пути декомпозиции решений были коренным образом связаны с принципом демократичности, например появление решений компьютерной телефонии, внедрение SBC и появление решений прикладного уровня на основе PARPLAY — все это было бы невозможным, если бы принцип демократичности не допускал применение в распределенных технических решениях оборудования сторонних фирм-производителей. Развитие концепции управления от Softswitch к IMS позволяет не просто разделить трудности разработки между различными компаниями, но и использовать наработанные за последние несколько лет принципы оффшорного и

аутсорсингового программирования. Большая роль программного обеспечения в концепциях Softswitch и IMS привела к тому, что на одних и тех же аппаратных платформах могут быть реализованы различные концепции Softswitch, которые будут кардинально отличаться друг от друга и не иметь ярко выраженного происхождения.

Демократичность разработки современных систем управления NGN в настоящее время доходит до того, что в рамках крупнейших фирм-разработчиков, таких как Alcatel, Siemens, Nortel и др., сосуществуют несколько альтернативных разработок, которые совершенно не связаны друг с другом и представляют собой плоды творчества небольших коллективов разработчиков. Такая стратегия вступает в противоречие с традиционными процедурами сертификации и регулирования в отрасли телекоммуникаций. Например, в создавшейся ситуации невозможно говорить о «Softswitch компании Alcatel», поскольку у компании есть несколько альтернативных разработок разного происхождения. Также нелегко регулировать процессы внедрения Softswitch на основании идеологии регулирования внедрения АТС. Например, требование, чтобы в одном регионе (МРК) использовалось оборудование Softswitch только двух производителей, представляется абсурдным, поскольку у каждого производителя есть несколько решений, кроме того, имеет место конвергенция решений разных производителей. В состав Softswitch разных компаний могут входить SBC одного происхождения, так что конкуренция и сравнение моделей в таком случае представляются более чем спорными.

Принцип демократичности не позволяет провести разделение между Softswitch и IMS. Сейчас имеет место последовательное «перетекание» одной концепции в другую. Поскольку в обоих случаях решения на 80...90 % — это программное обеспечение, то процесс перехода от концепции Softswitch к концепции IMS может быть непрерывным и гладким.

В связи с этим принцип демократичности уравнивает в правах различные тактические концепции внедрения решений NGN уровня управления. Наличие в настоящее время проработанной концепции IMS все не умаляет ценности концепции Softswitch. Операторы, которые не стремятся к конвергенции беспроводных и широкополосных сетей, могут вполне обойтись решениями на основе Softswitch и будут правы.

Такая же демократичность присутствует и в отдельных реализациях решений. Например, оператор может сам выбирать направление модернизации своей системы управления. Можно ориентироваться на большие платформы класса IMS, но можно выполнить широкий план модернизации на основе решений AS/SBC.

Принцип конвергенции технических решений также существенно влияет на особенности NGN уровня управления. Выше были описаны

факты конвергенции между уровнями системы управления, конвергенция внутри технических решений. Именно принцип конвергенции позволяет выполнить процедуру перехода от Softswitch к IMS плавно, что было невозможно при переходе от традиционных сетей к Softswitch.

Широко распространен также принцип максимального использования адаптивных механизмов. Переход к распределенным системам управления сам по себе предусматривает использование процессов резервирования и адаптации. В рассмотренной выше концепции IMS могут использоваться несколько HSS, в том числе резервных, при этом существует специальная подсистема сигнализации, которая позволяет выбирать работающий HSS. Любой сбой на уровне управления может оказаться критичным для работы системы связи в целом, поэтому резервирование на уровне управления оказывается очень важным для обеспечения надежности работы сети. Как следствие, система должна адаптироваться к любым негативным воздействиям на нее. Распределенная архитектура Softswitch и IMS дает все основания для того, чтобы адаптивные механизмы работали на сети успешно.

Уровень услуг NGN

6.1. Тенденции развития уровня услуг

6.1.1. Сдвиг парадигмы в области услуг

Рассмотрение решений уровня услуг в общем анализе технологий NGN связано с некоторыми трудностями. Во-первых, важность услуг для современных систем связи трудно переоценить. Правильность построения всей технологической инфраструктуры связи проверяется на уровне услуг. От того, насколько новые услуги будут востребованы, насколько они будут популярны, зависят эффективность работы и конкурентоспособность операторов связи. По линии услуг проходит раздел между популярными и непопулярными, прибыльными и убыточными операторами, между профессионалами и ремесленниками от связи. Здесь формируется доходная часть бюджета операторов, поскольку пользователь платит не за что иное, как за услуги связи. Все эти факторы делает тему исследования новых услуг одной из определяющих для любой технологии связи, в том числе и для концепции NGN.

Во-вторых, любой обзор, касающийся услуг связи, в большей или меньшей степени пропитан определенным маркетинговым «шумом», который всегда присутствует, когда речь идет о товарах массового потребления. Для сравнения, обзоры, касающиеся технологий IMS или MPLS, не настолько уж ориентированы на маркетинг. Присутствие маркетинговых рассуждений в различных статьях и обзорах, посвященных услугам, существенно затрудняет поиск и анализ технологических основ и концепций предоставления новых услуг, так что специалист должен усиленно работать над материалом, чтобы отделить технические аспекты от экономических.

В-третьих, услуги связи находятся на перекрестке интересов самых разных групп: технических специалистов, маркетологов, коммерческого персонала и потребителей. У каждой из этих групп имеется свое пред-

ставление об услугах и свой взгляд на проблемы их предоставления. Поэтому исследование современных концепций услуг целесообразно начать с небольшого введения, чтобы еще раз указать, для кого данное исследование делается и на каких позициях оно основано.

Сразу оговоримся, что в этой главе будет дан технологический анализ услуг как одного из уровней модели SCTA систем NGN. Обзор основных решений, сетевых конфигураций, принципов организации услуг будет дан через призму техники, а вопросы целесообразности, эффективности различных услуг, принципов их внедрения, окупаемости и т.д. будут сознательно опущены как не имеющие технической ценности.

В качестве первого шага по пути исследования новых концепций услуг следует признать тот факт, что революция NGN коснулась в том числе и современных услуг, выразившись в сдвиге парадигмы на данном уровне технологии. В традиционных сетях связи объем предоставляемых услуг был большим, но услуги носили асимметричный характер. В процессе предоставления услуг оператор выступал в качестве активной стороны, предлагая услуги, а пользователь большей частью выступал как пассивный потребитель.

Изменение парадигмы в концепции услуг, которое было связано с общим изменением концепции сетей NGN, выражается в первую очередь в том, что роли оператора и пользователя существенно поменялись. Информатизация общества, которая стала и причиной, и следствием появления NGN, привела к изменению требований к услугам связи. Конечные терминалы сетей радикально изменились. Количество услуг, которыми может пользоваться пользователь компьютера или КПК, на несколько порядков превосходит возможности пользователя традиционного телефона. Наличие обратной связи от пользователя к оператору сделало современных потребителей услуг связи активными потребителями. Теперь пользователь и оператор выступают как союзники в едином процессе информатизации, и это сотрудничество можно считать лейтмотивом эволюции современных услуг.

Выделим некоторые отличительные признаки новых услуг NGN.

Количество услуг NGN чрезвычайно велико. Современная технология практически не ограничивает возможности пользователей в части современных услуг. Пользователи озвучивают свои пожелания, а операторы, имеющие неограниченные возможности в части создания новых услуг (например, современная платформа IMS позволяет формировать любые возможные услуги связи), реализуют эти услуги. Такая гонка технологий приводит к тому, что количество современных услуг в сетях NGN действительно впечатляет.

Современные услуги интерактивны. Пользователь в большинстве случаев выступает в качестве активного участника процесса предоставления услуг. Уровень интерактивности услуг растет с каждым годом, так что можно интерактивность рассматривать как особенность современной концепции услуг связи.

Современные услуги персонализированы. О тенденции к персонализации услуг сказано в предыдущей главе. При широком многообразии услуг, исключая какие бы то ни было ограничения потребительского спроса, пользователь чаще всего хочет получить персональный набор услуг. Таким образом, услуги связи персонализируются.

Современные услуги создают демократичное поле поливариантных решений. Решения уровня услуг полностью соответствуют концепции NGN, в том числе и принципу демократичности. Самые разные услуги сосуществуют в едином рыночном поле. Для каждой услуги существует свой круг пользователей, так что в этом услуги NGN совершенно равноправны.

Время жизни услуги ограничено. В NGN впервые к услугам применено понятие времени жизни, которое отражает развитие новой услуги в рыночном поле от появления ее на рынке до прекращения существования. Например, сейчас уже нет телетайпа, о котором постепенно забыли, и телеграфа, которой при сохранении привычного населению названия в настоящее время фактически заменен связистами электронной почтой. Это подчеркивает высокую динамику развития современных сетей, о которой шла речь в главе 2. Для услуг традиционных сетей также существовало время жизни, но оно могло составлять несколько десятилетий, так что можно было говорить скорее о стационарном наборе услуг, чем о об их динамичном развитии. В NGN услуга может существовать несколько месяцев или даже несколько дней.

Все перечисленное выше отражает процесс изменения парадигмы современных услуг связи, которая, в свою очередь, связана с революционными преобразованиями, которые приносят с собой NGN.

Вместе с преимуществами, которые дает технология NGN в области услуг, обнаруживаются и недостатки. Наиболее явные из них: рост сложности технических решений, связанных с новыми услугами, новые требования по объемам передаваемой информации и повышение требований в части безопасности сетей. При исследовании каждой новой группы технологий мы будем отдельно рассматривать преимущества и недостатки новых услуг.

Комментируя динамику развития услуги, связанную с временем ее жизни, нужно учесть, что любая услуга на рынке сосуществует с другими услугами в едином демократичном поле, опирается на определенную



Рис. 6.1. Жизненный цикл услуг на рынке

социальную группу потенциальных или реальных пользователей. Услуга уходит с рынка, когда количество таких пользователей уменьшается до размеров, при которых затраты на предоставление новой услуги не окупают суммарную плату, полученную от пользователей.

На рис. 6.1 представлена простейшая модель жизненного цикла услуги на рынке, которая зависит от поведения различных групп пользователей. Легко видеть, что такая модель представляет волнообразную динамику развития услуги, что характерно для любых инновационных технологий, появляющихся на рынке. Как показано на рисунке, услугой пользуются разные социальные группы. Самая малочисленная группа — это инноваторы. Как правило, это профессионалы от телекоммуникаций, которые разрабатывают, придумывают и экспериментируют с новыми услугами связи. Затем идет более многочисленная группа энтузиастов. Это могут быть не специалисты в системах связи, но люди, для которых технология связи является своего рода хобби. Они с энтузиазмом занимаются опытным внедрением и тестированием новой технологии, чаще всего на совершенно безвозмездных началах. Эти две социальные группы опережают внедрение новой услуги. Все остальные пользователи делятся на три группы. Продвинутое большинство — это люди, хорошо знающие компьютер и имеющие достаточную квалификацию для того, чтобы самостоятельно настроить новые услуги. Обычные пользователи отстают от них по уровню квалификации и используют новые услуги связи тогда, когда настройка компьютера сводится к нажатию одной клавиши после загрузки установочного диска. Консервативные потребители, или запоздавшее меньшинство, представляют собой пользователей, которые обратятся к уже неновым услугам только тогда, когда все остальное общество основательно привыкло к ним.

Указанное распределение по социальным группам не является статичным, а меняется с течением времени. На ранних стадиях новую услугу тестируют в лабораториях инноваторы, а затем пускают ее в опытную эксплуатацию. В этот момент ее подхватывают энтузиасты, тестиру-

ют, находят и исправляют ошибки. И только после этого новую услугу можно считать состоявшейся на рынке. Услуга внедряется, продается и охватывает постепенно все социальные группы — от активных и квалифицированных пользователей до консерваторов и «чайников». Размер социальной базы для каждой услуги свой и определяется ее характером. Для каждой услуги существует своя социальная база, своя динамика развития, свой цикл жизни и свои показатели эффективности.

Комментируя разнообразие современных услуг связи, приведем некоторые из них, связанные с передачей видеосигналов. Многие из перечисленных услуг появились с появлением сетей IPTV и NGN. Для традиционных сетей они были по определению невозможны.

- Video on Demand (VoD), или видео по запросу — запрос и просмотр видеоконтента, фильмов, ТВ передач и т.д. в заданное пользователем время.
- Network Personal Video Recorder (nPVR, PVR) — управляемая пользователем цифровая запись контента на сетевой сервер или STB с целью последующего индивидуального просмотра.
- Remote Recording Capabilities — возможность дистанционного управления функциями VoD, PVR и др. с мобильного телефона, ПК, других устройств.
- Time Shifting — возможность отложенного просмотра ТВ передач и замедленный просмотр в ходе передачи понравившегося фрагмента.
- Interactive Services — обеспечение двустороннего канала, обратной связи между пользователем и производителем контента, а также другими пользователями в целях интерактивного взаимодействия.
- Multiple Camera — возможность абонента «переключать» ТВ камеры из числа используемых во время трансляции.
- Instant Messaging — функция мгновенной передачи сообщений между пользователями и группами пользователей.
- Voice over IP — организация речевого обмена в группах (например, открытый чат для обсуждения в процессе просмотра ТВ передачи, фильма и т.д.)
- E-mail on TV — организация электронной почты без использования ПК (на экране ТВ приемника).
- Unified Messaging — интеграция голосовых и текстовых сообщений.
- Caller ID — идентификация номера звонящего абонента и отображение номера на экране ТВ.
- Video Telephony — организация видеотелефонии, видеоконференций между пользователями на сети.

- Walled Garden Internet — организация доступа к контентным ресурсам и сервисам, в том числе интерактивным, размещенным на сети оператора.
- Home Surveillance — организация дистанционного домашнего видеонаблюдения.

Таким образом, современные услуги связи представляют собой многообразный технологический мир, где действуют как традиционные для NGN закономерности, так и свои законы, определяющие специфику развития всей системы NGN.

6.1.2. Эволюционное дерево развития услуг

Исследование законов развития услуг NGN лучше всего начать с исторического обзора, который позволит проследить эволюцию современных технологий уровня предоставления услуг. Соответствующий эволюционный ряд представлен на рис. 6.2. За отправную точку на рисунке взята технология традиционной телефонной связи, которая представляет собой всем известный набор услуг (международная, междугородная связь, справочные службы и пр.).

Качественный скачок в изменении концепции услуг был связан с развитием технологии ISDN, когда произошла интеграция между телефонной сетью и сетью передачи данных. На основе объединения (2Play) двух услуг (телефония + передача данных) оказалось возможным разработать целый пакет новых услуг. Например, на этом этапе появились услуги передачи данных параллельно с разговором и т.д.

Дальнейшее развитие концепции услуг шло по пути повышения эффективности использования ресурса сетей ISDN и ОКС №7. В частности, возможность передачи сигнальных сообщений в процессе разговора оказалась очень важной при формировании группы услуг, которые получили название ДВО (дополнительные виды обслуживания). Услуги ДВО отличаются от традиционного пакета услуг ISDN, которые в большей степени были ориентированы на использование телефонии, перс-

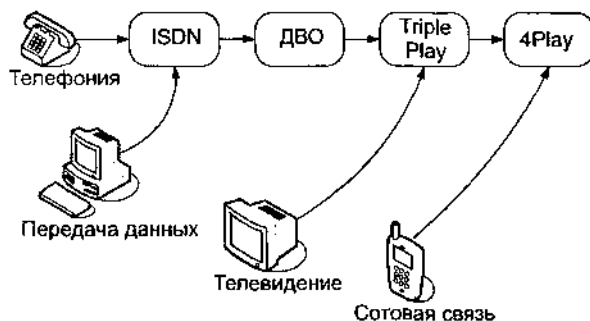


Рис. 6.2. Эволюция современных услуг связи

дачи данных и их комбинации. ДВО ориентировались на услуги, связанные с поведением абонента в сети. К услугам ДВО относятся такие популярные услуги, как переадресация, «вызов третьего», «вызов на конференц-связь» и пр.

Переход от цифровых сетей связи к концепции NGN совершил революцию в современных услугах, поскольку привнес третье измерение — передачу видеосигналов. Концепция Triple Play, которая упоминалось в главе 2, стала основой для развития современных услуг NGN. Она базируется на той идее, что любые современные услуги можно представить в виде комбинации данных, речи и видео. Например, интерактивные игры можно представить комбинацией «данные + видео», а видеоконференц-связь — «видео + речь» и т.д. Концепция Triple Play вызвала настоящую революцию в современной жизни. Пока этот набор новых услуг доступен только инноваторам и энтузиастам, процесс их внедрения только начинается. Если раньше подобные услуги рассматривались как существенный деловой инструмент современной цивилизации, то теперь в системы связи добавляется развлекательная компонента, связанная с видеослужбами.

В настоящее время прорабатываются стандарты для новой концепции — 4Play. На этот раз четвертым измерением, которое привносится в услуги связи, является сотовая связь и услуги, связанные с местоположением абонента и его мобильностью. Например, существующая концепция сетей 3G, опытное внедрение трансляции телевидения на мобильные телефоны и пр. — это лишь подготовка к будущему прорыву в области современных услуг. Так же, как концепцию Triple Play нельзя свести только к комбинации данных, видео и речи, так и 4Play нельзя представить как «то же самое, только в автомобиле или поезде». Синергетический эффект, который принесла с собой концепция Triple Play, будет продолжен на новом этапе, несмотря на то, что стандарты 4Play и принципы организации связи не до конца понятны даже специалистам.

Ниже мы рассмотрим концепции Triple Play и 4Play детально, так как именно эти две концепции составляют основу технических решений уровня услуг NGN.

6.1.3. Сам себе телезритель — сам себе режиссер — сам себе продюсер

В процессе исследования технических решений NGN разных уровней было показано, что для каждого уровня существует определенный лейтмотив развития. Для сетей доступа это были использование существующих решений и необходимость оперативно предоставить широкополосный доступ всем потенциальным пользователям, для уровня транспорт-

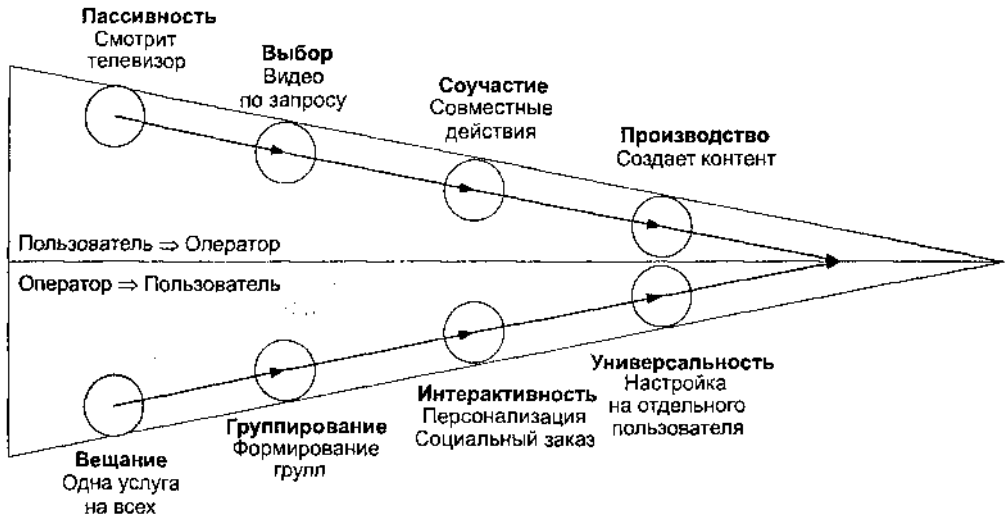


Рис. 6.3. Сближение пользователя и оператора в процессе развития интерактивных услуг

ных сетей — конвергенция решений, для уровня управления — перманентная декомпозиция технических решений.

Вполне естественно найти лейтмотив развития современных услуг связи, который определял бы направление эволюции концепции услуг. Из перечисленных выше особенностей современных услуг NGN наиболее подходящей на роль лейтмотива является их интерактивность.

Развитие интерактивности услуг можно проследить на примере видеослужб в современных сетях NGN. В [44] была предложена закономерность, согласно которой развитие интерактивности приводит к последовательному сближению оператора и пользователя (рис. 6.3). Развитие интерактивности услуги ведет ко все более активному участию пользователя в работе телевидения. Если взять за отправную точку обычное эфирное телевидение, то здесь пользователь совершенного пассивен. При переходе к услуге «видео по запросу» (VoD) пользователь включается в процесс работы сети, поскольку сам может выбирать понравившийся материал. Дальнейшее развитие интерактивности позволяет пользователю включиться в обсуждение контента, получаемого по запросу в режиме реального времени. В качестве примера такой услуги можно увидеть видеочаты, которые транслируются по некоторым каналам российского телевидения. Сюда же можно отнести одиозные проекты «Дом-2» и пр., когда зрители участвуют в обсуждении судьбы героев программы или сериала. Венцом интерактивного участия пользователя в работе телевизионного вещания является уровень, когда пользователи сами начинают формировать контент. Многочисленные блоги, журна-

лы, банки любительских фильмов в Интернете — это только начало новой телевизионной культуры.

На выставке CeBIT-2007 компания Alcatel продемонстрировала платформу IMS, которая дает возможность пользователю самому формировать, редактировать и размещать в системе IPTV свой канал телевидения, рекламировать его, делать связку своего канала с другими каналами вещания в Интернет и т.д. Таким образом, от концепции «сам себе режиссер» пользователи NGN переходят к концепции «сам себе продюсер».

Параллельно с движением пользователей к максимальной интерактивности навстречу им движутся операторы, которые развивают услуги сети таким образом, чтобы рост интерактивности поддерживался соответствующими сетевыми решениями. На этапе полностью пассивного поведения пользователей оператор предоставляет услугу телевизионного вещания — одну для всех пользователей. Появление услуги VoD на сети ставит вопрос о регулировании контента, поскольку появляются более приоритетные и менее приоритетные каналы телевидения. Для эффективного управления услугами оператор должен перейти от уравниловки в предоставлении услуг к разделению пользователей на группы. Появление активных пользователей, которые включаются в процесс интерактивного обсуждения наполнения сети, приводит оператора к необходимости перейти к интерактивным технологиям, ориентированным либо на определенные социальные группы, либо на последовательную персонализацию услуг связи. Встреча оператора и пользователя происходит в виртуальной точке максимальной интерактивности последнего, когда он становится источником контента для оператора. В таком случае оператор должен обеспечить пользователю реализацию всех его пожеланий, будь то настройка оболочки управления услугами или специальные редакторы для формирования собственного контента.

В тот момент, когда операторы и пользователи встретятся в виртуальной точке максимальной интерактивности, возникнет совершенно новое сообщество специалистов, работающих с системой связи. Граница между оператором (более точно, контент-провайдером — поставщиком информации) и пользователем окончательно размывается. Оператор может быть заинтересован в том контенте, который предложит ему пользователь, в особенности если такой контент заинтересует широкие массы общества. В таком случае может оказаться, что пользователи нового поколения будут заключать договора на поставку контента операторам, как сейчас имеют место договора об оплате хостинга популярных сайтов.

Стратегия на максимальную активность пользователей представляется исторически естественной, но ее воплощение во многом зависит от уровня информатизации общества. В конце концов в любых условиях

пользователь хотел бы получить понятную ему качественную и простую в управлении услугу. В отсутствие компьютерной грамотности невозможно предполагать высокую интерактивность пользователей сети. Но в целом предлагаемый лейтмотив сохраняется. В зависимости от уровня компьютерной грамотности интерактивность услуг связи будет расти быстрее или медленнее, но направление развития современных услуг NGN по пути интерактивности сохранится.

6.2. Концепция Triple Play

6.2.1. «Триада» основных услуг

Первая услуга, которую можно считать концептуальной для NGN, это концепция Triple Play, часто называемая также «три в одном» или услугами «тройного применения» (оба перевода недостаточно точны, поэтому мы будем использовать английский термин Triple Play или 3Play).

Как было показано выше, в основу концепции Triple Play была положена идея о том, что все современные услуги связи можно представить в виде объединения речи, данных и видео. Триада этих услуг создает своего рода базис, по которому можно разложить любую современную услугу. Первоначально для этого предполагалось использовать одну инфраструктуру сетей доступа и единую транспортную сеть для всех возможных услуг связи (рис. 6.4,а). По сути это все та же традиционная система связи, где услуги Интернета, телефонии и телевидения предоставляются отдельно и могут быть объединены только на уровне кабельной сети доступа (доступ в Интернет по телефонной паре, передача данных и телевидения по оптоволокну и пр., что было подробно рассмотрено в главе 2). Напомним, что такая организация услуг имеет вертикальный характер и была названа в главе 2 стратегией «Спагетти».

Концепция Triple Play предлагает использовать для предоставления всех указанных на рисунке услуг единую инфраструктуру мультисервисной сети NGN, включающую транспортную сеть и сеть доступа. Архитектура сети в таком случае становится горизонтальной, а стратегия называется «Лазанья» (рис. 6.4,б).

