

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

АЛМАТИНСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

*С. В. Коньшин*

**ТРАНКИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Алматы 2000

## ВВЕДЕНИЕ

Транкинг - это метод свободного доступа большого числа абонентов к ограниченному числу каналов (пучку, стволу или по зарубежной терминологии-транку). Поскольку в какой-либо момент времени не все абоненты активны, необходимое количество каналов значительно меньше общего числа абонентов. Например, при числе каналов, равном 5 ( 4 речевых каналов и 1 канал управления ), транкинговая система в состоянии обслужить около 300 абонентов.

По сравнению с обычной случайной радиосвязью транкинговая радиосистема характеризуется следующими отличиями:

- эффективное использование частотного ресурса;
- увеличение зоны обслуживания путем создания многозоновой сети;
- выход на телефонную сеть общего пользования;
- множество сервисных возможностей;

В сравнении с сотовыми системами к преимуществам транкинговых радиосистем следует отнести:

- гибкую систему вызовов - индивидуальный, групповой, вещательный, приоритетный, аварийный и др.
- гибкую систему нумерации – от порожних двухзначных до полноценных звуковых номеров;
- малое время установления соединения – доли секунды против нескольких секунд в сотовых системах;
- экономичность – по стоимости оборудования и по эксплуатационным расходам простейшие транкинговые радиосистемы в несколько раз экономичнее сотовых систем.

Далее в пособии рассматриваются транкинговые системы или радиально-зоновые системы наземной подвижной радиосвязи, осуществляющие автоматическое распределение каналов связи ретрансляторов между абонентами. Это достаточно общее определение, но оно содержит совокупность признаков, объединяющих все транкинговые системы, от простейших SmarTrunk до сверхсовременных TETRA. Термин "транкинг" происходит от английского *Trunking*, что можно перевести как "объединение в пучок".

## 1 ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРАНКИНГОВЫХ СИСТЕМ

## 1.1 АРХИТЕКТУРА ТРАНКИНГОВЫХ СИСТЕМ

### Однозоновые системы

Основные архитектурные принципы транкинговых систем легко просматриваются на обобщенной структурной схеме однозонавой транкинговой системы, представленной на рисунке 1.1. Инфраструктура транкинговой системы представлена базовой станцией (БС), в состав которой, помимо радиочастотного оборудования (ретрансляторы, устройство объединения радиосигналов, антенны), входят также коммутатор, устройство управления и интерфейсы различных внешних сетей.

**Ретранслятор.** Под ретранслятором в данном случае понимается набор приемопередающего оборудования, обслуживающего одну пару несущих частот. До последнего времени в подавляющем большинстве транкинговых систем одна пара несущих означала один канал трафика. Сегодня, с появлением систем стандарта TETRA, предусматривающего временное уплотнение, один ретранслятор может обеспечить четыре канала трафика.

**Антенны.** Важнейший принцип построения транкинговых систем заключается в том, чтобы создавать зоны радиопокрытия настолько большими, насколько это возможно. Поэтому антенны базовой станции, как правило, размещаются на высоких мачтах или сооружениях и имеют круговую диаграмму направленности. Разумеется, при расположении базовой станции на краю зоны применяются направленные антенны. Базовая станция может располагать как единой приемопередающей антенной, так и отдельными антеннами для приема и передачи. В некоторых случаях на одной мачте могут размещаться несколько приемных антенн для борьбы с замираниями, вызванными многолучевым распространением.

**Устройство объединения радиосигналов** позволяет использовать одно и то же антенное оборудование для одновременной работы приемников и передатчиков на нескольких частотных каналах. Ретрансляторы транкинговых систем работают только в дуплексном режиме, причем разнос частот приема и передачи (дуплексный разнос) в зависимости от рабочего диапазона составляет от 4,5 МГц до 45 МГц.

**Коммутатор** в однозонавой транкинговой системе обслуживает весь ее трафик, включая соединение подвижных абонентов с телефонной сетью общего пользования (ТФОП) и все вызовы, связанные с передачей данных.

**Устройство управления** обеспечивает взаимодействие всех узлов базовой станции. Оно также обрабатывает вызовы, осуществляет аутентификацию вызывающих абонентов (проверку "свой-чужой"), ведение очередей вызовов и внесение записей в базы данных повременной оплаты. В некоторых системах управляющее устройство регулирует максимально допустимую продолжительность соединения с телефонной сетью. Как правило, используются два варианта регулирования: уменьшение продолжительности соединений в заранее заданные часы наибольшей нагрузки, или адаптивное изменение продолжительности соединения в зависимости от текущей нагрузки.

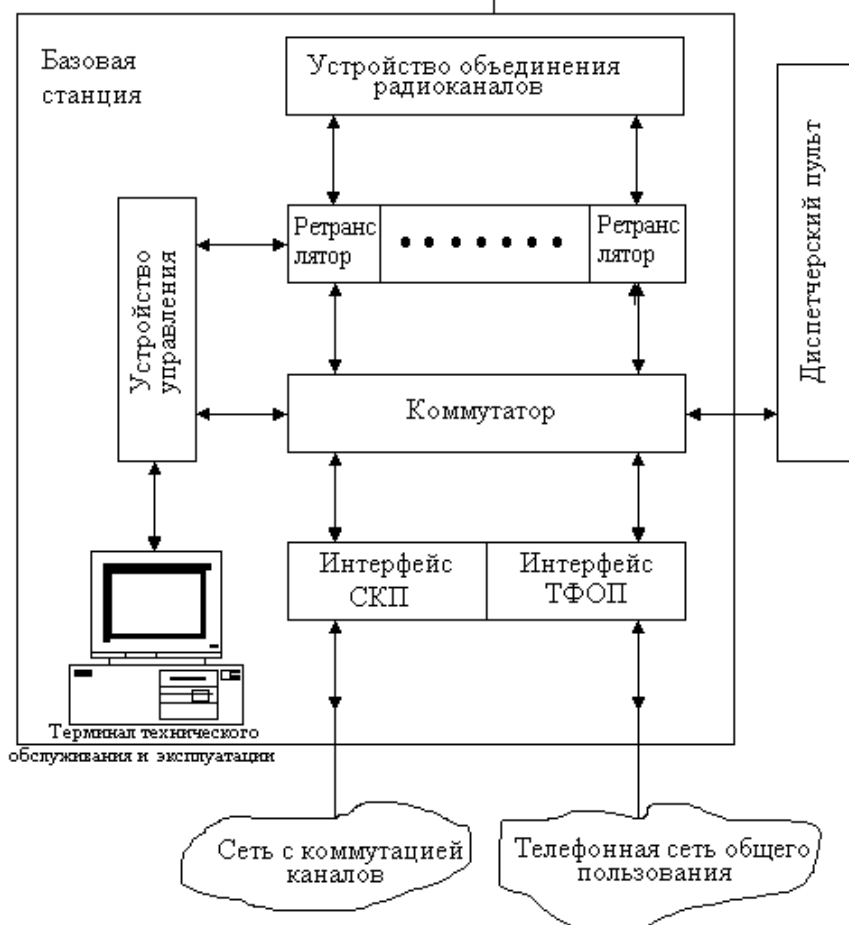
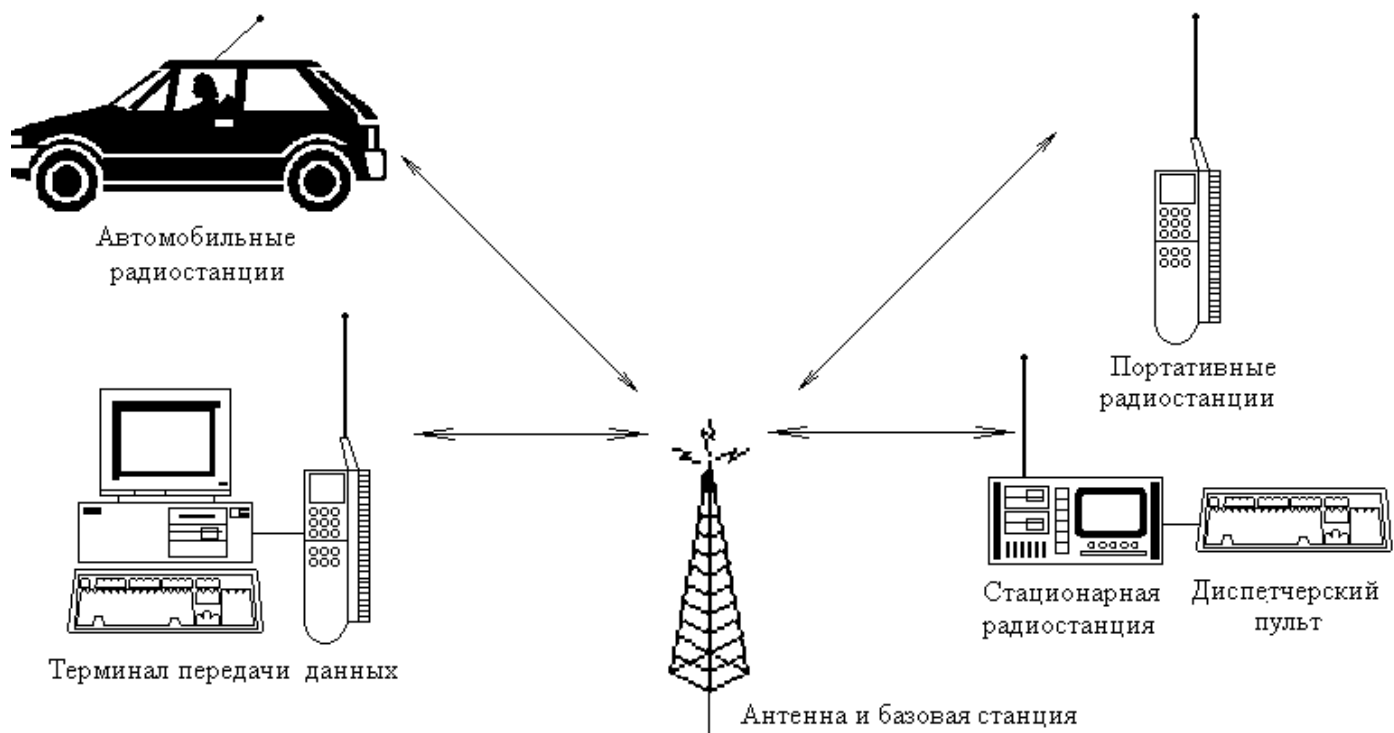


Рисунок 1.1 Обобщенная структура однозонавой транкинговой системы

**Интерфейс ТФОП** реализуется в транкинговых системах различными способами. В недорогих системах (например, SmartTrunk) подключение может производиться по двухпроводным коммутируемым линиям. Более сложные транкинговые системы имеют в своем составе интерфейсы, позволяющие подключаться к аппаратуре АТС по соединительным линиям, что обеспечивает доступ к абонентам транкинговой сети с использованием стандартной нумерации АТС. В составе транкинговых систем, претендующих на высокое качество обслуживания, имеются также интерфейсы, обеспечивающие цифровое ИКМ-соединение с аппаратурой АТС.

Возможность соединения с ТФОП является традиционной для транкинговых систем. В последнее время все более возрастает и число приложений, предполагающих передачу данных, в связи с чем наличие интерфейса сети с коммутацией пакетов (СКП) становится обязательным требованием к транкинговым системам высокого уровня.

**Терминал технического обслуживания и эксплуатации** (терминал ТОЭ) располагается, как правило, на базовой станции однозоновой сети. Терминал предназначен для контроля за состоянием системы, проведения диагностики неисправностей, учета тарификационной информации, внесения изменений в базу данных абонентов. Подавляющее большинство выпускаемых и разрабатываемых транкинговых систем имеют возможность удаленного подключения терминала ТОЭ через ТФОП или СКП.

**Диспетчерский пульт.** Необязательными, но очень характерными элементами инфраструктуры транкинговой системы являются диспетчерские пульта. Дело в том, что транкинговые системы используются в первую очередь теми потребителями, чья работа не обходится без диспетчера. Это службы охраны правопорядка, скорая медицинская помощь, пожарная охрана, транспортные компании, муниципальные службы.

Диспетчерские пульта могут включаться в систему по абонентским радиоканалам, или подключаться по выделенным линиям непосредственно к коммутатору базовой станции. Следует отметить, что в рамках одной транкинговой системы может быть организовано несколько независимых сетей связи, каждая из которых может иметь свой диспетчерский пульт. Пользователи каждой из таких сетей не будут замечать работы соседей, и что не менее важно, не смогут вмешиваться в работу других сетей.

**Абонентское оборудование** транкинговых систем включает в себя широкий набор устройств. Как правило, наиболее многочисленными являются *полудуплексные радиостанции*, т.к. именно они в наибольшей степени подходят для работы в замкнутых группах. В большинстве своем это радиостанции с ограниченным числом функций, не имеющие цифровой клавиатуры. Их пользователи, как правило, имеют возможность связываться лишь с абонентами внутри своей рабочей группы, а также посылать экстренные вызовы диспетчеру. Впрочем, этого вполне достаточно для большинства потребителей услуг связи транкинговых систем. Выпускаются и полудуплексные радиостанции с широким набором функций и цифровой клавиатурой, но они, будучи несколько дороже, предназначены для более узкого привилегированного круга абонентов.

В транкинговых системах, особенно рассчитанных на коммерческое

использование, применяются также *дуплексные радиостанции*, скорее напоминающие сотовые телефоны, но обладающие значительно большей функциональностью по сравнению с последними. Дуплексные радиостанции транкинговых систем обеспечивают пользователям полноценное соединение с ТФОП. Что же касается групповой работы в радиосети, то она производится в полудуплексном режиме. В корпоративных транкинговых сетях дуплексные радиостанции применяются в первую очередь для персонала высшего звена управления.

Стоимость дуплексных транкинговых радиостанций значительно выше, чем сотовых телефонов: до \$1800 для аналоговых дуплексных радиостанций диапазона 450 МГц и до \$2500 для цифровых дуплексных радиостанций диапазона 800 МГц. Следует иметь в виду, что из-за ограниченной мощности портативных дуплексных станций, не превышающей 1 Вт, дальность связи для них существенно меньше, чем для полудуплексных станций.

Как полудуплексные, так и дуплексные транкинговые радиостанции выпускаются не только в портативном, но и в автомобильном исполнении. Как правило, выходная мощность передатчиков автомобильных радиостанций в 3-5 раз выше, чем у портативных радиостанций.

Относительно новым классом устройств для транкинговых систем являются *терминалы передачи данных*. В аналоговых транкинговых системах терминалы передачи данных - это специализированные радиомодемы, поддерживающие соответствующий протокол радиоинтерфейса. Для цифровых систем более характерно встраивание интерфейса передачи данных в абонентские радиостанции различных классов. Как правило, это асинхронный интерфейс типа RS-232. В состав автомобильного терминала передачи данных иногда включают и спутниковый навигационный приемник системы GPS (Global Positioning System), предназначенный для определения текущих координат и последующей передачи их диспетчеру на пульт.

В транкинговых системах используются также *стационарные радиостанции*, преимущественно для подключения диспетчерских пультов. Выходная мощность передатчиков стационарных радиостанций приблизительно такая же, как у автомобильных радиостанций.

### **Многозоновые системы**

Ранние стандарты транкинговых систем не предусматривали каких-либо механизмов взаимодействия различных зон обслуживания. Между тем, требования потребителей значительно возросли, и хотя оборудование для однозоновых систем до сих пор производится и успешно продается, все вновь разрабатываемые транкинговые системы и стандарты являются многозоновыми.

Архитектура многозоновых транкинговых систем может строиться по двум различным принципам. В том случае, если определяющим фактором является стоимость оборудования, используется *распределенная межзональная коммутация*. Структура такой системы показана на рисунке 1.2. Каждая базовая станция в такой системе имеет свое собственное подключение к ТФОП. Этого уже вполне достаточно для организации многозоновой системы - при необходимости вызова из одной зоны в другую он производится через интерфейс ТФОП, включая процедуру набора телефонного номера. Кроме того, базовые станции могут быть

непосредственно соединены с помощью физических выделенных линий связи (чаще всего используются малоканальные радиорелейные линии) /1/.

В последнее время в качестве средства для объединения зон транкинговых систем стали всерьез рассматриваться сети с коммутацией пакетов (СКП). Так, в новейшей цифровой системе DigiStar фирмы Digital Wireless Corporation в качестве опорной сети для объединения зон может использоваться любая СКП, поддерживающая протокол IP, в том числе глобальная сеть Интернет. Принимая во внимание тот факт, что стоимость доступа к Интернет намного ниже стоимости междугородной телефонной связи, и уж тем более ниже стоимости установки собственных выделенных физических линий, решение фирмы Digital Wireless Communications нельзя не признать заслуживающим внимания.

Тем не менее, нельзя не признать, что использование распределенной межзональной коммутации пригодно лишь для систем с небольшим количеством зон и с невысокими требованиями к оперативности трансзональных вызовов (особенно в случае соединения через коммутируемые каналы ТФОП). В системах с высоким качеством обслуживания используется другая архитектура многозоновых систем - архитектура с *централизованной коммутацией*.

Структура многозоновой транкинговой системы с межзональной коммутацией показана на рисунке 1.3. Важнейший элемент этой схемы - межзональный коммутатор. Он обрабатывает все виды межзональных вызовов, т.е. весь межзональный трафик проходит через один коммутатор, соединенный с базовыми станциями по выделенным линиям. Это обеспечивает быструю обработку вызовов и возможность подключения централизованных диспетчерских пультов. Информация о местонахождении абонентов системы с централизованной коммутацией хранится в единственном месте, поэтому ее легче защитить.

Кроме того, межзональный коммутатор осуществляет также функции централизованного интерфейса ТФОП и СКП, что позволяет при необходимости полностью контролировать как речевой трафик телефонной сети, так и трафик всех приложений передачи данных, связанный с внешними СКП, например Интернет. Таким образом, система с централизованной коммутацией обладает более высокой управляемостью. За все эти преимущества приходится дорого платить - стоимость одного только коммутатора составляет сотни тысяч долларов, а ведь нужно еще оплатить его подключение к базовым станциям по выделенным линиям.

### **Выводы**

Итак, можно выделить несколько важнейших архитектурных признаков, присущих транкинговым системам.

Во-первых, это *ограниченная (а значит, недорогая) инфраструктура*. В многозоновых транкинговых системах она более развита, но все равно не идет ни в какое сравнение с мощностью инфраструктуры сотовых сетей.