Переход в концепции услуг от вертикальной к горизонтальной модели организации и объединение различных услуг на уровне транспорта и доступа представляют собой существенный шаг по пути конвергенции сети на уровне услуг. Таким образом, концепция Triple Play стала основой для дальнейшей конвергенции сетей. В качестве примера такой конвергенции на рис. 2.13 уже была представлена связь между наиболее популярными технологиями доступа и этой триадой. Одна

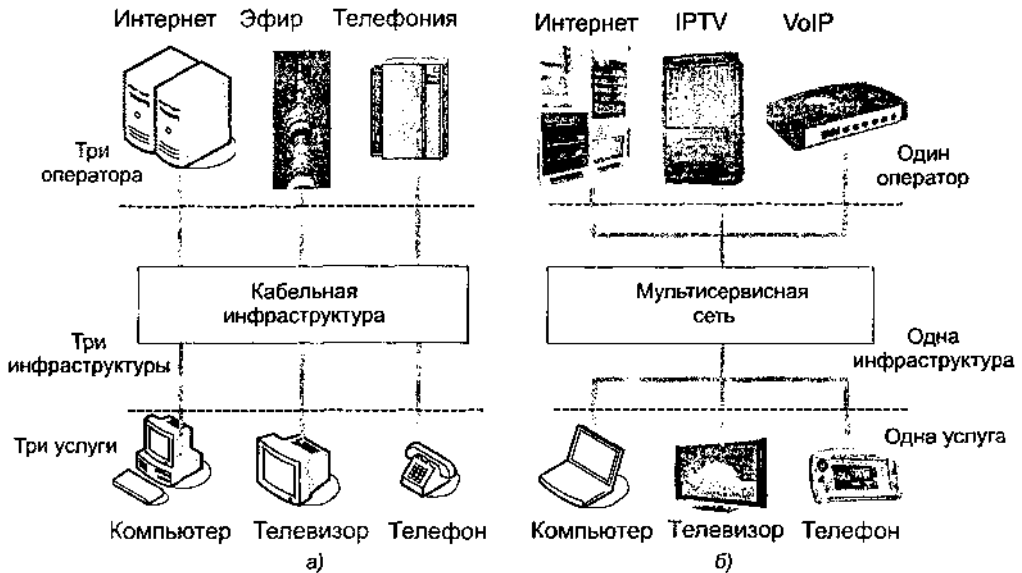


Рис. 6.4. Модели инфраструктуры традиционных сетей и NGN для предоставления услуг

и та же триада услуг (данные, речь, видео) может опираться на сети домашнего Ethernet, абонентские сети ADSL или оптические системы FTТх/PON, при этом принципы предоставления услуг, диагностики, контроля и управления качеством будут совершенно одинаковыми. Таково следствие принципа конвергенции современных сетей. Создав единую среду передачи данных на основе IP, технология NGN позволяет перемешивать различные сети доступа и предоставлять весь перечень услуг Triple Play в любых сетях.

Однако концепцию Triple Play нельзя свести только к простому продолжению традиций конвергенции или построению горизонтально ориентированной структуры связи. Концепция Triple Play предложила совершенно уникальный подход, который вероятно станет доминирующей концепцией для будущего развития услуг, какие бы термины для этого не изобрели (3Play, 4Play, 5Play, 3G, 4G, 5G и т.д.). Суть в том, что в концепции Triple Play впервые была предложена процедура декомпозиции/композиции услуг (рис. 6.5).

В соответствии с этой концепцией предложено использовать триаду как набор базовых услуг. Любая услуга, которая может быть реализована в сети, проходит процедуру декомпозиции, т.е. разделение на три базовых услуги. Затем три услуги поступают в сеть и передаются по линии клиент-сервер или клиент-клиент (peer-to-peer). Для этого задействуются все три основных уровня, обеспечивающих предоставление услуг (уровень доступа, уровень транспорта и уровень управления). На



Рис. 6.5. Композиция и декомпозиция услуг в концепции Triple Play

приемной стороне три составляющих услуги объединяются, что можно трактовать как процедуру композиции или восстановления услуги. В результате клиент получает услугу в ее планируемом виде.

Концепция Triple Play в такой трактовке представляется очень революционной. Перечислим лишь некоторые важные следствия этой концепции.

Уровень услуг разделяется на два подуровня. На верхнем подуровне находятся все существующие и перспективные, но пока не реализованные услуги связи, а на нижнем — только три услуги триады. Поскольку именно триада ближе всего к сети, решения уровня услуг оказываются унифицированными.

Механизм предоставления услуг в концепции Triple Play создается один раз. Для этого оператор должен реализовать на сети всевозможные механизмы предоставления трех базовых услуг. Если это удастся, то из их комбинаций рождаются и все остальные услуги.

Новые услуги отличаются друг от друга только последовательностью композиции и декомпозиции. Это создает основу для креативной деятельности по разработке новых услуг — достаточно разработать единые правила композиции и декомпозиции. Как только это будет сделано, сценарий ввода услуги на сети будет фактически готов, поскольку механизмы доставки услуг Triple Play уже разработаны.

Концепция оказывается открытой для любых новых услуг. Даже если услуга только задумана, то сеть потенциально готова для ее предоставления. Предложенные механизмы предоставления Triple Play

гарантируют, что любой новый алгоритм композиции и декомпозиции может быть внедрен на сети.

Концепция Triple Play оказывается открыта к будущим модификациям стратегии развития услуг. Как это не парадоксально, но прогнозы развития Triple Play идут намного дальше изложенной здесь концепции Triple Play. В случае, когда базиса триады не хватает для предоставления какой-либо новой услуги, которая тем не менее по замыслу ее создателей будет востребована, эта услуга просто вводится в набор базисных услуг. При этом сеть должным образом модернизируется, чтобы предоставлять всем пользователям не три, а уже четыре услуги, а далее процесс предоставления услуг развивается в той же самой идеологии. Любые перспективные услуги впоследствии оказываются всего лишь композицией и декомпозицией из четырех базовых услуг (этот набор можно назвать «квадрига»). Ниже будет показано, что именно такой алгоритм используется для создания новой концепции 4Play. Но и дальше процесс не завершен. На данный момент пока не видно, что будет после 4Play, поскольку нельзя придумать популярную услугу, которая не могла бы стать продуктом композиции «квадрига». Но вполне вероятно, что когда-нибудь набор базовых услуг придется расширить до пяти, шести и т.д. услуг.

Следствием концепции Triple Play является разделение задач исследования новых услуг на две большие группы. Первая группа связана с подуровнем триады. Сюда относятся вопросы адаптации к Triple Play решений уровней доступа, транспорта и управления, проблема контроля и управления качеством триады и т.д. Вторая группа задач — это изучение алгоритмов композиции и декомпозиции для построения услуги.

Первая группа задач имеет конечный объем материала для исследования, анализ задач второй группы может продолжаться до бесконечности, поскольку количество услуг Triple Play, как ожидается, может быть неограниченно. Поэтому в этой главе мы сконцентрируемся на первой группе задач. А именно, будет проведено исследование каждой компоненты триады с указанием особенностей современного состояния технологий предоставления этой компоненты. Затем мы перейдем к исследованию процессов, связанных с объединением отдельных услуг в триаду, и тем завершим исследование концепции Triple Play.

6.2.2. Услуги передачи данных

Давно прошли времена, когда услуги передачи данных понимались как эквивалент телефонным соединениям, но между компьютерами. Такое понимание свойственно технологиям X.25 и Frame Relay, которые в

настоящее время окончательно устарели. В основе современных технологий передачи данных лежат связи типа клиент-сервер и клиент-клиент (peer-to-peer). Второй тип соединения встречается довольно редко и будет рассмотрен отдельно. Не снижая общности, можно считать все услуги передачи данных построенными на архитектуре клиент-сервер.

В наиболее простой схеме услуги передачи данных должны быть клиент, сервер и определенный протокол обмена данными между ними. Современные революционные тенденции в области персональных компьютеров и массовых средств электроники привели к тому, что клиент в данной схеме стал унифицированным и одинаковым для всех услуг. Сервер должен иметь программное обеспечение, которое обрабатывает данные, полученные через сеть по заданному протоколу. Таким образом, именно протокол обмена данными между клиентом и сервером определяет процедуру предоставления услуги, а полученные данные — содержимое услуги.

Рассмотрим, какие услуги передачи данных наиболее распространены в настоящее время. Как показывает практика, большая часть подобных услуг используются в процессе работы пользователя с Интернетом.

World Wide Web, или, сокращенно, **Web**, — наиболее распространенная служба современного Интернета, связанная с доступом к его ресурсам (сайтам). Этой службой (услугой) пользуется каждый потребитель, набрав URL — адрес сайта типа `www.сайт.ru`. В основе такой услуги лежит использование протокола HTTP. Теме WWW и Интернета посвящено множество книг, так что читатель без труда найдет детальное описание процессов установления соединения, просмотра страниц, кодировки ошибок и пр. В настоящем кратком обзоре можно лишь отметить несколько новых тенденций.

В настоящее время технология Web переходит от фиксированных сайтов на основе языка HTML к динамичным сайтам на основе новой версии HTML — XML, а также PHP и других языков программирования. Динамичный сайт представляет собой распределенную базу данных, которая формирует информационную страничку для пользователя, исходя из характера запроса, который передает посетитель сайта.

Вторая тенденция в современной технологии услуг Web состоит в конвекции Web-технологий и передачи видеoinформации. На сайтах все больше используются музыкальные и видеовставки, динамические модели и анимационная графика.

Третья тенденция связана с изменением коммерческих и маркетинговых стратегий в Интернете, что в настоящее время привело к появлению новой концепции Web 2.0 [45]. Поскольку эта концепция носит

явный маркетинговый уклон и не влияет на техническую стратегию, здесь она детально не рассматривается*.

FTP. Данная услуга представляет собой удобный метод обмена файлами. Доступ к такой услуге можно получить через Интернет, набрав в браузере адрес `ftp://ftp.сайт.ru`, затем использовать процедуру прямой загрузки и выгрузки файлов.

E-mail. Услуга электронной почты представляет собой многошаговую процедуру, использующую почтовый сервер. Обычно для обмена данными по электронной почте используется протокол SMTP. В почтовой системе имеются подсистема авторизации пользователей и различные функции доступа к ресурсу.

Управление. Еще одна услуга, которая включается в пакет услуг передачи данных, — это обмен служебной информацией между узлами связи (коммутаторами, маршрутизаторами и пр.). Как правило, схема обмена данными в таком случае является симметричной. Для обмена данными используются специализированные протоколы, имеющие высокий уровень приоритетности при передаче по сети, например протоколы Telnet или SNMP.

В большинстве случаев доступ к ресурсам Интернета может осуществляться через несколько промежуточных серверов. Например, процедура доступа на Web-сайт всегда двухшаговая (рис. 6.6). Когда кто-либо набирает адрес Интернет-сайта, например `www.pg-group.ru`, то запрос с данным URL попадает на один из множества серверов DNS, которые представляют собой базу данных соответствия между URL и IP-адресами в Интернете. Если на этом сервере нет данных о сайте, запрос транслируется на следующий сервер DNS и т.д. Преобразование адреса может вносить дополнительную задержку в обработку запроса от клиента на Web-сайт. Задержка, в свою очередь, уменьшает эффективную скорость загрузки данных с сайта**.

* Тем не менее концепция Web 2.0 — отличная иллюстрация к тем процессам, которые наблюдаются в сфере информационных услуг и обсуждаются в данной главе. В основе Web 2.0 две основные идеи. Первая — создатели сайтов должны относиться к пользователям как к соразработчикам. Этим уже воспользовались некоторые известные Web-порталы. Например, Yahoo! как каталог ссылок — результат работы тысяч пользователей, а статьи в онлайн-энциклопедии Wikipedia могут быть созданы и отредактированы любым пользователем. Вторая идея — независимость контента от платформы — уже позволила перенести многие ресурсы Интернета на мобильные телефоны и КПК. А это существенный шаг к услугам 4Play. — *Прим. ред.*

** В Windows можно создать собственный мини-DNS, что ускорит скорость загрузки сайтов. Для этого найдите файл `lmhosts.sam` и прочитайте содержащуюся в нем инструкцию. IP-адреса сайтов можно узнать, запустив во время работы в Интернете сеанс MS DOS с командой `Tracert <имя сайта>`. — *Прим. ред.*

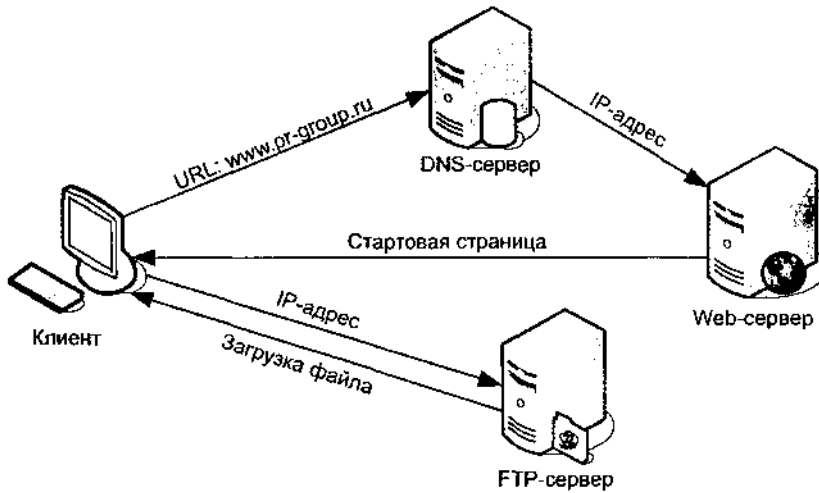


Рис. 6.6. Пошаговый процесс загрузки страницы с Web-сайта и прямой метод загрузки файла с FTP

На рис. 6.6 также показан обмен данными между клиентом и FTP-сайтом, который (при известном пользователю IP-адресе) может укладываться в простую схему соединения клиент-сервер.

Современные технологии передачи данных широко используют адаптивные принципы обработки информации. Например, для того чтобы оптимизировать работу DNS-серверов, в них реализуется адаптивный процесс обработки запросов (напомним, что как только в современной системе связи возникает любой адаптивный алгоритм, появляется эффект «ускользающей технологии»). Сформированная связка адресов URL-IP хранится в оперативной памяти сервера в течение определенного времени жизни TTL (Time To Live). Если за это время новый пользователь выйдет на сервер DNS с тем же URL, то ответ сервера будет почти мгновенным. Таким образом, при обращении на более популярные сайты (например, поисковые системы и пр.) время отклика сайта будет намного быстрее, а эффективная скорость выше, чем при запросе к менее популярному сайту.

Развитие технологий Интернет и современной электроники привело к тому, что даже простая схема связи клиент-сервер стала иной. Доступ к Интернет-сайтам пользователи могут получать с помощью не только компьютера, но и многих бытовых устройств, имеющих экран: телевизора, видеокамеры, мобильного телефона, КПК и пр. Изменился также и способ размещения сайтов. Вместо локальной информационной системы на базе одного сервера современные сайты представляют собой информационный комплекс на базе нескольких разделенных компонентов (рис. 6.7).

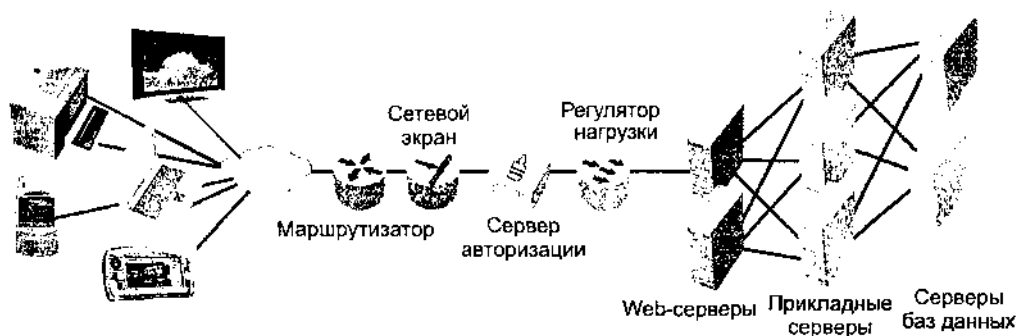


Рис. 6.7. Изменение компонентов информационного обмена данными в современном Интернете

Технологию статических HTML-страниц сменила новая технология динамических сайтов на основе PHP (препроцессора гипертекстов) и распределенных баз данных. Страница сайта в этом случае представляет собой комбинацию информационных полей из базы данных, т.е. динамичный сайт позволяет показать пользователю страницу, полностью отвечающую запросу. Технология динамических сайтов позволила оперативно управлять не только контентом сайтов, но и, например, размещением баннерной рекламы. В традиционной Web-технологии при изменении контента необходимо переписывать соответствующие страницы сайта. Для динамических сайтов необходимости в этом нет, достаточно заменить содержимое базы данных, например рекламных баннеров, и автоматически начнется новая рекламная компания.

Переход от традиционной технологии разработки сайтов к динамичной позволила использовать в рамках услуги передачи данных принцип декомпозиции, который изначально заложен в технологию распределенных баз данных. Кроме того, задачи контроля доступа и безопасности (Firewall), авторизации (SSL), регулировки нагрузки были выведены из сервера сайта на отдельные устройства (рис. 6.7).

В новых условиях, когда развивается мультимедийная технология и интерактивные видеослужбы, архитектура сайтов претерпела дальнейшую декомпозицию. На рис. 6.8 представлена современная распределенная архитектура Интернет-ресурса. Его отличает наличие не только информационной компоненты на основе распределенной базы данных и динамичной Web-технологии, но и присутствие интерактивных ресурсов мультимедиа (поточный сервер, серверы аудио- и видеофайлов и пр.). Для управления такой сложной распределенной системой необходимо использовать внутренние коммутаторы контента, сетевые экраны (Firewall), устройства регулировки нагрузки разного типа и пр.

Таким образом, все рассмотренные особенности технологии NGN: ис-

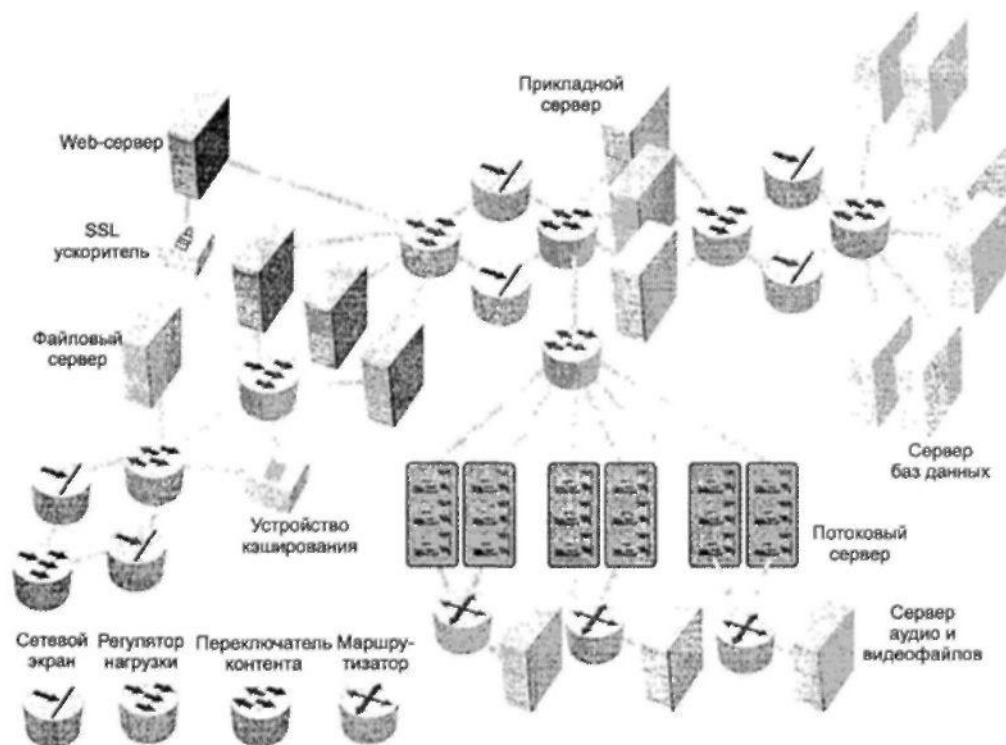


Рис. 6.8. Современная распределенная архитектура Интернет-ресурса

пользование адаптивных механизмов, переход к распределенным решениям, перманентная декомпозиция технических решений (см. главу 5) проявились на уровне услуг в современных технологиях передачи данных. Кроме того, как будет показано далее, при построении технических решений в области передачи данных действуют традиционные принципы сетей NGN: демократичность, конвергенция, адаптивность, в структуре этих решений можно угадать и влияние принципа декомпозиции, заимствованного из решений уровня управления.

6.2.3. Голосовые услуги. VoIP

Следующая компонента триады услуг Triple Play — это голосовые услуги, которые в современной трактовке означают технологию передачу речи по сети IP (VoIP). В этом разделе мы кратко рассмотрим технологии, которые используются в услуге VoIP.

Начнем с того, что конфигурация сетей VoIP может отличаться в сегментах корпоративных сетей и в жилом секторе. Задачи, которые решает в том и другом случае технология VoIP, существенно отличаются, соответственно отличаются и технические решения.

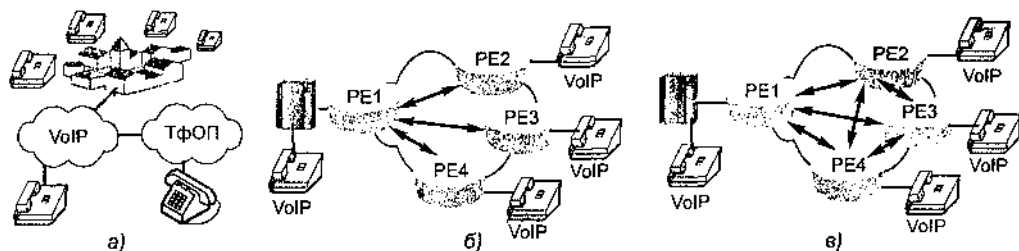


Рис. 6.9. Структура современных сетей VoIP

Для сетей VoIP жилого сектора (рис. 6.9,а) характерна довольно простая конфигурация. Основной задачей таких сетей является связь отдельного сегмента абонентской сети на основе NGN с телефонными сетями общего пользования (ТфОП). Для решения этой задачи сегмент VoIP разворачивается как отдельный технологический сегмент для обеспечения внутреннего речевого обмена, а связь с ТфОП осуществляется через одну точку подключения с шлюзом VoIP/ТфОП.

Для построения простых и смешанных корпоративных сетей VoIP (рис. 6.9,б и в) используют более разнообразные решения. Здесь задача VoIP состоит в том, чтобы обеспечить внутренней корпоративной связью абонентов, работающих на территории предприятия или в удаленных филиалах. VoIP в таком случае оказывается составной частью корпоративной сети предприятия, тесно взаимодействует с транспортной сетью и строится как распределенная сеть. Поскольку для построения корпоративной сети VoIP необходимо создать разветвленную структуру, обычно используют технологию виртуальных частных сетей (VPN) внутри транспортной сети NGN.

Таким образом, даже с первого взгляда на технологии VoIP видна большая неоднородность технических решений, зависящих от решаемых задач.

Рассмотрим теперь принципы преобразования речевых сигналов в сети VoIP (рис. 6.10). Речевое сообщение от абонента преобразуется несколько раз. Вначале речевой аналоговый сигнал поступает на кодек, где преобразуется в цифровой поток. Обычно в сетях VoIP используют стандартные кодеки ИКМ и АДИКМ-преобразований. В последнее время с развитием методов адаптивного кодирования речи появились другие кодеки, представленные в табл. 6.1. Кодеки отличаются скоростью передачи цифрового потока, размером кадра и допустимым временем задержки, которое вносит процедура преобразования речевого сигнала в цифровой сигнал. Из таблицы видно, что в системах кодирования речевого сигнала присутствует паритет между скоростью передачи цифрового потока и временем задержки на кодек. Чем меньше скорость передачи данных, тем большую задержку вносит кодек в передачу VoIP.

Таблица 6.1

Кодеки, применяемые в системах VoIP*

Кодек	Скорость, передачи, кбит/с	Длина кадра, мс	Число сэмплов	Задержка, мс	MOS
ITU-T G.711 PCM	64	0,125	1	0,125	4,5
ITU-T G.721 ADPCM	32	0,425	1	0,425	4
ITU-T G.723.1 MP-ACELP	5,3; 6,3	30	20; 24	67,5 (2×30 + 7,5 CORR.)	3,4
ITU-T G.726 MR-ADPCM; ITU-T G.727 E-ADPCM	16; 24; 32; 40	0,425	1	0,425	2; 3; 4; 4,3
ITU-T G.728 LD-CELP	128; 16	5	–	5	4,2
ITU-T G.729 CS-ACELP	8	10	10	25 (2×10 + 5 CORR.)	4
ITU-T G.729 ACS-ACELP	8	10	10	25 (2×10 + 5 CORR.)	4
ANSI GSM-FR RPE-LPC	13	20	–	20	3,5
ANSI GSM-HRVSELP	5,6	20	–	20	–
ANSI GSM-EFRACELP	122	20	–	20	–

* Сэмпл — голосовой фрагмент; MOS — субъективная оценка качества речи по 5-балльной шкале.

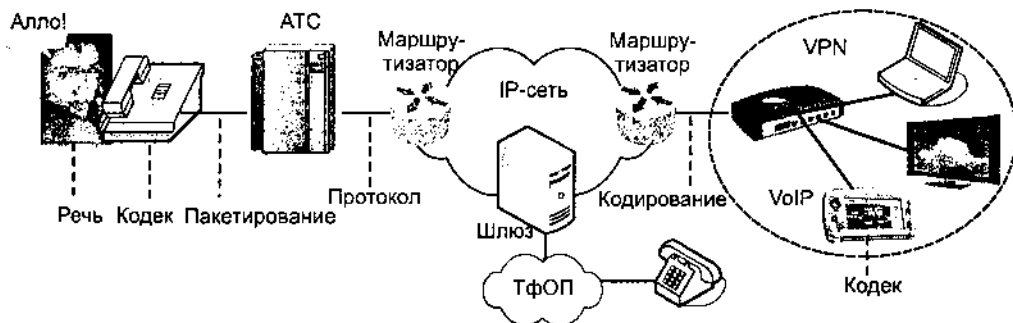


Рис. 6.10. Последовательное преобразование сигнала в сети VoIP

После преобразования цифровой поток разделяется на кадры VoIP (дейтаграммы IP). Последней стадией преобразования речевого сигнала является добавление специального потока служебных данных, который можно трактовать как систему абонентской сигнализации.