Во-вторых, это *большой пространственный охват зон обслуживания базовых станций*, который объясняется необходимостью поддержания групповой работы на обширных территориях и требованиями минимизации стоимости системы. В сотовых сетях, где инвестиции в инфраструктуру быстро окупаются, а трафик постоянно растет, базовые станции размещаются все более плотно, а радиус зон покрытия (сот) уменьшается. При развертывании транкинговых систем все обстоит несколько иначе - объем финансирования, как правило, ограничен,

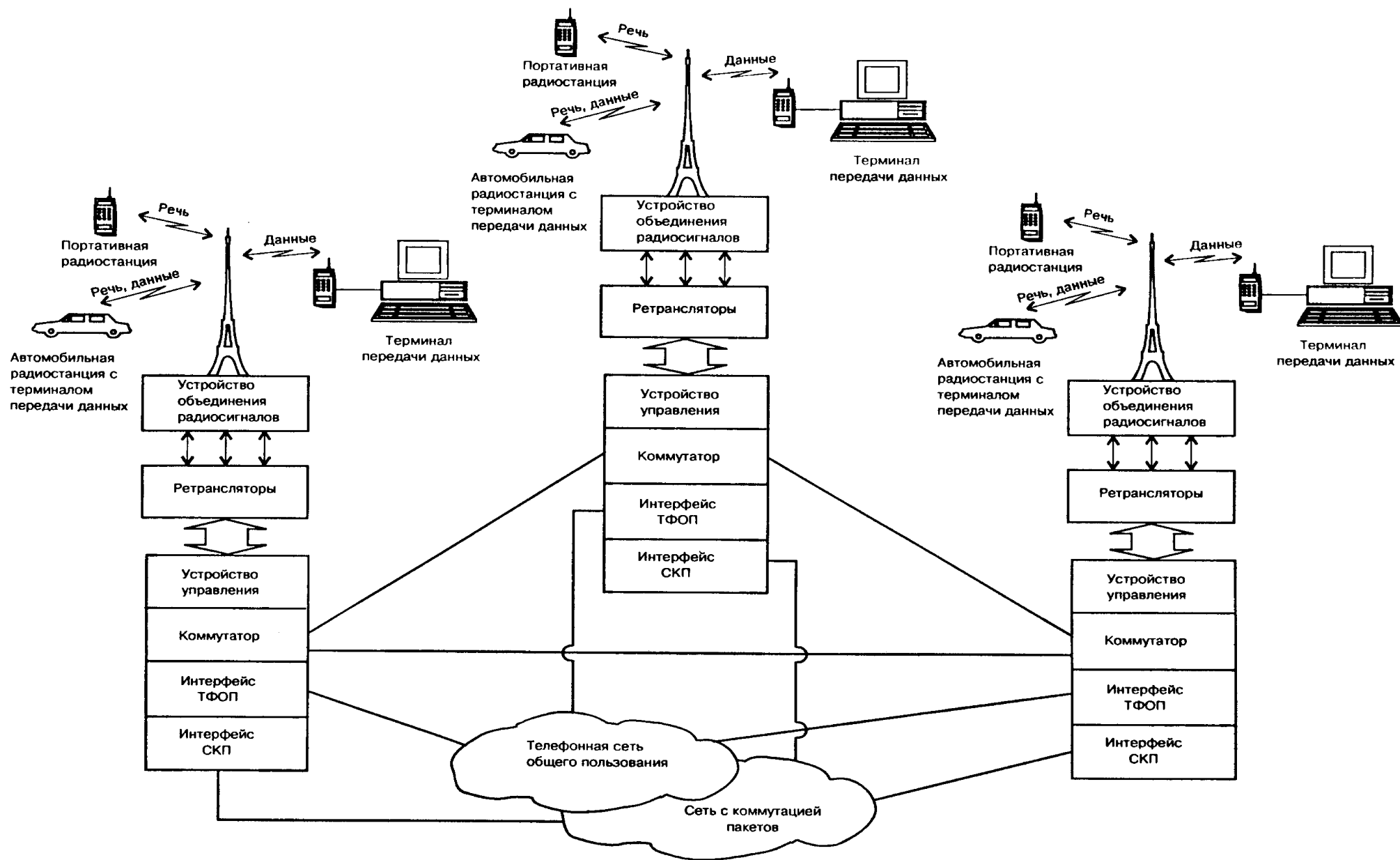


Рисунок 1.2. Обобщенная структура транкинговой системы с распределенным каналом управления



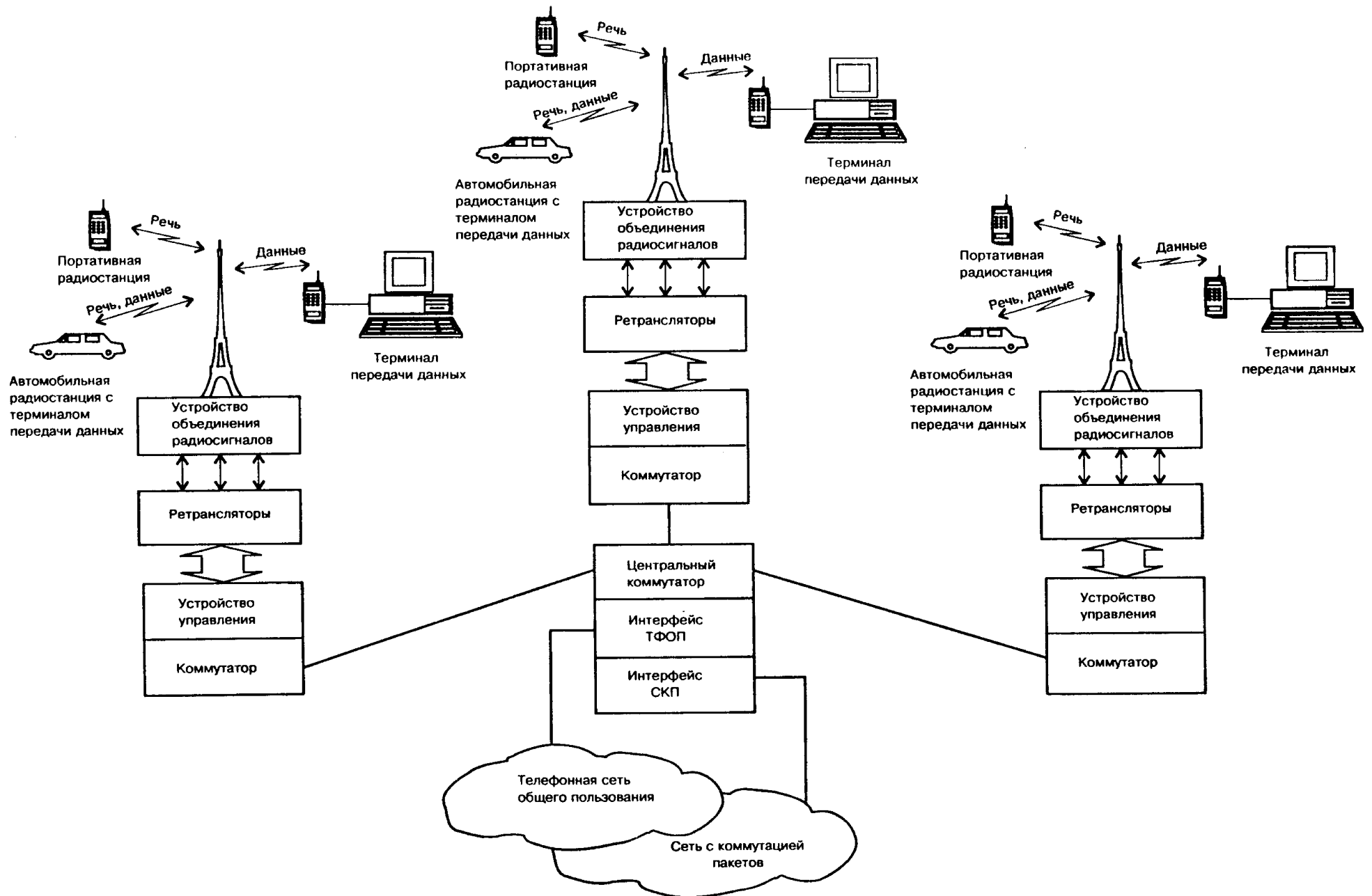


Рисунок 1.3 Обобщенная структура транкинговой системы с централизованной межзональной коммутацией

и для достижения высокой эффективности капиталовложений нужно обслужить с помощью одного комплекта оборудования базовой станции возможно более обширную территорию.

В-третьих, *широкий набор абонентского оборудования* позволяет транкинговым системам охватить практически весь спектр потребностей корпоративного потребителя в подвижной связи. Возможность обслуживания разнородных по функциональному назначению устройств в единой системе - это еще один путь к минимизации расходов.

В-четвертых, транкинговые системы позволяют на базе своих каналов организовать независимые выделенные сети связи (или, как принято говорить в последнее время, частные виртуальные сети). Это означает, что несколько организаций могут совместными усилиями развернуть единую систему вместо установки отдельных систем. При этом достигается ощутимая экономия радиочастотного ресурса, а также снижение стоимости инфраструктуры.

## **1.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНКИНГОВЫХ СИСТЕМ**

Для классифицирования транкинговых систем связи можно использовать следующие признаки.

### **Метод передачи речевой информации**

По методу передачи речевой информации транкинговые системы подразделяются на аналоговые и цифровые. Передача речи в радиоканале аналоговых систем осуществляется с использованием частотной модуляции, а шаг сетки частот обычно составляет 12,5 кГц или 25 кГц.

Для передачи речи в цифровых системах используются различные типы вокодеров, преобразующих аналоговый речевой сигнал в цифровой поток со скоростью не более 4,8 Кбит/с.

### **Количество зон**

В зависимости от количества базовых станций и общей архитектуры различают однозоновые и многозоновые системы. Первые располагают лишь одной базовой станцией, вторые - несколькими БС с возможностью роуминга.

### **Метод объединения базовых станций в многозоновых системах**

Базовые станции в транкинговых системах могут объединяться с помощью единого коммутатора (системы с централизованной коммутацией), а также соединяться друг с другом непосредственно или через сети общего пользования (системы с распределенной коммутацией).

### **Тип многостанционного доступа**

В подавляющем большинстве транкинговых систем, включая и цифровые системы, используется многостанционный доступ с частотным разделением (МДЧР). Для систем МДЧР справедливо соотношение "одна несущая - один канал".

В однозоновых системах стандарта TETRA используется многостанционный доступ с временным уплотнением (МДВР). В то же время в многозоновых системах стандарта TETRA используется комбинация МДЧР и МДВР.

### **Способ поиска и назначения канала**

По способу поиска и назначения канала различают системы с децентрализованным и централизованным управлением.

В системах с децентрализованным управлением процедуру поиска свободного канала выполняют абонентские радиостанции. В этих системах ретрансляторы базовой станции обычно не связаны друг с другом и работают независимо. Особенностью систем с децентрализованным управлением является относительно большое время установления соединения между абонентами, растущее с увеличением числа ретрансляторов. Такая зависимость вызвана тем, что абонентские радиостанции вынуждены непрерывно последовательно сканировать каналы в поисках вызывного сигнала (последний может поступить от любого ретранслятора) или свободного канала (если абонент сам посылает вызов). Наиболее характерными представителями данного класса являются системы протокола SmartTrunk.

В системах с централизованным управлением поиск и назначение свободного канала производится на базовой станции. Для обеспечения нормального функционирования таких систем организуются каналы двух типов: рабочие (Traffic Channels) и канал управления (Control Channel). Все запросы на предоставление связи направляются по каналу управления. По этому же каналу базовая станция извещает абонентские устройства о назначении рабочего канала, отклонении запроса, либо о постановке запроса в очередь.

### **Тип канала управления**

Во всех транкинговых системах каналы управления являются цифровыми. Различают системы с выделенным частотным каналом управления и системы с распределенным каналом управления. В системах первого типа передача данных в канале управления производится со скоростью до 9,6 Кбит/с, а для разрешения конфликтов используются протоколы типа ALOHA.

Выделенный канал управления имеют все транкинговые системы протокола MPT1327, системы фирмы Motorola (Startsite, Smartnet, Smartzone), система EDACS фирмы Ericsson и некоторые другие.

В системах с распределенным каналом управления информация о состоянии системы и поступающих вызовах распределена между низкоскоростными субканалами передачи данных, совмещенными со всеми рабочими каналами. Таким образом, в каждом частотном канале системы передается не только речь, но и данные канала управления. Для организации такого парциального канала в аналоговых системах обычно используется субтональный диапазон частот (0 – 300) Гц. Наиболее характерными представителями данного класса являются системы протокола LTR.

### **Способ удержания канала**

Транкинговые системы позволяют абонентам удерживать канал связи на протяжении всего разговора, или только на время передачи. Первый способ, называемый также транкингом сообщений (Message Trunking), наиболее традиционен для систем связи, и обязательно используется во всех случаях применения дуплексной связи или соединения с ТФОП.

Второй способ, предусматривающий удержание канала только на время

передачи, называется транкингом передач (Transmission Trunking). Он может быть реализован только при использовании полудуплексных радиостанций. В последних передатчик включается только на время произнесения абонентом фраз разговора. В паузах между окончанием фраз одного абонента и началом ответных фраз другого передатчики обеих радиостанций выключены. Некоторые транкинговые системы эффективно используют такие паузы, освобождая рабочий канал немедленно после окончания работы передатчика абонентской радиостанции. Для ответной реплики назначение рабочего канала будет произведено заново, при этом реплики одного и того же разговора будут, скорее всего, передаваться по разным каналам.

Платой за некоторое повышение эффективности использования системы в целом при применении транкинга передач служит снижение комфортности переговоров, особенно в часы высокой нагрузки. Рабочие каналы для продолжения начатого разговора в такие периоды будут предоставляться с задержкой, достигающей нескольких секунд, что приведет к фрагментарности и раздробленности разговора.

### **Классификационное распределение существующих систем**

Все многообразие созданных транкинговых систем легко представить, взглянув на рисунок 1.4. На нем показано распределение систем по отдельным классификационным признакам /2/.

Следует отметить, что на рисунке приведены далеко не все системы, стандарты и протоколы. Так, например, существует множество схожих систем с различными названиями, базирующихся на протоколах SmartTrunk и SmartTrunk II.

В области цифровых систем с частотным разделением пока существует один признанный стандарт - APCO 25. Готовится к принятию стандарт Tetrapol PAS. Остальные цифровые системы (EDACS Aegis, DigiStar)-фирменные. Следует отметить, что практически все представленные на рисунке цифровые системы описаны в настоящем издании.

## **2 АНАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ**

### **2.1 ТРАНКИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ ПРОТОКОЛА MPT 1327**

#### **2.1.1 ВВЕДЕНИЕ**

Транкинговый протокол MPT 1327 был разработан в связи с необходимостью более эффективной организации радиотелефонной связи в диапазоне частот 174-225 МГц, выделенном для сухопутной подвижной службы Великобритании. В проекте под руководством Департамента торговли и промышленности (DTI) приняли участие несколько ведущих производителей радиооборудования, в том числе Philips и Motorola. Сокращение MPT (эм-пи-ти) - это начальные буквы наименований различных стандартов и рекомендаций Минсвязи Великобритании (Ministry of Post and Telegraph), похожее на наше сокращение "ГОСТ".

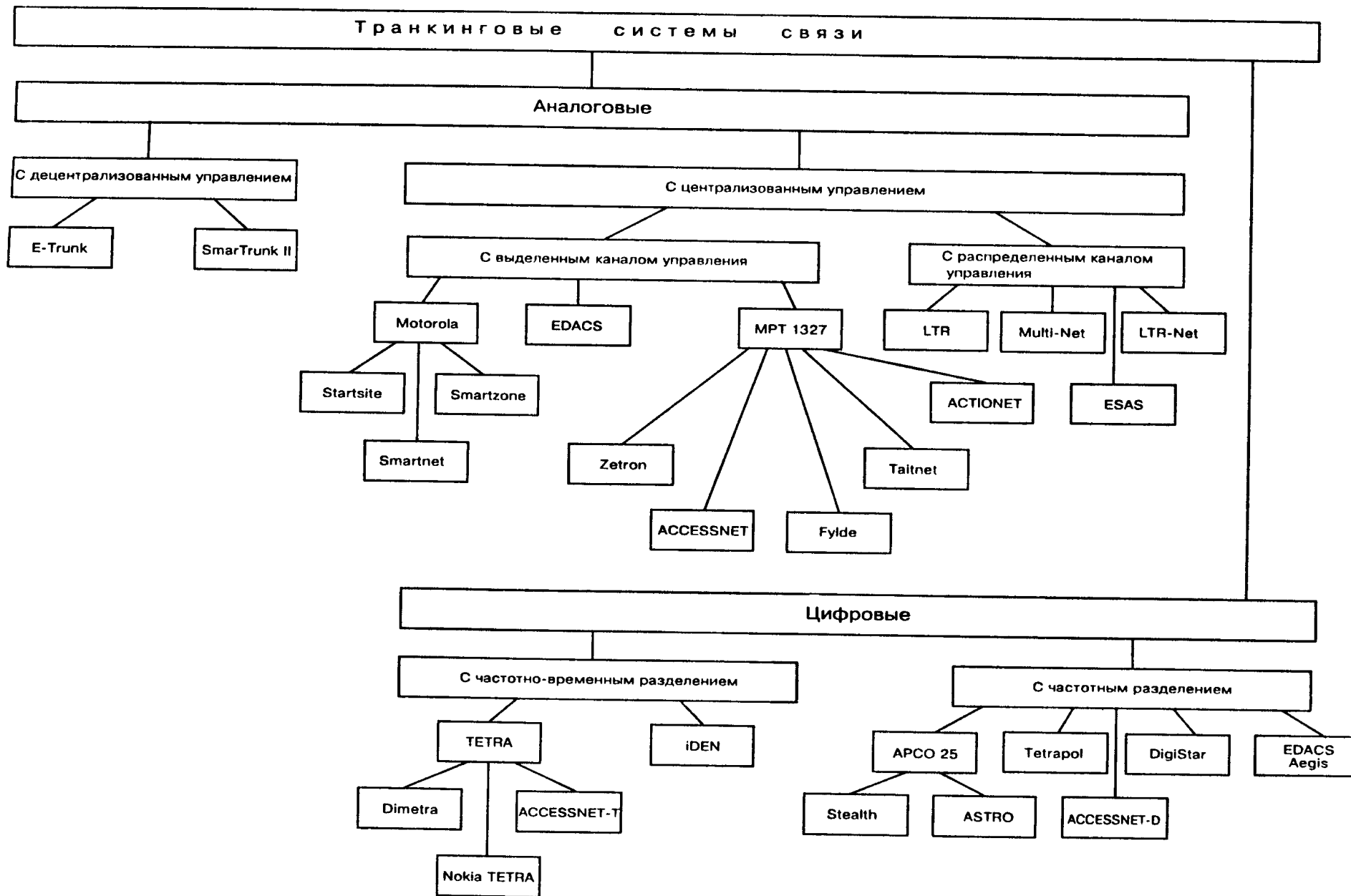


Рисунок 1.4. Классификационное распределение транкинговых систем



Документ "MPT 1327. A Signaling Standard for Trunked Private Land Mobile Radio Systems", впервые опубликованный в январе 1988 года, содержит подробные характеристики, определяющие протокол сигнализации для ведомственных систем сухопутной подвижной радиосвязи с автоматическим доступом к свободным каналам. Протокол MPT 1327 определяет правила обмена между транкинговыми контроллерами системы и абонентскими радиостанциями /3/.

К настоящему времени протокол MPT 1327 стал де-факто не только общеевропейским стандартом для транкинговых систем, но и получил широкое распространение в странах Британского Содружества (Австралия, Новая Зеландия, Гонконг), а также во многих странах мира за исключением, пожалуй, США и Канады.

Разнообразие характеристик и функций, предусмотренных в протоколе MPT 1327, является особенно привлекательным для замкнутых групп абонентов или "корпоративных пользователей", типичных абонентов транкинговых систем во всем мире. Однако системы протокола MPT 1327 нашли свое применение и в качестве систем общего пользования.

Уже в процессе опытной эксплуатации первых систем MPT 1327 стала очевидной необходимость разработки еще нескольких стандартов, содержащих дополнительные требования к *транкинговым системам общего пользования*, определяющих процедуры тестирования и т.д. В результате были разработаны следующие стандарты:

MPT 1343 - регламентирует процедуры обмена сообщениями по радиоканалу между мобильными абонентами и базовыми станциями транкинговых систем общего пользования с протоколом MPT 1327

MPT 1347 - содержит дополнительные спецификации радиointерфейса для стационарных абонентских радиостанций транкинговых систем общего пользования, не отраженные в стандарте MPT 1343

MPT 1352 - регламентирует процедуры испытаний и оценки качества радиостанций протокола MPT 1327 для транкинговых систем общего пользования.

В выпущенном за два года до появления MPT 1327 "инженерном меморандуме" MPT 1318 изложены методы статистических исследований параметров систем двухсторонней радиосвязи, в том числе и транкинговых систем. В соответствии с рекомендациями MPT 1318, выдача результатов должна производиться в виде диаграмм, что облегчает оценку эксплуатационных показателей, качества обслуживания и пропускной способности систем протокола MPT 1327.

Следует еще раз подчеркнуть, что протокол MPT 1327 определяет только эфирный протокол обмена между транкинговыми контроллерами и абонентскими радиостанциями и не накладывает жестких ограничений на инфраструктуру транкинговых сетей.

В конкретной системе совершенно не обязательно реализовывать все без исключения функции MPT 1327. Необходимо обеспечить какой-то обязательный минимум требований, а в остальном система может быть подстроена под пожелания конкретного заказчика.

Отличия транкинговых систем MPT 1327 различных производителей и заключаются прежде всего в том, насколько широко в них реализованы возможности протокола MPT 1327 сверх "обязательного минимума". Транкинговые контроллеры тех систем, где набор реализованных функций весьма широк

(например, контроллеры *ACCESSNET*), могут быть существенно дороже, чем контроллеры более простых систем (*Fylde*, *Taitnet*). Однако если транкинговая система имеет перспективы развития, то удешевление инфраструктуры на первом этапе вероятнее всего обернется необходимостью полной замены дорогостоящего базового оборудования в будущем.

### 2.1.2 ВОЗМОЖНОСТИ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫЕ АБОНЕНТАМ

Системы протокола MPT 1327 строятся с выделенным *каналом управления*, в качестве которого используется один из каналов базовой станции. На этом канале в цифровом виде передаются команды управления и некоторые виды данных. Остальные каналы базовой станции являются *рабочими каналами* и предназначены для речевой связи *радиоабонентов* (РА) и передачи данных произвольной длины.

В транкинговых системах протокола MPT 1327 передача речевых сообщений на рабочих каналах осуществляется, как правило, в аналоговом виде, а служебная информация и короткие блоки данных передаются по каналу управления в цифровой форме.

#### Виды связи

Стандартный вариант протокола MPT 1327 предусматривает для РА следующие виды связи:

*Голосовая связь (Speech Call)* - РА может затребовать индивидуальную или групповую связь с обычным или высоким приоритетом. При групповом вызове вызывающий РА может определить, будет ли вестись связь в режиме общего радиообмена, либо в режиме оповещения, когда говорить может только вызывающий РА, а все остальные только слушают.