Соответствующая структура сигнального обмена на различных уровнях модели OSI представлена на рис. 6.11. Как показано на рисунке, в сетях VoIP на сетевом уровне используется протокол IP. Транспортный уровень обеспечивают протоколы TCP и UDP. На уровне приложений речевой трафик передается через систему сигнализации RTP поверх UDP, а сигнализация выполняется обычно с использованием протокола SIP поверх TCP или UDP. У системы сигнализации SIP есть альтернативы, например H.323, однако именно этот протокол получил наибольшее

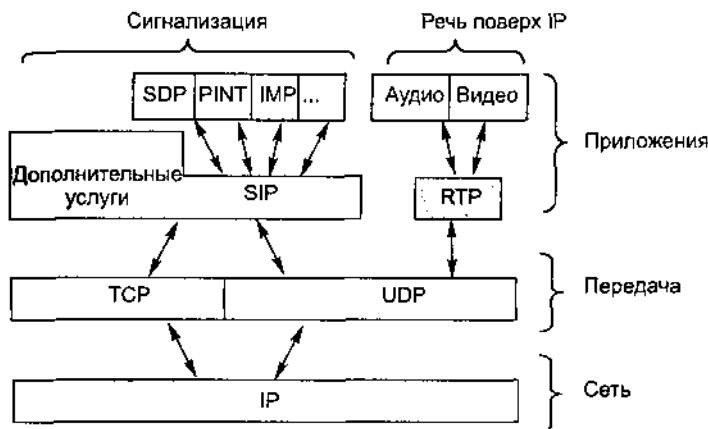


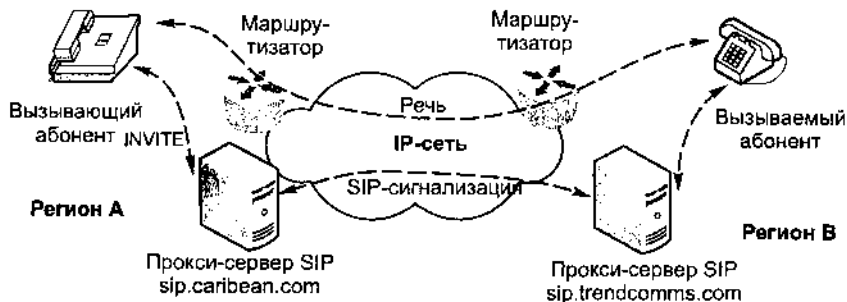
Рис. 6.11. Структура системы сигнализации VoIP

распространение, поскольку он позволяет легко интегрировать SIP в Интернет, Web, E-mail и другие услуги современных сетей NGN.

В качестве примера функционирования протокола SIP на рис. 6.12 показан процесс установления соединения между двумя терминалами сети VoIP, подключенными к серверам Интернета caribbean.com и trendcomms.com. Приведенные трассировки показывают, насколько близки протокол SIP и, например, протокол электронной почты.

Рассмотрим теперь сигнальный и информационный обмен между двумя пользователями в сети VoIP (рис. 6.13). Как следует из рисунка, сессия в сети VoIP разделяется на три фазы:

- 1) сигнальный обмен в процессе установления соединения;
- 2) информационный обмен, т.е. разговор двух абонентов;
- 3) сигнальный обмен для завершения соединения.



SIP-запросы
(упрощенная трассировка)
INVITE sip: pepe@trendcomm.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP mkt12.caribbean.com;
To: pepeon <pepe@trendcomm.com>
From: Alice <sip:alice@caribbean.com>;
Contact: <sip:leila@mkt12.caribbean.com>
Content-length: 142

SIP-ответы
(упрощенная трассировка)
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP mkt12.caribbean.com;
To: pepeon <sip:pepeon@trendcomm.com>;
From: leila <sip:leila@caribbean.com>;
CSeq: 314159 INVITE
Content-length: 131

Рис. 6.12. Установление соединения в сети VoIP с использованием протокола SIP

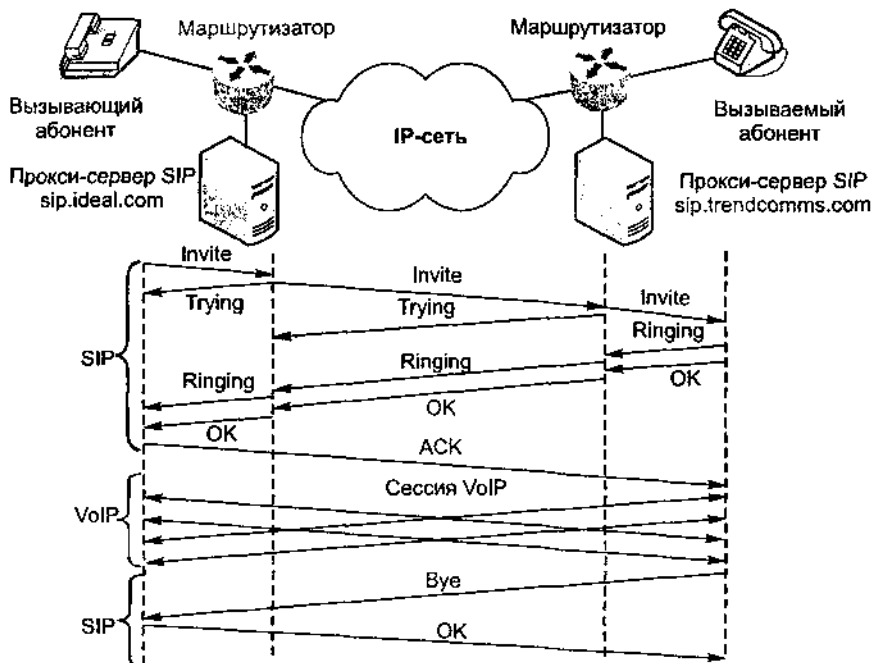


Рис. 6.13. Протокол сигнального обмена в сети VoIP

В процессе установления соединения вызывающий терминал посылает сигнал приглашения (Invite) в сессию VoIP. Сигнал распространяется по IP-сети, в ответ передаются сигналы квитирования (Trying). Отметим, что процедура установления соединения в сети VoIP не требует, чтобы вызывающий абонент передавал сигнал Invite непосредственно вызываемому. Сигнал передается в сеть, а вызываемый пользователь SIP находится через SIP прокси-сервер.

После того, как сигнал Invite доходит до вызываемого абонента, в сторону инициатора вызова передается подтверждение звонка на приемной стороне (Ringing). Если удаленный абонент поднимает трубку, происходит обмен квитанциями (OK — ACK), после чего абоненты начинают разговор.

Окончание разговора может происходить по инициативе любой из сторон. В таком случае передаются два сигнала окончания сессии (Bye — OK), после чего ресурсы сети, зарезервированные под данную сессию VoIP, освобождаются.

Более детальную информацию о сигнальном обмене в протоколе SIP нетрудно получить из открытых источников и Интернета. Этот протокол описывается в документе IETF RFC 3261. Здесь лишь укажем функции, которые обеспечивает система сигнализации SIP:

- поиск абонентов в сети;

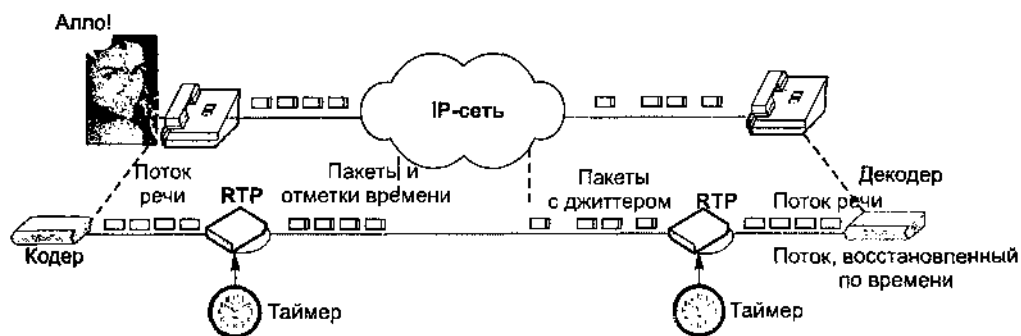


Рис. 6.14. Использование RTP в сети VoIP

- передача/прием сообщений инициации вызова, контроля связности канала и окончания вызова;
- поддержка форматов адресации IP, UDP, TCP;
- передача/прием информации об изменении состояния абонентов и канала в процессе сессии;
- поддержка дополнительных видов обслуживания.

Теперь обратим внимание на принципы информационного обмена в сети VoIP, т.е. на передачу и прием оцифрованной речевой информации (рис. 6.14).

Как было сказано выше, для передачи аудио и видеоинформации по сети IP используется протокол передачи данных в режиме реального времени RTP (Real Time Protocol). Этот протокол детально описан в документе RFC 3550. Основная цель разработки протокола — создание условий для передачи по пакетной сети IP данных от телематических услуг: речи, видео, конференц-связи и пр. В процессе передачи трафика на него воздействуют различные факторы: задержка распространения сигнала, статистическое мультиплексирование, перегрузки на транспортной сети и сети доступа. В результате на сторону приемника попадает сигнал с неравномерными задержками, пропаданием, джиттером и пр. Чтобы исключить влияние неравномерных задержек на передачу сигнала, в протоколе RTP в каждую дейтаграмму VoIP вставляется временная метка. Эти метки используются на приемной стороне, чтобы аккуратно восстановить речевой сигнал и тем самым компенсировать неравномерность поступления пакетов.

Следует отметить, что протокол RTP обеспечивает только компенсацию джиттера за счет использования механизма временных меток. Никаких других элементов обеспечения политики качества предоставляемых услуг (QoS) в протоколе RTP нет. Такие параметры, как суммарная задержка передачи, частота потери пакетов и пр., в протоколе RTP не контролируются и не регулируются. В то же время для

услуги VoIP эти параметры также оказываются критичными. По этой причине протокол RTP был эффективно дополнен протоколом RTCP, принцип работы которого состоит в постоянном обмене данными о состоянии канала, передатчика и приемника в процессе сессии VoIP. Как следствие, в RTCP можно осуществлять управление параметрами качества в процессе разговора.

6.2.4. Услуга IPTV

«Важнейшим искусством для нас является кино». Эта фраза, висевшая в свое время над входами в советские кинотеатры, как нельзя лучше показывает главенство видео среди услуг Triple Play. Два года назад международные комиссии установили новые стандарты приоритетности в обслуживании трафика. До этого времени самым приоритетным считался трафик VoIP. Сейчас приоритетность сместилась в область видеоинформации. Тем самым установлено, что самой важной услугой в триаде является телевидение.

Причин изменения приоритетов много. Мы выделим лишь несколько из них.

- Услуга IPTV требует широкой полосы, что должно увеличить загрузку сетей и принести операторам дополнительные дивиденды.
- Загружая трафиком IPTV транспортные магистрали, которые до внедрения услуг IPTV были явно недогружены, операторы NGN могут оправдать вложения в транспортную сеть, а заодно и констатировать окончательную победу NGN над традиционной технологией по уровню передаваемого трафика.
- Для пользователей передача и прием видео тоже интересны, хотя бы потому, что среднестатистический человек получает 70...90 % всей информации об окружающем мире посредством зрения. Следовательно, в философском смысле видеоинформация для нас важнее аудиоинформации. Кстати, это подтверждается еще и соотношением между временем, которое проводит человек перед телевизором и компьютером, и временем, занятым разговорами по телефону.

Синтез популярного изобретения человечества — телевизора — с традиционным телефоном дает все основания операторам связи ожидать большого притока новых пользователей, которые пока еще не разобрались, как работать с компьютером, а телевидение у них на первом месте. А это еще большие прибыли.

Вот лишь некоторые аргументы в пользу будущей популярности IPTV. Таким образом, приоритетность услуг IPTV выгодна и пользователям, и операторам. А это значит, что те и другие пойдут навстречу друг другу и обязательно вознесут IPTV на вершину триады, что и было узаконено совсем недавно.

Рассмотрим принципы этой услуги несколько детальнее. При исследовании технологии IPTV следует обязательно отразить следующие аспекты:

- преобразование сигналов в системе IPTV и используемые протоколы;
- структура системы маршрутизации;
- эталонная модель сети IPTV;
- основные узлы системы IPTV.

Рассмотрение начнем с анализа структуры сети IPTV. Прежде всего, отметим, что IPTV по своей природе должна отличаться от услуг Интернета и VoIP. Как было показано выше, передача данных в Интернете базируется на схеме клиент-сервер, т.е. на асимметричном доступе в режиме «точка-точка». Точно так же VoIP работает с каналом обмена в режиме «точка-точка», но в симметричном режиме. В таком случае первое и главное отличие услуги IPTV — она базируется на режиме «точка-многоточка». Без такого режима невозможно вещание, следовательно, нет и телевидения. Ниже будет показано, как существенно этот факт усложняет структуру сети IPTV.

Теперь, по аналогии с VoIP, рассмотрим процесс преобразования сигналов в сети IPTV. Заметим, что в современных условиях сложилось понимание того, что считать стандартным видеопотоком: это семейство форматов MPEG (от названия специальной комиссии при ISO Moving Picture Experts Group). В настоящее время существуют три стандарта передачи цифрового видеосигнала, которые используются в сетях IPTV:

MPEG-1. Скорость передачи — 1,856 Мбит/с. Разрешение по параметрам видео 352×240/288.

MPEG-2. Скорость передачи — 9 или 4 Мбит/с для сетей ADSL2+, либо 19,2 Мбит/с в сетях HDTV. Разрешение по параметрам видео — 720×480, 720×576, 544×576.

MPEG-4. Переменная скорость — от 5 до 10 Мбит/с.

В современных сетях используются два последних формата, причем перспективным считается MPEG-4, тогда как большая часть работающих в настоящее время сетей пока использует MPEG-2. Преобразование аналогового видеосигнала в сети IPTV с использованием MPEG-2 представлено на рис. 6.15.

Для технологии IPTV базовым понятием является элементарный поток (ES), которым может быть видеопоток, аудиосигнал или поток данных. Следовательно, программа телевидения представляет собой комбинацию нескольких ES (обычно, видео + аудио + управляющая информация + субтитры и т.д.). Следует отметить, что каждый ES представляет собой свой тип цифрового сигнала с правилами кодирования

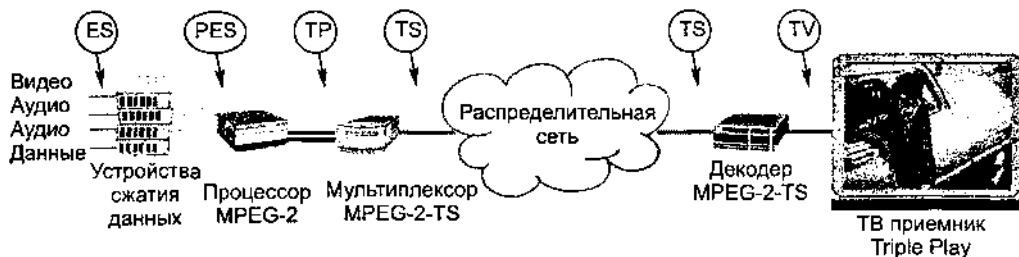


Рис. 6.15. Последовательное преобразование сигналов в сети IPTV

и форматом MPEG. Несколько ES попадают на устройства сжатия информации, которые формируют пакетизированный элементарный поток PES (Packetized Elementary Stream). PES в свою очередь преобразуется в транспортные пакеты TP (Transport Packets), передаваемые со стандартной скоростью по сети. Транспортные пакеты объединяются в единый транспортный поток TS (Transport Stream). Поток TS уже готов для передачи по сети в удаленные точки, где выполняется обратное преобразование и восстанавливается телевизионный сигнал. Соответствующие форматы данных представлены на рис. 6.16.

Особое значение при передаче сигналов IPTV имеет заголовок пакетов TP. Например, поле PID заголовка TP содержит информацию о передаваемых программах и позволяет разделять сигналы передачи разных программ.

Теперь рассмотрим принципы маршрутизации данных IPTV по сети. Здесь проявляется специфика IPTV как услуги передачи данных: для

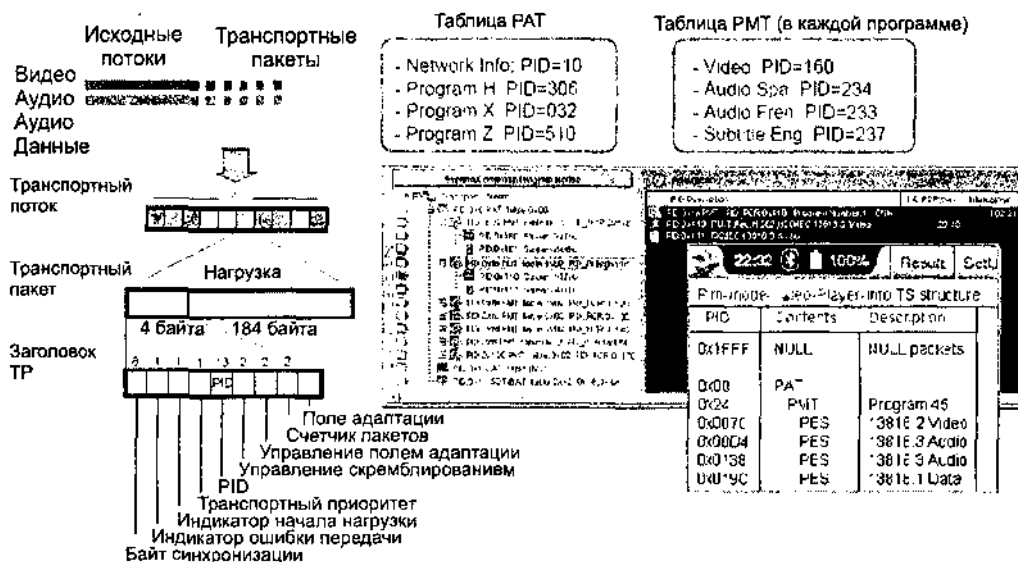


Рис. 6.16. Форматы данных IPTV

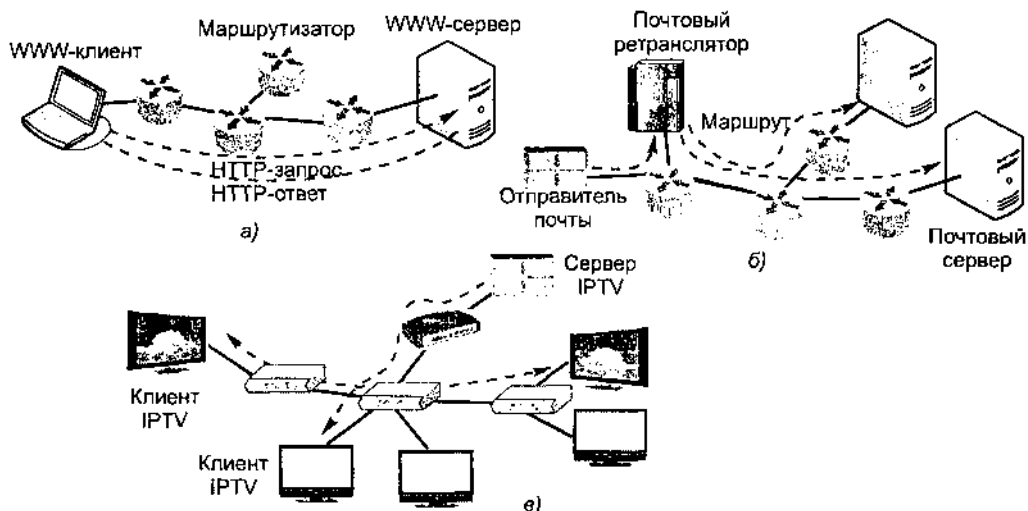


Рис. 6.17. Варианты построения сетей IPTV

эффективной организации вещания в сети необходимо предусмотреть механизмы вещательной рассылки пакетов IPTV по сети передачи данных, рассмотренные до этого в главе 5. На рис. 6.17 представлены несколько подходов в части организации доставки видеoinформации до конечного потребителя, соответствующие разным схемам маршрутизации трафика.

Всего существует три варианта такой доставки. Можно избежать необходимости организации вещания в сети и использовать режим передачи «точка-точка», иначе режим Unicast (рис. 6.17,а). В таком случае видеоконтент размещается на Web-сервере. Пользователь Интернет обращается на сайт, скачивает соответствующий файл и воспроизводит видеoinформацию на своем компьютере или специальном терминале. Такой метод доставки видеоконтента ничем не отличается от организации услуг Интернета. Проблема только в том, что организовать таким способом телевизионную трансляцию в режиме реального времени пока не представляется возможным.

Альтернативным методом является использование групповой рассылки (Multicast) на уровне приложений, представленной на рис. 6.17,б. Принцип организации доставки видеoinформации в таком случае ничем не отличается от организации электронных рассылок, которые так часто мучают отечественных пользователей Интернета (по сути, это и есть печально известный спам). Использование режима Multicast в качестве одного из режимов работы электронной почты теоретически позволяет организовать телевизионное вещание, но признать этот метод эффективным нельзя.

В процессе поиска оптимального решения выбор пал на использова-

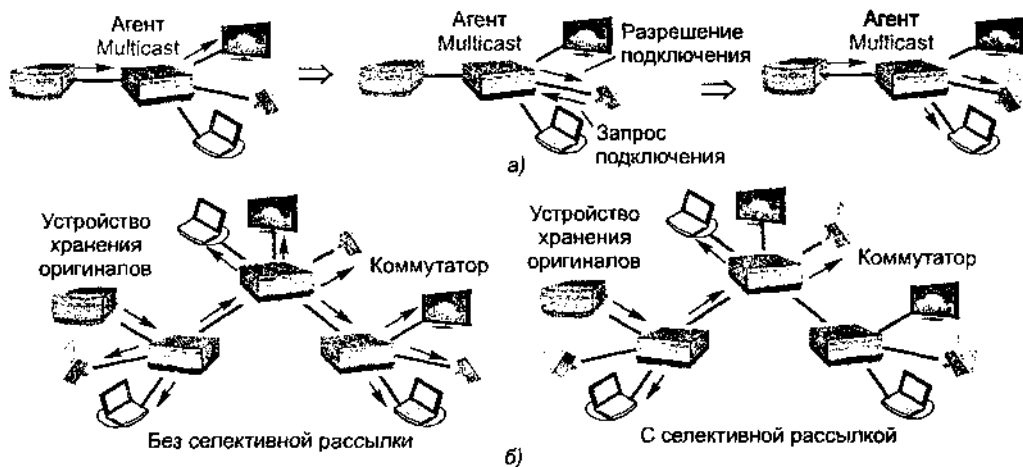


Рис. 6.18. Варианты организации вещания в сети IPTV/Multicast

ние в IPTV метода групповой рассылки на уровне транспортной сети IP. Принцип реализации Multicast представлен на рис. 6.17, в. В том случае, когда определенная группа пользователей желает смотреть тот или иной канал телевидения, в сети формируется группа Multicast, для которой с сервера IPTV передается определенная информация. Чтобы не формировать отдельный канал передачи данных до каждого пользователя, поток данных передается до ближайшего узла, где данные уже дублируются для всех членов группы. Это позволяет существенно разгрузить ресурсы сети. Но чтобы добиться этого, узлы сети должны обмениваться специальной информацией о составе групп и указаниями, кому какой контент доставлять. Эту роль выполняет протокол IGMP (Internet Group Membership Protocol), рассмотренный в главе 4 (рис. 5.18, а).

В составе протокола IGMP существует несколько процедур управления процессом Multicast. Например, метод селективной рассылки (IGMP snooping), представленный на рис. 6.18, б, позволяет исключить ситуацию, когда информация дублируется для всех пользователей узла. Для этого режима создастся специальный реестр (лист распределения информации) клиентских устройств, для которых нужно передавать видеoinформацию.

Кроме того, в протоколе IGMP имеются процедуры, согласно которым пользователь может подключиться к группе вещания (Join) или отключиться от нее (Leave). С этими двумя процедурами связана очень интересная особенность сетей IPTV. Переключение каналов (называемое zapping) с дистанционного пульта-«ленивчика», столь привычное и простое для пользователей традиционного телевидения, представляет сложность для сети IPTV. Всякий раз, когда пользователь IPTV переключает канал, в сети начинает кипеть работа. Во-первых, пользователя

нужно отключить от группы Multicast, к которой он подключен. Во-вторых, командой Join подключить его к новой группе. В-третьих, если канал вещания вообще отсутствует в данный момент, так как его никто не смотрит, значит, нужно инициировать вещание и создать новую группу Multicast. В-четвертых, в случае использования процедуры IGMP snooping все перечисленные изменения должны быть переданы по сети, чтобы обновить соответствующие реестры групп вещания. Добавим к этому, что каждый из перечисленных шагов предусматривает не просто пересылку одного-двух сообщений, а выполнение целой протокольной процедуры, и тогда станет понятно, что простое нажатие клавиши на пульте IPTV запускает довольно сложный механизм. Иногда из-за настроек сети, задержек, перегрузок на направлениях и пр. переключение каналов может существенно запаздывать. Это очень сильно раздражает пользователей, привыкших к мгновенному переключению каналов на традиционном телевизоре. По мнению некоторых специалистов, IPTV-zapping представляет собой не столько техническую проблему, сколько социальную болезнь. Многие пользователи любят довольно интенсивно «пощелкать» каналами. Но в условиях IPTV такой пользователь становится источником серьезной сигнальной нагрузки на сеть. Это тоже нужно учитывать при рассмотрении специфики сетей IPTV.

Подытоживая сказанное, можно составить упрощенную типовую модель IPTV, в которой представлена клиентская часть, серверная часть и транспортная сеть между ними (рис. 6.19). В действительности типовая модель сети IPTV сложнее и включает в себя несколько специфических для данной услуги компонентов (рис. 6.20). Условно систему IPTV можно разделить на несколько частей:

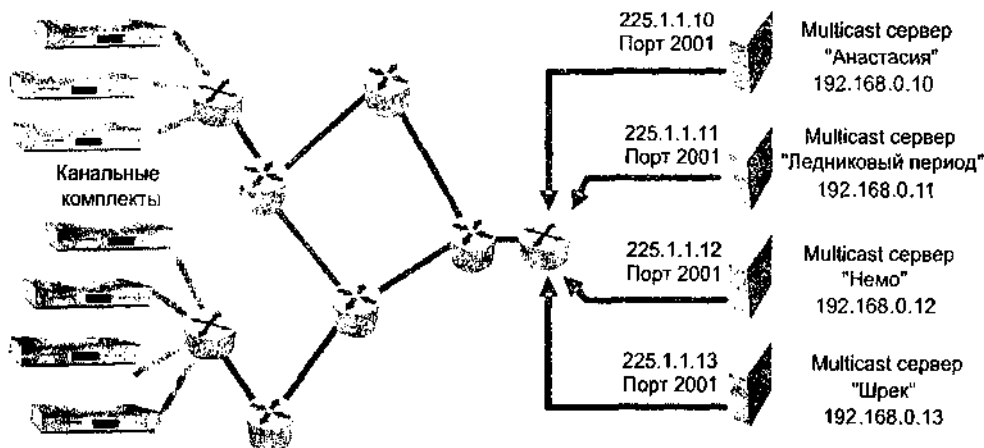


Рис. 6.19. Типовая структура сети IPTV

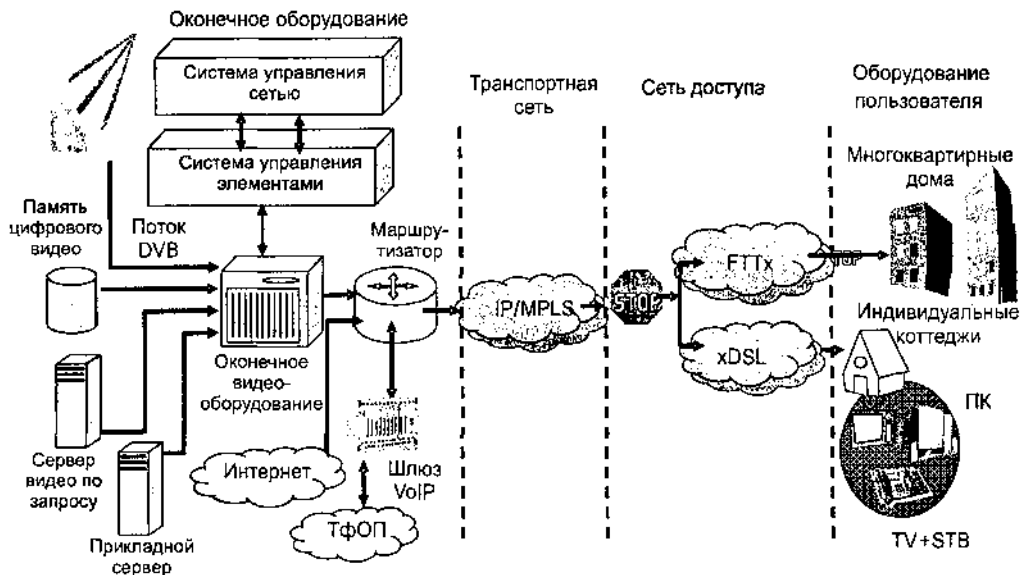


Рис. 6.20. Структура сети IPTV

- головная станция IPTV, где формируется контент и осуществляется преобразование форматов данных из формата ТВ в формат, удобный для передачи по сети IP;
- пограничный маршрутизатор, который осуществляет управление потоками передачи видеосигналов по сети IP;
- транспортная сеть IP, по которой передаются видеосигналы;
- сеть доступа, обеспечивающая доставку услуг IPTV до квартиры/дома;
- оборудование пользователя, обеспечивающее показ видео и предоставление других услуг интерактивного телесвидения.

Таким образом, в предоставлении услуги IPTV, как, впрочем, и всех других услуг, задействованы все уровни современной системы NGN: уровень доступа, уровень транспорта, уровень управления и собственно уровень услуг.

В части обмена данными технология IPTV строится на основе принципа «клиент-сервер», тем самым объединяясь с технологией Интернета и услугами передачи данных. Видеоконтент размещается на видеосерверах, к которым имеют доступ пользователи сети. На стороне пользователей между традиционным телевизором и модемом ADSL размещаются контроллеры STB (Set-Top Box), которые управляют режимом работы IPTV. Данные от видеосерверов передаются к группам STB с использованием протокола IGMP и режима Multicast.

Центральным элементом системы IPTV является головная станция сети (IPTV Head End), структура которой представлена на рис. 6.21.



Рис. 6.21. Структура головной станции

Основные элементы головной станции:

- подсистема приема/формирования контента, которая не относится к телекоммуникационной части системы;
- устройство согласования форматов данных Middleware;
- система защиты контента от несанкционированного доступа (CAS/DRM);
- система управления видеосерверами.

Основная функция головной станции — прием видеосигналов и их трансляция в формат Video over IP. Современная головная станция должна работать с различными форматами видеоконтента:

DVB-S — стандарт спутникового телевизионного вещания, получаемого через DVB-ASI интерфейс приемников (еще их называют потоковыми дескремблерами или стримерами) в режиме однопрограммного транспортного потока SPTS (Single Program Transport Stream) или многопрограммного транспортного потока MPTS (Multi Program Transport Stream);

DVB-T — стандарт цифрового наземного телевизионного вещания;

DVB-C — стандарт цифрового телевизионного вещания по кабельным сетям;

IPTV (Video over IP, Video over ATM).

Форматы DVB преобразуются декодерами в унифицированный формат ASI. Из формата ASI производится инкапсуляция в IP-пакеты. Уст-

ройства, выполняющие эту функцию, получили название IP-инкапсуляторы или IP-стримеры.

Важным компонентом головной станции является устройство Middleware — программно-аппаратный комплекс, который обеспечивает согласование форматов данных, управление всеми компонентами решения IPTV, обрабатывает запросы от абонентских устройств и взаимодействует с системами NGN.

Вообще само понятие Middleware по своему происхождению находится как бы между понятиями hardware («железо», аппаратные средства современной системы) и software (программное обеспечение). Другими словами, Middleware можно трактовать как аппаратно-программные средства, которые имеют промежуточное значение и выполняют функции преобразования и подготовки форматов данных, чтобы использовать их затем в информационной системе.

Нетрудно провести параллели между Middleware и Softswitch*. И в том, и в другом случае решение представляет собой локальный компонент, обеспечивающий координацию распределенной информационно-технической системы. Из этого становится понятной закономерность появления решений класса Middleware. Как только количество компонентов подсистемы IPTV достигает критической отметки, возникает необходимость использования выделенного компонента в роли ядра управления. Таким образом, даже на уровне решений уровня услуг повторяются общие концепции всей системы NGN.

В системе IPTV Middleware позволяет осуществлять следующие операции:

- авторизацию абонента;
- формирование программы передач;
- формирование интерфейса и инструментов управления IPTV;
- взаимодействие с системами CAS, VoD, головной станцией, STB-устройствами;
- взаимодействие с биллинговыми системами и системами поддержки бизнеса оператора связи (OSS/BSS/CRM и т.п.).

Как программно-аппаратное устройство Middleware имеет открытую архитектуру, что позволяет оперативно масштабировать компоненты решения и расширять спектр услуг. Программируемый абонентский интерфейс позволяет в полной мере учитывать потребности операторов связи и их абонентов.

* Тесная связь между этими системами часто прослеживается на практике. Компании, связанные с разработками в области Softswitch, также эффективно поддерживают решения Middleware. В качестве примера можно привести российскую компанию СТИ.

Абонентское устройство STB является связующим звеном между системами формирования и доставки аудио- и видеоматериалов и телевизором абонента. Оно представляет собой миникомпьютер с операционной системой и Web-браузером.

Обмен командами управления и видеоданными осуществляется через сетевой интерфейс.

Система защиты контента CAS/DRM обеспечивает безопасность услуг и защиту видеоматериалов от несанкционированного просмотра и цифрового копирования (соблюдение авторских прав), а также осуществляет шифрование аудио- и видеоматериалов. При этом доступ к материалам абонентам разрешается по авторизации абонентов собственными средствами CAS/DRM или средствами других систем — Middleware, биллинговой и др. В качестве средств авторизации используются программные ключи и современные надежные алгоритмы. Дешифрация аудио- и видеоматериалов осуществляется непосредственно на стороне абонента посредством STB.

При построении услуг IPTV сосредотачивать аудио и видеоматериалы в единой точке обмена нецелесообразно. Данный шаг приводит к повышенной загрузке сети, нерациональному использованию компонентов решения, отсутствию возможности предоставлять качественные услуги большому количеству абонентов. Как следствие, в целях обеспечения минимальной загрузки сетевой инфраструктуры и равномерного распределения нагрузки видеосерверы необходимо рационально распределить в сети заказчика.

Для решения данной задачи используется система распределения контента. Эта система получает от Middleware запросы абонентов на доступ к контенту, определяет, на каком сервере с минимальной загрузкой и в максимальной близости к абоненту находятся требуемые данные, и разрешает абоненту получить их с выбранного сервера. Если на минимально загруженном, но максимально приближенном к абоненту сервере требуемого контента не обнаружено, то запрос будет переадресован на другой, схожий по условиям, сервер.

6.2.5. Pro et contra концепции Triple Play

Все рассмотренные услуги триады должны объединяться в единое поле услуг Triple Play. Соединение столь разнородных услуг в одно поле возможно только при наличии концепции единого транспорта. Как было показано в главе 4, в NGN принимается концепция единого транспорта в виде IP-сети. В таком случае передача данных становится передачей данных в IP-сетях, телефонная связь превращается в VoIP, а телевидение — в IPTV.

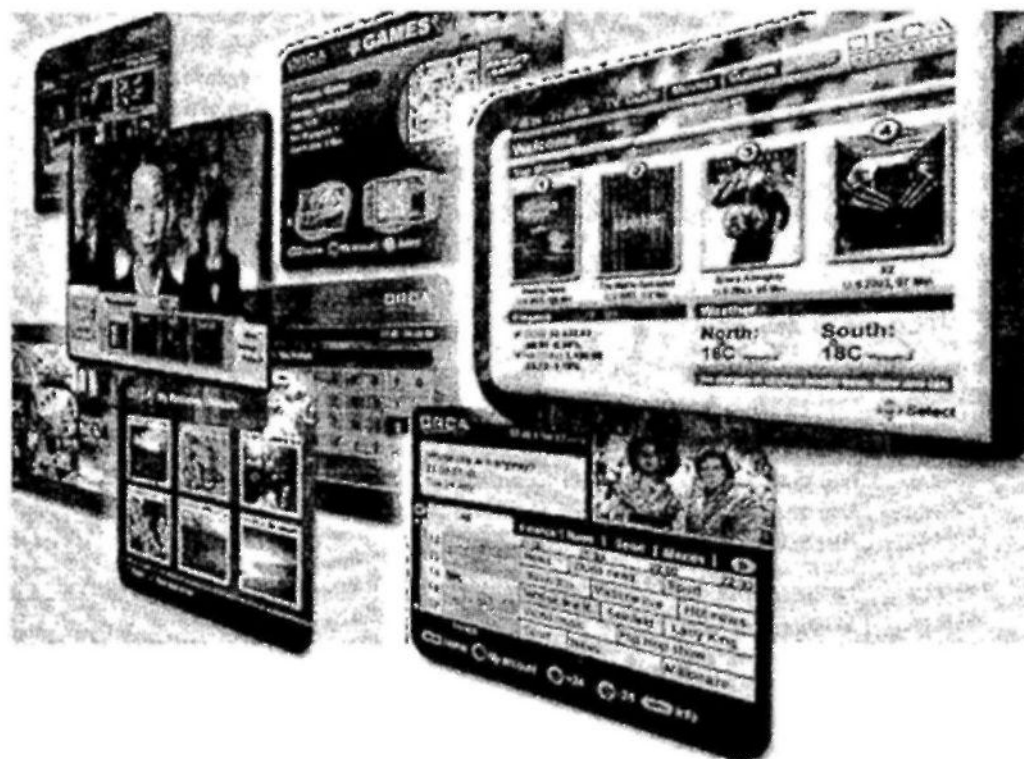


Рис. 6.22. Реклама услуг Triple Play

Объединение услуг триады породило большой информационный и маркетинговый шум (рис. 6.22), так что на какой-то момент стало казаться, что созданная концепция позволит создавать любые услуги. Однако у концепции Triple Play было много противников. Основными аргументами против триады явились сомнения в необходимости объединять три услуги «в одном флаконе». Услуги данных, видео и передачи речи являются слишком разнородными, их объединение наталкивалось на практические проблемы. Концепция создания интегральной среды в виде базисной триады для предоставления любых услуг подверглась оправданной критике. Как и в случае любой интеграции, на горизонте замаячил образ «универсальной» птицы — гуся, которая умеет плавать, летать и ходить, но все это делает в равной степени плохо. Критики триады закономерно демонстрировали, что IPTV как услуга проигрывает обычному эфирному вещанию по стоимости затрат и эксплуатации. Даже такая модная в настоящее время концепция Triple Play, как просмотр телевизионных программ на мобильных телефонах, не выдерживает критики, коль скоро мы говорим о целесообразности. Действительно, новое поколение коммуникаторов фирмы Nokia уже потенциально готово к установке портативного телевизионного приемника. В результате пользователь

такого коммуникатора может смотреть программы телевидения на своем мобильном, совершенно не прибегая к услуге «сотового телевидения». Более того, такой просмотр будет совершенно бесплатным*.

Сторонники концепции Triple Play старались показать, что интеграция трех услуг в одной расширит их спектр. Например, в случае IPTV мы уже говорим не просто о телевидении по сети IP, а об интерактивном телевидении. Такие же качественные изменения происходят с другими услугами. Например, появляется услуга видеоконференц-связи, которая невозможна в сети, где три базисных услуги работают отдельно. Для таких сетей видеоконференц-связь оказывается дополнительной услугой, требующей модернизации всей сети. На границе базисных услуг возникают и другие новые услуги, например видеоавтоответчик, управление телефонной линией с телевизионного пульта, многоточечные конференц-связи и пр.

Критика побеждала, поэтому сторонники Triple Play предложили рыночное и демократическое решение проблемы. В силу демократичности NGN было предложено рассматривать Triple Play не как концепцию новых услуг связи, а как отдельную услугу, которая сосуществует вместе с другими услугами в едином поле NGN. Перспективы этой услуги должно определить время и свободный выбор пользователей. Так помнялась роль Triple Play в современных системах связи.

Таким образом, современная модель NGN Triple Play — это не три старых услуги с одним единым счётом у абонента, а одна новая услуга (см. пример 2.6), которая находится на границе отдельных услуг VoIP, IPTV и Интернета.

Со временем критика начала смолкать, и не столько по причине победы аргументации сторонников Triple Play. По мере развития этой концепции выяснилось, что она эффективно вписывается в идеологию NGN, стимулируя другие технологии. В таком случае операторы могли смириться с относительной неэффективностью Triple Play в качестве тактической концепции, ожидая стратегического выигрыша. Triple Play стала одной из ключевых концепций продвижения NGN в целом. Например, система Triple Play может проигрывать на современном этапе развития кабельному телевидению и предоставлению услуг Интернета и VoIP по сетям CATV. Но развитие Triple Play требует совершенствования транспортной сети (Multicast), уровня управления (Softswitch), которые сами

* Концепция Triple Play развивается в любых сетях NGN, в том числе и в сотовых. В таком случае Triple Play ориентирована на стандарт GSM. Голосовая связь в GSM изначально существует, GPRS обеспечивает передачу данных и доступ в Интернет, а новая услуга «сотового телевидения» замыкает базисную триаду в сотовых сетях.

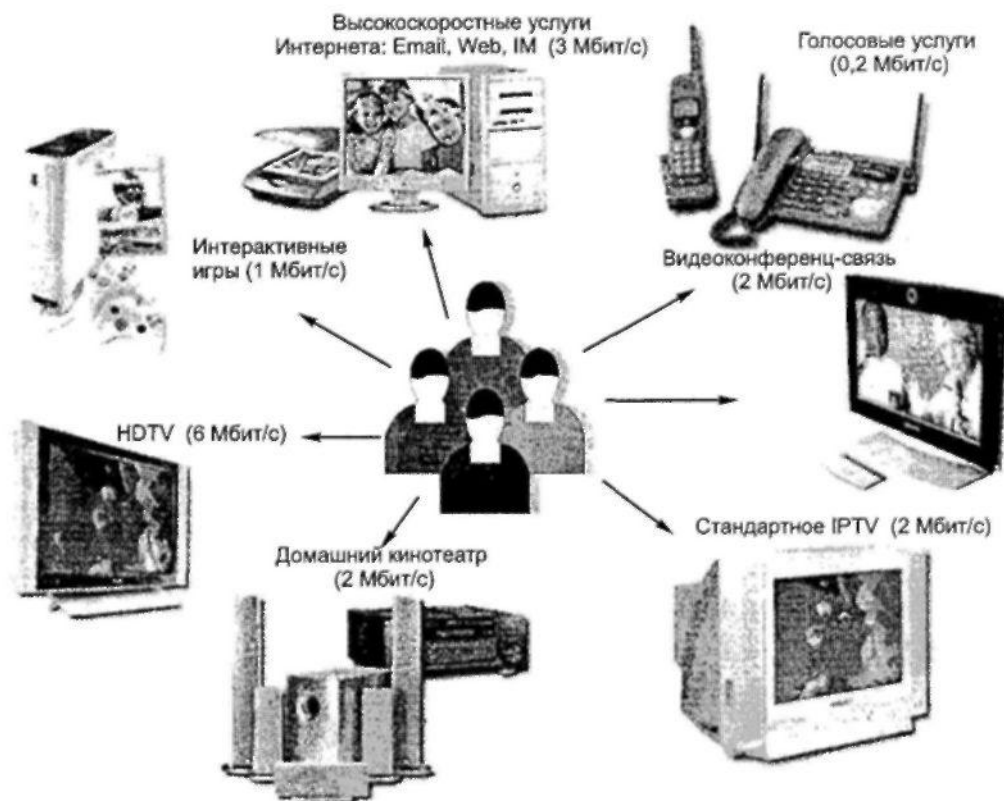


Рис. 6.23. Новые требования к технологиям доступа со стороны Triple Play

по себе принесут новые стратегические преимущества операторам. Можно утверждать, что концепция Triple Play лучше вписывается в стратегию модернизации сетей под флагом NGN, чем любая другая концепция, и в этом оказалось самое главное ее преимущество.

Взаимовлияние стратегии NGN и концепции Triple Play можно проиллюстрировать следующим примером. Одним из спорных моментов, связанных с Triple Play, является то, что переход от отдельных услуг к интегрированной концепции Triple Play требует существенно увеличить полосу передачи на одного абонента (рис. 6.23).

До появления концепции Triple Play понятие широкополосного доступа было довольно размытым, считалось, что скорость передачи в широкополосном доступе будет просто больше, чем при модемной передаче данных (64...128 кбит/с). После принятия операторами концепции Triple Play понятие широкополосного доступа изменилось: теперь это канал, достаточный для поддержки услуг Triple Play. Как следует из рис. 6.23, минимальная суммарная скорость передачи по такому каналу должна составлять 24 Мбит/с. Технологии доступа, не обеспечивающие такую

скорость, должны быть признаны устаревшими и не соответствующими новым требованиям. Критики Triple Play используют этот факт для того, чтобы констатировать, что в современном мире далеко не все пользователи NGN вообще могут получить услуги Triple Play. Но с точки зрения долгосрочной стратегии никакого противоречия нет, поскольку тенденция развития сетей доступа связана с обеспечением широкополосного доступа для каждого абонента. Более того, концепция Triple Play подстегивает процесс модернизации сетей доступа, поскольку требует предоставить такой доступ максимально быстро, коль скоро оператор говорит о предоставлении услуг триады. Альтернативное решение, использующее ресурс сетей кабельного телевидения, не требует решения этой проблемы, в чем специалисты видят определенное преимущество. Но стратегически это означает, что процессы модернизации транспортной сети и сети доступа не будут стимулированы, и, в конце концов, оператор потеряет стратегическое преимущество перед конкурентами. Поэтому даже традиционные операторы кабельного телевидения вынуждены без объективной необходимости начинать гонку за Triple Play. В этом есть парадокс, но он подтверждается фактами. Сейчас большая часть операторов кабельного телевидения в Европе начинают развивать IPTV в качестве услуги. Кажется абсурдным, что оператор, предоставляющий услугу телевидения, развивает инфраструктуру, строит транспортную сеть, внедряет Softswitch, переводит трафик на IP только лишь для того, чтобы снова предоставлять услугу телевидения. Никакая интерактивность IPTV не может обосновать необходимости такой модернизации. Но все становится на свои места, если принять, что битва идет не за интерактивность услуги, а за стратегические преимущества в будущем мире NGN.

Концепция Triple Play даже в настоящее время имеет ряд открытых вопросов. Например, развитие интерактивных систем телевидения требует создания и подготовки совершенно нового по качеству и навигации контента — информационного наполнения сетей. До последнего времени операторы не воспринимали контент как часть своих сетей. Господствовал принцип «само вырастет», основанный на общей демократичности Интернета. Действительно, информационные ресурсы в виде порталов по обмену файлами, многочисленных форумов, чатов, торговых сайтов и пр. «прорастают» сами собой. Но с приходом интерактивных телевизионных услуг ситуация меняется. Современным операторам приходится влезать в шкуру телевизионных компаний, постоянно думающих о том, чем заполнить эфир и как соблюсти в этом случае авторские права. В ближайшем будущем операторы должны будут изменить свое отношение к контенту, например научиться платить за контент, как того требует закон об авторском праве.

Еще одна важная проблема развития Triple Play состоит в том, что на данный момент нет примеров универсального программного обеспечения пользователя, которое бы позволяло с экрана телевизора управлять режимом телефона. Не очень понятно, как синтезировать современную клавиатуру компьютера и пульт телевизора. В одном направлении этот синтез прост: функционал «ленивчика» может быть реализован в современном компьютере, достаточно посмотреть пользовательские программы типа Windows Media Player. Но массовое использование Triple Play ставит обратную задачу: через пульт телевизора управлять доступом в Интернет. Общего решения такая задача сейчас не имеет. Понятно, что вслед за WAP-разделами сайтов и WAP-программами (браузерами) для мобильных телефонов будет поставлена задача создания специальных телевизионных браузеров, управление которыми ведется с пульта телевизора. Но в отличие от технологии WAP здесь ставится задача добиться качества навигации в Интернет на уровне обычного компьютера (экран-то телевизора большой!), и это требование как раз усложняет решение задачи.

До тех пор пока не будет создано программное обеспечение пользователя, услуга Triple Play не будет восприниматься людьми как единая услуга, а будет восприниматься по-старому, как «три в одном». А в этом случае Triple Play пока проигрывает традиционным широкополосным услугам. Поэтому в современных условиях развитие массовых проектов NGN все время вольно или невольно сползает на идеи высокоскоростного Интернета или Интернета + IPTV. Но есть все основания предполагать, что ситуация изменится в самое ближайшее время. Тогда на арену выйдет маркетинговая идея Triple Play как идея универсальной услуги эпохи NGN.

6.3. О симбиотах и паразитах

6.3.1. «Паразитология» современных систем связи

Часто сложность современных систем связи сопоставляют со сложностью живого организма. Такая точка зрения не верна с точки зрения современной метафизики и научной модели мира, поскольку даже современные доктрины материализма сходятся к тому, что принципы современной техники и компьютерной логики качественно отличаются от принципов мышления живых организмов. Но с точки зрения теории сложных систем аналогия оказывается вполне уместной, поскольку современные системы связи представляют собой многопараметрические и динамические системы, а количество параметров, необходимых для описания поведения всей системы связи, стремится к бесконечности, как и

в случае с живыми системами. Если принять, с определенными допущениям, уместность сравнения современных сетей с живыми объектами, то можно прийти к простому выводу. Подобно тому, как взаимодействуют между собой живые объекты, так сложным образом должны взаимодействовать современные технологии, в том числе и технологии NGN. И чем сложнее оказывается современная технология, тем сложнее могут оказаться пути взаимодействия технологий. В то же время демократичность NGN не ограничивает пути взаимодействия технологий определенными рамками, допуская самые разные связи.