*Передача данных (Data Call)* - Передача данных произвольной длины на рабочем канале. РА может задать обычный или высокий приоритет, а для групповых вызовов определить, могут ли члены группы отвечать. Дополнительные требования к стандартному методу обмена данными содержатся в документе MAP 27.

*Аварийный вызов (Emergency Call)* - Вызов с максимально возможным приоритетом. РА может задать голосовую связь или передачу данных, а для группового вызова определить, могут ли члены группы отвечать.

Действия, которые должны быть предприняты в случае получения аварийного вызова, определяются заказчиком.

*Связь с подключением (Include Call)* - Во время *сеанса* связи двух РА один из них может затребовать, чтобы к связи подключился третий (четвертый, пятый и т.д.) РА. Эта возможность используется также для реализации конференц-связи и для переадресации вызовов.

*Статусные сообщения (Status Messages)* - В системах MPT 1327 предусмотрена передача до 30 цифровых "статусных" сообщений длиной 5 бит, смысл которых может быть заранее определен заказчиком. Статусные сообщения передаются на канале управления как между РА, так и между транкинговым контроллером и РА. Статусные сообщения не могут быть адресованы группе РА, а также абонентам УАТС или городских АТС.

*Короткие блоки данных (Short Data Messages)* - Это цифровые сообщения произвольной формы длиной до 184 бит, которые передаются на канале управления между РА или между транкинговым контроллером и РА.

Кроме того, во многих системах MPT 1327 реализована возможность передачи



на канале управления расширенных блоков данных (Extended Data Messages), которые состоят из четырех коротких блоков данных, связанных вместе, и имеют длину до 736 бит.

### **Передача вызовов**

РА может передать запрос на установление связи (вызов) со следующими видами абонентов:

- с конкретным РА или с конкретным *линейным устройством* (ЛУ);
- с группой РА или со всеми РА в системе;
- с абонентом учрежденческой АТС (УАТС), номер которого должен содержать не более 9 цифр;
- с абонентом городской АТС, номер которого должен содержать не более 31 цифры.

Кроме того, РА может передавать *транкинговому контроллеру* (ТК) статусные сообщения, короткие и расширенные блоки данных

Из приведенных выше терминов пояснений требует, пожалуй, только "линейное устройство" (ЛУ). Так в системах МРТ 1327 называют специальные терминалы, по виду похожие на телефонные аппараты, которые подключаются к ТК по проводным линиям связи, имеют собственный абонентский номер в транкинговой системе и дают возможность непосредственного выхода в транкинговую сеть, когда поднята трубка и набран тот или иной номер РА или группы связи. В свою очередь РА могут вызывать линейные устройства точно также, как они вызывают других РА.

### **Прием вызовов**

РА может принимать все виды сообщений от других РА или от ЛУ, а также от абонентов УАТС или городских АТС (при связи с последними не обеспечивается передача статусных сообщений). Кроме того, РА может принимать от ТК статусные сообщения, короткие и расширенные блоки данных.

Поступающие вызовы могут быть адресованы персонально РА, либо группе связи, к которой он принадлежит. РА может входить в произвольное число групп связи, при этом его групповые адреса могут выбираться независимо от индивидуального адреса.

РА может отказаться от приема всех поступающих вызовов, например, путем включения сигналов "занято" или "вышел из автомашины", либо может избирательно отказываться от приема определенных вызовов. Если РА не желает немедленно отвечать на вызовы, его радиостанция может передавать сообщение, что РА ответит позже.

Последнее из описанных свойств не является обязательным для протокола МРТ 1327 и обеспечивается не всеми моделями абонентских радиостанций.

Система МРТ 1327 может быть запрограммирована таким образом, чтобы вызываемый РА вначале предупреждался о поступающем вызове, а рабочий канал назначался только после получения подтверждения, что РА готов к связи.

### **Переадресация вызовов**

Если РА не желает отвечать на поступающие вызовы, он может затребовать от системы, чтобы все такие вызовы переадресовывались на другую абонентскую радиостанцию. Поскольку не все типы абонентских радиостанций могут обеспечить

переадресацию вызовов, в протоколе MPT 1327 заложена возможность заказа переадресации "по поручению третьего лица".

### 2.1.3 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И СВОЙСТВА СИСТЕМ MPT 1327

#### **Предельная емкость системы**

Протокол MPT 1327 в принципе может обеспечить следующие предельные параметры транкинговых систем:

- до 1 036 800 абонентских адресов на систему
- до 32 768 системных идентификационных кодов
- до 1024 управляющих каналов транкинга.

Транкинговые системы протокола MPT 1327 делятся на *системы регионального уровня*, для которых предусмотрено максимум 16 зон в каждой системе (число рабочих каналов не ограничивается), и *системы национального уровня*. В последнем случае протокол предусматривает наличие максимум двух систем, имеющих до 512 зон каждая /3/.

Естественно, эти гигантские цифры никогда не достигаются на практике. Например, две самые большие из известных систем MPT 1327, реализованные в Германии на аппаратуре *ACCESSNET*, имеют, соответственно, 124 канала на 19 базовых станциях (зонах) и около 10 000 абонентов (RegioKom, Берлин) и 405 каналов на 63 базовых станциях в рамках одной транкинговой сети, развернутой в северной части Германии от ее восточных до западных границ.

Известная сеть *Chekker Network*, принадлежащая DT Mobil, дочерней компании Deutsche Telecom, имеет около 900 каналов, примерно 160 базовых станций и около 62 000 абонентов. Эта сеть является хорошим примером совместимости аппаратуры различных производителей. В ней на 40% используется аппаратура *ACCESSNET* фирмы Rohde & Schwarz, а на 60% - аппаратура ACTIONET фирмы Nokia. Тем не менее, все фрагменты этой транкинговой сети связаны между собой и имеется возможность, к примеру, из Берлина вызвать корреспондента в Мюнхене.

В основном же транкинговые системы протокола MPT 1327 строятся в расчете на одну-две тысячи радиоабонентов и состоят, как правило, из 3-5 базовых станций, имеющих от 3 до 8 каналов каждая.

#### **Управление в системах MPT 1327**

Протокол MPT 1327 предусматривает сигнализацию со скоростью 1200 бит/с методом быстрой частотной манипуляции (FFSK). Протокол предусматривает использование дуплексных базовых станций и полудуплексных абонентских радиостанций.

Возможность использования дуплексных абонентских радиостанций не является обязательной, хотя и имеется во всех популярных системах MPT 1327.

Все команды, предшествующие началу связи, передаются на *канале управления* (КУ). При этом в системах MPT 1327 предусмотрены две стратегии управления:

- с жестко закрепленным КУ и
- с нежестко закрепленным КУ.

В системах с жестко закрепленным КУ этот канал используется исключительно для передачи команд, тогда как в системах с нежестко закрепленным КУ он может использоваться также и для передачи голоса и данных в те моменты, когда все

рабочие каналы заняты, но имеются необслуженные вызовы.

Стратегия с жестко закрепленным КУ может быть рекомендована в тех системах, где достаточно много (15 и более) рабочих каналов. В системах с небольшим числом каналов стратегия с нежестко закрепленным КУ более предпочтительна.

Протокол MPT 1327 предусматривает "широковещательные" сообщения, которые могут применяться, к примеру, чтобы информировать всех радиоабонентов системы о тех каналах, которые базовая станция может использовать в качестве КУ. Это полезно в ситуациях, когда на КУ имеются сильные помехи. Системы MPT 1327 должны распознавать такие ситуации и изменять частоту КУ, предварительно информируя об этом всех своих РА.

В системах с выделенным КУ всегда существует проблема "столкновения" запросов на обслуживание, поступающих от различных РА. Для нейтрализации этой проблемы был разработан специальный протокол произвольного доступа, обладающий большой эффективностью и гибкостью.

На случай тех или иных неисправностей протокол MPT 1327 предусматривает возможность работы транкинговых систем в различных аварийных режимах (Fall Back Mode). Варианты действий для тех или иных аварийных режимов определяются разработчиком системы по согласованию с заказчиком.

### **Обработка вызовов**

Протокол MPT 1327 разработан для систем "с очередями на обслуживание". Если очередной вызов поступает в момент, когда все рабочие каналы заняты, он будет поставлен в очередь, т.е. отказа в обслуживании не последует. Вызов будет поставлен в очередь и в том случае, если вызываемый РА занят.

В системах MPT 1327 существует три уровня приоритетов:

- нормальный (Normal)
- высокий (High) и
- аварийный (Emergency).

Очереди в системах MPT 1327 обрабатываются в порядке поступления вызовов (First In First Out), однако если в очереди есть приоритетные или аварийные вызовы, они будут обработаны первыми. Кроме того, система может быть запрограммирована таким образом, чтобы любой аварийный вызов мог прерывать уже начавшийся на рабочем канале сеанс связи и занимать этот канал. При этом аварийные вызовы обрабатываются вне очереди.

Прежде чем назначить рабочий канал вызову, ожидающему в очереди, ТК проверит, находится ли на связи ожидающий РА, чтобы избежать назначения рабочего канала впустую. ТК может проверить также, готов ли РА к началу связи, чтобы избежать назначения рабочего канала для необслуживаемой радиостанции.

Имеются средства для быстрого освобождения рабочих каналов после окончания сеанса связи, а также если в ходе сеанса был утерян радиоконтакт.

Для защиты от несанкционированных (нелегальных) пользователей ТК может в произвольный момент затребовать от любой абонентской радиостанции передать ее электронный серийный номер (ESN), который зашивается в микропроцессор каждой станции в процессе производства. Этот электронный серийный номер сравнивается с номерами, записанными в базе данных транкинговой системы, и в случае несовпадения может быть выдана команда на отключение радиостанции

нелегального РА.

### Многозоновые системы

Протокол МРТ 1327 оставляет простор для различных технических решений при создании многозоновых транкинговых систем.

Например, могут быть использованы такие методы как:

- синхронное или квазисинхронное вещание нескольких базовых станций на одном и том же наборе радиочастот;
- отдельный КУ для каждой базовой станции;
- единственный КУ, совместно используемый несколькими базовыми станциями в режиме разделения времени, и т.д.

При создании многозоновых систем протокол МРТ 1327 предусматривает для абонентских радиостанций возможность информировать главный ТК системы о своем местонахождении, когда РА перемещается из зоны в зону. Тем самым реализуется *роуминг* для систем МРТ 1327. Процедуры регистрации абонентских радиостанций при переходе в другую зону обслуживания в целом определены, но в каждой транкинговой системе могут быть реализованы по-своему.

## 2.1.4 КРАТКИЙ ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО ПРОТОКОЛУ МРТ 1327

### Сигнализация на канале управления

Все сигналы управления, сопровождающие сеанс связи от его начала до завершения, передаются на КУ в цифровом виде со скоростью 1200 бит/с. Время, текущее на КУ, разбито на *слоты* по 128 бит каждый, т.е. длительность одного слота равна 106,7 мс. Несколько слотов вместе составляют *кадр*.

Передача информации на КУ осуществляется практически непрерывно. Принцип работы КУ систем МРТ 1327 можно описать следующим образом.

На КУ передается "общий вызов" примерно такого содержания: "Здесь система такая-то. Слушаю ваши вызовы в течение столько-то следующих слотов".

В течение следующих нескольких слотов (обычно от одного до пяти) базовая станция находится в режиме приема, и если ей не ответил никто из РА, "общий вызов" повторяется. Если же за время, отведенное на прием, поступил вызов от какого-то из РА, базовая станция начинает ту или иную процедуру установления связи в соответствии с запросом РА.

Структура сигнализации на КУ схематически изображена на рисунке 2.1.



**Рисунок 2.1** - Структура сигнализации на канале управления

В каждом слоте, передаваемом базовой станцией, первые 64 бита содержат *системное кодовое слово КУ (CCSC)*, в котором, в частности, имеется идентификатор данной базовой станции. Последние 64 бита каждого слота, которые называют *адресным кодовым словом*, содержат, помимо служебной информации, ту или иную *команду управления*. Команды управления, которые еще называют "телеграммами", по терминологии, принятой в протоколе MPT 1327, обозначаются тремя-четырьмя латинскими буквами (ALH, ACKQ, RQE и т.п.).

Поскольку РА могут начинать передачу в произвольные моменты времени, далеко не всегда совпадающие с границами слотов базовой станции, в каждом сообщении РА предусмотрены биты синхронизации. Когда базовая станция принимает вызов РА, она синхронизирует начало своего очередного слота с абонентской радиостанцией. Тем самым обеспечивается, работа транкинговой системы MPT 1327 в асинхронном режиме.

Скорость обмена информацией на КУ и параметры РА в системах MPT 1327 обеспечивают возможность обмена информацией между ТК и РА в соседних по времени слотах, например прием команды от ТК в слоте № 1, ответ РА в соседнем, слоте № 2, прием команды от ТК в следующем слоте № 3 и т.д.

### **Команды, передаваемые на канале управления**

Различные виды команд (телеграмм), передаваемых на КУ, можно классифицировать следующим образом.

*Команды-приглашения (Aloha Messages - ALH)* - Передаются ТК как приглашение на связь и в целях управления произвольным доступом к системе.

*Команды-запросы (Requests - RQS, RQE и др.)* - Передаются РА, чтобы затребовать сеанс связи, передачу данных и т.п.

*Команды "Ответьте" ("Ahoу" Messages - AMY)* - Передаются ТК как требование ответа от конкретного РА.

*Команды-подтверждения (Acknowledgements - ACK)* - Передаются как ТК так и РА для подтверждения приема команд и данных.

*Команды "Перейти на рабочий канал"(Go To Channel - GTC)* - Передаются ТК, чтобы назначить РА рабочий канал для голосовой связи или передачи данных произвольной длины.

*Короткие блоки данных (Short Data Messages - SDM)* - Передаются как ТК, так и РА.

*Прочие команды* - Передаются ТК для управления системой.

Практически все упомянутые выше команды имеют несколько разновидностей. Так, кроме команды-приглашения ALH, в протоколе MPT 1327 используются ее разновидности ALHS, ALHD, ALHE, ALHR, ALHX и ALHF. Команды-запросы бывают вида RQS (запрос на "простую" голосовую связь), RQX (запрос на прерывание сеанса связи), ROE (запрос на аварийный вызов), RQR (запрос на регистрацию в системе), RQQ (запрос на передачу статусного сообщения) и т.д.

Некоторые из этих обозначений встретятся ниже при описании протокола произвольного доступа, применяемого в системах MPT 1327.

### **Протокол произвольного доступа**

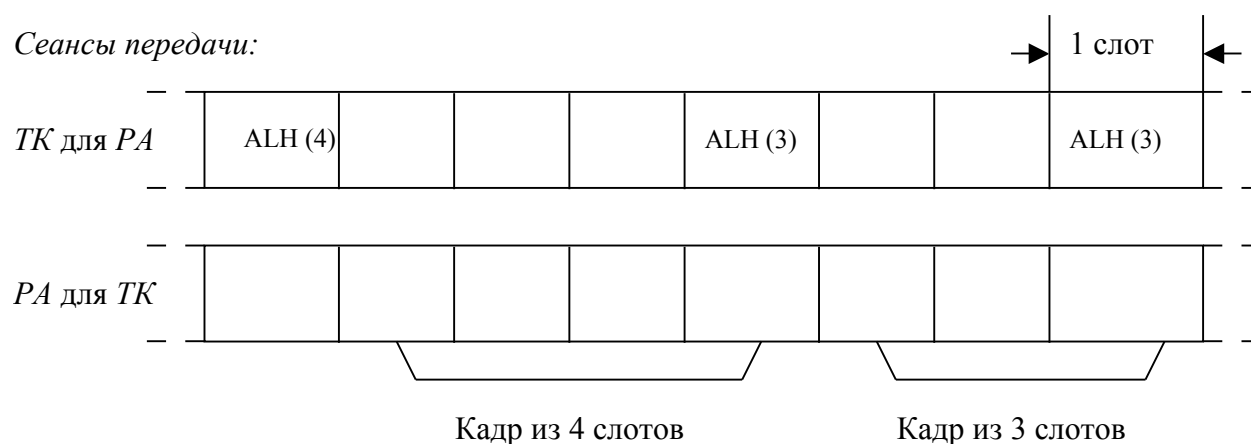
В системах с выделенным КУ всегда существует проблема столкновения запросов на обслуживание, одновременно поступающих от различных РА.

Для решения этой проблемы применяется специальный протокол

произвольного доступа (Random Access Protocol), в свое время разработанный фирмой Philips и названный Dynamic Framelength Slotted Aloha (DFSA). Этот протокол лежит в основе функционирования всех транкинговых систем MPT 1327 и обеспечивает минимальные задержки доступа и максимальную пропускную способность систем в часы пиковых нагрузок.

Работа протокола произвольного доступа приведена на рисунке 2.2.

ТК передает команды-приглашения, обозначенные как ALH, приглашая РА отвечать в произвольные моменты времени в пределах нескольких последующих временных слотов, число которых (N) входит как параметр в команду ALH (на рисунке 2.2 числа N показаны в скобках под ALH). Вместе слоты, разграниченные командами ALH, образуют кадры различной длины (максимально до 32 слотов).



**Рисунок 2.2** - Два кадра для произвольного доступа, разграниченные командами ALH

ТК передает команды-приглашения, обозначенные как ALH, приглашая РА отвечать в произвольные моменты времени в пределах нескольких последующих временных слотов, число которых (N) входит как параметр в команду ALH (на рисунке 2.2 числа N показаны в скобках под ALH). Вместе слоты, разграниченные командами ALH, образуют кадры различной длины (максимально до 32 слотов).

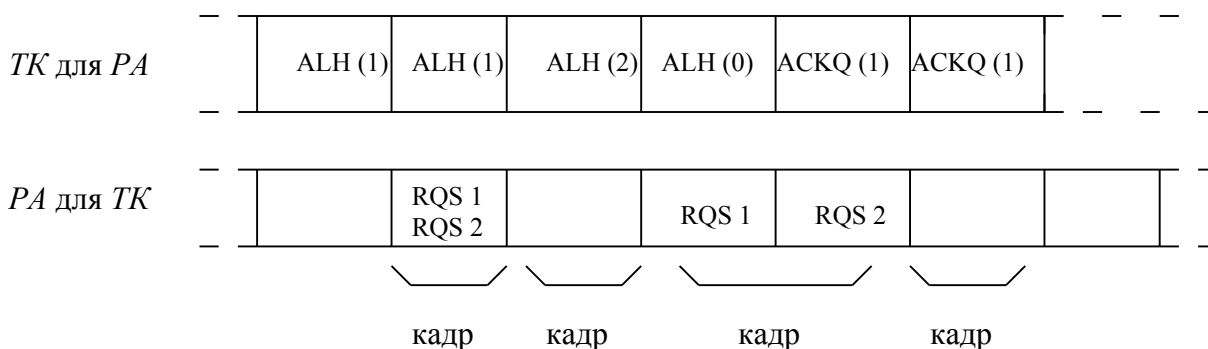
Если в момент, когда РА решил послать свой запрос на сеанс связи, очередной кадр уже начался, его радиостанция может послать свою команду (RQS) в ближайшем свободном слоте. Если в момент запроса базовая станция передает очередную команду ALH, радиостанция РА ожидает конца передачи и передает свою команду RQS в одном из свободных слотов текущего кадра. При необходимости повторно передать свой запрос, если предыдущий не был принят базовой станцией из-за замираний сигнала или столкновения двух запросов, радиостанция РА ждет начала нового кадра.

ТК контролирует работу системы и может оптимизировать ее за счет изменения длины кадров, чтобы избежать ненужных столкновений запросов на обслуживание. В примере, изображенном на рисунке 2.3, кадры для ответов РА первоначально имеют длину один слот и обозначаются ALH (1).

Если ТК обнаруживает столкновение запросов (в нашем примере RQS1 и RQS2), он пытается разрешить проблему, назначая для ответа более длинный кадр (в нашем примере - два слота).

Дальнейшие детали работы протокола произвольного доступа иллюстрирует рисунок 2.3.

Сеансы передачи:



**Рисунок 2.3** - Пример использования протокола произвольного доступа

В свою очередь, РА используют встроенные в их радиостанции генераторы случайных чисел при выборе слота для повторной попытки вызова, поэтому вероятность того, что повторная попытка вновь приведет к столкновению, крайне низка. В нашем примере два РА по очереди передают свои запросы в рамках расширенного кадра, разграниченного командой ALH (2). Обозначение ALH (0) не является границей нового кадра и применяется для того, чтобы показать, что текущий кадр еще не завершен.

Во избежание излишних передач команд ALH параметр (N), обозначающий длину кадра для приема вызовов, употребляется также в командах-подтверждениях АСК (на рисунке 2.3 - в командах АСКQ, сообщающих, что все каналы заняты и вызов поставлен в очередь), а также в командах ГТС, направляющих РА на рабочий канал.

В нашем примере после того, как проблема столкновения запросов была разрешена, в командах АСКQ (1) ТК вновь задает длину кадра для ответов всего в один слот.