Еще в школе на уроках биологии мы узнаем, что среди живых объектов широкое распространение получили асимметричные связи, которые объединяют животных и растения разного вида. Существует два типа таких асимметричных связей: симбиотические и паразитарные.

Существа-симбиоты сотрудничают друг с другом, так что такую связь можно назвать кооперацией со знаком плюс. Примером симбиотических связей в растительном мире может служить связь между деревьями и грибами. Деревья формируют среду обитания грибов и получают минеральные удобрения, необходимые для роста. В животном мире симбиотические связи также получили самое широкое распространение. Например, морские актинии селятся на раковинах раков-отшельников. Раки обеспечивают актиниям подвижность и получают защиту от внешних врагов.

Но в живом мире существуют также связи со знаком минус, которые относятся к паразитарным. Суть действий паразита состоит в том, чтобы последовательно и медленно убивать своего хозяина или носителя. Различные микробы, вирусы, клещи и т.п. — наиболее известные примеры паразитов.

Таким образом, симбиоты и паразиты по-разному выстраивают взаимоотношения с носителем. Для симбиота связь является положительной, т.е. симбиоту хорошо, когда хорошо носителю. Наоборот, для паразита хорошо, когда носителю плохо, и своей деятельностью паразит усугубляет состояние носителя.

Коль скоро уместна частичная аналогия между современными сетями NGN и живыми объектами, интересно рассмотреть асимметричные связи в мире современной технологии сквозь призму разделения на симбиотов и паразитов. Как будет показано в этом разделе, существует группа технологий на уровне услуг, которые вполне можно рассматривать как паразитов на теле современных телескоммуникационных сетей. Следует сразу оговориться, что понятие паразита в этом разделе будет интересовать нас только с научной точки зрения как определенный принцип взаимодействия технологий, но не как этическая оценка тех-

нических решений. То, что какая-то технология проявляет себя как паразитарная, не означает, что такая технология неправомерна или отрицательна во всех отношениях*.

Рассматривая уровень услуг, можно указать, что услуги и различные приложения современных информационных систем в равной степени используют NGN трех нижних уровней: уровня доступа, уровня транспорта и уровня управления. Поэтому разделение на симбиотов и паразитов касается в первую очередь уровня услуг, так как можно рассматривать взаимодействие технологий по линии услуга — NGN, и такое взаимодействие будет заведомо асимметричным, следовательно, допускающим симбиотические и паразитарные связи.

Если рассматривать различные телекоммуникационные услуги в качестве технологий, которые используют NGN, то все такие услуги легко можно разделить на две категории.

К услугам-симбиотам можно отнести все рассмотренные выше в этой главе услуги. Связь перечисленных услуг с технологиями NGN является положительной. Особенно симбиотический характер рассмотренных услуг хорошо иллюстрирует концепция Triple Play. Внедрение этой концепции требует существенной технологической перестройки NGN на всех уровнях. На уровне доступа требуется расширить полосу передачи для каждого абонента. На уровне транспортных сетей требуется увеличить ресурс транспортной сети, внедрить новые принципы маршрутизации (Multicast, IGMP) и пр. На уровне управления переход к Triple Play означает переход от технологии Softswitch к технологии IMS, т.е. качественный скачок технологии. Таким образом, развитие услуг NGN в обычном направлении требует синхронного развития всех других технологий NGN. Развитие симбиота положительно отражается на развитии носителя.

Но существует группа технологий, которую можно отнести к услугам-паразитам. Речь идет о группе технологий равноранговых сетей (peer-to-peer, P2P), о которых шла речь в главе 1 (разд. 1.4.2–1.4.4). Технология P2P родилась из идеи равноранговых сетей, которые строятся на основе прямого соединения компьютеров пользователей. Но очень быстро из идеи простого компьютерного «междусобойчика» технология

* В мире существует много явлений паразитарного свойства, которые нельзя свести к отрицательной этической оценке. Например, распространенный в настоящее время многоуровневый маркетинг с точки зрения развития рекламной индустрии является паразитарным явлением, но в этическом смысле он совершенно нейтрален, если не брать в расчет навязчивость продавцов в общественном транспорте и на улицах. С учетом того, что техника вообще не имеет этической составляющей, говорить об этических оценках тех или иных технических решений вообще некорректно.

P2P переросла в область технологии современных услуг связи. Пилотным проектом такой технологии стал проект Napster (см. раздел 1.4.2), успех которого был сюрпризом не только для телекоммуникационной отрасли, но и для всей мировой экономики. В период своего расцвета сеть Napster объединяла более миллиона пользователей и превратилась в область беспрепятственного распространения контрафактной музыкальной информации, при этом не нарушив не одну букву закона. В результате проект запретили, а его создатели оказались на обложке журнала «Time» как самые талантливые инженеры современности.

Но если запретить законодательно Napster оказалось легко, то запретить технологию P2P просто невозможно, тем более что демократичность NGN вообще не допускает технологических запретов.

Модификациями проекта Napster стали новые проекты Gnutella, FastTrack и OpenFT, которые изменили некоторые технологические решения Napster и позволили адаптировать технологию к различным моделям топологии сети. В результате технология P2P окрепла и стала «неубиваемой» с точки зрения законодательных запретов.

Важным шагом в развитии технологии P2P стал переход от технологии информационного обмена или компьютерной связи к технологиям коммуникаций в самом широком смысле. В такой модификации технология P2P обеспечивает самый широкий набор услуг связи и может конкурировать с аналогичными услугами в NGN. В тот момент, когда «компьютерный междусобойчик» стал технологией современных услуг, произошел качественный скачок в развитии технологии P2P, последствия которого даже сейчас не ясны. Появилось понятие мессенджера (messenger) — программной среды, которая обеспечивает обмен информацией, голосовыми сообщениями или видеoinформацией между двумя компьютерами. Мессенджер представляет собой интеллектуальную надстройку над технологией P2P. В разд. 1.4.4 был рассмотрен мессенджер Skype — наиболее популярная программа для голосовых услуг, но читатели, наверное, встречали и другие программы этого класса: ICQ, Mail.Ru Messenger, Yahoo Messenger, GoogleTalk и пр. В настоящее время в мире существует более сотни проектов мессенджеров, и каждый из них стремится повторить успех проектов Napster, Skype и ICQ. Количество пользователей в сети Skype уже сейчас превышает 15 млн человек, так что Skype можно считать одним из крупнейших мировых операторов услуг связи. При этом в проектах мессенджеров сохраняется революционная идеология P2P, которую можно охарактеризовать несколькими тезисами:

- все проекты P2P дистанцированы от стратегии развития сетей NGN;
- для любого проекта P2P архитектура NGN рассматривается про-

сто как «Интернет-облако», которое позволяет передавать трафик от одного пользователя другому. Наличие услуг Интернета у пользователя оказывается достаточным, чтобы он мог пользоваться любым мессенджером;

- на фоне уменьшения стоимости передачи байта информации по сети стоимость пользования любым мессенджером оказывается заведомо ниже стоимости пользования услугами NGN;
- в любом проекте P2P сохраняется идея «компьютерного междусобойчика», т.е. связь между абонентами внутри сети, остается бесплатной;
- в сети P2P не гарантировано качество услуг.

Все перечисленные проекты P2P, и в особенности мессенджеры, негативно сказались на развитии сетей операторов. Поскольку технология P2P дистанцируется от структуры NGN, обладатели прав на мессенджеры не интересуются изменениями в сети, отдавая вопросы модернизации на усмотрение операторов NGN. Чтобы работал мессенджер, достаточно, чтобы в сети работали услуги Интернета, так что традиционным операторам отводится техническая работа по поддержанию услуг Интернета в рабочем состоянии. В то же время проекты P2P забирают самое ценное, что дает доход оператору — трафик пользователей. С учетом того, что большая часть трафика в сети P2P оказывается бесплатной, операторы традиционных сетей не могут конкурировать с мессенджерами. Апелляция к тому, что в традиционных сетях и в сетях NGN реализована политика контроля и обеспечения качества услуг, чаще всего оказывается тщетной, поскольку пользователи предпочитают бесплатную связь среднего качества связи высокого качества, но по повышенным тарифам. В результате вначале бизнес-сектор, а затем и пользователи домашнего сектора постепенно начали предпочитать мессенджеры традиционным услугам связи.

Процесс перехода от традиционных услуг к услугам P2P пошел лавинообразно. Несмотря на слабый уровень развития информатизации в России, даже российские операторы впервые в 2006 г. столкнулись с отсутствием перегрузок в новогоднюю ночь. По разным оценкам, потери трафика составили от 20 до 30 %, и технология P2P сыграла ключевую роль в этом процессе. Скованные конкуренцией, операторы NGN вынуждены постоянно уменьшать стоимость передачи информации по своей сети и одновременной увеличивать скорость передачи данных в расчете на одного пользователя, этого требует концепция Triple Play. Но этими же обстоятельствами пользуются операторы P2P, обеспечивая весь комплекс услуг практически бесплатно, поскольку пользователь платит только за передачу данных в Интернете. В результате при том

же и даже большем объеме трафика оператор получает все меньше доходов, а доходы аккумулируются в кошельке операторов P2P*. В итоге оператор P2P обескровливает оператора NGN, обеспечивающего услуги Интернет и функционирование всей инфраструктуры современных сетей связи как на уровне доступа, так и на уровне транспорта. Поневоле приходит на ум связь между паразитом и носителем.

С течением времени проекты P2P продемонстрировали не только паразитарную философию, но и высокую устойчивость и склонность к размножению. Создание нового проекта P2P в настоящее время не требует очень больших финансовых вложений и вполне сопоставимо по затратами с созданием современного Интернет-портала. Нет ничего удивительно в том, что количество мессенджеров в последнее время значительно увеличилось. Вслед за ICQ и Skype появились аналогичные проекты разных Интернет-операторов: GoogleTalk, Yahoo Messenger, Mail.Ru Messenger и пр. Операторы домашних сетей стали использовать открытые программные пакеты для создания своих подсетей P2P (наиболее распространенным пакетом в Москве является Strong DC+). И если на ранних стадиях развития технологии P2P оказалось возможным законодательно запретить проект Napster, то в настоящее время сделать это невозможно не только юридически, но и технически. Даже если представить себе ситуацию, что в какой-то стране будет принят закон о запрещении услуг Skype и все операторы установят соответствующие фильтры на свои маршрутизаторы, проблему это не решит. Уже на следующий день пользователи уйдут в GoogleTalk. Если прекратить законодательно работу GoogleTalk, абоненты уйдут в Mail.Ru, Yahoo Messenger и пр. Создание нового мессенджера может занять около недели, его раскрутка в Интернете — несколько недель. В результате технология P2P оказывается практически неистребимой с точки зрения законодательства. Как следствие, ее нельзя рассматривать как маргинальное явление. P2P — это состоявшаяся технология уровня услуг, которая занимает определенное и специфическое положение в мире NGN.

Ниже мы подробнее остановимся на особенностях технологии P2P с точки зрения предоставляемых услуг.

* Уточним, что в процессе распределения доходов от услуг персональной связи, кроме разработчиков мессенджеров, участвуют операторы ТфОП, операторы мобильной связи, Интернет-провайдеры и владельцы Интернет-сайтов. Применение абонентами мессенджеров, очевидно, снижает доходы телефонных и мобильных операторов. В случае повременной тарификации за доступ в Интернет увеличивается доход провайдеров (мессенджер обычно постоянно на связи), однако при оплате за трафик провайдеры зарабатывают от мессенджеров немного (сообщения формируют крайне малый трафик). Основные потери несут владельцы сайтов, поскольку раскрутка мессенджеров перехватывает у них часть (впрочем, незначительную) рекламных поступлений. — *Прим. ред.*

6.3.2. Технология равноранговых сетей. Проекты Napster, Gnutella, OpenFT

В [46] читатель найдет последовательное описание сетей P2P. Технология построения этих сетей в некотором смысле представляет собой набор различных подходов, концепций и соответствующих им реализаций. Здесь мы рассмотрим только некоторые основы P2P, которые помогают определить место этой технологии в общей концепции услуг NGN.

В основе систем P2P лежит принцип объединения компьютеров в равноранговую сеть на добровольной основе. Основная ценность такой технологии состоит в механизме, на основе которого спонтанное (обычно именно спонтанное) объединение компьютерных устройств может функционировать как единое целое, причем на принципах равноправия. Вопрос о координации действий равноранговой сети решался в различных проектах разными методами, что и привело к появлению семейства различных технологий P2P. Но и в этом многообразии технологий существуют свои закономерности.

Концепция любой технологии P2P базируется на трехуровневой модели, представленной на рис. 6.24. Следует отметить, что структура сети P2P дистанционирована от сети связи оператора, так что технология P2P представляет собой надстройку над Интернет-услугами в сети оператора NGN и при этом оказывается не связанной с общей инфраструктурой сетей NGN.

Уровень 1 модели P2P представляет собой процедуры, позволяющие различным абонентам сети P2P устанавливать прямые соединения друг с другом, обмениваться информацией и осуществлять поиск информации. На этом уровне разрабатываются протоколы сигнального

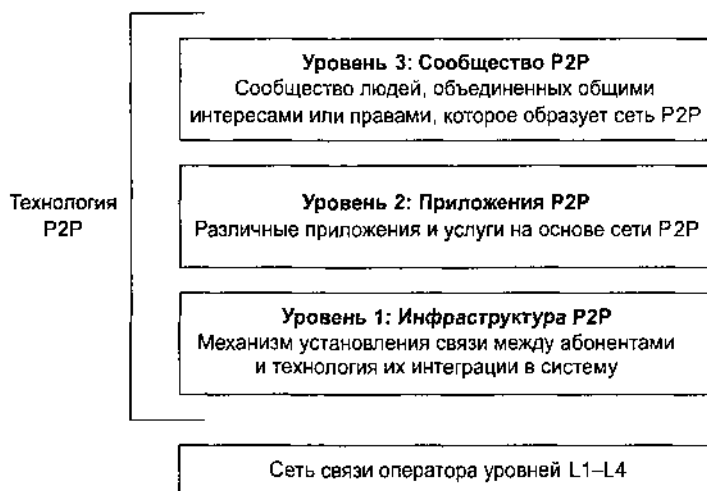


Рис. 6.24. Принципы построения технологии P2P

обмена в сети P2P, процедуры управления соединениями, идентификации пользователей и пр.

Основными задачами технологии P2P, которые решаются на этом уровне, являются:

- обеспечение свободного взаимодействия пользователей в сети P2P (этот класс задач в западной литературе часто называется интероперабельностью);
- обеспечение безопасности работы, а также разграничения прав пользования обобществленным ресурсом, поскольку сеть P2P строится на основе свободного, неуправляемого и нестабильного объединения компьютеров.

Уровень 2 включает различные технологические решения, связанные с предоставлением услуг в сети P2P. Исторически разные сети P2P ставили разные задачи. Первый проект Napster был ориентирован на обмен музыкальными файлами и создание распределенной базы данных звукозаписи. В других проектах в качестве общего ресурса разрабатывались различные информационные базы данных, объединялись вычислительные ресурсы компьютеров с целью создания суперкомпьютеров на основе технологии кластерных сетей, создавалось коммуникационное поле (мессенджеры) и пр. В каждом случае должен был решаться вопрос о протоколе взаимодействия пользователей с обобщенным ресурсом сети и управления этим ресурсом.

Уровень 3 представляет собой сообщество P2P и в большей степени формализует процедуры взаимодействия между персонами. Здесь проходит объективная граница между техническими и социально-маркетинговыми технологиями проектов P2P. Даже трактовка слова peer, используемого в названии технологии P2P, меняется. Если на первых двух уровнях peer означает компьютер и имеет техническое наполнение, то на третьем уровне peer подразумевает пользователя сети, т.е. персону. На этом уровне технологии P2P решаются социальные и маркетинговые проблемы, связанные с виртуальными сообществами: как объединяются в группы люди, какие задачи преследует индивидум в сообществе, каким образом можно выстраивать единую политику всего сообщества и пр. Тема виртуальных сообществ представляет собой одно из серьезных направлений исследования современной социологии и развивается в последнее время чрезвычайно активно.

Все перечисленные три уровня создают классификационный базис, куда можно поместить различные технологии, получившие распространение в рамках развития P2P. Рассмотрим наиболее распространенные из них.

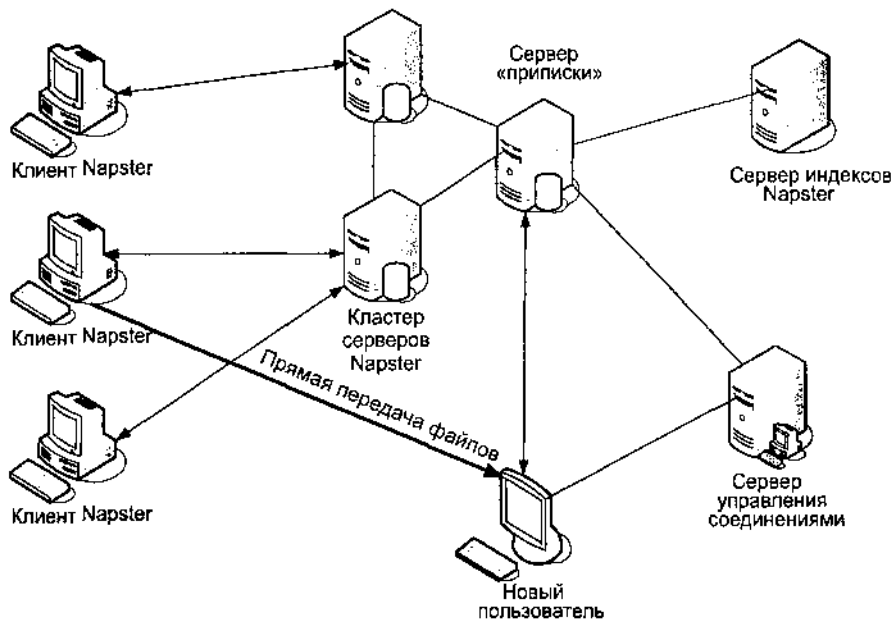


Рис. 6.25. Архитектура проекта Napster

Как известно, технология P2P началась с проекта Napster. Как было показано в разд. 1.4.2, проект Napster решал специальную задачу обмена музыкальными файлами в формате MP3. Будучи сетью типа P2P, система Napster представляла собой систему централизованного типа. Данные о ресурсе (музыкальных файлах) хранились на единственном центральном сервере системы, который получил название сервера индексов Napster. Файлы, составляющие ресурс сети, хранились на компьютерах пользователей, тем самым защищая проект от любых обвинений в незаконном тиражировании и распространении медиапродукции.

Система Napster предлагала простую процедуру работы нового клиента в сети (рис. 6.25). Он устанавливал связь с сервером управления соединениями, который практически был метасервером, т.е. объединением нескольких серверов. Сервер переадресовывал клиента на сервер индексов Napster, где размещалась информация о ресурсах (контенте) сети. Это позволяло новому пользователю выбрать те компьютеры, на которых размещалась желаемая информация. Затем с помощью протокола Napster устанавливалась прямая связь между компьютером пользователя и компьютером держателя нужного файла, после чего происходил обмен данными. Вследствие увеличения числа пользователей сеть Napster перешла от простой централизованной топологии сети к двухуровневой архитектуре, так что в проекте появилась кластерная структура. В один кластер обычно объединялось до 15000 Интернет-пользователей, как правило, по их географическому расположению.

Достижениями проекта Napster стала идеология P2P и формирование технологических решений, позволяющих создавать систему связи на основе динамичного и равноправного объединения компьютеров. Для функционирования проекта Napster потребовалось разработать модель архитектуры сети, оригинальный протокол управления соединениями и принципы синхронизации работы пользователей. Но сразу стали понятны технологические недостатки проекта: узкая специализация (только обмен файлами), централизованная архитектура, которая уменьшала надежность проекта, отсутствие гибкости в части топологии виртуального сообщества (система Napster построена по схеме «звезда» и принципиально не допускает альтернативных топологических решений).

Развитием проекта Napster и технологии P2P стала система Gnutella, разработанная в 2000 г. Ю. Франкелем и Т. Пеппером для одного из крупнейших Интернет-операторов AOL. В процессе разработки протокола Gnutella была допущена утечка информации, и протокол оказался достоянием Интернет-сообщества. В результате к моменту окончания реализации системы Gnutella в сети AOL в Интернете появилось несколько клонов этой системы (LimeWire, BearShear, Gnucius, XoloX, Shareaza и пр.), что обеспечило широкое распространение и самой технологии Gnutella.

В отличие от Napster, система Gnutella адаптирована к любым топологиям сетей. В основе системы Gnutella лежит понятие универсального терминала или серверита (объединение слов «сервер» и «клиент»). Каждый серверит может в зависимости от необходимости и для каждого отдельного соединения быть либо клиентом, либо сервером. Серверитами становятся все компьютеры сети P2P.

В результате изменения принципов функционирования сети система Gnutella оказалась более надежной, производительной и стабильной, чем система Napster. Фактически в системе Gnutella был осуществлен переход от централизованной архитектуры сети P2P к полностью распределенной системе, что в большей степени соответствует идеологии сети P2P. Несомненным преимуществом технологии Gnutella является соблюдение анонимности работы пользователей. Серверит не имеет данных о том, кто запрашивает ту или иную информацию, таким образом, в системе созданы все условия для конфиденциальной работы. Но протокол управления соединением в системе Gnutella оказался более сложным. Существенно усложнились также процедуры поиска информации. Тем не менее развитие технологии P2P пошло в направлении технологий распределенных сетей.

Дальнейшим развитием технологии P2P стал проект FastTrack (разработка фирмы Sherman Networks, 2002–2003 гг.). Новый протокол созда-

вался как универсальное решение, объединяющее преимущества Napster в части управления сетью и поиска информации и Gnutella в части масштабируемости, надежности, конфиденциальности и производительности. В основу работы системы FastTrack была положена идея комбинированной топологии. FastTrack сегментирует сеть, создавая сегменты централизованной и децентрализованной топологии. Протокол FastTrack изначально был объявлен закрытым, поэтому довольно сложно исследовать его преимущества и недостатки. Более известен открытый проект giFT (2002 г.), хотя его разработчики утверждают, что giFT — это не совсем FastTrack.

Основным достижением технологии FastTrack является использование кодирования передаваемой и сигнальной информации, что и позволило сохранить конфиденциальность протокола. Несомненным преимуществом протокола явилось эффективное объединение в одной системе идеологии централизованных и распределенных сетей, что повысило эффективность работы системы P2P.

Последней разработкой в области технологии P2P является протокол OpenFT (2003–2004 гг.), который является развитием системы FastTrack. В отличие от FastTrack новый протокол является открытым и по этой причине получил широкое распространение в мировой практике.

Таким образом, P2P представляет собой многообразное семейство технологий, отличающихся протоколами, вариантами топологии, принципами закрытия информации, управления соединениями, авторизации пользователей и т.д. Все рассмотренные выше протоколы с различными модификациями вошли в современную концепцию P2P и стали основой для разработки мессенджеров — наиболее агрессивных разработок для современных систем связи.

6.3.3. Skype, GoogleTalk, ICQ, Yahoo Messenger и другие

Принципы «междусобойчика», которые легли в основу современной технологии P2P, можно было бы рассматривать как вполне рядовое явление на уровне услуг вместе с блогами, журналами, чатами и мини-конференциями. Но в 2003–2005 гг. технология P2P неожиданным образом вмешалась в ход революционных преобразований NGN. Как было показано выше, возникли программные мессенджеры — программы, позволяющие большим группам пользователей объединяться в сети и обмениваться любой информацией. В результате возникла технология, которая стала в прямом смысле душить развитие современных систем связи.

Страсти вокруг технологии P2P и мессенджеров подогрела самая интригующая сделка 2006 г., когда компания eBay купила проект Skype

более чем за 4 млрд долл. Резонанс, который это событие вызвало в связанном сообществе, сопоставим разве что с изобретением технологии Ethernet. Достаточно сказать, что на самом серьезном техническом форуме, посвященном вопросам NGN, — конференции Comtek в 2006 г. — один из трех вечеров обсуждения был посвящен вопросу, что же все-таки купила компания eBay за такие деньги. Действительно, на первый взгляд кажется, что сделка абсурдная — никто никогда не платил за Интернет-проект такие деньги. Оправдать сделку коммерческой ценностью Skype трудно, поскольку с учетом капитализации стоимость Skype составляла на момент сделки едва ли 150–200 млн долл. Довольно спорным является суждение, что eBay купил не Skype, а его абонентскую базу в 15 млн человек по всему миру. Но такое мнение тоже довольно спорно. Едва ли сам факт покупки будет означать, что все абоненты Skype автоматически станут покупателями Интернет-магазинов eBay. Думается, наиболее правильное суждение по данному вопросу состоит в том, что eBay заплатила за самый передовой проект P2P в надежде, что в перспективе нескольких лет Skype по своему охвату и влиянию будет сопоставим с любым международным оператором связи, например AT&T. При таком положении вещей сделка eBay может считаться довольно рискованной, но абсурдной ее назвать нельзя.

В таком случае, рынок показывает, что в недрах современного NGN зреет острый вопрос, непосредственно связанный с P2P: дадут ли паразиту задушить своего носителя?

Чтобы рассмотреть этот вопрос, обратимся еще раз к технологии P2P, но уже не в широком смысле, а применительно к технологии мессенджеров, и рассмотрим эту технологию в контексте паразитарной связи мессенджера и оператора NGN.

Лучше всего особенности мессенджера становятся ясны на примере проекта Skype, поскольку этот проект действительно является одним из самых передовых на рынке систем связи. Принципы работы системы Skype хорошо изложены (и даже по-русски) на сайте www.skype.com, так что нет смысла повторять эту информацию в предлагаемом технологическом обзоре. Рассмотрим только те принципиальные особенности Skype, которые делают его конкурентоспособным на рынке современных услуг связи.

Изначально проект Skype ориентировался на задачи Интернет-телефонии и позволял пользователям сети устанавливать только голосовые соединения. В настоящее время услуги в сети Skype дополнены аудиоконференцией, чатом, возможностью передачи файлов и видео (Интернет-видеоконференц-связь). Новая услуга Skypecast позволяет формировать собственные вещательные программы. Таким образом,

можно сказать, что по объему предоставляемых услуг Skype сопоставим, а в некоторых случаях и опережает развитие современных сетей Triple Play.

В последних версиях Skype появились услуги переадресации вызовов, что показывает, что сама система все сильнее интегрируется в существующие сети NGN. Связь в системе Skype полностью персонифицирована. Каждый пользователь формирует определенный перечень контактов, который в виде записной книжки хранится на сайте Skype. В результате доступ к системе связи может осуществляться с любого Интернет-терминала.

В сети Skype сохраняется принцип P2P, абоненты внутри сети обмениваются информацией бесплатно, тогда как за внешние звонки необходимо платить. Тарифы на внешние звонки в системе Skype оказываются весьма низкими. В системе реализована привязка к местным сетям связи через Интернет или VoIP-операторов, так что абонент платит только за местный вызов, хотя сам вызов может быть международным. В результате оказывается, что любой междугородный и международный вызов в системе Skype оказывается заведомо дешевле, чем через традиционные и даже новые сети связи.

Все перечисленные особенности Skype (в проектах других мессенджеров набор услуг и функций аналогичны) делают его исключительно конкурентоспособным на рынке современных систем связи. Главным преимуществом развития технологии мессенджеров можно считать то, что эти технологии позволяют предоставить практически весь спектр услуг современных сетей NGN и при этом не требуют реконструкции сетей связи. Например, внедрение концепции Triple Play на сетях NGN потребовало реконструкции транспортной сети, сети управления и модернизации сетей доступа. Тот же самый набор базовых услуг (данные, речь, видео) был предоставлен пользователям сети Skype после модернизации программного обеспечения сервера. От NGN мессенджеры требуют только широкополосного доступа в Интернет, и чем дешевле оказывается стоимость передачи бита информации по сети, тем дешевле становятся тарифы в системе Skype и ей подобным.

В результате возникшая паразитарная связь между проектами мессенджеров и операторами сетей NGN продолжает прогрессировать: паразиты по-прежнему «душат» своего носителя.

6.3.4. Конфликт подходов — конфликт технологий

Конфликт технологий P2P и NGN стал горячей точкой современного развития технологий. Паразиты и носители по-разному относятся к будущим системам связи. Операторы NGN безусловно обеспокоены

действиями операторов P2P, поскольку налицо факт оттока трафика и обескровливания проектов реконструкции сетей для перехода к 3Play и 4Play. Будущее эти операторы видят в том, чтобы каким-то образом нивелировать действия операторов P2P. Но в настоящее время решение не было найдено.

Модель будущего с точки зрения операторов P2P предельно проста. Большая часть голосовых услуг постепенно становится бесплатной. Прибыль компании P2P в большей степени намерены получать за рекламу в Интернете и персональные услуги пользователям, так как это делают современные Интернет-компании (Rambler, Google, Yahoo и пр.). Традиционным операторам и операторам NGN отводится служебная роль поддержания и развития Интернета, модернизации сетей доступа — и никаких услуг. Такие служебные функции автоматически означают остаточное финансирование, причем не со стороны компаний P2P, а со стороны пользователей, которые по собственному желанию могут выбирать оператора для широкополосного доступа к услугам. В таком будущем нет места ни концепции Softswitch или IMS, ни принципам вещания и групповой рассылки на уровне транспортных сетей. Вся сеть оператора NGN превращается в набор серверов и клиентов и связи между ними.

Несоответствие точек зрения на будущее приводят к конфликту, который оказывается слишком глубоким, чтобы просто свести его к банальной конкуренции в демократичном поле NGN.

Конкуренция оказывается объективно невозможной из-за разницы в принципах коммерческой деятельности операторов NGN и операторов P2P. Выросшие из традиционных технологий и принципов, операторы NGN привыкли к тарифной коммерческой политике. Тарифная схема подразумевает, что за действия в сети пользователь должен платить, и из этого складывается прибыль компании-оператора. Операторы P2P выросли на поле Интернет-технологий, где действует совершенно другая схема получения прибыли — рекламная модель. Действия пользователя в сети Интернет не тарифицируются и являются бесплатными за исключением дополнительных услуг, которые могут тарифицироваться владельцем контента. Основная прибыль Интернет-компаний идет от рекламы — баннеров, которые развешиваются на сайтах. Перенесение такой модели получения прибыли в область телекоммуникационной сети исключает возможность конкуренции между сетями P2P и NGN. Ни одна тарифная политика оператора NGN не в состоянии бороться с идеологией бесплатной связи, и фактор бесплатности — главный козырь, который имеют операторы P2P.

В сложившейся непростой ситуации поле развития современных си-

стем связи превратилось в арену борьбы между операторами. Эта арена напоминает не поле битвы двух армий, а скорее борьбу организма с одолевающей его смертельной болезнью.

Любой здравый прогноз показывает, что при отсутствии лекарства болезнь должна победить, т.е. операторы P2P одержат верх над операторами NGN и полностью перестроят современные принципы построения систем связи даже нового поколения. Либо будет найдено лекарство, либо технологии P2P — это новое стратегическое направление развития третьей революции в системах связи.

Пока лекарства нет, производители оборудования, операторы и инвесторы перестраивают свою политику в соответствии с явно пораженческими настроениями. Покупка Skype компанией eBay в этом смысле оказывается вполне закономерным и взвешенным шагом, даже не столь рискованным, как это кажется с первого взгляда.

Производители оборудования срочно начинают изменять свои решения. Компания Alcatel объявила, что в состав решений уровня управления/услуг интегрировал Yahoo Messenger. Тем самым компания признала, что технология P2P имеет все шансы на будущее, нужно с этим считаться и стремиться интегрировать эту технологию в NGN. Такая попытка отражает конформистскую позицию «если врага нельзя победить, можно с ним договориться». Но едва ли интеграция технологий P2P в NGN может принципиально спасти положение. Бесплатная компонента технического решения скорее всего не просто победит все другие технические решения, но просто «сожрет» их.

Еще более минорные впечатления вызывают новые решения ECI Telecom, основанные на идее, что традиционный оператор в современных условиях уже не должен бороться за качество услуг, их номенклатуру или прибыльность компании (индекс ARPU уже не так важен, он объективно стремится к нулю). Стратеги компании считают, что в современных условиях самое главное — удержать абонента, чтобы он хотя бы зарегистрировался в сети. В таком случае остается хотя бы шанс когда-нибудь передать традиционным операторам все проекты мессенджеров со своими базами абонентов. В противном случае абонент может вообще не прийти к традиционному оператору, уйти в проекты P2P и будет потерян навсегда.

Производители традиционного оборудования систем связи хотя и не переживают кризиса, но уже к нему готовятся. Операторы вполне естественно напряжены. Технология P2P не оставляет никаких шансов ни проводным, ни беспроводным операторам. С переходом к технологии 2,5G и 3G операторы сотовой связи также оказываются уязвимы для технологии P2P. Установка пакета Skype на современный смартфон поз-

воляет сделать звонок с обычного мобильного телефона по международному направлению, тогда как оператор сотовой связи в таком случае получит прибыль только за переданные по GPRS килобайты. И остается только подождать, пока современная молодежь или производители смартфонов не догадаются о таком способе связи.

Вместе с тем сегодня усиленно развивается сама технология P2P и в первую очередь мессенджеры. Ключевой недостаток технологии P2P — отсутствие гарантированного качества соединения — постепенно компенсируется программными пакетами, позволяющими выравнивать качество речи. Новые версии программного обеспечения Skype осуществляют контроль качества речи в процессе разговора и адаптивно выравнивают показатели качества. Аналогичная система действует в программе GoogleTalk.

Анализ показывает, что абонентская база наиболее популярных мессенджеров увеличивается почти в два раза ежегодно. По различным оценкам абонентская база проекта Skype на момент написания книги составляла уже 20–25 млн пользователей, что показывает не просто живучесть P2P, но и успех соответствующих проектов.

Развитие технологии мессенджеров привело в 2005 г. к появлению производных продуктов технологии, или мессенджеров второго порядка. Одной из открытых проблем технологии P2P является проблема совместимости различных сетей. Каждый мессенджер создает свою выделенную сеть, и взаимодействие между этими сетями не предполагается. Чаще всего пользователи решают проблему сами, подключаясь к нескольким мессенджерам сразу. В настоящее время наиболее активные пользователи имеют на компьютерах в среднем 2–3 мессенджера и соответственно несколько абонентских баз.

Мессенджер второго порядка объединяет несколько мессенджеров в одной программной среде и устанавливает связь с пользователями, используя именно тот мессенджер, который удобен для связи либо в силу обстоятельств (если удаленный пользователь подключен к одной сети), либо по причинам лучшего качества связи (если оба пользователя используют несколько сетей и можно выбрать лучшее качество соединения). В качестве примера мессенджера второго порядка можно привести программу IM+ компании Shape Services, в которой объединены наиболее часто используемые мессенджеры для передачи коротких сообщений и чата: AIM/iChat, MSN/Windows Live, Yahoo!, ICQ, Jabber, Google Talk и MySpace Messenger. В системе IM+ услуги пока ограничены функциями чата, но недалек тот день, когда мессенджеры второго порядка смогут объединять различные сети по всему спектру современных услуг связи.

Появление мессенджеров второго порядка делает технологию P2P

еще более стабильной с точки зрения попыток административного регулирования в духе проекта Napster. Одновременно повышается уровень качества услуг в сетях P2P, что усиливает позиции этой группы технологий на рынке услуг связи.

Еще одним направлением развития технологии P2P в ближайшем будущем станет настройка приложений на использование P2P вместо обычных систем связи. Усиливающиеся позиции технологии P2P позволяют рассматривать мессенджеры как эффективную среду для разработки приложений корпоративных сетей, систем управления, оповещения и пр. Функциональные возможности, заложенные в мессенджеры, уже позволяют создавать корпоративные системы связи между распределенными офисами небольших компаний с обеспечением широкого спектра услуг. Должная настройка программного обеспечения мессенджеров позволят расширить область такого применения P2P на крупные предприятия.

В настоящее время в направлении адаптации мессенджеров к нуждам корпоративных сетей связи работают несколько крупных компаний. Упомянутая выше разработка компании Alcatel на основе Yahoo! также относится к этой категории технических решений.

6.3.5. Открытые вопросы технологии

Несмотря на успех P2P, эта технология пока не завоевала весь мир, и перспектива окончательной победы «паразитов» над своими «носителями» пока не столь очевидна. Рассмотренные выше факты показывают, что P2P можно рассматривать как серьезную силу в современном телекоммуникационном мире. Как минимум, мессенджеры можно рассматривать как концепцию, конкурентную Triple Play, как максимум, P2P — как новую революционную доктрину, которая может одержать верх над современной концепцией развития сетей связи и полностью изменить стратегию развития NGN.

Но у технологии P2P имеются открытые вопросы и технологические проблемы. В основном они связаны с определенными «родовыми травмами» технологии, которая все-таки произошла из бесплатного «междусобойчика» локальных и студенческих сетей.

Самая главная проблема P2P — это отсутствие политики в области обеспечения качества и стабильности работы сети. Как и все бесплатное в мире, услуги мессенджеров не отличаются качеством. По этой причине даже в самых простых проектах сегменты P2P рассматриваются как дополнительный компонент. Долгое время качество связи в сетях P2P не позволяло вообще передавать речевую информацию, и уделом мессенджеров были услуги чата или обмен файлами. С появлением лучшей

технологии сжатия речи и управления потоками передачи данных появилась возможность реализации всего спектра современных услуг, но до сих пор качество передаваемого видеосигнала в сетях P2P оставляет желать лучшего. Это подпитывает традиционный скепсис в отношении серьезных амбиций P2P. Но уже сейчас проекты P2P наносят серьезный урон традиционным операторам, отбирая все большую часть пользовательского трафика. Обычный пользователь рассматривает мессенджеры как дополнительные к телефону средства коммуникаций, но он все чаще предпочитает использование Skype или аналогичных систем звонку по телефону. Поэтому возникает реальная опасность, что в недалеком будущем мессенджеры победят не в технологических дискуссиях или на выставках, а на столах наиболее активной части населения, которая поведет за собой всю остальную цивилизацию. Качество услуг в сетях P2P улучшается с каждым годом, растет и надежность сетей, так что рассмотренная выше проблема постепенно решается.

Вторым вопросом технологии P2P является несовместимость различных проектов друг с другом. Такая несовместимость также является следствием «междусобойчика», из которого произошли все известные в настоящее время мессенджеры. Над проблемой взаимной совместимости различных систем сейчас много работают инженеры во всем мире. Рассмотренные выше подходы, связанные с разработкой мессенджеров второго уровня, решение задач адаптации мессенджеров к задачам корпоративных сетей постепенно разрешают проблему совместимости. Уже сейчас достигнута совместимость между мессенджерами и современными сетями связи. В проекте Skype реализована функция переадресации вызовов на мобильный или проводной телефон. Остается всего один шаг — и будет достигнута совместимость между отдельными проектами P2P. Это может произойти двумя способами: либо проекты мессенджеров объединятся и будет разработан единый протокол взаимодействия, либо один из проектов мессенджеров окончательно победит остальные, как в свое время Windows победила другие пользовательские операционные системы.

Две указанные проблемы: качество и совместимость сетей относятся к временным технологическим трудностям P2P, они рано или поздно будут разрешены. Но главным вопросом технологии P2P был и остается вопрос о конкуренции между мессенджерами и NGN. Как было показано выше, эти взаимоотношения нельзя свести просто к банальной конкуренции, поскольку никакие тарифные планы не могут конкурировать с услугой бесплатного разговора или передачи сообщения. Это понимают операторы NGN и стараются противопоставить новой нарождающейся силе какие-то новые идеологические ходы. Например, в се-

тях P2P трудно передаются видеосигналы, поэтому операторы начали раскручивать идею проводного телевидения высокого качества (HDTV). Такой подход нельзя назвать пораженческим. Поскольку доходы от телефонной связи стремительно падают из-за действий операторов P2P, операторы NGN ищут выход не в бесполезной борьбе, а в иных направлениях развития услуг NGN. Наступление технологии P2P на уровне услуг NGN будет означать, что эпоха «почти бесплатного Интернета» сменится эпохой «почти бесплатного телефона, конференц-терминала и видеотерминала». Операторы NGN должны отступить в область новых услуг, поэтому интерактивное телевидение и HDTV представляют собой возможные направления миграции NGN.

6.4. Quadra Play — вперед к мобильности

Еще одним направлением развития концепции Triple Play может стать Quadra Play, или 4Play. Как было сказано выше, концепция Triple Play, как и прочие компоненты современных сетей NGN, не является статичной и постоянно развивается. Казалось бы, после формирования концепции Triple Play трудно было придумать услугу, которая не разлагалась бы по базису триады. Однако со временем концепция Triple Play была доработана и преобразована в новую концепцию 4Play. Причины этого в следующем.

1. Концепция развития NGN опирается на технологию традиционных проводных сетей связи. В то же время рассмотренная в главе 1 вторая революция в области телекоммуникаций вынесла на поверхность очень мощную силу — сотовые сети связи. Операторы сотовых сетей в настоящее время представляют едва ли не более широкий сегмент рынка, чем проводные операторы. Свести же роль сотовых технологий только к функциям уровня доступа (см. главу 3) представляется слишком униженным для них. Поэтому разработчики концепций новых услуг закономерно попытались включить сотовых операторов в общий ход революции.

2. Пользователи сетей NGN логично требуют функций роуминга и сохранения персональных установок при перемещении из одного места в другое. Это приводит к идее дополнения концепции Triple Play услугами, связанными с мобильностью абонентов.

3. Давление на технологию NGN со стороны операторов P2P заставляет операторов NGN искать пути отступления в новые сферы технологии уровня услуг. Как было показано выше, развитие технологии P2P оставляет от триады только IPTV, лишая голосовые услуги и услуги передачи данных коммерческой привлекательности. В результате оператор NGN превращается в оператора «бесплатный Интернет + IPTV»,

что явно недостаточно для счастливого будущего. Поэтому потребовалось найти новые направления развития.

Перечисленные причины привели к появлению концепции конвергенции услуг Triple Play и услуг сотовых сетей связи, т.е. триада услуг была дополнена новым классом — мобильностью абонента. Это и составило концепцию 4Play.

Можно было бы упрощенно сформулировать, что 4Play представляет собой простое развитие Triple Play в область сотовых технологий, что-то вроде «то же самое, но в автомобиле». Однако такое понимание специфики 4Play едва ли будет соответствовать действительности. Опыт Triple Play здесь очень полезен. Как нельзя концепцию Triple Play свести просто к набору трех технологий: Internet + VoIP + IPTV, так нельзя рассматривать 4Play как простое объединение Triple Play + мобильность абонента. Когда концепция 4Play начнет развиваться, она создаст совершенно новые услуги со своей спецификой, особенностями технической реализации, новыми принципами и новыми проблемами.

В настоящее время можно говорить о некоторых открытых вопросах технологии 4Play. Дело в том, что эта технология логично придет на рынок как развитие концепции Triple Play, но в настоящее время концепция Triple Play только выходит на рынок, перешагивая через отдельные составные части триады. По этой причине в настоящее время можно говорить о некоторых принципах и технологиях, которые будут использоваться в концепции 4Play, но сами технические особенности этой технологии до конца не ясны. Развертывание сетей 3G на сетях сотовых операторов в последние несколько лет не являются концепцией 4Play, а больше соответствуют адаптации сотовых сетей к специфике современного развития услуг NGN. Точно также нельзя рассматривать концепцию перехода к сигнализации SIP в сотовых сетях как отражение концепции 4Play, здесь скорее идет речь об адаптации сотовой технологии к Triple Play.

Таким образом, исследовать в деталях концепцию 4Play не представляется возможным, и дальше констатации стратегии к конвергенции NGN и сотовых технологий дело пока не пошло. Но уже сейчас можно указать на некоторые проблемы, которые будут характерны для технологии 4Play. Лучше всего новые технологии 4Play рассмотреть с позиции их влияния на технологии разного уровня модели SCTA.

Например, развитие концепции 4Play однозначно будет означать переход от концепции Softswitch к концепции IMS на уровне управления NGN (см. главу 5). Разработанный в рамках концепции IMS аппарат управления широкополосными услугами в условиях мобильности абонентов, роуминга и персонализации услуг связи представляет собой достаточную базу для реализации концепции 4Play. Это означает, что

само развитие услуг 4Play будет зависеть от успеха технологии IMS на уровне управления.

На уровне доступа концепция 4Play потребует изменения технологии современных сотовых сетей связи и даже сетей 3G. Требование предоставлять пользователю скорость не менее 24 Мбит/с появляется уже в современной концепции Triple Play. Ни одна технология сотовых сетей связи пока не позволяет добиться этого. По этой причине в настоящее время идет пересмотр принципов сотовой связи 3G. Например, идет процесс конвергенции технологий GSM, Wi-Fi и WiMAX, и сотовые телефоны нового поколения смогут использовать любую из перечисленных технологий радиодоступа для обеспечения услуг. Ряд сотовых операторов рассматривают WiMAX в качестве перспективной технологии широкополосного доступа для абонентов сотовой сети. Но все это скорее соответствует текущему развитию концепции Triple Play, а не 4Play. Для технологии 4Play беспроводной и проводной терминал не имеют принципиальных различий, т.е. технологии беспроводного доступа и NGN должны будут объединиться на новых принципах, допускающих более глубокое взаимодействие. В настоящее время эти принципы также до конца не ясны.

На уровне транспортных сетей влияние технологии 4Play едва ли будет заметно, хотя и здесь могут произойти изменения, если технологии уровней доступа и услуг существенно изменят архитектуру и принципы маршрутизации пакетного трафика.

Кроме того, технология 4Play должна привести новые технологические требования, например требования временной синхронизации. Традиционные цифровые сети связи требуют частотной синхронизации [2], когда все генераторы в сети работают синхронно от единого источника. Технологии IP и Ethernet представляют собой асинхронные технологии, так что жесткие требования к частотной синхронизации при переходе к NGN теряют актуальность. Как следствие, многие идеологи от синхронизации в настоящее время перешли от идеи частотного синхронизма к идее частотно-временной синхронизации, добавляя к частотной синхронизации сигналы службы единого времени, необходимость которой в NGN не столь уж очевидна. Но ситуация в корне меняется, если учесть необходимость перехода к концепции 4Play.

Представим движение поезда в сети WiMAX. Допустим, что в поезде едет пассажир, которому нужен широкополосный доступ, тогда передаваемый им поток данных должен быть принят на несколько станций WiMAX по ходу следования поезда, а потом собран на какой-то сетевом элементе сети. Если станции WiMAX не будут синхронизированы по системе точного времени, собрать поток данных от пользователя будет невозможно, поскольку отдельные пакеты данных придут с разными

временными метками, установленными на базовых станциях WiMAX*. Чем больше скорость поезда и выше скорость передачи данных, тем большая точность синхронизации по системе единого времени должна быть обеспечена в сети. Указанный пример является хорошим обоснованием необходимости временной синхронизации в сетях NGN.

Рассмотренный выше пример показывает, как фактор мобильности меняет принципы организации связи и какие новые проблемы в этой связи возникают. Более того, добавив к Triple Play мобильность, концепция 4Play принесет все современные проблемы NGN на мобильные терминалы нового поколения, какими бы они не были. Например, фактор развития технологии P2P, рассмотренный в предыдущем разделе, также станет актуальным для операторов сотовых сетей. Как было показано выше, уже сейчас установка мессенджера на смартфон позволяет сделать речевой вызов международного уровня практически бесплатно. Но сейчас это требует довольно большого опыта у пользователя. С переходом к концепции 4Play то, что сейчас считается исключением, станет обычным явлением. Все преимущества и недостатки современных сетей NGN найдут место в новой концепции 4Play, в то же время эта концепция, как ожидается, принесет новые и интересные задачи.

6.5. Безопасность современных сетей NGN

6.5.1. Хакерские атаки и проблемы безопасности

Как уже не раз говорилось, NGN — сложная и одновременно демократичная система, однако обратной стороной демократии всегда является вседозволенность и необходимость учитывать фактор негативного пользования демократическими принципами. Применительно к технологии NGN этот фактор приводит к проблеме информационной безопасности. Действительно, коль скоро демократичность NGN дает любому пользователю довольно широкие возможности, не исключена возможность, что он захочет сделать что-то, что будет помехой в работе других членов глобального информационного сообщества.

Условно все нарушения в сети можно свести к трем категориям:

- несанкционированное пользование ресурсами сети, т.е. пользователь получает что-то, чего он не имеет права получить;
- хулиганское поведение, когда действия пользователя не нарушают работу сети, но вызывают существенные неудобства других пользователей;

* Речь идет о VoIP, IP-пакеты с данными имеют номера, поэтому передачу данных синхронизировать не нужно. — *Прим. ред.*

- злонамеренное поведение, т.е. пользователь своими действиями стремится нарушить работу одной из подсистем NGN.

Система, которая должна регулировать работу пользователей в сети NGN и исключать все три типа нарушений, называется системой информационной безопасности*. Подобная система представляет собой сложный компонент современных систем связи, достойный отдельного исследования. В настоящее время на рынке систем информационной безопасности работает много компаний, решающих разные вопросы: от расследования случаев нарушений законодательства в области связи до обеспечения защиты кабелей от несанкционированного подключения. Вопросы обеспечения информационной безопасности могут возникать на всех уровнях SCTA в современной сети NGN, но в наибольшей степени они актуальны для уровня услуг, поскольку именно здесь пользователь имеет непосредственный доступ к системе связи.

Исследование проблем информационной безопасности целесообразно начать с наиболее простой модели функционирования пользователей и сети на уровне услуг. В качестве модели выбран сегмент Интернета, в котором имеется несколько пользователей и информационный ресурс в виде распределенной системы серверов Web, серверов приложений, баз данных и пр. В такой системе для обеспечения информационной безопасности между группой пользователей и информационным ресурсом устанавливается специальный сетевой экран (Firewall; дословно «огненная стена»), который должен регулировать допуск пользователей к информационному ресурсу. Какой бы разветвленной не оказалась сеть, какими бы совершенными алгоритмами не обеспечивалась безопасность, — в центре системы всегда должен быть сетевой экран. По этой причине основной целью несанкционированного доступа является именно Firewall, т.е. технология взлома сетей связана именно с этим элементом.

Схемы несанкционированного и злонамеренного проникновения через систему информационной безопасности приблизительно одинаковые, так что далее оба типа нарушений рассматриваются как одно целое. В качестве модели взлома сети ниже на рис. 6.27 представлена модель, в которой, помимо добропорядочных пользователей, присутствует хакер. Для взлома информационного ресурса (Web-сервера или базы данных) хакер использует различные приемы**. Один из приемов состо-

* Следует отличать систему информационной безопасности от системы безопасности вообще. Информационная безопасность — это не КПП, не пропуск и не турникеты. Это скорее набор организационно-технических мер по обеспечению нормальной работы NGN.