Для создания возможности ответа конкретному абоненту ТК может передать специальную разновидность команды-приглашения (ALHR), резервирующую КУ только для ответа требуемого радиоабонента.

### 2.1.5 ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ МРТ 1327

Транкинговые системы МРТ 1327 на сегодняшний день являются наиболее удобным и эффективным методом организации подвижной радиосвязи. Эти удобства и эффективность становятся еще более очевидными, если вспомнить о возможностях таких систем по передаче данных наряду с голосовой радиосвязью.

Благодаря высоким скоростям и надежности оцифрованные сообщения (*блоки данных*) позволяют за считанные секунды обменяться такими объемами информации, на передачу которых голосом потребовалось бы несколько минут. Отображение переданных данных на дисплеях РА исключает возможность неправильной интерпретации сообщений. К тому же некоторые виды информации, например, координаты мобильного объекта, полученные с приемника GPS, вообще нельзя передать голосом.

### **Разновидности данных**

В транкинговых системах протокола MPT 1327 предусмотрены следующие виды *предопределенных блоков данных (Prescribed Data)*, которые всегда передаются на канале управления (КУ) без занятия рабочих каналов:

- статусные сообщения (Status Messages)
- короткие блоки данных (Short Data Messages, SDM)
- расширенные блоки данных (Extended Data Messages, EDM).

Все остальные блоки данных относятся к категории *непредопределенных (Non-Prescribed Data)* или по-другому называются *данными произвольной длины*. Передача данных произвольной длины производится на рабочих каналах транкинговой системы, которые в этом случае называют *каналами данных*. Помимо требований, содержащихся в тексте документа MPT 1327, передача данных произвольной длины регулируется документом MAP 27, в котором содержится описание одноименного протокола управления абонентскими радиостанциями (Mobile Access Protocol) при передаче данных в транкинговых системах MPT 1327.

### **Статусные сообщения**

Статусные сообщения, или сообщения о состоянии объекта, относятся к категории данных, для передачи которых не требуется ни компьютера, ни специализированного терминала - достаточно клавиатуры радиостанции.

Всего в системах MPT 1327 имеется 32 различных статусных сообщения. Значения двух из них жестко определены протоколом MPT 1327, а значения остальных тридцати могут определяться заказчиком (пользователем, оператором) транкинговой системы.

Длина каждого статусного сообщения составляет 5 бит, и в протоколе MPT 1327 зарезервированы значения только для комбинаций битов '00000' и '11111'.

Значения остальных статусных сообщений, от '00001' до 'НПО', выбираются по желанию заказчика. Современные абонентские радиостанции, например Motorola GP1200, имеют даже специальную клавишу "S" для передачи статусных сообщений. Если, к примеру, для комбинации '10000' (десятичное "16") выбрано значение "Задание выполнено", то набрав на клавиатуре своей радиостанции адрес какого-либо РА, а затем нажав клавиши цифры "S", "1" и "6", радиоабонент пошлет другому РА статусное сообщение "16". На экране дисплея адресата при этом появится адрес отправителя и слова "Задание выполнено".

Необходимо отметить, что протокол MPT 1327 не предусматривает подтверждения приема статусных сообщений со стороны адресата.

### **Короткие блоки данных**

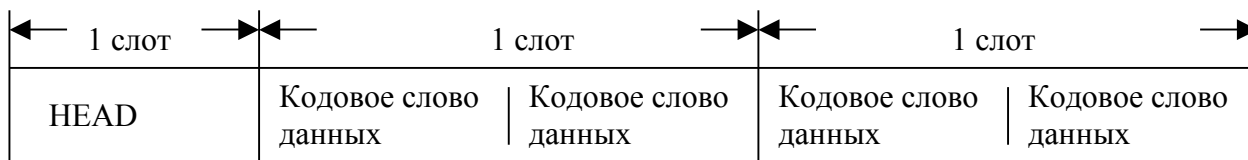
Короткие блоки данных (SDM) используются для обмена между двумя РА (или между РА и ЛУ) алфавитно-цифровой информацией небольшого объема. SDM могут использоваться также для обмена информацией между компьютерами, для передачи телеметрии и т.п.

Максимальная длина SDM составляет 184 бита. Это соответствует 44 цифровым символам в коде BCD или 25 алфавитно-цифровым символам в 7-битовом коде ASCII.

Слот HEAD содержит адресное кодовое слово (рисунок 2.5). Последующие два слота могут содержать одно или два *кодových слова данных*, каждое из которых имеет по 46 битов информации, т.е. в составе SDM может быть от одного до



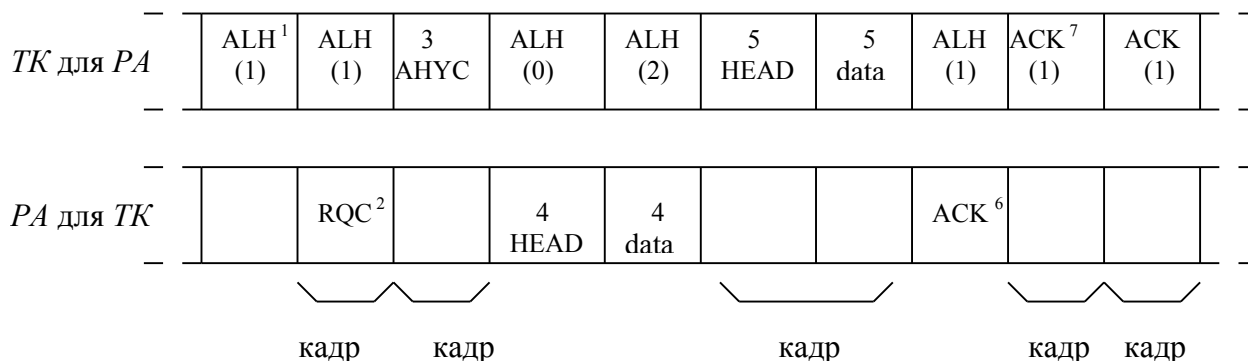
четырёх кодовых слов данных.



**Рисунок 2.5** - Структура короткого блока данных (SDM)

Слот HEAD содержит адресное кодовое слово (рисунок 2.5). Последующие два слота могут содержать одно или два *кодовых слова данных*, каждое из которых имеет по 46 битов информации, т.е. в составе SDM может быть от одного до четырех кодовых слов данных /4/.

Процедура установления соединения при передаче короткого блока данных состоит из этапов, показанных на рисунке 2.6.



**Рисунок 2.6** - Последовательность команд на канале управления при передаче короткого блока данных (SDM) от одного PA к другому

*Пояснения к рисунку 2.6:*

- 1 ТК передает очередную команду-приглашение ALH (1), в которой объявляет, что будет слушать ответы PA в течение одного следующего слота.
- 2 PA № 1 передает запрос RQC на передачу SDM для PA № 2. В запросе RQC имеется параметр, показывающий, сколько слотов потребуется для передачи SDM (в нашем случае будет нужно 2 слота).
- 3 ТК отвечает командой АНУС, которая служит для PA № 1 подтверждением, что запрос RQC был принят, и информирует PA № 1, что он может начинать передачу данных в следующих двух слотах.
- 4 PA №1 передает ТК свой блок данных. В нашем случае SDM состоит из адресного слова (HEAD) и двух примыкающих к нему кодовых слов данных (вместе они занимают один слот), т.е. имеет вид HEAD + data.
- 5 ТК повторяет то же самое SDM для PA № 2.
- 6 PA № 2 отвечает командой ACK, подтверждая получение SDM.
- 7 ТК, в свою очередь, передает команду ACK для PA № 1, подтверждая, что передача SDM завершилась успешно. Для большей надежности заключительная команда ACK передается дважды подряд.

### **Расширенные блоки данных**

Расширенные блоки данных (EDM) состоят из четырех коротких блоков данных SDM, т.е. максимальная длина EDM составляет 736 бит (или 184 цифры в коде BCD, или 100 алфавитно-цифровых символов в 7-битовом коде ASCII). Области применения EDM в принципе аналогичны применению SDM.

Передача EDM на канале управления не предусмотрена стандартным протоколом MPT 1327 и реализуется производителями транкинговых систем как дополнительная возможность.

### **Передача данных произвольной длины**

Данные произвольной длины (Non-Prescribed Data, NPD) в системах MPT 1327 передаются на рабочих каналах, которые в этом случае называются *каналами данных*. Содержание передаваемых данных может быть самым различным. Фактически при передаче NPD осуществляется модемная связь с использованием протокола MAP 27 для управления радиостанциями.

Возможность передавать данные произвольной длины позволяет обеспечить:

- работу радиостанций двух и более РА в интерактивном режиме;
- передачу файлов с подтверждением приема;
- услуги типа "почтовый ящик" и т.д.

Хотя стандартная скорость сигнализации на канале управления транкинговых систем MPT 1327 равна 1200 бит/с, передача NPD в таких системах может осуществляться с произвольной скоростью, в зависимости от возможностей абонентской и базовой аппаратуры и состояния канала связи. При этом скорость передачи данных может быть разной на различных участках трассы. Это происходит за счет того, что ТК при каждом сеансе передачи данных осуществляет их кратковременное промежуточное хранение.

Передача данных произвольной длины в системах MPT 1327 осуществляется между абонентами, имеющими специально оснащенные радиостанции (Standard Data Equipped, SDE). При наличии SDE-радиостанций передача NPD может происходить во всех мыслимых вариантах - от РА на ТК, от РА на ЛУ, от одного РА другому РА, группе РА или всем РА, имеющим SDE-радио-станции, а также от РА абонентам УАТС, городских АТС и сетей передачи данных (СПД).

## **2.2 ТРАНКИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ КАНАЛОМ УПРАВЛЕНИЯ**

### **2.2.1 ПРОТОКОЛ LTR**

В конце семидесятых годов фирмой E.F.Johnson была разработана спецификация на однозонавую транкинговую систему, которая получила известность как протокол LTR (Logic Trunked Radio). Одной из основных целей, которую поставила перед собой фирма E.F.Johnson, была необходимость достижения максимальной пропускной способности для систем с небольшим количеством радиочастотных каналов. Разработчики протокола LTR отказались от традиционного выделенного канала управления. Вместо этого, полосы частот каждого из каналов графика разбиваются на два поддиапазона - до 300 Гц и выше 300 Гц. Полоса частот до 300 Гц используется для передачи потока данных

логического канала управления (поднесущая частота - 150 Гц, скорость передачи данных - 300 бит/с). Диапазон от 300 Гц используется для передачи аналоговых речевых сигналов. Таким образом, все частотные каналы транкинговой системы протокола LTR используются для передачи трафика. Это решение позволяет, например, в случае трехканальной системы получить пятидесятипроцентное увеличение пропускной способности по сравнению с системой, использующей выделенный канал управления /5/.

Протокол LTR предусматривает наличие до 20 ретрансляторов в системе. На базовой станции системы LTR нет единого устройства управления в привычном понимании, вместо него в состав каждого ретранслятора введен логический блок. Эти блоки связаны между собой. В логический блок каждого ретранслятора может быть введено до 250 групповых идентификационных кодов. Протокол LTR не различает групповых и индивидуальных адресов, поэтому для присвоения абоненту индивидуального кода необходимо создать группу, состоящую из одного абонента. Таким образом, полная адресная емкость двадцатиканальной системы LTR составляет 5000 групп или абонентов.

В системе имеются средства доступа к ТФОП. Время установления соединения в системах протокола LTR не превышает 0,3 с.

Система протокола LTR может работать в режиме транкинга передачи или транкинга сообщений в зависимости от типа проводимого сеанса связи. Во время связи между радиоабонентами используется транкинг передачи, а при связи с абонентами телефонной сети - транкинг сообщений.

### **Обработка вызовов в системе протокола LTR**

Важнейшая часть протокола LTR относится к алгоритмам работы абонентского и базового оборудования в процессе обработки вызовов. Прежде чем носимая или мобильная абонентская станция получит право передавать трафик, должна произойти процедура обмена служебными данными (handshake).

Когда пользователь нажимает клавишу "Передача" - РТТ (Push To Talk), логическое устройство управления радиостанции проверяет имеющиеся текущие данные от ретранслятора и определяет, есть ли свободный ретранслятор. Если таковой находится, радиостанция посылает ему пакет служебной информации, состоящий из номера опорного канала, собственного идентификационного номера и других сведений. Когда ретранслятор получает это сообщение, процедура установления соединения заканчивается, и вызывающая радиостанция может начать передачу речи.

Если вызов адресован абонентской радиостанции, она, прежде всего, получает свой идентификационный номер в составе сообщения, приходящего от ретранслятора. Затем эта станция переключается на тот канал, который используется вызывающей станцией (если это не опорный канал). После этого включается речевой приемный тракт абонентской станции. Процедура соединения занимает примерно 300 мс.

В протоколе LTR используется понятие опорного канала (Home channel). Любой канал трафика может быть опорным для определенной совокупности радиостанций. И наоборот, каждой абонентской радиостанции обязательно должен быть назначен опорный канал. Таким образом, полный идентификатор в системе LTR состоит из двух частей - номера опорного канала и номера группы (см. ниже). Все абонентские станции постоянно обрабатывают сообщения в канале управления, поступающие

через их опорный ретранслятор - как в режиме ожидания вызова, так и после каждой передачи. Служебные сообщения, поступающие по опорному каналу, информируют носимую или мобильную станцию о следующем:

- к какому ретранслятору обращаться для очередного вызова (информация о текущем свободном ретрансляторе);

- к какому ретранслятору обращаться для ответа на поступивший вызов.

Служебная информация в логическом канале управления передается в виде пакетов. Длина пакетов составляет 40 бит.

Все ретрансляторы системы LTR связаны специальной шиной данных. Для организации передачи информации на шине данных логический блок одного из ретрансляторов назначается ведущим, остальные получают статус ведомых. Ведущий ретранслятор формирует синхроимпульсы, образующие кадр из 21 временного интервала. Из них двадцать отводятся для ретрансляторов, а двадцать первый - для устройства контроля идентификационных номеров (ID Validator). Каждый ретранслятор в отведенном ему временном интервале передает по внутренней шине данных всем остальным ретрансляторам свой статус, а именно:

- свободен - не используется абонентской станцией в настоящий момент;

- занят - используется в настоящий момент конкретной (указывается ее групповой идентификационный номер) абонентской станцией.

Каждый ретранслятор просматривает содержимое всех 20 полей на шине данных. Если он обнаруживает, что вызов группы, для которой он сам является опорным, обслуживается другим ретранслятором, то он сразу же передает этой группе сообщение, указывающее, на какой ретранслятор должны перестроиться радиостанции для получения вызова.

Групповой идентификационный номер, или номер группы указывает, к какой группе относится данная абонентская станция. Радиостанции могут быть связаны друг с другом только в том случае, если у них совпадают номера группы и опорного канала.

Каждой радиостанции может быть присвоен один или несколько групповых идентификационных номеров (в рамках одной системы):

- номер может быть оперативно выбран переключателем (селектором) номера группы непосредственно в самой радиостанции;

- номер может быть определен функцией сканирования групп - в этом случае сканируются все запрограммированные идентификационные номера.

В каждом канале системы может быть назначено до 250 групповых идентификационных номеров (от 1 до 250). Как правило, тем абонентам, для которых могут поступить вызовы из ТФОП, назначаются два групповых номера: первый для работы в радиогруппе (такой же номер присваивается остальным членам группы), второй - на самом деле индивидуальный номер - для приема телефонных вызовов. Это также означает, что абонентская емкость системы LTR, не использующей выход в ТФОП, не ограничена - совокупность номера опорного ретранслятора и группового номера может быть присвоена сколь угодно большой совокупности радиостанций.

Каждому групповому идентификационному номеру может быть назначен параметр "тип":

- Диспетчер: вызовы между радиостанциями; вызовы между радиостанцией и диспетчерской станцией;

- Интерконнект: для выхода в телефонную сеть общего пользования; вызовы могут быть как входящими, так и исходящими.

Тип группового идентификационного номера "Диспетчер" может быть использован для организации следующих видов вызовов:

- Вызов всех (широковещательный вызов всех групп);
- Групповой вызов (вызов всех абонентских станций одной группы);
- Вызов подгруппы;
- Индивидуальный вызов.

### **Пакеты служебной информации**

Протокол LTR предусматривает передачу в направлении от абонентской радиостанции к ретранслятору пакетов следующих типов: запросы на предоставление канала связи (REQ), а также сообщения об окончании передачи (EOT) /6/.

#### **Запрос REQ**

Структура запроса показана на рисунке 2.7. Этот запрос посылается однократно перед предоставлением канала связи (в процессе установления соединения). При установленном соединении такие запросы посылаются по логическому каналу управления непрерывно. Пакет запроса REQ содержит следующие поля:

1. Синхропоследовательность. Два первых бита синхропоследовательности предназначены для включения приемного устройства. Остальные биты используются для определения начала служебного сообщения и для тактовой синхронизации.
2. Код зоны. Может быть "0" или "1". Используется в многозоновых системах для предотвращения конфликтных ситуаций, когда станция, не относящаяся к данной зоне, находится в ее радиусе покрытия. Если контроллер вызываемого ретранслятора обнаружит код зоны, не совпадающий с заданным, то такая попытка соединения отвергается.
3. Используемый ретранслятор. Номер ретранслятора, которому передается сообщение.
4. Опорный ретранслятор. Номер опорного ретранслятора.
5. Групповой идентификационный номер вызываемой радиостанции.
6. Контрольный символ. Здесь передается код выключения радиостанции после окончания передачи (31).
7. Биты проверки на четность. Служебное сообщение проверяется на предмет ошибок. Если ошибки обнаруживаются, то сообщение игнорируется.

Синхропоследовательность	Код зоны	Используемый ретранслятор	Опорный ретранслятор	Групповой номер вызываемой станции	Контрольный символ (31)	Биты проверки на четность
--------------------------	----------	---------------------------	----------------------	------------------------------------	-------------------------	---------------------------

Рисунок 2.7 - Структура запроса REQ

#### **Конец передачи (EOT)**

Структура сообщения об окончании передачи (End Of Transmission) показана на

рисунке 2.8.

Синхроследовательность	Код зоны	Код завершения передачи(31)	Опорный ретранслятор	Групповой номер вызываемой станции	Контрольный символ (31)	Биты проверки на четность
------------------------	----------	-----------------------------	----------------------	------------------------------------	-------------------------	---------------------------

Рисунок 2.8 - Структура сообщения EOT в канале "абонент - ретранслятор"

Сообщение EOT посылается однократно: когда абонентская станция прекращает передачу (отпущена клавиша РТТ). После этого ретранслятор посылает сообщение EOT всем станциям, участвовавшим в переговорах.

В направлении от ретранслятора к абонентам протокол LTR предусматривает передачу следующих пакетов следующих типов: групповые вызовы (COL), сообщения о прекращении передачи (EOT), сообщения ожидания (IDLE)

#### **Групповой вызов (COL).**

Сообщения типа COL передаются непрерывно, пока ретранслятор обслуживает вызов. Назначение этих сообщений состоит в следующем::

1. Ответить на запрос абонентской станции на соединение с ретранслятором;
2. Собрать вместе все станции с одинаковым кодом зоны, опорным каналом и идентификационным номером и подключить их к ретранслятору вызываемой станции (поле 3);
3. Передать информацию о свободном ретрансляторе - содержимое поля 6 сообщения указывает станциям, какой ретранслятор свободен для вызова. Если в этом поле "00", то это означает, что все ретрансляторы заняты.

Структура сообщения о групповом вызове показана на рисунке 2.9.

Синхроследовательность	Код зоны	Используемый ретранслятор	Опорный ретранслятор	Групповой номер вызываемой станции	Свободный ретранслятор	Биты проверки на четность
------------------------	----------	---------------------------	----------------------	------------------------------------	------------------------	---------------------------

Рисунок 2.9 - Структура сообщения COL

#### **Конец передачи (EOT)**

Структура сообщения EOT показана на рисунке 2.10.

Синхроследовательность	Код зоны	Код завершения передачи (31)	Опорный ретранслятор	Групповой номер вызываемой станции	Контрольный символ (31)	Биты проверки на четность
------------------------	----------	------------------------------	----------------------	------------------------------------	-------------------------	---------------------------

Рисунок 2.10 - Структура сообщения EOT в канале "ретранслятор - абонент "

Сообщение типа EOT посылается ретранслятором однократно после того, как ретранслятор декодирует сообщение EOT от радиостанции. Как результат, все приемные станции заканчивают прием и возвращаются к своим опорным ретрансляторам (если они работали с другим ретранслятором).

### Сообщение ожидания (IDLE)

Структура сообщения IDLE показана на рисунке 2.11.

Синхроследовательность	Код зоны	Номер ретранслятора	Номер ретранслятора	255	Номер ретранслятора	Биты проверки на четность
------------------------	----------	---------------------	---------------------	-----	---------------------	---------------------------

Рисунок 2.11 - Структура сообщения IDLE

Сообщение IDLE посылается каждые 10 секунд (если ретранслятор не занят), чтобы сообщить абонентским станциям, только что прибывшим в зону действия ретранслятора, что их опорный ретранслятор свободен.