** Один из известнейших хакеров современности Кевин Митник описал свои приемы взлома в книге «Искусство вторжения». На русском языке книга опубликована в 2005 г. Выпущены и другие книги для хакеров, равно как и о защите от них. — *Прим. ред.*

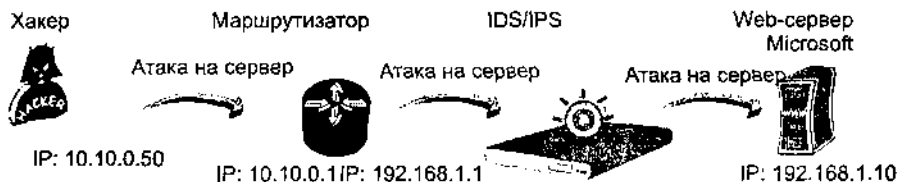


Рис. 6.26. Пошаговый процесс хакерской атаки

ит в последовательном подборе пароля или настроек Firewall, которые позволили бы проникнуть в защищаемый сервер. Часто для этой цели хакеру приходится преодолеть несколько шагов в системе информационной безопасности (рис. 6.26). Атака такого рода требует от хакера хорошего знания программного обеспечения, в первую очередь Linux на уровне двоичного кода, а также знания принципов организации системы информационной безопасности на сайте-мишени. Чтобы замаскировать атаку, хакерский трафик подмешивается к легальному трафику в самой наименьшей пропорции. В таком случае Firewall может воспринимать вмешательство хакера как ошибочные запросы на сервер и не включать превентивные меры по предотвращению атаки. Тем самым «бдительность» экрана будет усыплена и атака может оказаться успешной.

Часто целью хакера является не доступ в сервер, а нарушение его функционирования. Такие атаки называются отказом в обслуживании DoS (Defence of Service). Атака ориентирована на ситуацию, когда Firewall перегружается информацией. В этом случае он может заблокироваться и отказать в пропуске всего трафика пользователей. Для формирования атаки хакер использует специальные программы, позволяющие генерировать большое количество запросов на Firewall, чтобы его перегрузить. Для формирования потока запросов, достаточного для перегрузки отдельного Firewall, хакер вначале заражает такой программой-вирусом добропорядочных пользователей. Затем в час X зараженные вирусом компьютеры вне зависимости от желания их пользователей начинают генерировать запросы на сайт-мишень, достигая цели хакера (рис. 6.27). Примером такой атаки может служить недавняя атака хакеров на сайт Microsoft, которой предшествовала вирусная инфекция, рассылавшаяся по сети Интернет за месяц до хакерской атаки. Рассылаемый вирус имел только одну задачу — в определенный момент сделать один или несколько вызовов на сайт Microsoft, а затем самоуничтожиться. В результате в атаке на сайт Microsoft принимало участие несколько тысяч компьютеров, и атака получилась удачной: сайт Microsoft был заблокирован.

Современные системы информационной безопасности нового поколения оказываются почти неуязвимыми к атакам такого рода. Использо-

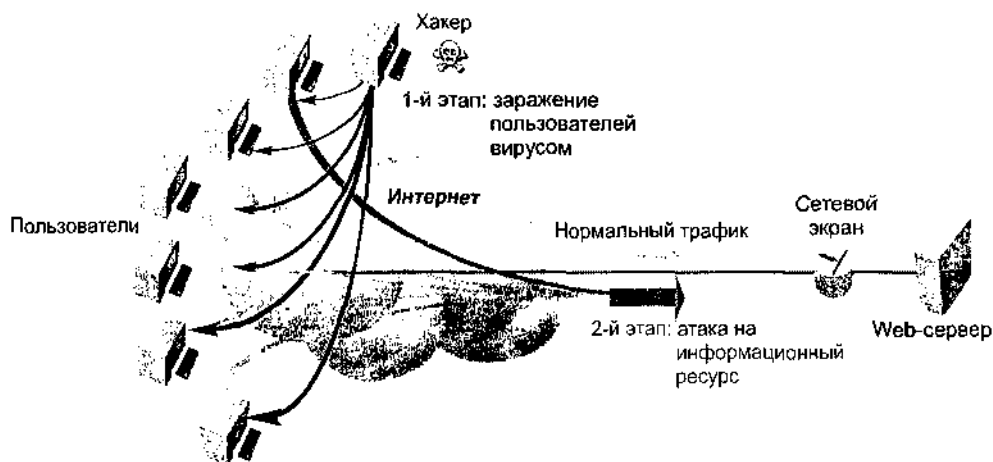


Рис. 6.27. Схема атаки DDoS

зование средств слежения за незаконными адресами позволяет Firewall исключить хакерский трафик и при этом не заблокироваться*.

В современной практике решения в области информационной безопасности постоянно совершенствуются, как совершенствуются и методы взлома. Можно сказать, что в настоящее время все решения уровня услуг стали полем для интеллектуальной войны между специалистами по системам безопасности и хакерами. Обе стороны совершенствуют материальную базу, навыки и технологию. В настоящее время существует тенденция двукратного увеличения инвестиций в систему безопасности каждый год. За счет этого достигается определенный паритет в войне умов, что позволяет операторам NGN успешно продолжать свою работу. Тем не менее опасность хаоса, вызываемого хакерами, присутствует в современной технологии повсеместно и уже стала темой для нескольких фильмов Голливуда. Эта опасность — объективная плата за демократичность технологии NGN, она происходит из основных принципов сетей нового поколения, поэтому будет сопровождать развитие третьей технологической революции. В связи с этим фактором можно говорить об актуализации проблемы информационной безопасности в самом ближайшем будущем.

* Как показывает практика, этих средств все же недостаточно. Действительно, чтобы проанализировать адрес отправителя и обнаружить хакерские сообщения, запросы все равно необходимо принять в память компьютера и обработать сетевым экраном. Единственный способ — увеличивать производительность экрана, на что хакеры просто увеличат поток запросов. Более действенными мерами могут быть ужесточение наказания за подобные действия и совершенствование средств обнаружения самих хакеров, о чем свидетельствует, например, поимка хакеров, совершивших в 2005 году атака на букмекерские сайты Великобритании. —Прим. ред.

6.5.2. Проблема спама

Менее драматичным, но более знакомым любому пользователю Интернета явлением, непосредственно связанным с системами безопасности, является хулиганство в сети. Самым известным примером можно считать спам — несанкционированные рассылки рекламных и других материалов по сети Интернет. Чаще всего спам преследует узкокоммерческие цели — реклама товаров и услуг, раскрутка сайтов, PR-акции и пр. Сейчас проблема спама тесно связана с проблемой информационной безопасности систем NGN по следующим причинам:

- хакеры используют спам для рассылки вирусов в ходе подготовки любой атаки;
- вирусы, подготовленные хакерами, используются спаммерами для сбора данных об адресах потенциальных жертв. Такой вирус, попадая на компьютер пользователя, собирает данные из адресной книги электронной почты пользователя и пересылает эти данные компании-спаммеру. Затем эти данные используются для рассылки спама.

Все это делает спам не просто отдельным явлением современных сетей NGN, а непосредственным объектом внимания систем информационной безопасности. Неудивительно, что интеллектуальная война между специалистами по системам безопасности и хакерами перекинулась в настоящее время на спам. Различные программные спам-фильтры представляют собой новое явление в области современных услуг связи. Многие антивирусные проекты (например, антивирус Лаборатории Касперского) включают в себя подсистемы контроля и фильтрации спама. На уровне Интернет-операторов борьба со спамом ведется методами мониторинга активности отдельных адресов и подключений. Подключение, с которого ведется рассылка спама, оперативно блокируется.

Впрочем, производители спама создают все более изощренные способы незаконной рассылки информации, и это им вполне удастся. Последние статистические данные о работе Интернета оказываются неутешительными — более 30...40 % передаваемой по электронной почте информации составляет спам. В наиболее развитых странах недавно была отмечена черная дата: объем спама в их сетях превысил объем передаваемой информации. Так что проблема спама оказывается не менее актуальной, чем проблема информационной безопасности. И пусть спам не столь вреден, как рассылка вирусов. Он по-своему тоже вредит развитию новых услуг связи, ведь оказывается так просто потерять важную информацию в горах мусора, которые каждый день приходят по электронной почте.

6.5.3. Безопасность эпохи Triple Play

Рассмотренные выше проблемы, связанные с безопасностью и хулиганством в NGN, не учитывают тенденцию к расширению спектра услуг. Проблема взлома касалась в первую очередь информационных ресурсов и сайтов, проблема спама привязывалась к услугам электронной почты. Как показано выше, перспективным направлением развития современных технологий NGN уровня услуг является переход к концепции Triple Play, включающей сегменты голосовых и видеослуж. В таком случае будущие проблемы информационной безопасности автоматически будут расширяться в область всех услуг триады.

Уже сейчас ряд международных операторов связи столкнулись с проблемой VoIP- спама. Средствами современных компьютеров оказывается удобно копировать голосовое сообщение и рассылать его по сети NGN как спам. Абонент, получивший такое сообщение, принимает вызов на свой телефон и, подняв трубку, слышит рекламный слоган. Сейчас сложно представить в полной мере пользовательский интерфейс видеоспама, но знакомство с современными образцами рекламы могут помочь приблизиться к пониманию того, что ожидает будущих пользователей интерактивного телевидения.

Аналогично возникнут проблемы информационной безопасности на уровне услуг триады. Сейчас довольно сложно судить о том, что может принести взлом телевизионного канала, но технически проблема защиты телевизионного контента и самой системы вещания вполне понятна. Точно также возникает проблема обеспечения безопасности голосовых услуг. В главе 5 были упомянуты функции обеспечения безопасности работы Softswitch со стороны пользователей, где роль Firewall выполняет SBC.

6.6. Проблема контента. Царство химер

Как было показано в главе 2, выше уровня услуг находится часть современных информационных сетей, которая не относится в полной мере к технологии. Это информационное наполнение сетей, называемое также контентом. Исследуя современные концепции услуг NGN, нельзя обойти вниманием различные проблемы, связанные с контентом. В то же время, как будет показано ниже, вопросы, относящиеся к контенту, объективно носят пограничный характер. Многие из них вообще не могут быть поняты через призму научно-технического знания, и конфликт между техническим и гуманитарным мировоззрением делает исследования проблемы контента особенно интересными и перспективными.

Связь между контентом и услугами связи является довольно сложной и многоплановой. Очевидно, что контент становится доступным

пользователям сети через услуги, и, следовательно, развитие контента может самым существенным образом повлиять на развитие услуг. Примером может служить итальянский опыт, когда всего лишь один из разделов контента обеспечил успех национальной программе внедрения IPTV. Маркетологи телекоммуникационных компаний прекрасно знали, что большинство итальянских мужчин — поклонники футбола. Для болельщика «с душой» при просмотре телевизионного матча одним из самых раздражающих факторов является независимая позиция комментатора, который не выделяет и не подмечает особенности и преимущества любимой команды, а должен уделить внимание обеим. В Италии была предложена услуга интерактивного телевидения, которая позволяет выбирать одного из трех комментаторов. Например, если идет матч команды Милана с командой Рима, то зритель пакета IPTV может выбрать независимого комментатора, комментатора «за Рим» и комментатора «за Милан». В результате внедрения услуги выбора комментатора футбольного матча, национальная программа внедрения IPTV оказалась полностью состоятельной. Мужское население страны без дотаций и принуждения в самые короткие сроки внедрила услугу интерактивного телевидения. Сеть IPTV была развернута почти за год, и в некоторых провинциях Италии в настоящее время количество эфирных телезрителей составляет всего 3...4 %, из-за чего государство приняло в 2007 г. решение о бесплатной раздаче таким пользователям STB и демонтаже системы эфирного телевидения, чтобы не содержать эту дорогую инфраструктуру из-за 3 % населения.

Вообще массовые увлечения теми или иными программами телевидения часто демонстрируют положительную связь контента и услуг. На рис. 6.28 представлены графики зависимости продаж проекта Sky перед чемпионатом Европы по футболу 2004 года. Поскольку после начала чемпионата объем продаж почти не меняется, очевидно, что большая часть покупателей Sky — это футбольные болельщики.

Приведенные примеры показывают, что правильно разработанный маркетинг контента является большой движущей силой в развитии услуг NGN.

Контент и услуги тесно связаны друг с другом, но отличаются как объекты исследования. Услуги связи могут рассматриваться с технических позиций, поскольку можно говорить о принципах предоставления услуг, технических и технологических решениях и пр. Контент же относится к гуманитарной сфере.

Разница между техническим и гуманитарным пониманием контента рельефно видна на примере информационных новостей. С технической точки зрения информация имеет количественную характеристику в ви-



Рис. 6.28. Динамика развертывания системы IPTV Sky перед чемпионатом Европы по футболу

де объема в байтах. Гуманитарии оперируют больше качественными характеристиками информации — актуальностью, гармоничностью слога автора и т.п. Эти две точки зрения на информацию невозможно объединить. Техническое мировоззрение не может использовать качественные параметры в качестве опоры для расчетов эффективности того или иного контента, для гуманитарного мировоззрения объем информации в байтах не имеет никакого значения.

Для сравнения контента и его анализа в гуманитарной модели должна быть введена характеристика ценности информации и такая характеристика уже есть в синергетике. Но эта характеристика не может быть введена в технической модели NGN.

На уровне услуг можно ориентироваться на технологическую модель, но выше уровня услуг техническое знание теряет свою основу — количественные характеристики сменяются качественными. В рассмотренном выше случае с продажей услуг IPTV фактором победы выступало не количество каналов Интернет-телевидения, доступных пользователям, а качественно новая услуга выбора комментатора футбольного матча. Но количественно невозможно сравнить эффекты от трансляции матча без выбора и с выбором комментатора — в смысле объема передаваемой информации эти передачи почти не отличаются, но качественно услуга выбора комментатора побеждает по эффективности воздействия на рынок.

По меткому выражению У. Эко, при исследовании текста в широком смысле этого понятия, нужно перейти из пространства информации в пространство смысла, другого пути нет. Но пространство смысла — это область гуманитарного знания, и инженерам необходимо это объ-

ективно признать. При исследовании контента могут использоваться современные достижения семиотики и семантики, искусствоведения и обществоведения, но все эти научные методы будут чрезвычайно далеки от технической модели мира.

При исследовании такого масштабного явления, как современная революция в области телекоммуникаций, специалисты должны иметь определенный масштаб мировоззрения. Тем более соблазнительным оказывается выйти за границы инженерного знания и «поверить алгеброй гармонию». Поэтому нет ничего удивительного в том, что в последнее время проблема контента ставится в технических публикациях и журналах, посвященных техническим принципам построения современных систем связи.

Попытка привести традиционные инженерные принципы в исследование контента может породить только химеры, которые вызывают в лучшем случае удивление, но никак не восторг. Ни одна инженерная теория не сможет установить разницу между коллекцией марок по теме живописи и собранием картин Эрмитажа, и любые попытки навязать гуманитарной сфере инженерные принципы заведомо обречены на неудачу. Поэтому для пользы дела целесообразно провести жесткую границу, которая отделяет уровень услуг и уровень контента, и ни при каких обстоятельствах не выходить за рамки услуг.

В этом смысле модель SCTA, рассматриваемая в этой книге как основа классификации современных технических решений, является завершенной. Выше уровня услуг для инженерного подхода нет никаких других уровней. Здесь установлена граница инженерного подхода, и граница эта непрозрачна.

В такой модели различные явления должны и по-разному оцениваться. Выставки современного компьютерного дизайна, дизайнерские работы по оформлению сайтов в Интернете, конкурсы логотипов в Музее современного искусства в Париже могут считаться нормальным явлением. Но любая дискуссия о проблемах контента на страницах технической литературы представляется бессмысленной.

На первый взгляд ситуация может показаться обидной для связистов, как обидно вообще осознавать границы знания и собственной науки. Но современная революция в сфере телекоммуникаций дает такой объем работы в рамках модели SCTA, что едва ли стоит выходить за рамки этой модели. Рассмотренный в этой книге мир современной технологии является настолько многообразным и многоплановым, что даже с точки зрения красоты и гармонии он не уступает миру современного искусства.

Список сокращений

АДИКМ	Адаптивная импульсно-кодовая модуляция	ЛВС	Локальная вычислительная сеть
АОН	Автоматический определитель номера	ЛКС	Линейно-кабельные сооружения
АТС	Автоматическая телефонная станция	МВВ	Мультиплексор ввода-вывода
БД	База данных	МККТТ	Международный комитет по телефонии и телеграфии
ВОЛС	Волоконно-оптическая линия связи	МККР	Международный консультативный комитет по радио
ВОСП	Волоконно-оптическая система передачи	МСС	Мультисервисные сети
ГИО	Глобальное информационное общество	МСЭ	Международный союз электросвязи
ДВО	Дополнительные виды обслуживания	МСЭ-Т	Международный союз электросвязи, сектор стандартизации телекоммуникаций
ИК	Инфракрасный	НТР	Научно-техническая революция
ИКМ	Импульсно-кодовая модуляция	ОКС №7	Система сигнализации №7 (SS7)
КПК	Карманный портативный компьютер	ПД	Передача данных
КПД	Коэффициент полезного действия	ПО	Программное обеспечение
КС	Коммутационная система	РД	Руководящий документ
ЛАЦ	Линейно-аппаратный цех	РРЛ	Радиорелейная линия
		ССС	Спутниковая система связи
		ТфОП	Телефонная сеть общего пользования
		ЦСПАЛ	Цифровая система передачи по абонентским линиям
AAA	Authentication, Authorization, Accounting		Авторизация, идентификация и биллинг
AAL	ATM Adaptation Layer		Уровень адаптации АТМ
A-BGF	Access Border Gateway Function		Шлюз широкополосного пользовательского оборудования
AD	Access Device		Устройство доступа
ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Loop		Асимметричная цифровая абонентская линия
AGCF	Access Gateway Control Function		Функция управления шлюзом доступа
AGW	Access Gateway		Шлюз доступа
AMPS	Advanced Mobile Phone Service		Усовершенствованная служба мобильной телефонной связи
AN	Access Network		Сеть доступа
API	Application Program Interface		Интерфейс прикладных программ
AP	Access Point		Точка доступа
ARP	Address Resolution Protocol		Протокол нахождения адреса

ARPA	Advanced Research Projects Agency	Агентство перспективных исследовательских проектов
ARPU	Average Revenue Per User	Средний доход от одного абонента
AS	Application Server	Сервер услуг
ASN	Automatic Switching Node	Узел автоматической коммутации
ASTN	Automatic Switched Transport Network	Автоматическая коммутируемая транспортная сеть
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Режим асинхронной передачи
ATMP	Ascend Tunnel Management Protocol	Протокол управления туннелем компании Ascend
AuC	Autentification Center	Центр аутентификации
BAS	Broadband Access Switch	Коммутатор широкополосного доступа
BER	Bit Error Ratio	Коэффициент ошибок по битам
BGCF	Breakout Gateway Control Function	Функция управления шлюзами
BGP	Border Gateway Protocol	Протокол пограничной маршрутизации
BLES	Broadband Loop Emulation Service	Служба эмуляции широкополосного канала
BOOTP	Bootstrap Protocol	Протокол начальной загрузки
BPL	Broadband over Power Line	Широкополосный доступ по силовым линиям
BRAS	Broadband Remote Access Server	Сервер широкополосного удаленного доступа
BS	Bit Swapping	Перестановка битов
BSC	Basic Station Controller	Контроллер базовых станций
BSS	Base Station System	Система базовой станции
BSSAP	BSS Application Part	Прикладная подсистема системы базовой станции
BTS	Base Transceiver Station	Базовая приемо-передающая станция
CAP	Carrierless Amplitude and Phase modulation	Амплитудно-фазовая модуляция без несущей
CAMEL	Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic	Система приспособленных к пользователю приложений для улучшения логики мобильной сети
CAS	Common Associated Signalling	Поканально-связанная сигнализация
CATV	Cable TV	Система кабельного телевидения
CCS	Common Channel Signaling	Сигнализация по общему каналу
CD	Chromatic Dispersion	Хроматическая дисперсия
CDMA	Code Division Multiple Access	Многостанционный доступ с кодовым разделением
CDR	Call Detail Recording	Запись биллинговой информации
CGW	Control Gateway	Шлюз управления
CIDR	Classless Inter-Domain Routing	Маршрутизации между доменами без адресных классов
CIR	Committed Information Rate	Гарантированная скорость передачи
CLI	Command Line Interface	Интерфейс командной строки
CMTS	Cable Modem Termination System	Система терминирования кабельных модемов
CN	Computer Network	Компьютерная сеть

	Customer Network	Абонентская сеть
CPE	Customer Premises Equipment	Оборудование, установленное у пользователя
CPL	Call Processing Language	Язык обработки вызовов
CRC	Cyclic Redundancy Check	Циклический избыточный код
CS	Circuit Switching	Коммутация каналов
CSCF	Call Session Control Function	Функция управления процессами установления соединения
CSLIP	Compressed SLIP Protocol	Протокол SLIP со сжатием
CSMA	Carrier Sense Multiple Access	Многостанционный доступ с контролем несущей
CSN	Circuit-Switched Node	Узел коммутации каналов
CSPDN	Curcuit-Switched Public Data Network	Сеть передачи данных общего пользования с коммутацией каналов
CSW	Channel Status Word	Слово состояния канала
CVoDSL	Channelized VoDSL	Передача VoDSL по выделенному каналу DSL
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing	Разреженное мультиплексирование с разделением по длине волны
DAMPS	Digital AMPS	Цифровая AMPS
DCA	Data Communication Adapter	Адаптер передачи данных
DDF	Digital Distribution Frame	Стойка цифровой кросс-коммутации
DDoS	Distributed Danial of Service	Распределенный отказ в обслуживании
DDSLAM	Distributed DSLAM	Мультиплексор распределенного доступа к цифровой абонентской линии
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications	Усовершенствованная цифровая беспроводная электросвязь
DEMUX	Demultiplexer	Демультимплексор
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	Протокол динамической реконфигурации хостов
DMT	Discrete Multi-Ton	Дискретная многотональная модуляция
DNS	Domain Name System	Служба доменных имен
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification	Спецификация интерфейса передачи данных по (ТВ) кабелю
DoS	Danial of Service	Отказ в обслуживании
DPAM	Differential Pulse-Amplitule Modulation	Дифференциальная импульсно-амплитудная модуляция
DQDB	Distributed Queue Dual Base	Двойная шина с распределенной очередью
DSL	Digital Subscriber Loop	Цифровая абонентская линия
DSLAM	Digital Subscriber Loop Access Multiplexer	Мультиплексор доступа к цифровой абонентской линии
DSP	Directory Service Provider	Провайдер информационных услуг
DTMF	Dual-Tone Multi-Frequency signaling	Двухтональная многочастотная сигнализация
DTT	Data Transmission Terminal	Терминал передачи данных
DVB	Digital Video Broacasting	Цифровое телевизионное вещание
DVD	Digital Video Disk	Цифровой видеодиск

DVMRP	Distance Vector Multicast Routing Protocol	Протокол многоадресной маршрутизации по вектору расстояния
EAR	Enterprice Archive	Архив предприятия
EDGE	Enhanced Data rates for Global Evolution	Повышение скорости передачи данных для глобальной эволюции (проект одноименного стандарта)
EGP	External Gateway Protocol	Протокол внешней маршрутизации
EIR	Equipment Identification Register	Регистр идентификации оборудования
EoSDH	Ethernet over SDH	Передача Ethernet по сети SDH
EOS	End Of Selection	Конец набора
ESCON	Enterprice Serial Connection interface	Интерфейс систем связи масштаба предприятия
ESP	Encapsulation Security Protocol	Протокол обеспечения безопасности
ESPAN	Enhanced Switching Port Analyzer	Усовершенствованный анализатор портов коммутации
ETSI	European Telecommunication Standard Institute	Европейский институт стандартизации в телекоммуникациях
EV-DO	Evolution Data Only	Эволюционировавшая передача данных
FCS	Frame Check Sequence	Контрольный код кадра
FDDI	Fiber Distributed Data Interface	Волоконно-оптический распределенный интерфейс данных
FEC	Forwarding Equivalence Class	Класс эквивалентности трафика
FEXT	Far-End Crosstalk	Переходное затухание на дальнем конце
FICON	Fiber channel Connection	Соединение с помощью волоконно-оптического канала
FR	Frame Relay	Ретрансляция кадров (технология передачи данных с кадровой системой)
FRL	Frame Relay Link	Звено сети с ретрансляцией кадров
FTDMA	Frequency and Time Division Multiple Access	Многостанционный доступ с частотно-временным разделением
FTP	File Transfer Protocol	Протокол файлового обмена
FTTB	Fiber To The Building	Оптическая система передачи до дома
FTTC	Fiber To The Curb	Оптическая система передачи до распределительной коробки
FTTCab	Fiber To The Cabinet	Оптическая система передачи до распределительного шкафа
FTTH	Fiber To The Home	Оптическая система передачи до квартиры
FTTO	Fiber To The Office	Оптическая система передачи до офиса
FTTP	Fiber To The Premises	Оптическая система передачи до сегмента сети
FTTU	Fiber To The User	Оптическая система передачи до конечного пользователя
FTTx	Fiber To The XXX	Оптическая транспортная сеть до определенного пункта

GE	Gigabit Ethernet	Технология Ethernet со скоростью передачи 1 Гбит/с
GERAN	GSM/EDGE Radio Access Network	Сеть радиодоступа GSM/EDGE
GFP	General Framing Procedure	Основная процедура формирования кадров
GGP	Gateway-to-Gateway Protocol	Протокол межсетевого сопряжения
GGSN	Gateway GPRS Support Node	Узел-шлюз с поддержкой GPRS
GMLC	Gateway Mobile Location Center	Центр доступа к мобильному позиционированию
GPS	Global Position System	Глобальная навигационная система
GPRS	General Packet Radio System	Общий сервис пакетной радиопередачи
GRE	Generic Routing Encapsulation protocol	Общий протокол маршрутизации с инкапсуляцией
GRX	GPRS Roaming Exchange	Коммутатор роуминга системы GPRS
GSM	Global System for Mobile Communications	Глобальная система мобильной связи
GSMC	GSM Controller	Контроллер GSM
GUI	Graphical User Interface	Графический интерфейс пользователя
GW	Gateway	Шлюз
HDLC	High Level Data Link Control	Высокоуровневый протокол управления на уровне звена передачи данных
HDSL	High-bit-rate Digital Subscriber Line	Высокоскоростная цифровая абонентская линия
HDTV	High Density TV	Телевидение высокой четкости
HFC	Hybrid Fiber-optic Coaxial (Networks)	Гибридная волоконно-оптическая сеть
HLR	Home Location Register	Регистр местоположения абонентов
HPNA	Home Private Network Access	Доступ к частной сети
HSPDA	High-Speed Packet Downlink Access	Высокоскоростной пакетный доступ по линии вниз
HSRP	Hot Standby Router Protocol	Протокол маршрутизатора горячего резерва
HSS	Home Subscriber Server	Домашний (основной) сервер абонентов
HTML	HyperText Markup Language	Язык гипертекстовой разметки
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	Протокол обмена гипертекстовой информацией
IAD	Integrated Access Device	Интегрированное устройство доступа
IARP	Inverse Address Resolution Protocol	Протокол обратной конвертации адресов
I-BGF	Interconnect Border Gateway Function	Межсетевой пограничный шлюз
ICMP	Internet Control Message Protocol	Протокол управляющих сообщений в Интернете
I-CSCF	Interrogating CSCF	Запрашивающая CSCF
IDN	Integrated Digital Network	Интегрированная цифровая сеть
IDS	Information Distribution System	Система распределения информации

ISDL	ISDN digital subscriber line	Цифровая абонентская линия системы ISDN
IETF	Internet Engineering Task Force	Техническая комиссия Интернета
IGMP	Internet Group Membership Protocol	Протокол управления группами пользователей в Интернете
IGP	Internal Gateway Protocol	Протокол внутренней маршрутизации
IHL	Internet Header Length	Длина заголовка IP-пакета
IM-MGW	IM Media Gateway	Шлюз среды IP-мультимедиа
IMP	Interface Message Processor	Интерфейсный процессор сообщений
IMS	IP Multimedia Subsystem	Подсистема среды IP-мультимедиа
IM-SSF	IP Multimedia - Service Switching Function	Сервер коммутации услуги IP-мультимедиа
IMT-2000	International Mobile Telecommunications 2000	Название международной программы и проекта стандартов связи под эгидой ITU
IN	Intelligent Network	Интеллектуальная сеть
INAP	Intelligent Network Application Part	Прикладная система интеллектуальной сети
IP	Internet Protocol	Протокол Интернета
IP-PABX		АТС в сети IP
IPoSDH	IP over SDH	Передача IP по сети SDH
IPS	Information Processing System	Система обработки информации
IPTV	Internet Protocol Television	Телевизионное вещание по IP-сети
IPX	Internet Protocol extended	Расширенный Интернет-протокол
IRD	Integrated Receiver-Decoder	Интегральный приемный декодер
ISDN	Integrated Service Digital Networks	Цифровая сеть с интеграцией служб
ISIS	Intermediate System-to-Intermediate System	Транзитная система – транзитная система
ISP	Internet Service Provider	Оператор услуг Интернет, или Интернет-провайдер
ISO	International Standards Organization	Международная организация по стандартизации
ISO DE	ISO Development Environment	Пакет программ для реализации протоколов TCP/IP в среде UNIX
ISUP	ISDN User Part	Подсистема пользователя ISDN
ITU	International Telecommunication Union	Международный союз электросвязи
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization sector	Международный союз электросвязи, сектор стандартизации
ITU-R	International Telecommunication Union – Radiocommunication sector	Международный союз электросвязи, сектор радиосвязи
KPI	Key Performance Index	Коэффициент производительности сети
L2F	Level 2 Forwarding	Протокол переадресации уровня 2
L2TP	Level 2 Tunnel Protocol	Протокол виртуального туннеля на уровне 2

LAD	Local Access Device	Локальное устройство доступа
LAN	Local Area Network	Локальная вычислительная сеть
LAPB	Link Access Procedure, Balanced	Балансная процедура доступа к звену передачи данных
LAPD	Link Access Protocol of D-channel	Процедура доступа к звену передачи данных для канала D
LAPS	Link Access Protocol to SDH	Протокол доступа к системе передачи SDH
LCAS	Link Capacity Adjustment Scheme	Схема регулирования размера канала
LCS	Loss of Client Signal	Потеря сигнала от клиента
LIG	Lawful Interception Gateway	Шлюз санкционированных перехватов (информации в GPRS)
LLC	Logical Link Control	Уровень управления логическими соединениями
LMDS	Local Multipoint Distribution System	Служба локального многоточечного распределения
LSP	Label Switch Path	Виртуальное направление передачи (виртуальный путь)
LT, LTE	Line Terminal (Equipment)	Линейное окончание АТС
LV	Low Voltage	Линии низкого напряжения
MAC	Medium Access Control	Управление доступом к среде
MAN	Metropolitan Area Network	Городская сеть передачи данных
MAP	Mobile Application Part	Подсистема пользователя мобильной связи
MDI	Media Dependent Interface	Интерфейс, зависящий от среды передачи
MDSL	Medium bit rate DSL	Цифровая абонентская линия со средней скоростью передачи
MFR	Multifunction Resource	Устройство множества ресурсов
MFC	Multifrequency Code	Многочастотный код
MG, MGW	Media Gateway	Медиа-шлюз
MGC	Media Gateway Controller	Контроллер медиа-шлюзов
MGCF	Media Gateway Control Function	Функция управления медиа-шлюзом
MII	Media Independent Interface	Интерфейс, не зависящий от среды передачи
MIR	Maximum Information Rate	Максимальная скорость передачи
MMDS	Multipoint Multichannel Distribution System	Служба многоканального многоточечного распределения
MPEG	Motion Pictures Expert Group	Группа экспертов по вопросам обработки движущихся изображений, семейство стандартов передачи видеосигнала
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	Многопротокольная коммутация с использованием меток
MPTS	Multiprogram Transport Stream	Многопрограммный транспортный поток

MRFC	Media Resource Function Controller	Контроллер мультимедийных ресурсов
MRFP	Media Resource Function Processor	Процессор мультимедийных ресурсов
MSC	Mobile service Switching Center	Центр коммутации в сети мобильной связи
MSDSL	Multi-rate Simmetric DSL	Многоскоростная симметричная цифровая абонентская линия
MSP	Multiplex Section Protection	Цепь резервирования мультиплексорной секции
MSPP	Multiservice Provisioning Platform	Мультисервисная платформа транспортной сети
MSTP	Multiservice Transport Platform	Мультисервисная транспортная платформа
MSSP	Multiservice Switching Platform	Мультисервисная коммутационная платформа
MTP	Message Transfer Part	Подсистема передачи (сигнальных) сообщений
MV	Medium Voltage	Силовые линии среднего напряжения
MUP	Mobile User Part	Подсистема пользователя подвижной связи (NMT)
MUX	Multiplexer	Мультиплексор
NAP	Network Access Point	Точка сетевого доступа
NARP	NBMA Address Resolution Protocol	Протокол преобразования адресов сети NBMA
NASS	Network Attachment Subsystem	Подсистема подключения сети
NBMA	Non-Broadcast Multiple-Access link layer network	Нешироковещательная сеть множественного доступа
NCS	Network Control Station	Станция управления сетью
NEXT	Near-End Crosstalk	Переходное затухание на ближнем конце
NGN	Next Generation Networks	Сети следующего поколения
NGSDH	Next Generation SDH	Системы SDH следующего поколения
NHRP	Next Hop Resolution Protocol	Протокол нахождения адреса следующего узла
NMS	Network Management Station	Станция управления сетью
NMT	Nordic Mobile Telephone	Скандинавская система подвижной телефонной связи
NSS	Network Subsystem	Сетевая подсистема
NT	Network Termination (Unit)	Блок сетевого окончания
NTT	Nippon Telegraph & Telephone Corp.	Телеграфная и телефонная компания (Япония)
O&M	Operating and Maintenance	Управление и эксплуатация
OBS	Optical Burst Switching	Оптические системы пакетной коммутации
OFDM	Optical Frequency Division Multiplexing	Оптическое мультиплексирование с частотным разделением

OLT	Optical Line Terminal	Оптическое линейное окончание
ONT	Optical Network Terminal	Терминальное оптическое окончание
OPEX	Operative Expenses	Оперативные затраты на эксплуатацию
OSA	Open Service Access	Открытый доступ к услугам
OSA-SCS	Open Service Access – Service Capability Server	Сервер возможных услуг с доступом к открытым услугам
OSI	Open System Interconnection	Эталонная модель взаимодействия открытых систем
OSPF	Open Shortest Path First	Открыть кратчайший путь первым (протокол сетевой маршрутизации)
OSS	Operation Support System	Система поддержки функционирования
OTN	Optical Transmission Network	Оптическая сеть передачи
OUI	Organization Unique ID	Уникальный идентификатор организации
P2MP	Point-to-multipoint	Соединение «точка-многоточка»
P2P	Peer-to-peer	Одноранговый
PABX	Private Automatic Branch Exchange	АТС частного пользования
PAD	Packet Assembler/Disassembler	Сборщик-разборщик пакетов
PAN	Personal Area Network	Персональная вычислительная сеть
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association	Международная ассоциация карт памяти для персональных компьютеров; стандарт на карты памяти
P-CSCF	Proxy CSCF	CSCF с функциями прокси-сервера
PCS	Physical Coding Sublayer	Подуровень кодирования физического уровня
PDC	Personal Digital Cellular	Персональная цифровая система сотовой связи (Япония)
PDF	Policy Decision Function	Функция выбора политики
PDG	Packet Data Gateway	Пакетный шлюз
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Плещиохронная цифровая иерархия
PE	Procesing Element	Процессорный элемент
PES	Packetized Elementary Stream	Пакетизированный элементарный поток
PHS	Personal Handyphone System	Система персональной связи с использованием персональных телефонов (Япония)
PHY	Physical layer protocol	Протокол физического уровня
PIMSM	Protocol Independent Multicast Spare Mode	Разрешенный режим многоадресной передачи данных, независимый от протокола
PINT	PSTN and Internet internet-working	Взаимодействие ТфОП и Интернета
PLC	Power Line Communication	Технология передачи данных по электропроводке
PLMN	Public Land Mobile Network	Сеть связи общего пользования для наземных мобильных объектов
PMA	Physical Medium Attachment	Подуровень подсоединения к физической среде передачи

PMD	Polarization Mode Dispersion	Поляризационная модовая дисперсия
P-MP	Point-to-Multipoint	Точка-мультиточка
PNNI	Private Network-Network Interface	Интерфейс частных сетей
PON	Passive Optical Network	Пассивная оптическая сеть
POP	Point Of Presence	Точка присутствия
POTS	Plain Ordinary Telephone Service	Традиционный (аналоговый) телефонный сервис
PoS	Packet over SDH	Передача пакетов через SDH
P-P	Point-to-Point	Точка-точка
PPP	Point-To-Point Protocol	Протокол соединения точка-точка
PPTP	Point-to-point Tunneling Protocol	Протокол точка-точка с туннельной проводкой
PS	Packet Switching	Пакетная коммутация
PSTN	Public Switching Telecommunication Network	Телефонная сеть общего пользования (ТФОП)
PVR	Network-Personal Video Recorder	Управляемая пользователем цифровая запись контента на сеть
PWE	Pseudo-Wire Emulation	Имитация физического канала
QoS	Quality of Service	Качество услуги
RACS	Resource and Access Control	Подсистема управления ресурсами и доступом
RADIUS	Remote Authentication Dial-In User Service	Служба дистанционной аутентификации пользователей по телефону
RAN	Regional Area Network	Региональная вычислительная сеть
	Radio Access Network	Оборудование радиодоступа
RARP	Reverse Address Resolution Protocol	Протокол обратной конвертации адресов
RCA	Recieipient Connection Agreement	Двустороннее соглашение о соединении
RIP	Routing Information Protocol	Протокол обмена маршрутной информацией
RNC	Radio Network Controller	Контроллер управления радиосетью
RPR	Resilient Packet Ring	Оптическое кольцо, устойчивое к отказам при пакетной коммутации
RSRB	Remote Source-Route Bridging	Дистанционная мостовая маршрутизация от источника
RSS	Radio Subsystem	Подсистема радиооборудования
RSVP	(Resource) Reservation Protocol	Протокол резервирования ресурса
RTCP	Real Time Control Protocol	Протокол управления реального времени
RTP	Reliable Transfer Protocol	Протокол передачи данных
RUDP	Reliable User Data Protocol	Надежный протокол передачи пользовательских данных
SA	Source Address	Адрес источника информации
SAN	Storage Area Networks	Технология распределенных сетей хранения информации
SAR	Segmentation and Reassembly	Подуровень сегментации и сборки

SBC	Session Border Controller	Пограничный контроллер сеансов
SBG-NE	Session Border Gateway – Network Edge	Пограничный шлюз сеансов – сетевое оборудование
S-CSCF	Serving Call Session Control Function	Функции управления сессией обслуживаемого вызова
SCCP	Signaling Connection Control Part	Подсистема управления соединением канала сигнализации
SCIM	Service Capability Interaction Manager	Управление взаимодействием плоскости приложений и ядра
SCP	Service Control Point	Пункт предоставления услуг
SCPC	Single Channel Per Carrier	Один канал на несущую
SCTA	Service/Control/Transport/Access	Услуга/Управление/Транспорт/Доступ (модель NGN в данной книге)
SCTP	Stream Control Transmission Protocol	Протокол передачи с управлением потоком
SDMA	Space-Division Multiple Access	Множественный доступ с пространственным разделением
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Синхронная цифровая иерархия
SDP	Session Description Protocol	Протокол управления сессиями
SDLC	Synchronous Data-Link Control	Синхронное управление звеном передачи данных
SDSL	Simmetrical Digital Subscriber Loop	Симметричная цифровая абонентская линия на одной паре
SG, SGW	Signalling Gateway	Шлюз сигнализации
SGSN	Serving GPRS Support Node	Узел предоставления услуг GPRS
SHDSL	Simmetric High-bit rate Digital Subscriber Line	Симметричная высокоскоростная цифровая абонентская линия
SIP	Session Initiation Protocol	Протокол установления сеансов
SIP AS	SIP Application Server	Сервер приложений на основе протокола SIP
SLA	Service Level Agreement	Соглашение об уровне обслуживания
SLARP	Serial Line Address Resolution Protocol	Протокол конвертации адресов последовательных каналов
SLF	Subscription Locator Function	Функции определения положения (базы данных)
SLIP	Serial Line Internet Protocol	Протокол последовательного межсетевоего обмена
SMDS	Switched Multimedia Digital Service	Коммутируемый мультимедийный цифровой сервис
SMLC	Serving Mobile Location Center	Обслуживающий центр мобильного позиционирования
SMS	Short Message Services	Служба передачи коротких текстовых сообщений
SMT	Station Management	Управление станцией
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol	Простой протокол электронной почты
SNAP	Standard Network Access Protocol	Стандартный протокол сетевого доступа

SNMP	Simple Network Management Protocol	Простой протокол управления сетью
SP	Signaling Point	Узел сигнализации
SPT	Spanning Tree Protocol	Протокол связующего дерева
SPTS	Single Program Transport Stream	Однопрограммный транспортный поток
STB	Set-Top-Box	Телевизионная приставка
STM	Synchronous Transport Module	Синхронный транспортный модуль
STP	Signaling Transfer Point	Транзитный пункт сигнализации
STUN	Serial Tunnel	Последовательный туннель
TALI	Transport Adapter Layer Interface	Интерфейс уровня согласования с транспортной сетью
TAS	Telephony Application Server	Сервер телефонных приложений
TCAP	Transaction Capabilities Application Part	Подсистема управления возможностью транзакций прикладного уровня
TCP	Transmission Control Protocol	Протокол управления передачей
TDD	Time Division Duplex	Дуплексная передача с временным разделением
TDM	Time Division Multiplexing	Мультиплексирование с временным разделением
TDP	Tag Distribution Protocol	Протокол распределения тегов
TG, TGW	Trunking Gateway	Магистральный шлюз
TMN	Telecommunication Management Network	Глобальная система управления сетями связи
ToS	Type of Services	Тип услуги
TP	Triple Play	Услуга тройного типа, триада
	Transport Packet	Транспортный пакет
TS	Transport Stream	Транспортный поток
TTL	Time To Live	Параметр времени жизни
TVoDSL	TV over DSL	Передача телевидения по DSL
TUP	Telephone User Part	Подсистема абонента телефонной сети
UDP	User Datagram Protocol	Протокол дейтаграмм пользователя
UE	User Equipment	Оборудование пользователя
UMAN	Unlicensed Mobile Access Network	Безлицензированная сеть мобильной связи
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Концепция универсальной мобильной сети
UNI	User-Network Interface	Интерфейс пользователь – сеть
URL	Uniform Resource Locators	Унифицированный указатель ресурсов
UTRAN	Universal mobile telecommunications system Terrestrial Radio Access	Сеть наземного радиодоступа универсальной службы мобильной связи
UWB	Ultra Wideband	Сверхширокополосный
VCAT	Virtual Concatanation	Виртуальная конкатенация
VDSL	Very high-bit-rate Digital Subscriber Line	Сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия
VLAN	Virtual LAN	Виртуальная локальная сеть

VLR	Visitor Location Register	Регистр местоположения подвижного абонента
VoATM	Voice over ATM	Передача речи в системе ATM
VoD	Video on Demand	Видео по запросу
VoDSL	Voice over DSL	Передача речи в системе DSL
VoIP	Voice over IP	Передача речи в пакетной сети IP
VPLS	Virtual Private LAN Services	Сервис виртуальных частных ЛВС
VPN	Virtual Private Network	Виртуальная частная (корпоративная) сеть
VPWS	Virtual Private Wire Service	Виртуальные частные проводные службы
VRF	VPN Routing & Forwarding Table	Таблица маршрутизации в технологии VPN
VRRP	Virtual Router Redundancy Protocol	Протокол резервирования виртуальных маршрутизаторов
VSAT	Very Small Aperture Terminal	Спутниковый терминал (станция) с малой апертурой
WAG	Wireless Access Gateway	Шлюз беспроводного доступа
WAN	Wide Area Network	Глобальная вычислительная сеть
WAP	Wireless Application Protocol	Протокол беспроводного доступа
WBTS	Wideband Base Transceiver Station	Базовая широкополосная приемопередающая станция
WCDMA	Wideband CDMA	Система широкополосного CDMA
WDM	Wavelength Division Multiplexing	Мультиплексирование с разделением по длине волны
Wi-Fi	Wireless Fidelity	Стандарт на оборудование беспроводного широкополосного доступа
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Стандарт на оборудование беспроводного широкополосного доступа
WIN	Workstation Interface Node	Узел взаимодействия с рабочими станциями
WLAN	Wireless LAN	Беспроводная локальная вычислительная сеть
WLL	Wireless Local Loop	Линия беспроводного абонентского доступа
WWW	World Wide Web	Глобальная гипертекстовая информационная система (всемирная паутина)
XML	Extensible Markup Language	Расширяемый язык разметки текста
XOT	X.25 Over TCP	Передача X.25 поверх TCP

Литература

1. Бакланов И.Г. Многопараметричность и ренессанс аналогового мышления. — М.: Метротек, 2005.
2. Бакланов И.Г. SDH → NGSDH: практический взгляд на развитие транспортных сетей. — М.: Метротек, 2006.
3. Бакланов И.Г. ADSL/ADSL+: технология и практика применения. — М.: Метротек, 2007.
4. Бакланов И.Г. ISDN и Frame relay: Технология и практика измерений. — М.: Эко-Трендз, 1998.
5. Бакланов И.Г. Тестирование и диагностика систем связи. — М.: Эко-Трендз, 2001.
6. Гургенидзе А. Мультисервисные сети. — М.: Datatel, 2003.
7. Танненбаум Э. Компьютерные сети. — СПб.: Питер, 2003.
8. Столингс В. Современные компьютерные сети. — СПб.: Питер, 2003.
9. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Softswitch. — СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2006.
10. Шнепс-Шнеппе М.А. Лекции по NGN. — М., 2005.
11. Linden A., Fenn J. Understanding Gartner's hype cycles. Gartner R-20, 1971.
12. Уилбер К. Краткая история всего. — М.: АСТ, 2006.
13. Сардар З., Абрамс И. Хаос без аспирина. — М.: Резулярная и хаотическая динамика, 2006. — 180 с.
14. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. — М., 2002.
15. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Сети PON. Стандарты // Lightwave Re. 2004. № 1.
16. Girard A. FTТх-PON: Technology and Testing. — EXFO, 2005.
17. Нагибин Ю. В Интернет через Ethernet. — www.nag.ru.
18. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. — М.: Эко-Трендз, 2005. — 384 с.
19. Nakhjiri M., Nakhjiri M. AAA and network security for mobile access: radius, diameter, EAP, PKI, and IP mobility. — John Wiley & Sons Ltd, 2005.
20. Барков Л. Сравнительный анализ систем Wi-Fi и WiMAX // Материалы семинара Академии Ай-Ти «Волжский утес». — Самара, 2006.
21. Next Generation Mobile Systems / Edited by Dr. M. Etoh. — John Wiley & Sons Ltd, 2005.
22. GSM, GPRS and EDGE Performance, 2nd Ed. / Ed. T. Halonen, J. Romero and J. Melero. — John Wiley & Sons, 2003.
23. Bannister P., Coope S. Convergence Technologies for 3G Networks: IP, UMTS, EGPRS and ATM J. — John Wiley & Sons, 2004.

24. Tjelta T. Ubiquitous broadband access // *Teletronikk*. 2006. № 2. www.telenor.com.
25. Lingraten L. Requirements to and architecture of hybrid broadband access networks // *Teletronikk*. 2006. № 2. www.telenor.com.
26. Settembre M., Letardy I. Interoperability issues for hybrid access and backhaul networks // *Teletronikk*. 2006. № 2. www.telenor.com.
27. Howson C. Technology outlook for broadband and mobile networks // *Teletronikk* 2006. № 2. www.telenor.com.
28. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Технология и протоколы MPLS. — СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2005.
29. Гольдштейн Б.С, Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети. — М.: Радио и связь, 2000.
30. Кун Т. Структура научно-технических революций. — М.: АСТ, 2002.
31. Шелухин О., Тенякшев А., Осин А. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. — М.: Изд. предприятие ред. журнала «Радиотехника», 2003.
32. Chouinard G. Bringing broadband access to rural and remote areas. The Canadian experience // *ITU News*. 2006. № 3. P. 24–28.
33. Жирар А. Руководство по технологии и тестированию систем WDM. — М.: EXFO, 2001.
34. Гольдштейн А.Б. Устройства управления мультисервисными сетями: Soft-switch. // *Вестник связи*. 2002. № 4.
35. Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи. Том 1. 4-е изд. — СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2005.
36. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа. Том 2. 3-е изд. — СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2005.
37. Гольдштейн Б.С, Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. — М.: Радио и связь, 2003.
38. Гольдштейн Б.С, Фрейнкман В.А. Call-центры и компьютерная телефония. — СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2002.
39. Гольдштейн Б.С, Зарубин А.В., Саморезов В.В. Протокол SIP. Справочник. — СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2005.
40. Шнепс-Шнеппе М.А. NGN: Softswitch умирает // *Connect! Мир связи*. 2003. № 5.
41. Шнепс-Шнеппе М.А. Протокол сигнализации SIP в сети 3G: нерешенные вопросы // *Мобильные системы*. 2005. № 1.
42. Poikselka M., Mayer G., Khartabil H., Niemi A. The IMS IP Multimedia Concepts and Services in the Mobile Domain, — *Jorn Wiley*, 2004.
43. Деарт В.Ю. Мультисервисные сети. Т. 1. — М.: Изд-во МГУСИ, 2007.
44. Ребров П. IPTV и Телевидение 2.0 // Доклад на конференции «Triple Play и IPTV — от теории к практике!», 5 июня 2007 г.
45. О'Рейли Т. Что такое Веб 2.0? // *Компьютера-Online*. 18 октября 2005 г.
46. Росляков А.В. Виртуальные частные сети. — М.: Эко-Трендз, 2006.
47. Тюхтин М.Ф. Интернет-телевидение. — М.: Горячая линия-Телеком, 2008.

Издание для специалистов

Игорь Геннадьевич БАКЛАНОВ

NGN: ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ

ЛР № 065232 от 20.06.97

Подписано в печать с оригинал-макета 28.11.2007.

Формат 70×100/16. Тираж 2000 экз.

Бумага офсетная № 1. Гарнитура Computer Modern.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 32,5. Зак. № 1694

Информационно-технический центр «Эко-Трендз»

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных диапозитивов в ППП «Типография «Наука»

121099, Москва, Шубинский пер., 6