## 2.2.2 СИСТЕМА MULTI-NET

### Состав и структура системы

Система Multi-Net предназначена для создания многозоновых сетей связи большой протяженности с использованием ретрансляторов различных типов, в том числе и обычных (нетранкинговых) ретрансляторов. Сопряжение с абонентскими радиостанциями других систем осуществляется за счет установки в ретрансляторы LTR и обычных систем специальных логических модулей /7/.

Основным элементом системы Multi-Net является радиосетевой терминал RNT (Radio Network Terminal), который выполняет не только все функции коммутатора каналов, но и обеспечивает интерфейс между ретрансляторами и другим оборудованием пункта связи. Кроме того, он устанавливает взаимодействие с другими радиосетевыми терминалами системы, позволяя создавать многозоновые сети.

Один терминал RNT может обслужить до 30 одноканальных ретрансляторов. Между терминалом и ретрансляторами организуется цифровая служебная линия, по которой происходит обмен данными на несущей частоте 150 Гц одновременно с передачей речевых сообщений.

Ретрансляторы могут быть как расположены в одной зоне, так и территориально разнесены по обслуживаемой территории. В состав периферийных зон входят ретрансляторы, соединенные по выделенным линиям связи с радиосетевым терминалом RNT, расположенным в центральной зоне. Для соединения этих ретрансляторов с терминалом RNT могут быть использованы кабельные, радиорелейные или другие линии связи. Если объединить между собой несколько терминалов RNT, то могут быть построены многозоновые сети различной конфигурации.

Радиосетевой терминал связан с диспетчерскими пультами и подсистемой

управления, так называемым модулем управления системой SSM (System Management Module). Модуль управления системой SSM состоит из персонального компьютера с программным обеспечением фирмы Transcrypt International.

Все данные о продолжительности соединений, времени нахождения радиостанций в эфире и другая информация поступают в систему технического обслуживания и эксплуатации (службу эксплуатации).

Основными преимуществами системы Multi-Net по сравнению с системой LTR является большая адресная емкость системы - до 8000 абонентов с индивидуальными или групповыми адресами, а также обеспечение возможности связи между абонентскими радиостанциями различных систем. Например, абонент системы Multi-Net, работающий в диапазоне частот 800 МГц, может связаться с абонентом, использующим обычный УКВ канал радиосвязи и т.д. В системе Multi-Net поддерживается совместимость с системой LTR на уровне абонентских радиостанций. Так как методы сигнализации в Multi-Net и LTR различные, то подвижный абонент должен быть запрограммирован на определенный тип сигнализации. Например, если радиостанция запрограммирована на работу с Multi-Net, то она не сможет послать вызов LTR системе и наоборот. В то же время все Multi-Net радиостанции могут быть запрограммированы на работу не только с Multi-Net, но и LTR или обычными (нетранкинговыми) средствами связи. В этом случае все абоненты смогут посылать различные типы вызовов, которые будут выделяться другой системой.

### **Опорные и статусные ретрансляторы**

Абонентские радиостанции системы Multi-Net запрограммированы для работы с двумя типами ретрансляторов: "опорным" и "статусным".

Опорный ретранслятор для подвижного абонента является первичным источником входящих вызовов и информации о свободном ретрансляторе. Если подвижный абонент не занят, то он находится в режиме дежурного приема и непрерывно контролирует сообщения, передаваемые опорным или статусным ретрансляторами. Кроме того, опорный ретранслятор и код идентификаций групп используются для идентификации подвижного объекта, когда передается стандартный групповой вызов.

При выходе из строя опорного ретранслятора может возникнуть ситуация, когда закрепленные за ним абоненты не смогут принять вызов. Чтобы предотвратить эту ситуацию на каждой базовой станции используется один резервный ретранслятор. Этот ретранслятор называется статусным ретранслятором. Основная его функция - это резервирование канала для других ретрансляторов зоны. Данный ретранслятор передает обновленную информацию по всем вызовам, имевшим место в данном пункте. Кроме того, такой ретранслятор пригоден и для речевого обмена, но обычно он все же не используется в качестве опорного ретранслятора.

Статусный ретранслятор передает непрерывно обновляемые сообщения в течение всего времени работы. Каждая "выбираемая" система радиостанции (в отличие от LTR) запрограммирована на прием сообщений двух типов ретрансляторов: базового и статусного.

В течение всего времени, пока радиоканал свободен, нестатусные ретрансляторы регулярно через каждые 10 с, аналогично системе LTR, передают обновленные сообщения. Поэтому как только подвижный абонент включает



питание радиостанции, то он сразу же получает эту информацию.

Если опорный ретранслятор свободен, то он может быть использован также для организации вызова. С другой стороны, радиостанция может соединиться с любым ретранслятором зоны, чтобы сделать вызов. Ретранслятор, с которым соединяется подвижный абонент, выбирается случайным образом.

### **Обнаружение неисправных ретрансляторов**

Если ретранслятор вышел из строя, то важно как можно быстрее обнаружить, что он неисправен. Для этой цели используется тестовая радиостанция, которая периодически передает вызывные сигналы. Тестовой радиостанцией может быть любой подвижный объект, расположенный не на опорной станции и имеющий регулируемый уровень выходной мощности.

Неисправный ретранслятор может быть автоматически или вручную отключен с помощью подсистемы управления.

### **Сигнализация в линии “подвижный абонент ретранслятор”**

Обмен данными между подвижным абонентом и ретранслятором осуществляется непрерывно. Для сигнализации не требуется, как уже говорилось, выделенного канала управления, т.к. данные передаются на несущей частоте 150 Гц. Когда абонент посылает вызов, процесс обмена служебными сигналами продолжается в течение 0,5 с. После этого происходит выделение канала связи.

Ретранслятор предоставляет канал только на время передачи (транкинг передачи). Однако при использовании некоторых специальных вызовов, таких как телефонный вызов, канал предоставляется на все время разговора (транкинг сообщений).

Когда подвижный абонент соединяется с другим ретранслятором, чтобы принять вызов, то дополнительные данные передаются непрерывно тремя ретрансляторами: опорным, статусным и ретранслятором, через который подвижный абонент установил соединение. Поэтому вызов с более высоким приоритетом не теряется в любом случае, даже если соединение установлено с другим ретранслятором.

### **Сигнализация по шине обмена данными**

Обмен служебной информацией между ретрансляторами осуществляется по шине. Когда ретранслятор находится в рабочем состоянии, он помещает информацию на эту шину. В ней указывается номер опорного ретранслятора, группа и идентификационный код радиостанции, использующей данный канал. Это сообщение контролируется другими ретрансляторами, что позволяет определить, какие из них являются свободными.

Ретрансляторы используют метод логического контроля, называемый распределенной обработкой данных. Поэтому ни один из них не ответственен за синхронизацию шины данных. Если один из ретрансляторов становится неработоспособным, то другие продолжают функционировать.

### **Организация связи в системе Multi-Net**

В системе Multi-Net все вызовы разбиваются на две группы: стандартные (standard call) и вызовы специального назначения (special call). К стандартным относятся групповые (диспетчерские) вызовы (коды идентификации 1-225), а к вызовам специального назначения все остальные (коды 226-255). Рассмотрим основные виды вызовов специального назначения.

Каждая абонентская радиостанция может быть запрограммирована на работу с системами и группами. Основными параметрами выбираемой системы являются: номер опорного и статусного ретрансляторов, идентификационные коды, фиксированные приоритеты и блочные коды. В системе Multi-Net, аналогично как и в LTR, используются идентификационные коды трех типов: постоянные (2), выбираемые (до 11) и блочные (до 250).

**Вызов абонента АТС или УАТС (interconnect call).** При вызове абонента телефонной сети на радиостанции набирается код 337. Поступая на ретранслятор, вызов проходит аутентификационную проверку. Если он является санкционированным, то система сразу же соединяет абонента с телефонной сетью. Одновременно производится регистрация вызова, что необходимо для начисления абонентской платы.

Аналогичным образом абонентам АТС предоставляется возможность связаться с любым радиоабонентом сети. В случае если подвижному абоненту присвоен городской телефонный номер, то связь осуществляется обычным образом, как и с абонентом телефонной сети, т.е. путем прямого набора номера.

**Вызов по радиосети.** Данный тип вызова назван разработчиками системы "auxiliary call". Он исходит от подвижного абонента системы Multi-Net (код 236) и предназначен для организации связи с любой радиостанцией или группой радиостанций, расположенных в той же или другой зоне связи. Следует отметить, что в отличие от вызовов стационарных абонентов все вызовы по радиосети передаются без аутентификационной проверки.

По радиосети передаются два типа вызовов: вызов индивидуального радиоабонента, называемый уникальным идентификационным вызовом [unique ID call), и вызов группы абонентов, называемый прямым групповым вызовом (directed group call). Прямой групповой вызов позволяет связаться с группой абонентов, использующих коды 1-225. Такой тип вызова используется также при связи абонента телефонной сети с группой радиоабонентов.

Уникальный идентификационный код состоит из 3-значного кода зоны и 4-значного кода радиостанции/диспетчера.

Прямой групповой вызов состоит из 3-значного кода зоны, 2-значного кода опорного ретранслятора и 3-значного кода группы.

**Вызов-запрос.** Диспетчер может запросить любую радиостанцию, находящуюся в зоне обслуживания. В свою очередь, радиостанция сразу же после включения питания передает короткое сообщение для диспетчера.

**Вызов разъединения.** Если какая-либо радиостанция потеряна или украдена, то передается специальный вызов, называемый kill call. Этот вызов предназначен для временного или постоянного отключения радиостанции.

**Экстренный вызов.** Во всех радиостанциях Multi-Net имеется аварийный ключ. Этот ключ может быть использован в аварийной ситуации, чтобы передать экстренный вызов. Возможны два режима организации такого вызова: автоматический и ручной. Если такой вызов передается, то для радиостанции он имеет наиболее высокий приоритет.

**Общий вызов (all call).** Данный тип вызова может передаваться всеми ретрансляторами зоны одновременно и имеет наивысший приоритет. При поступлении такого вызова на абонентские радиостанции происходит прерывание всех ранее установленных соединений. Инициатором вызова может быть оператор

системы или диспетчер.

### **Радиосетевой терминал (RNT)**

Основным элементом системы Multi-Net является терминал RNT, который обеспечивает интерфейс между ретрансляторами и другим оборудованием, а также осуществляет взаимодействие с другими радиосетевыми терминалами системы. Один терминал позволяет обслужить до 30 одноканальных ретрансляторов.

В состав стойки RNT входит набор сменных модулей, которые связаны между собой шинами трех типов: передачи данных, речевого обмена и управления. Фирма Transcrypt International выпускает два типа стоек RNT.

**Стойка Multi-Net RNT.** Тип стойки - шестирядная, число ячеек (модулей) в ряду -16. Всего в стойке размещается до 96 модулей. Максимальное число подключаемых ретрансляторов не превышает 30.

Максимальная потребляемая мощность - 770 Вт (средняя - 490Вт). Питание каждого ряда стойки RNT осуществляется от одного модуля электропитания РТМ. Размеры стойки в дюймах - 29х36х78.

**Стойка Mini-Net RNT.** Тип стойки - трехрядная, число модулей в ряду -16, всего в стойке 48 модулей. Стойка обеспечивает подключение до 8 ретрансляторов. Максимальная потребляемая мощность - 385 Вт (средняя - 245 Вт). Размеры в дюймах - 27,25х26,5х43 (ширина, глубина, высота).

## **2.2.3 УСЛУГИ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМОЙ MULTI-NET**

### **Передача данных**

Передача данных в аналоговой системе LTR и Multi-Net осуществляется с помощью модема. Модем имеет стандартный порт RS-232C с разъемом DB25. Скорость передачи данных составляет 1,2 и 4,8 Кбит/с применительно к диапазону 800 МГц и 0,6 и 2,4 Кбит/с - в диапазоне 900 МГц. Для обнаружения и исправления ошибок применяется метод с автоматическим повторением запроса ошибок (ARQ).

**Приоритеты при доступе и приеме.** Введены 5 категорий приоритетов, из которых 1 считается самый высшим приоритетом, а 5 - самым низшим.

Установлен следующий порядок приоритетов: 1 - постоянный id-код 1, 2 - постоянный id-код 2, 3 - выбираемый id-код, 4 - выбираемые id-коды в режиме группового сканирования, 5 - блочные id-коды.

Использование приоритетов позволяет диспетчеру прерывать обслуживаемые вызовы для передачи более важного сообщения. Если радиостанция обнаруживает вызов с более высокой степенью приоритета ID-кода, чем тот, который она сейчас принимает, то она немедленно прекращает прием предыдущего вызова и переключается на другой ретранслятор. Однако вызовы с высокой степенью приоритетности не могут прерывать разговоры по телефонной сети.

Каждый ретранслятор Multi-Net определяет уровень приоритета поступающих вызовов в соответствии с заложенным в нем алгоритмом, который позволяет предоставить абонентам немедленный доступ или отложенный (с задержкой-кратной 0,5 с). Информация о поступлении приоритетных вызовов передается по каналу управления и поступает на радиостанции.

При определении приоритета при доступе к радиоканалам в системе Multi-Net могут быть использованы следующие четыре алгоритма.

**Отсутствие приоритетов.** Все подвижные абоненты имеют равное право на получение немедленного доступа к любому доступному каналу. Сообщение с наивысшим приоритетом всегда передается только ретранслятором.

**Следующий доступный канал.** Тип приоритета, используемый только в случае, когда все каналы заняты. До этого момента все вызовы имели равный приоритет. После того, как освободится хотя бы один канал, немедленный доступ получают вызовы с приоритетом 1. Если в течение 0,5 с канал остается свободным, то немедленный доступ получают вызовы с приоритетом 2 и т.д. Вызовы с наименьшим приоритетом 5 получают доступ спустя 2 с.

**Резервный канал.** Тип приоритета, при котором последний свободный канал резервируется только для передачи сообщений с наивысшим приоритетом 1.

### **Комбинация следующего доступного и резервного каналов**

Когда только один канал свободен, то он резервируется только для вызовов с приоритетом 1. Если два канала свободны, то немедленный доступ получают вызовы с приоритетом 1 и 2. Затем если два канала свободны в течение 0,5 с, то начинается "ступенчатый доступ" (stepped access), т.е. немедленный доступ получают вызовы приоритета 3. Через 1 с получают доступ вызовы категории 4 и спустя 1,5 с - вызовы с низким приоритетом 5. Если в течение этого времени снова становится свободным только 1 канал, то ступенчатый доступ останавливается и только вызовы с приоритетом 1 получают доступ.

### **Засекречивание**

Некоторые радиостанции системы Multi-Net имеют специальные средства для засекречивания речи, которые обеспечивают защиту от перехвата или подслушивания переговоров, например, с помощью аналоговых сканеров.

Засекречивание основано на методе, обеспечивающем быструю синхронизацию и декодирование данных. Данный метод позволяет принять вызов даже в случае, если радиостанция выключится в середине сообщения или если вызов будет введен в сканирующем режиме.

Для шифрования речевого сигнала используется специальная кодовая последовательность. Всего существует около  $5 \times 10^6$  различных кодовых комбинаций. Засекречивание производится как для групповых, так и индивидуальных вызовов (со стороны подвижных или стационарных абонентов). При этом телефонные вызовы и сигналы набора номера проходят в нормальном режиме. В процессе работы оператор системы может периодически изменять шифрующий код или другие параметры, в том числе и перепрограммирование параметров станции по радиоканалу. Для этого используется специально оборудованная радиостанция, модем, IBM-совместимый компьютер и специальное программное обеспечение для перенастройка ключей по радиоканалу OTAR (Over-The-Air-Reprogramming).

**Авторегистрация.** Авторегистрация необходима для автоматического отслеживания местоположения подвижного абонента в многозоновой системе Multi-Net. На основании этой информации в системе организуется автоматическая маршрутизация телефонных и других типов вызовов. Авторегистрация производится только при смене зоны.

Большинство радиостанций системы Multi-Net имеют программируемый параметр, называемый "Критерий сбоя авторегистрации". Этот параметр

определяется числом успешных попыток зарегистрироваться в другом пункте. Количественно он определяется числом принятых сообщений, выраженном в процентах, за 10-секундный период измерения. Если данная величина меньше 50%, то возникает необходимость перерегистрации в другой зоне.

### **Таймер ограничения времени передачи**

Данная функция позволяет автоматически отключать передатчик, если тангента нажата в течение времени, превышающего заданное. Ограничение времени передачи необходимо для предотвращения возможного выхода из строя передатчика за счет превышения допустимого времени работы на передачу. Кроме того, эта мера позволяет предотвратить блокировку каналов от случайно включенных передатчиков.

## **2.2.4 СИСТЕМА ESAS**

Система ESAS (Extended Sub-Audible Signalling), разработанная фирмой Uniden, принадлежит к числу систем с распределенным каналом управления и является развитием протокола LTR. Система является многозоновой и использует модифицированный ("расширенный") радиointерфейс LTR. Между тем, система ESAS сохраняет преемственность и совместимость сверху вниз с протоколом LTR. Так, базовое оборудование системы ESAS поддерживает обмен с радиостанциями протокола LTR, а абонентские станции ESAS могут работать в системах протокола LTR. Это делает возможным плавный переход от нескольких разрозненных систем LTR к единой сети. Система ESAS предполагает объединение зон по принципу распределенной межзональной коммутации. Базовые станции могут быть связаны между собой не только выделенными линиями (в т.ч. цифровыми каналами T1 или E1), но и коммутируемыми линиями ТФОП. Максимальное число зон в системе ESAS - 128, в каждой из них могут работать до 20 ретрансляторов. Поскольку системой используется распределенный канал управления, каждый ретранслятор зоны обеспечивает один рабочий канал и парциальный канал управления /8/.

Адресная емкость системы составляет 1.048.576 абонентов, при этом максимальное число групп равно 16.000. В системе ESAS, в отличие от ее прародителя - системы LTR - существует ограничение на количество абонентов в группе. В зависимости от типа используемого группового вызова, максимальное число участников группы может составлять 50 или 200. Радиостанции ESAS могут принимать вызовы в нескольких группах любого типа. Максимальное число групп, в которые может входить радиостанция - 50. В системе возможен как транкинг сообщений, так и транкинг передачи. При обработке трафика используется приоритетное разграничение вызовов: в системе доступно 15 уровней приоритета.

Радиооборудование системы ESAS работает в диапазонах частот 806-825/851-870 МГц, шаг сетки частот составляет 25 кГц. В системе возможна дуплексная связь. Спектр служб системы ESAS достаточно широк и включает в себя различные виды групповых вызовов, индивидуальные вызовы, соединение с ТФОП, автоматический роуминг и маршрутизацию, динамическое перегруппирование, передачу коротких цифровых сообщений (статусных вызовов), голосовую почту, перенаправление вызовов, защиту от несанкционированного использования, режим непосредственной связи.

## 3 ЦИФРОВЫЕ ТРАНКИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ

### 3.1 ВВЕДЕНИЕ

Цифровые транкинговые системы наступают - может быть, не так быстро, как хотелось бы пользователям, но неотвратимо. Относительно долгое безраздельное господство аналоговых систем транкинга было столь продолжительным из-за высокого ценового барьера цифровых систем, а также из-за отсутствия апробированного и общепризнанного цифрового стандарта. Теперь, с появлением целого ряда цифровых стандартов - TETRA, Tetrapol PAS, APCO 25 а также фирменных цифровых систем DigiStar, EDACS, IDEM, прорыв цифрового транкинга в высшем ценовом секторе рынка неизбежен. Вопрос только в том, какой из стандартов (или какая система) окажется наиболее жизнеспособным. Преимущества, которые позволяют получить переход от аналоговой к цифровой транкинговой системе, для многих потребителей уже перевешивают все еще очень высокую стоимость как инфраструктуры, так и абонентской аппаратуры. К этим преимуществам следует отнести, во-первых, улучшение скрытности радиопереговоров. Для прослушивания цифровых радиопереговоров простые аналоговые сканеры непригодны, что обеспечивает защиту от широкого круга "радиолюбителей" даже без принятия специальных мер по закрытию каналов связи.

Во-вторых, шифрование речи в цифровых системах реализуется в виде цифровой обработки низкоскоростного потока данных, что позволяет использовать сложные алгоритмы с высокой криптостойкостью, причем качество восстановленной речи не ухудшается. Таким образом, решается проблема неадекватности воспроизведения скремблированных радиопереговоров, неизменно свойственная аналоговым системам.

В-третьих, цифровые системы в принципе позволяют более эффективно использовать радиочастотный спектр, т.е. увеличить количество разговорных каналов в отведенной полосе частот. Этот эффект обеспечивается благодаря сочетанию сильной компрессии речевого потока и сложной модуляции несущей частоты /9/.

Существует еще одна причина для перехода к цифровым сигналам - выравнивание качества речевого радиообмена по всей зоне обслуживания ретранслятора. Для аналоговых систем характерно сильное ухудшение качества передачи речи при удалении от базовой станции. В условиях города, когда имеет место многолучевое распространение, качество заметно меняется даже при передвижении внутри одного квартала. Применение цифровых сигналов в сочетании с помехоустойчивым кодированием позволяет существенно улучшить качество передачи речи в пределах всей зоны обслуживания.

Несколько лет назад фирмой Ericsson была представлена система EDACS (Enhanced Digital Access Communication System). Являясь масштабируемой системой, EDACS предусматривает в базовом комплекте поставки только аналоговую передачу речи. Для перехода в цифровой режим необходимо использовать специальную модификацию системы, например, EDACS Aegis.

Вместе с тем, в Соединенных Штатах и в Европе разработаны открытые международные стандарты цифровых транкинговых систем, предполагающие

конкуренцию производителей и предоставление пользователю самостоятельного выбора оборудования. Список наиболее перспективных стандартов и систем транкинговой связи на сегодняшний день выглядит следующим образом /10/:

1) система EDACS фирмы Ericsson;

2) стандарт APCO Project 25 (или просто APCO 25), определенный организацией Association of Public Safety Communications Officials (Ассоциация представителей систем связи служб общественной безопасности);

3) стандарт TETRA, определенный организацией ETSI - European Telecommunications Standards Institute (Европейский институт стандартов связи);

4) стандарт Tetrapol PAS, определенный организацией Tetrapol Forum;

5) система DigiStar фирмы Digital Wireless Corporation;

6) система iDEN фирмы Motorola.

Стандарты APCO 25 и TETRA являются открытыми, предоставляя возможность выпуска аппаратуры различным производителям. Стандарт APCO 25 разработан организацией, представляющей интересы потребителей средств профессиональной связи. Поэтому, в нем четко просматривается ряд характерных для такой связи признаков, делающих системы стандарта APCO 25 неудобными для коммерческих операторов.

Стандарт TETRA разрабатывался под эгидой Европейского Сообщества как общеевропейский и фактически представляет собой адаптацию стандарта сотовой связи GSM к специфическим требованиям потребителей услуг профессиональной связи. Следует отметить, что стандартизация спецификаций TETRA до сих пор официально полностью не завершена.

Наименование Tetrapol до недавнего времени относилось только к названию транкинговой системы, разработанной фирмой Matra Communications. Активно конкурируя со стандартом TETRA, фирма создает в 1994 г. организацию Tetrapol Forum. Последняя открывает в 1996 г. спецификации на систему Tetrapol (они называются PAS - Publicly available specifications) и предпринимает активные усилия по принятию их в качестве альтернативного либо комплиментарного общеевропейского стандарта.

Создание фирмой Digital Wireless Corporation собственной закрытой системы DigiStar хорошо иллюстрирует тот факт, что на Западном и Восточном побережьях США по-разному видят будущее транкинга (фирма DWC располагается вблизи Лос-Анджелеса, а организация APCO - в шт. Флорида). Система DigiStar более всего напоминает сеть передачи данных, адаптированную к задачам профессиональной связи.

### **3.2 СИСТЕМА EDACS**

Транкинговая система EDACS (Enhanced Digital Access Communication System) разработана фирмой Ericsson (Швеция). Она предназначена для передачи речи (в аналоговом или цифровом виде) и данных. К основным особенностям системы можно отнести высокую отказоустойчивость базовых станций и гибкость в обеспечении безопасности радиопереговоров. Наиболее вероятные пользователи системы EDACS - государственные службы различного назначения, для которых важнейшим критерием выбора сети радиосвязи является высокая надежность /11/.

Система EDACS предоставляет возможность работы в однозоновой или в

многозоновой конфигурации. В состав системы входят базовые станции, удаленные пункты разнесенного приема, многостанционный координатор (для многозоновой конфигурации) и абонентское оборудование. В систему могут входить также компьютер централизованного управления, диспетчерские пульта, интерфейс телефонной сети (рисунок 3.1).

Система EDACS использует высокоскоростной выделенный канал управления (9600 бит/с). Относительно высокая скорость передачи данных в канале управления обеспечивает малое время доступа, составляющее 0,25 с (при отсутствии блокирования).

В системе EDACS может быть организован как транкинг передачи, так и транкинг сообщений. Работа в режиме транкинга сообщений предоставляет наиболее комфортные условия для разговора, но приводит к снижению пропускной способности системы. Поэтому большинству абонентов, как правило, разрешается только транкинг передачи. Однако процесс предоставления каналов оптимизирован так, что качество радиопереговоров сохраняется практически таким же, как и при транкинге сообщений.

Ключевой элемент оптимизации - динамическое управление приоритетностью вызовов в очереди. Всякий вызов от абонента устанавливается в очередь. Стоящие в ней вызовы обрабатываются в соответствии с их приоритетом - всего в системе используется до 8 уровней приоритета. Приоритет вызовов изменяется в зависимости от стадии установления соединения. Вызовам абонентов, ранее начавших разговор, присваивается более высокий приоритет, чем при первоначальном установлении соединения.

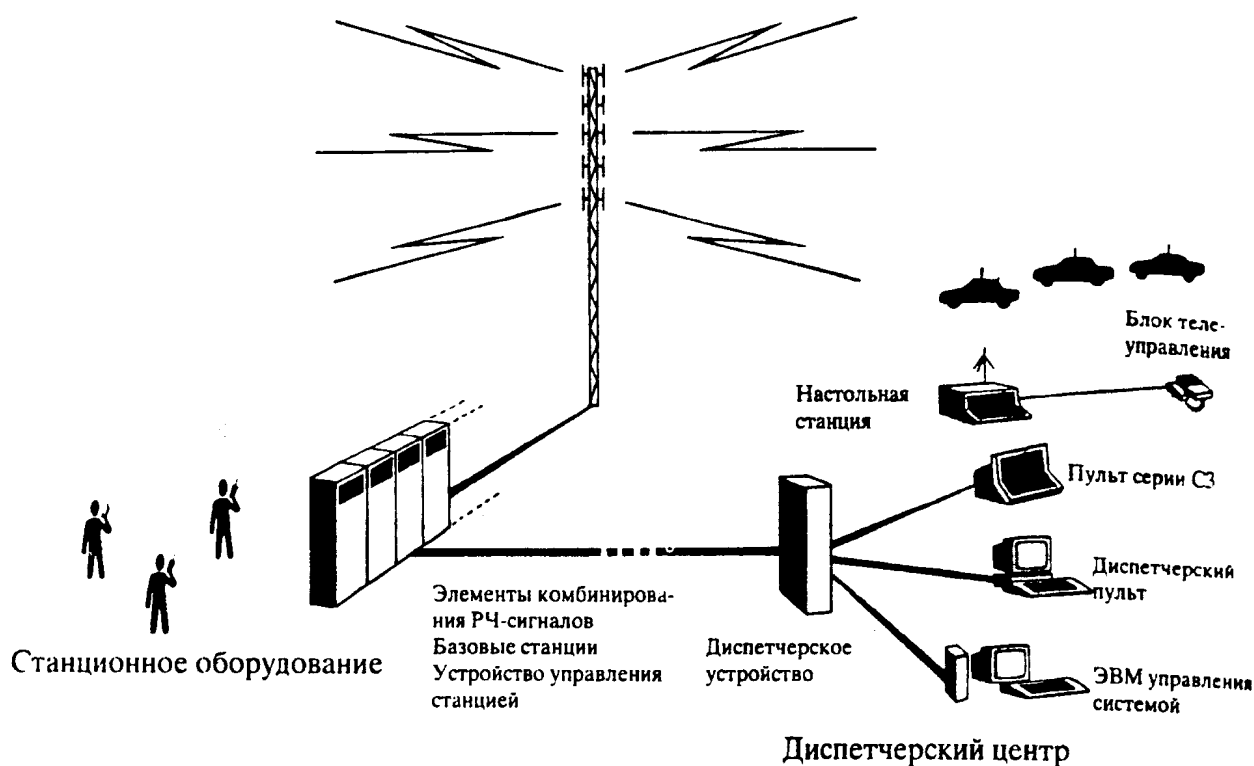


Рисунок 3.1 - Оборудование системы станцией EDACS



Таким образом, минимизируется продолжительность пауз и обеспечивается квазинепрерывность переговоров. Вместе с тем, сохраняется возможность своевременного обслуживания вызовов более высокого приоритета. Следует отметить интересную особенность системы: если на момент приема вызова с наивысшим приоритетом все каналы оказались заняты, то вызов все же обслуживается. Ретранслятор канала управления на время передачи вызова с наивысшим приоритетом (напр. экстренного сообщения) переходит в режим ретранслятора рабочего канала.

При постановке вызова в очередь абонент извещается световым индикатором, а предоставление канала сопровождается звуковым сигналом (приглашением). Наличие такого набора сигнализаторов исключает необходимость повторных попыток установления соединения, что, в конечном итоге, приводит к увеличению пропускной способности.

Несмотря на то, что в системе EDACS используется выделенный канал управления, базовая станция сохраняет работоспособность даже в том случае, если работоспособен хотя бы один ретранслятор. Последний в исходном состоянии работает как ретранслятор канала управления, а при поступлении вызовов обрабатывает их, назначая свой собственный частотный канал, после чего переходит в режим ретранслятора рабочего канала.

На указанную ситуацию можно посмотреть и с другой стороны: для обслуживания территорий с небольшим графиком, для опытного ввода системы в эксплуатацию или в целях минимизации первоначальных капиталовложений достаточно установить на базовой станции всего один ретранслятор. Такая система по терминологии фирмы Ericsson называется SCAT (Single Channel Autonomous Trunking).

Для систем с обширной зоной обслуживания, в которых используется большое количество портативных (носимых) радиостанций, предусмотрена возможность разнесенного приема сигналов. В этом случае в нескольких местах на обслуживаемой территории устанавливаются приемные устройства с дистанционным управлением, подключаемые к устройству выбора наиболее сильного сигнала. Указанное решение позволяет устранить дисбаланс между большой выходной мощностью передатчика базовой станции и низкой мощностью передатчика портативной радиостанции.

### **Иерархия и адресация**

В системе EDACS используется пятиуровневая иерархическая модель, включающая следующие уровни: система, организация в целом, филиал, отдел, индивидуальный пользователь. Каждому абоненту системы (в том числе многозоновой) присваивается уникальный идентификационный номер в диапазоне от 1 до 16382. Отделы, филиалы и организации в целом образуют вложенные группы. Каждой группе системы присваивается уникальный групповой идентификационный номер в диапазоне от 0 до 2047 /12/.

Установка идентификационного номера радиостанции и номера группы может производиться не только специальным программатором на этапе ввода в эксплуатацию, но и оперативно по радиоканалу управления. В последнем случае, система EDACS обеспечивает достаточно высокую скорость реконфигурирования: 30 радиостанций в секунду.

## **Вызовы в системе EDACS**

*Групповой вызов* - основной тип вызова в системе. Групповой вызов может производиться на уровне организации в целом, на уровне филиала или отдела. Абонент системы имеет возможность пользоваться групповыми вызовами только для соединения с той группой, членом которой он сам является. Вместе с тем, абоненту может быть предоставлено право, прослушивать вызовы в нескольких других группах (до 15), в том числе за пределами филиала или организации. Тем самым обеспечивается возможность многоуровневых или параллельных вызовов. Для посылки группового вызова абоненту достаточно нажать тангенту. С диспетчерского пульта можно вызвать любую из обслуживаемых этим пультом групп. Диспетчер также имеет возможность прослушивания обмена в обслуживаемых группах.

*Индивидуальный вызов* - привилегированный тип вызова, позволяющий вести приватный разговор. Этот вызов не прослушивается ни диспетчером, ни членами групп, в которые входят связывающиеся абоненты. Индивидуальный вызов предусматривает соединение по схеме "каждый с каждым". Он может быть послан только с радиостанции, оснащенной цифровой клавиатурой, путем набора идентификационного номера вызываемого абонента. В многозоновой системе автоматически производится маршрутизация вызова. Индивидуальный вызов может быть принят любым абонентом системы, причем для передачи ответа ему не нужно набирать номер вызвавшего абонента - для соединения с ним достаточно нажать на тангенту и удерживать ее в течение некоторого времени после поступления вызова.

*Экстренный вызов* - групповой вызов с наивысшим приоритетом. Послать этот вызов может любой абонент, для этого ему нужно нажать специальную кнопку на радиостанции. Экстренный вызов может быть передан даже при полной загруженности системы, причем он прерывает текущие переговоры в группе, к которой принадлежит вызывающий абонент.

*Вызов в ТФОП* - привилегированный тип вызова, позволяющий абоненту системы EDACS вести приватные переговоры с абонентами телефонной сети. Может быть послан только с радиостанции, имеющей цифровую клавиатуру. Для обслуживания таких вызовов требуется система уровня 1 и выше.

*Вызов из ТФОП* - может быть принят любым абонентом или любой группой системы, в зависимости от желания вызывающего абонента телефонной сети. Предусмотрен в системах уровня 1 и выше.

*Одновременное соединение с несколькими группами (Simulselect)* - тип вызова, доступный только диспетчеру. Обеспечивает возможность одновременной передачи сообщения для нескольких групп абонентов с использованием одного частотного канала. Ответы членов групп при этом будут слышны лишь в пределах их собственных групп. Данный тип вызова предусмотрен в системах уровня 2 и выше.

*Временное соединение нескольких групп* - тип вызова, доступный только диспетчеру, обеспечивая последнему возможность в течение заданного времени передавать сообщения нескольким группам и принимать ответы их членов. Этот тип вызова позволяет также подключить телефонную линию к одной или нескольким группам. Предусмотрен в системах уровня 2 и выше.

*Статусный вызов* - предназначен для передачи "цифровых формализованных сообщений от абонентов диспетчеру, заменяющих тривиальный речевой обмен ("вас понял", "повторите" и т.п.). Информационное содержание сообщения передается в

составе вызывного пакета по каналу управления, не нагружая ретрансляторы каналов графика. Для посылки статусного вызова абонент должен нажать одну из заранее запрограммированных кнопок на радиостанции. Данный тип вызова предусмотрен в системах уровня 3 и выше.

### **Работа в многозоновой конфигурации**

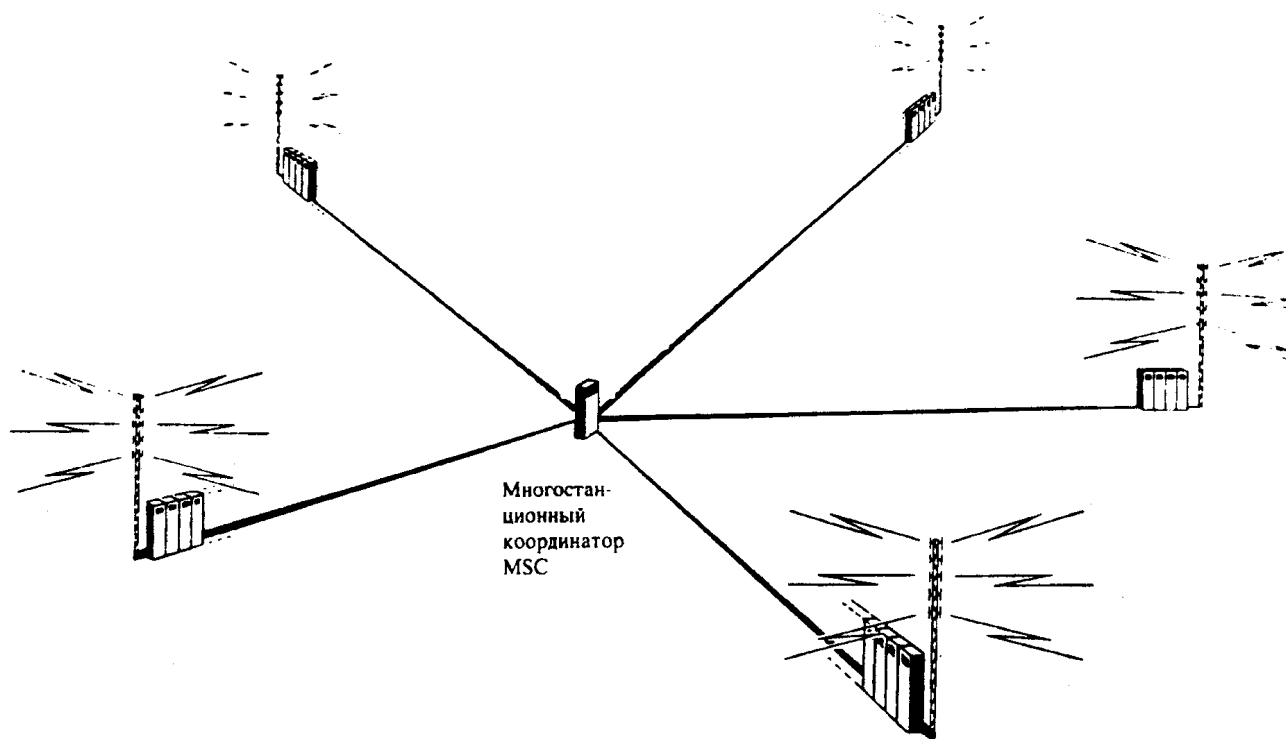
Система EDACS обеспечивает возможность обслуживания обширных территорий с помощью многозонового покрытия. В единую систему могут быть объединены автономные базовые станции (системы) типа EDACS любого уровня, в том числе одноканальные (SCAT). При создании многозоновой сети используется топологическая схема "звезда" (рисунок 3.2), в центре которой находится многостанционный координатор (MSC), а на концах лучей - зональные базовые станции. Максимальное количество зон в единой сети - 32.

В многозоновой сети поддерживается единая, сквозная нумерация абонентов. Для правильной маршрутизации вызовов многостанционный координатор отслеживает текущее размещение абонентов в зонах. Для этого используется процедура автоматической регистрации. Необходимость перерегистрации определяется абонентской радиостанцией (в отличие от сотовых систем связи, где решение о перерегистрации абонента принимается базовым оборудованием - сетевой подсистемой). Критерием перерегистрации является потеря связи с каналом управления. Собственно процедура перерегистрации заключается в сканировании диапазона в поисках канала управления и посылке по вновь найденному каналу регистрационного пакета.

В системах с перекрывающимися зонами многостанционный координатор способен выполнять вторичную обработку потока вызовов, заключающуюся в адаптивном перераспределении частотных каналов. Так, если в одной из зон повышается загрузка ретрансляторов (и как следствие увеличивается частота и продолжительность блокирования), а в смежной перекрывающейся зоне трафик невелик, то часть вызовов из сильно загруженной зоны перенаправляется на ретрансляторы соседней.

### **Передача данных**

Для передачи данных в системе EDACS используется фирменный протокол транспортного уровня RDI (Radio Data Interface). Он предусматривает обнаружение и коррекцию ошибок, подтверждение приема пакетов и автоматический повтор передачи. Организация небольших (около 20 абонентов) сетей передачи данных в системе EDACS возможна с применением фирменного программного обеспечения 4DAT. Сети большего размера могут быть организованы на основе протокола RDI, либо как наложенные сети IP. В любом случае, базовая станция должна быть оснащена устройством EDACS Data Gateway, представляющим собой маршрутизатор, конвертор протоколов, а также шлюз во внешнюю IP-сеть. Возможна разработка специализированных сетевых приложений - для этого фирмой Ericsson предлагается интерфейс прикладного программирования (API), в который включены подпрограммы инициализации портов и управления вызовами. API имеется как для протокола IP, так и для протокола RDI. Важным аспектом передачи данных в системе EDACS является отсутствие необходимости выделения отдельных частотных каналов для передачи данных.



**Рисунок 3.2** - Система EDACS в многозоновой конфигурации

### **Оборудование базовых станций**

В каждой зоне на базовой станции может быть установлено до 20 ретрансляторов. Важная особенность системы состоит в том, что любой из рабочих каналов может быть использован как управляющий. Возможность замены обеспечивается тем, что каждый ретранслятор способен передавать не только аналоговые речевые сигналы, но и цифровую информацию со скоростью 9600 бит/с. Этой цифровой информацией могут быть речевые сигналы (в том числе зашифрованные), пользовательские данные или сигналы канала управления.

Кроме того, каждый ретранслятор оснащен интеллектуальным управляющим устройством, способным распознать ситуацию выхода из строя ретранслятора канала управления и, если нужно, взять выполнение всех его функций на себя. Описанный способ отработки отказов с использованием распределенного управления обеспечивает большую надежность, чем схема с резервированием канала управления (как наиболее важного в системе). При выходе из строя канала управления один из оставшихся работоспособных ретрансляторов переключается с обслуживания информационной нагрузки на обработку вызовов. При этом наблюдается плавная деградация пропускной способности системы - точно так же, как при потере одного из рабочих каналов.

В системах, использующих компьютер централизованного управления, отказ последнего вызывает переход в аварийный режим. При этом распределенное устройство управления продолжает работу, так что большинству абонентов авария не будет заметна вообще. Однако некоторые функции все же будут потеряны, в том числе возможность соединения с телефонной сетью.

### **Конфигурация системы**

В зависимости от потребностей заказчика, базовая станция может быть

укомплектована различным дополнительным оборудованием. Система, включающая минимальный набор аппаратуры, называется системой базового уровня. Она может использоваться только для обслуживания групповых, экстренных и индивидуальных вызовов. В такой конфигурации возможно использование лишь двух уровней приоритета - для обычных и экстренных сообщений. Поддерживается ведение очереди вызовов.

Установка дополнительного оборудования позволяет повысить уровень системы и набор предоставляемых возможностей. Соответствие между составом оборудования и предоставляемыми возможностями приведена в таблице 3.1.

### 3.3 СИСТЕМА DigiStar

Цифровая транкинговая система DigiStar разработана фирмой Digital Wireless Corporation (DWC), США. Это система не опирается на существующие международные стандарты цифровых транкинговых систем. Она построена на базе технических решений, являющихся собственностью DWC. Система не является открытой, и использование оборудования сторонних поставщиков невозможно. Фирма DWC утверждает, что последнее служит одним из средств повышения безопасности радиосвязи.

Одной из наиболее важных особенностей системы DigiStar является то, что она, в отличие от других транкинговых систем, представляет собой сеть с коммутацией пакетов. Естественно, это нетрадиционное решение ведет к некоторому общему ухудшению качества обслуживания. Вместе с тем, применение технологии пакетной коммутации позволяет существенно снизить стоимость инфраструктуры многозоновой сети: роль привычного коммутационного узла в системе DigiStar исполняет маршрутизатор.

Система DigiStar специально разработана для обслуживания обширных регионов. Вместе с тем, система характеризуется масштабируемостью от однозоновых одноканальных до общенациональных сетей. Таким образом, нижняя граница первоначальных капиталовложений позволяет использовать систему DigiStar широкому кругу операторов. Нарращивание пропускной способности сетей связи на базе системы DigiStar можно производить поканально.

Система DigiStar может работать в широком диапазоне частот: от 345 до 512 МГц, что позволяет использовать ее в рамках самых различных частотных планов. Это особенно важно при переходе от существующей аналоговой транкинговой системы к цифровой системе - отпадает необходимость во всех организационных мероприятиях, связанных с переходом на новый (например, 800 МГц) диапазон частот. Шаг сетки частот в системе DigiStar является стандартным и составляет 12,5 кГц. Система DigiStar использует только один метод разделения каналов: МДЧР.

#### Общая архитектура системы

В системе DigiStar реализована трехуровневая модель групповой иерархии (таблица 3.2.) Вся система представляется совокупностью организаций, число которых не превышает 256. Организация, в свою очередь, делится на группы.

**Таблица 3.1**

Уровень	Состав аппаратуры	Возможности системы
---------	-------------------	---------------------

Базовый	Ретрансляторы со встроенными устройствами управления Устройства объединения радиосигналов Антенно-фидерное устройство	Индивидуальные вызовы Групповые вызовы Экстренные вызовы Только 2 уровня приоритета вызовов Сканирование по группам Передача цифровой информации (речь или данные) по маршруту абонент-абонент Введение очереди вызовов Выдача тонального приглашения начать передачу
1	Оборудование базового уровня ЭВМ централизованного управления Терминал технического обслуживания и эксплуатации Устройство сопряжения с ТФОП	Все возможности базового уровня Аутентификация вызывающих абонентов Генерация отчетов о трафике 8 уровней приоритетов вызовов соединение с ТФОП (в том числе для передачи цифровой информации) Динамическая перегруппировка абонентов Управление допуском абонентов к связи
2	Оборудование уровня 1 До 30 диспетчерских пультов	Все возможности уровня 1 Аналоговый речевой обмен с диспетчерским пультом Одновременный мониторинг нескольких групп Одновременный вызов нескольких групп
3	Оборудование уровня 2 Устройство цифрового сопряжения с диспетчерским пультом Модем телефонного канала	Все возможности уровня 1 Цифровой речевой обмен (в т.ч. зашифрованный трафик) с диспетчерским пультом Статусные вызовы и запросы Цифровой обмен с абонентами ТФОП
4	Несколько базовых станций в конфигурации от базового уровня до уровня 3 Многостанционный координатор(MSC)	Роуминг абонентов Динамическое адаптивное перераспределение каналов в перекрывающихся зонах Возможность подключения традиционных (нетранкинговых) сетей подвижной связи

Общее число групп в системе не должно превосходить 65534. В группу входят абоненты, причем общая адресная емкость системы составляет 16,25 миллиона абонентов. Абоненты могут также не принадлежать ни к одной из групп. Каждому абоненту присваивается уникальный идентификационный номер (ID). Несколько

(до 36) групп или отдельных абонентов могут быть временно или постоянно объединены в т.н. супергруппы.

**Таблица 3.2**

Иерархический уровень	Наименование	Максимальное количество в системе	Примечание
1	Организация	256	
2	Супергруппа	-	необязательное
2	Группа	65534	необязательный атрибут
3	Абонент	16,25 млн.	

Одна сеть DigiStar может содержать до 8192 зон. В составе базовой станции каждой зоны может быть до 32 ретрансляторов. Один из них обслуживает канал управления, остальные трафик. Поскольку в системе DigiStar используется лишь частотное разделение каналов, одному ретранслятору графика соответствует один канал. Вместе с тем, система DigiStar позволяет создавать зоны с одним частотным каналом. В этом случае единственный ретранслятор обслуживает попеременно канал управления и канал графика.

### **Службы системы DigiStar**

Система DigiStar предоставляет полный набор служб, характерных для цифровой транкинговой системы: разнообразные виды внутренних вызовов, доступ к ТФОП, передача данных, статусные вызовы, передача координат. Групповой вызов может быть произведен не только в пределах одной группы, но и по всей организации, а также для избранного набора групп. Администратор с системного пульта управления имеет возможность оперативно объединить несколько групп и абонентов в супергруппу. Необходимость в этом возникает, как правило, в исключительных ситуациях, когда требуется обеспечить взаимодействие подразделений различной ведомственной принадлежности. В таком случае обычные групповые вызовы абонентов автоматически распространяются во всех группах, входящих в супергруппу.

Особого внимания заслуживает механизм перегруппирования, используемый в системе DigiStar. Он не требует перепрограммирования абонентских радиостанций, и как следствие затрат эфирного времени на посылку команд удаленного управления. Объединение в супергруппы происходит на уровне инфраструктуры, для чего используются виртуальные идентификаторы (Virtual ID - VID), присваиваемые супергруппе. Таким образом, перегруппирование обеспечивается программным обеспечением и аппаратурой базовых станций, производится централизованно и занимает по времени всего лишь несколько миллисекунд.

Система DigiStar, как и другие цифровые системы, предоставляет возможность индивидуального вызова абонентов, а также дуплексного соединения с ТФОП.

Система DigiStar располагает службой текстового радиовызова (пейджинга). Абонентская аппаратура системы DigiStar оснащается 32-символьными ЖК-дисплеями, позволяющими отображать, помимо системной информации, пейджинговые сообщения.

Система DigiStar позволяет передавать статусные сообщения в виде последовательностей из нескольких цифр (условные кодовые комбинации, заменяющие тривиальный речевой обмен и позволяющие разгрузить ретранслятор). Использование этой службы возможно на радиостанциях специальной модификации.

В системе DigiStar возможен непосредственный радиообмен между абонентами, без участия ретранслятора (режим Talkaround).

Базовые станции системы DigiStar при возникновении ситуации блокирования осуществляют постановку входящих по каналу управления вызовов в очередь. Последняя обслуживается по принципу «первым вошел - первым вышел», но подчиняется правилам приоритета. В системе предусмотрено 8 уровней приоритета, которые назначаются абонентам и используются при обслуживании очереди. Следует отметить, что абонентам системы не приходится ждать освобождения канала связи, прежде чем начать реплику. Речевые фразы абонентов помещаются в буферную память радиостанций, откуда передаются по получении в канале управления соответствующего разрешения. Таким образом, единственное неудобство, возникающее у абонентов в ситуации блокирования - увеличение времени ответа на ответы корреспондентов.

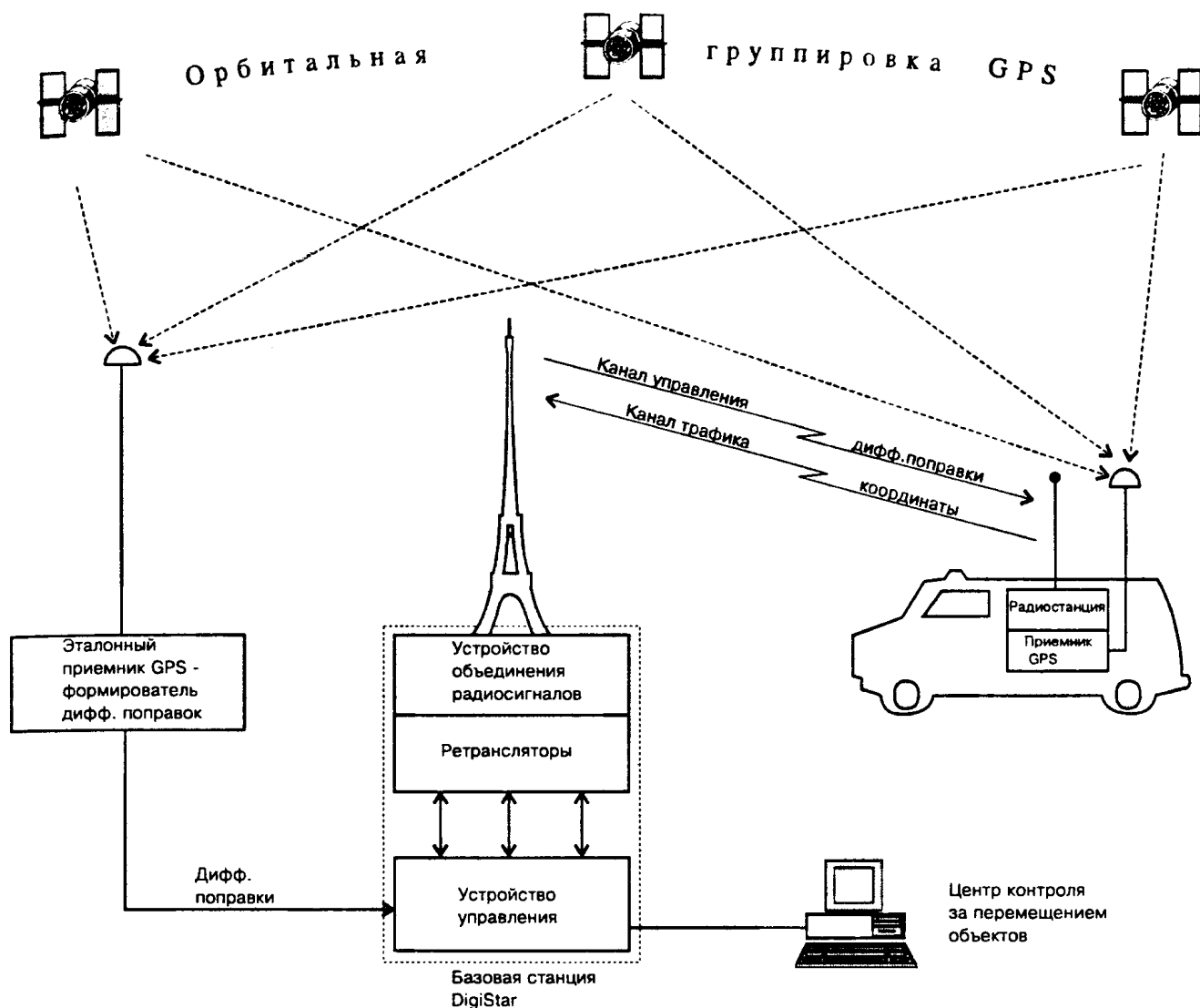
В системе DigiStar достаточно необычно реализован способ временного предоставления избранной группе абонентов высокоприоритетного доступа к ретрансляционным ресурсам базовых станций. Тогда как в некоторых других системах отдельным группам предоставляется т.н. открытый канал, т.е. один из каналов в монопольное владение, в системе DigiStar включается переназначение приоритетов согласно одному из заранее введенных «штормовых планов». Таким образом, в случае снижения активности в приоритетных группах качество обслуживания остальных пользователей автоматически повышается. В системах же, использующих принцип открытого канала, вплоть до его освобождения все «низкоприоритетные», т.е. в основном коммерческие пользователи, будут постоянно ощущать заметное удлинение времени обслуживания своих вызовов.

В системе DigiStar большое внимание уделено службе автоматического определения координат - AVL (Automatic Vehicle Location). Местоположение подвижного объекта определяется, как и в подавляющем большинстве сетей подвижной связи, путем приема и обработки сигналов спутниковой глобальной навигационной системы GPS (Global Position System). Протокол радиointерфейса системы DigiStar поддерживает передачу координат в явном виде, для этого не нужно дополнительно использовать службу передачи данных.

Как известно, для повышения точности определения местоположения необходимо периодически вводить в навигационное устройство т.н. дифференциальные поправки, компенсирующие искусственно вносимую погрешность измерений координат. Эта погрешность вносится в системе GPS для коммерческих пользователей. Дифференциальные поправки могут быть получены от эталонного навигационного приемника с точно известным местоположением. В системе DigiStar для этого предусмотрена регулярная передача информации о дифференциальных поправках по каналу управления. Совместная обработка поправок с данными навигационных измерений дает возможность улучшить точность определения координат до 2 м. Стандартная точность без использования дифф. поправок составляет 100 м. В системе предусмотрено использование обоих



вариантов, так как эталонный приемник GPS не входит в состав базовой станции DigiStar и приобретается отдельно, а для определения координат с использованием дифф. поправок в некоторых странах требуется дополнительная лицензия. Структурная схема системы контроля за перемещением объектов на базе транкинговой системы DigiStar показана на рисунке 3.3. Фирма DWC поставляет специальное картографическое программное обеспечение, функционирующее под управлением ОС Windows, на компьютере, подключенном к диспетчерской радиостанции по интерфейсу RS-232C.



**Рисунок 3.3** - Система контроля за перемещением объектов с использованием дифференциальной коррекции

Это позволяет отображать текущее положение избранных подвижных объектов на электронной карте местности, а также ряд сведений о них, включая сообщения статусных вызовов. Экранный интерфейс позволяет оператору также отправить текстовое пейджинговое сообщение для передачи выбранному абоненту. Возможно подключение нескольких компьютеров с картографическим ПО DigiStar непосредственно к контроллеру базовой станции по интерфейсу Ethernet.

## Радиоинтерфейс

Фирма DWC разработала собственный протокол радиоинтерфейса, который при ближайшем рассмотрении оказывается весьма схожим с открытыми радиопротокколами стандартов, использующих многостанционный доступ с частотным разделением - TETRAPOL, APCO 25. Так, скорость передачи данных в радиоканале составляет 9600 бит/с, тип модуляции - четырехпозиционная частотная манипуляция. Структурная схема тракта модуляции показана на рисунке 3.4.

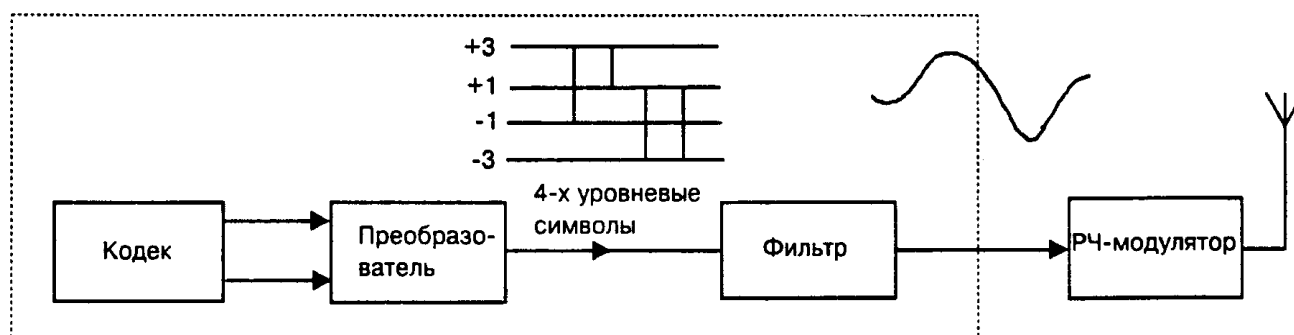


Рисунок 3.4 - Тракт модуляции радиоканала системы DigiStar

В потоке данных, подготовленных к передаче в радиоканал, соседние биты попарно объединяются и подаются на формирователь четырехуровневого сигнала. Этот сигнал подвергается фильтрации и подается на вход частотного модулятора. Таким образом, частота смены символов в радиоканале составляет 4800 симв/с.

В системе DigiStar информация любого рода (речь, данные, координаты и др.) передается в виде пакетов. Подготовка пакетов к передаче в радиоканал заключается в решетчатом кодировании с последующим межблочным перемежением (рисунок 3.5 и рисунок 3.6). Это позволяет обеспечить передачу информации в условиях низкого отношения сигнал/шум и глубоких замираний.

Как следует из рисунка 3.6, поток данных с выхода сверточного кодера записывается последовательно в строки матрицы перемежения. Считывание из матрицы перед передачей в радиоканал производится по столбцам, поэтому исходный порядок размещения

$A_1, A_2, A_3, \dots, \dots, N_9, N_{10}$

преобразуется к виду

$N_1, G_1, F_1, E_1, \dots, N_2, G_2, \dots, B_{10}, A_{10}$ .

При приеме производится деперемежение в обратном порядке.

В канале управления базовая станция непрерывно ведет передачу. В этом канале периодически передается следующая информация: идентификатор системы, идентификатор зоны обслуживания, назначение каналов по абонентам, текстовые сообщения службы радиовызова, дифференциальные поправки GPS, и некоторые другие сведения. Информационная скорость в канале управления 5760 бит/с.

В каналах трафика совмещаются два логических канала - передачи речи (4800 бит/с) и сигнализации (960 бит/с). В канале сигнализации передается идентификатор абонентской радиостанции, имя пользователя, координаты, и другая дополнительная информация.

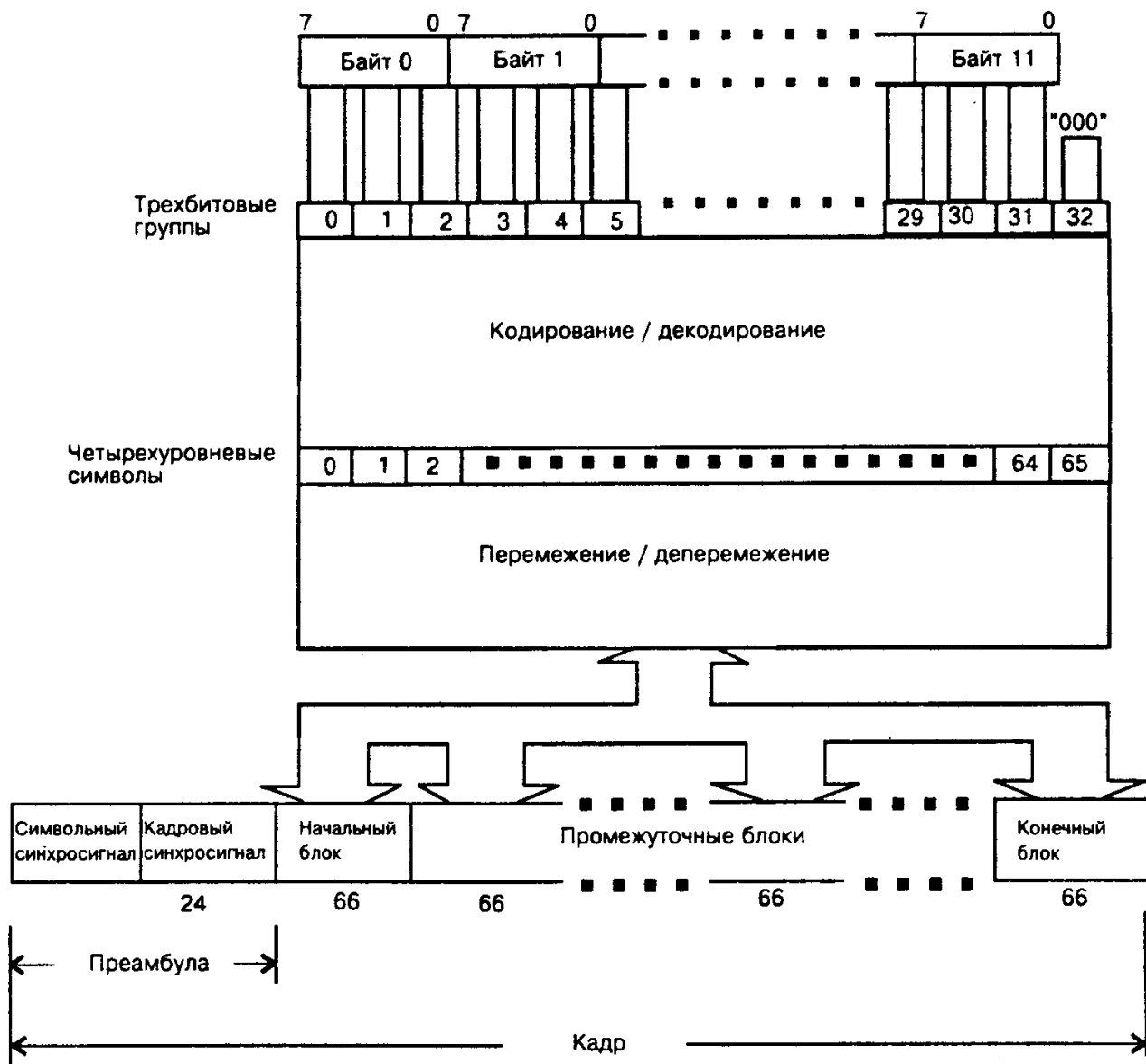
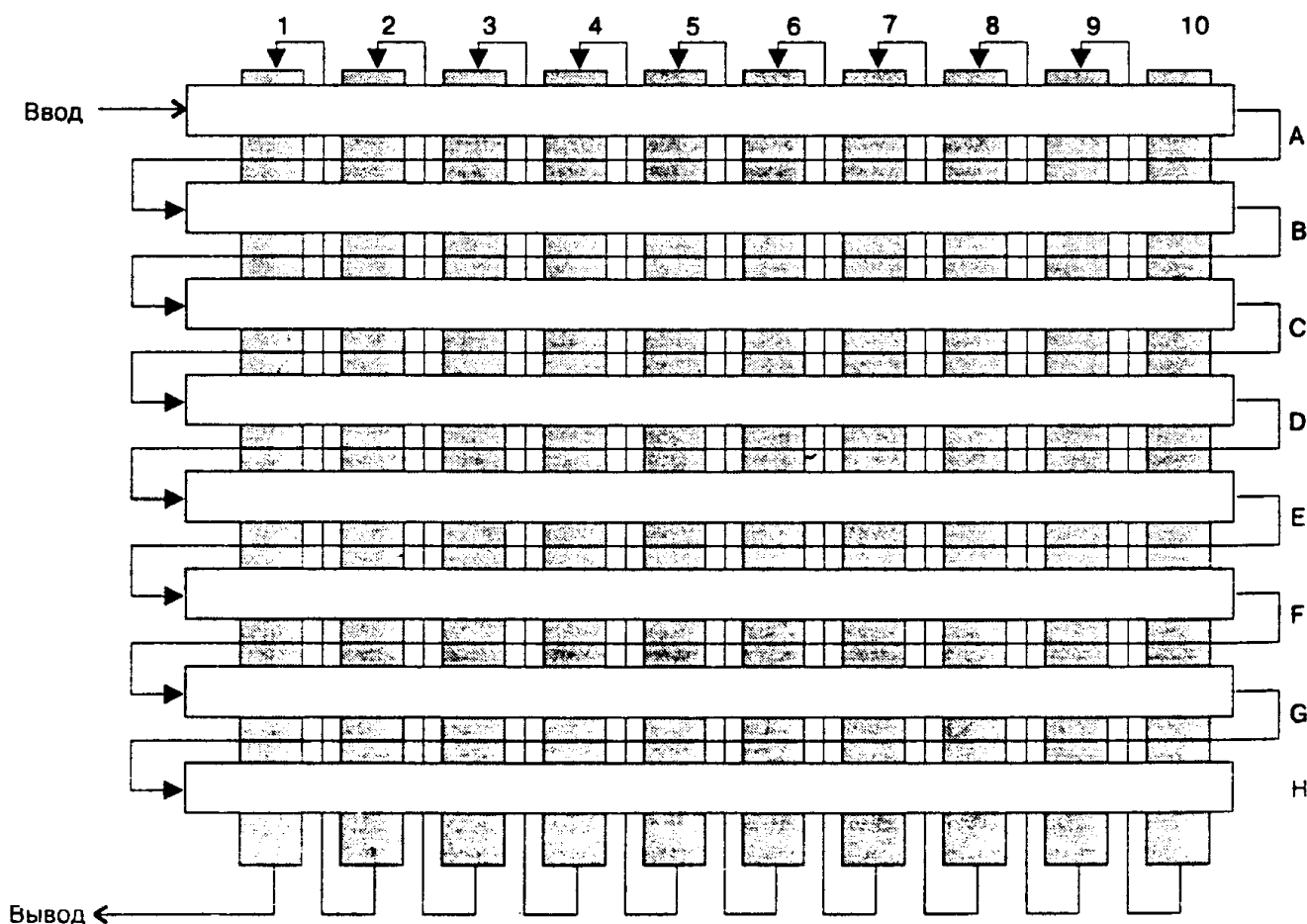


Рисунок 3.5 - Структура кадра и обработки потока данных радиоканала в системе DigiStar

### Передача цифровой речи

В системе DigiStar используется только цифровая передача речи. Поддержка аналоговых ЧМ-каналов, такая как в стандарте APCO 25, не предусмотрена. Преобразование речи в цифровой поток 64 Кбит/с производится по стандартной схеме с комбинированием по А- или Т- закону. Для цифрового сжатия и восстановления речи используется специализированный сигнальный процессор с

производительностью 30 млн. операций в секунду. Сжатие производится с использованием фирменного алгоритма DWC, скорость сжатого речевого потока составляет 4800 бит/с. Алгоритм реализует метод линейного предсказания. Длительность речевого кадра в системе DigiStar составляет 60 мс. Поскольку алгоритм сжатия не раскрывается фирмой DWC, он является одним из барьеров защиты от перехвата информации. При необходимости, сжатый поток цифровой речи может быть дополнительно зашифрован, чтобы обеспечить еще большую безопасность радиосвязи.



**Рисунок 3.6** - Схемы межблочного переключения

Следует отметить, что на базовой станции системы DigiStar речь не восстанавливается, а ретранслируется в сжатом (и, возможно, зашифрованном) виде. Это исключает возможность перехвата радиопереговоров путем простого подключения к ретранслятору непосредственно на БС.

Поскольку система DigiStar использует технологию пакетной коммутации, задержка ретрансляции складывается из длительности речевого кадра (60 мс) и времени предоставления канала связи. В случае, если хотя бы один из каналов системы свободен, время предоставления канала связи равно времени установления соединения. Последнее составляет в среднем 0,2 с и не превышает 0,3 с, как для

однозоновой, так и для многозоновой конфигурации. В ситуации блокирования системы время предоставления канала связи равно времени установления соединения. Последнее составляет в среднем 0,2 с и не превышает 0,3 с, как для однозоновой, так и для многозоновой конфигурации. В ситуации блокирования вызов устанавливается в очередь, и канал предоставляется только после прохождения этой очереди. Если абоненты системы работают преимущественно в полудуплексном режиме и осуществляют групповые вызовы, средняя продолжительность вызова составляет 5 с. Таким образом, в сильно загруженной системе вполне возможны продолжительные задержки ретрансляции. Вместе с тем, пользователи системы DigiStar избавлены от неприятных раздражающих пауз в ожидании «зеленого света», т.е. разрешающего сигнала от радиостанции. Это обеспечивается буферизацией речи, начинающейся немедленно после нажатия пользователем кнопки «Передача». Размер буфера позволяет записать до 25. с речи, об окончании которых радиостанция извещает пользователя характерным тональным сигналом. Передача фразы в эфир автоматически начинается немедленно по предоставлении канала трафика.

Типичная временная диаграмма сеанса связи абонентской радиостанции и базовой станции показана в таблице 3.3. Рассмотрена ситуация блокирования, при которой канал предоставляется лишь спустя 5 секунд после выдачи запроса.

**Таблица 3.3**

Текущее время	Событие
0:00.0	Пользователь N нажал на кнопку «Передача» и начал произносить фразу
0:00.0	Началась оцифровка речи и ее накопление в буфере
0:00.0	По каналу управления послан запрос на обслуживание вызова
0:00.2	По каналу управления принято подтверждение от контроллера базовой станции и уведомление о постановке в очередь из-за текущей ситуации блокирования
0:05.0	Ранее занятый другим пользователем канал графика освобожден
0:05.2	По каналу управления передано назначение свободного канала графика для радиостанции пользователя N
0:05.3	Радиостанция пользователя N перенастроилась на канал графика и начала передачу записи речи с момента 0:00.0.,
0:15.0	Пользователь N закончил фразу и отпустил кнопку «Передача»
0:20.3	Радиостанция пользователя N завершила передачу и освободила канал графика

### **Работа в многозоновой конфигурации**

В системе DigiStar используется централизованная межзональная коммутация. Обязательным элементом любой многозоновой сети DigiStar является коммутатор, который по терминологии фирмы DWC называется Network Router (сетевой

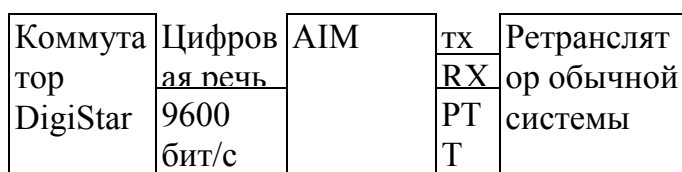
маршрутизатор), что вполне отвечает его назначению - коммутации пакетов между базовыми станциями.

Базовые станции подключаются к портам центрального коммутатора по последовательным линиям передачи данных. Один коммутатор может иметь до 255 портов. Стандартная комплектация коммутатора предусматривает его оснащение 16 портами. Всего в системе возможно функционирование до 255 коммутаторов, обслуживающих в общей сложности до 260000 ретрансляторов.

К портам коммутатора могут быть подключены не только базовые станции, но и другие коммутаторы DigiStar, и модули аналогового интерфейса (AIM - Analog Interface Module). Внешние сети передачи данных могут подключаться к коммутатору по интерфейсу Ethernet, или через последовательный порт. Таким образом, центральный коммутатор системы DigiStar непосредственно выполняет функцию интерфейса внешних сетей с коммутацией пакетов.

Модули аналогового интерфейса позволяют обеспечить взаимодействие с ТФОП (в том числе по принципу Direct ID), с обычными радиосистемами диспетчерской связи, линиями ISDN, каналами E1 и T1, с диспетчерскими консолями, а также с любыми устройствами по четырехпроводной схеме E+M. Один модуль AIM может обеспечить только одно соединение с внешним устройством и подключается к отдельному порту коммутатора. Скорость передачи данных в линии «коммутатор - AIM» составляет 9600 бит/с.

Система DigiStar может взаимодействовать с обычными системами диспетчерской связи на уровне групп. Канал обычной системы может быть ассоциирован с какой-либо группой системы DigiStar, и тогда любые вызовы в этом канале и группе будут взаимно ретранслироваться. Схема соединения системы DigiStar и обычной системы показана на рисунке 3.7.



**Рисунок 3.7** - Сопряжение системы DigiStar с обычной системой радиосвязи

Любая базовая станция системы DigiStar содержит в своем составе контроллер, выполняющий как функции устройства управления, так и локального коммутатора. Внешний трафик фильтруется контроллером и подается на отдельный последовательный порт типа RS-232C. По этому же порту осуществляется прием графика из других зон. Скорость передачи данных в этом канале растет с увеличением количества ретрансляторов.

Базовые станции могут быть связаны с центральным коммутатором различными способами, и соединяющие их линии связи должны обеспечивать скорости передачи данных, приведенные в таблице 3.4.

Если центральный коммутатор размещается непосредственно на базовой станции, соединение устанавливается по интерфейсу RS-232C. Если коммутатор удален от базовой станции, можно использовать линии ISDN, цифровые радиорелейные линии, и вообще любые средства, предназначенные для

объединения локальных вычислительных сетей. По утверждению фирмы DWC, вполне возможным представляется использование Интернета. Естественно, к задержкам в радиоканале в этом случае прибавятся задержки распространения в

**Таблица 3.4**

Число	Требуемая пропускная способность
1	9600 бит/с
2	19200 бит/с
4	38400 бит/с
8	76800 бит/с (возможно 64000 бит/с)
16	153600 бит/с
32	307200 бит/с

глобальной сети, но сама возможность такого решения заслуживает внимания. Скорость соединения с Интернетом должна быть не ниже 64 Кбит/с даже для одноканальной зоны.

Еще одна функция центрального коммутатора - обеспечение автоматического роуминга. Для этого используются индивидуальные идентификаторы абонентов - ID. Коммутатор постоянно отслеживает распределение абонентов по зонам обслуживания. В системе поддерживаются транзональные групповые вызовы. Эти вызовы воспроизводятся только в тех зонах, в которых зарегистрированы члены активной группы. Следует заметить, что любые транзакции - речевые вызовы, передача данных, статусные вызовы и т.д. - фиксируются в базе данных центрального коммутатора.

Поскольку центральный коммутатор представляет собой пакетный маршрутизатор и реализуется в виде индустриального компьютера (вполне достаточно Pentium 200 со 128 Мб ОЗУ), его стоимость заметно ниже, чем в стоимость коммутатора каналов, используемого в других транкинговых системах.

#### **Базовые станции**

В системе DigiStar используются базовые станции модульной конфигурации. В стандартном кабинете (193 x 70 x 58 см) размещается четырехканальный комплект аппаратуры. Он включает в себя устройство объединения радиосигналов, 4 ретранслятора, контроллер базовой станции, а также источник бесперебойного питания (ИБП).

Наличие в стандартном комплекте аппаратуры устройства объединения радиосигналов позволяет использовать одну антенну для всех каналов приема и передачи. Усилители мощности конструктивно отделены от собственно ретрансляторов. Последние имеют модульную конструкцию. Ретрансляторы содержат соединительную («материнскую») плату, к которой подсоединяются возбуждатель, приемник, процессор (на базе 8-разрядного микроконтроллера с ППЗУ), буферный регистр данных радиоканала, а также плата последовательных портов. Каждый ретранслятор имеет два последовательных порта типа RS-232C, работающих на скорости 9600 бит/с: один - для соединения с контроллером базовой станции, второй - для диагностических целей. Выходная мощность возбуждателя, подаваемая на усилитель мощности, составляет 0,5 Вт.

Ретрансляторы базовой станции системы DigiStar осуществляют регенерацию цифровых сигналов радиоканала с переформатированием пакетов перед передачей, но не производят восстановление речи.

Усилители мощности имеют датчики отраженной мощности, которая может быть измерена дистанционно.

Контроллер базовой станции представляет собой компьютер на базе процессора Pentium-200, обладающий 32 Мбайт ОЗУ. В качестве устройства ввода-вывода на передней панели используются 10-клавишная клавиатура (возможно подключение внешней стандартной клавиатуры ПК) и текстовый ЖК-дисплей с матрицей 4 x 24 символа (вместо него может быть установлен 9" VGA-дисплей). Контроллер имеет последовательные порты RS-232C для соединения с ретрансляторами, последовательный порт для соединения с центральным коммутатором, а также интерфейс Ethernet для локального подключения компьютера администрирования и обслуживания. Компьютер администрирования может быть также подключен к контроллеру по линиям связи ТФОП или выделенным линиям, для этого контроллер БС оснащается модемом.

На базовой станции может быть установлен дополнительный резервный контроллер, который позволит непрерывно продолжить нормальную работу БС в случае выхода из строя основного контроллера. Если же оба контроллера утратят работоспособность, каждый ретранслятор перейдет в автономный режим. Система потеряет свойства транкинга и превратится в совокупность цифровых ретрансляторов. Такая ситуация распознается абонентскими радиостанциями, которые перестают посылать вызовы по каналу управления и начинают работать на заранее запрограммированных опорных каналах, как в обычной системе диспетчерской связи. Возможность соединения с абонентами в других зонах и ТФОП пропадает, но групповые и индивидуальные внутренние вызовы по-прежнему обслуживаются. Если какой-либо ретранслятор выходит из строя, те радиостанции, для которых он был опорным, обращаются к следующему в запрограммированном списке ретранслятору. Всего в этом списке может числиться до 8 ретрансляторов. Таким образом, система DigiStar проходит плавную деградацию в случае повреждений на базовой станции.

Для предотвращения зависимости от перебоев в сети электропитания в стандартный комплект базовой станции включается ИБП, емкость батарей которого позволяет обеспечить работу БС на время от 8 до 24 часов, в зависимости от того, запрограммировано ли в этом случае снижение выходной мощности передатчиков.

Некоторые параметры базовой станции приведены в таблице 3.5.

#### **Абонентская аппаратура**

Фирма DWC выпускает достаточно широкий спектр оборудования для своей системы. В него входят стационарные диспетчерские, а также возимые и портативные радиостанции. Кроме того, фирмой DWC производятся радиомодемы для системы DigiStar.

**Таблица 3.5**

Параметр	Значение
Диапазон перекрываемых частот	345-520 МГц
Дуплексный разнос частот	5 МГц



Выходная мощность передатчика	от 20 до 100 Вт
Минимальный разнос между частотами	12,5кГц
Шаг сетки частот синтезатора	6,25 кГц
Стабильность частоты передатчика	$1 \cdot 10^{-7}$
Чувствительность приемника по уровню 12 дБ	0,35 мкВ
Емкость батарей ИБП	900 А*ч
Диапазон рабочих температур	от-10°С до +60°С

Диспетчерские и возимые радиостанции имеют схожую конструкцию и параметры, но оснащаются различной гарнитурой - в одном случае настольной, в другом - в виде тангенты. Размеры радиостанции - 213 x 177 x 47 мм. Выходная мощность передатчика регулируется в пределах от 2 до 25 Вт. Стабильность частоты в передающем тракте составляет  $1,5 \cdot 10^{-6}$ . Радиостанция имеет последовательный порт RS-232C для подключения внешних устройств передачи данных. В мобильную радиостанцию по желанию потребителя может быть установлен навигационный приемник системы GPS. Для отображения статусных, текстовых сообщений и служебной информации радиостанция располагает ЖК-дисплеем (2 строки по 16 символов).

Портативная радиостанция системы DigiStar имеет передатчик с выходной мощностью от 0,2 до 5 Вт. Ее размеры - 180 x 60 x 40 мм. Она также оснащена портом RS-232C и ЖК-дисплеем.

Радиомодем системы DigiStar представляет собой специализированную радиостанцию, имеющую порт RS-232C. Возможность речевой связи в ней отсутствует. На передней панели размещаются только три светодиодных индикатора. Радиомодем DigiStar можно использовать как для подключения к Интернету, так и для работы в рамках собственных радиосетей. В любом случае, система DigiStar представляется прозрачной средой передачи данных с возможностью маршрутизации.

### 3.4 СИСТЕМА iDEN

Технология iDEN представляет собой интегрированную систему, обеспечивающую пользователям все основные виды мобильной связи /14/.

**Мобильная диспетчерская радиосвязь.** iDEN обеспечивает все возможности, характерные для цифровых систем транкинговой радиосвязи, а именно:

- групповой вызов (group call)- абонент системы (как мобильный, так и находящийся в офисе диспетчер) может осуществлять групповой вызов в режиме полудуплексной связи. Вызов осуществляется одним нажатием кнопки, и время установления связи не превышает 0,5 сек. Важно отметить, что при таком вызове используется лишь один голосовой канал связи вне зависимости от числа абонентов в группе. Число возможных групп в iDEN практически не ограничено, точнее, равно 65 535, что избавляет от необходимости иметь в системе функцию динамического переконфигурирования групп. Все возможные конфигурации групп могут быть созданы заранее и при необходимости абоненты просто переходят в соответствующие группы;

- персональный вызов (private call) - также вызов в полудуплексном режиме,

однако в разговоре участвуют только два абонента, при этом обеспечивается полная секретность переговоров. Как в режиме группового, так и в режиме индивидуального вызова на дисплее абонентского терминала вызываемого абонента появляется имя (либо цифровой идентификатор) вызывающего абонента;

- сигнализация вызова (call alert) - используется при необходимости вызвать абонента (или группу абонентов), который либо ведет разговор в режиме мобильного телефона, либо находится вне зоны действия системы, либо выключил свой абонентский терминал. Вызов запоминается в системе, и в тот момент, когда абонент становится доступен, он получает звуковой сигнал, а на экране терминала появляется идентификатор вызывающего абонента. Одновременно вызывающий абонент получает подтверждение получения вызова.

**Мобильная телефонная связь.** Система iDEN предоставляет все возможности современных систем мобильной телефонной связи: абоненты могут звонить как на другие мобильные телефоны, так и на стационарные телефоны ТФОП, а также принимать звонки, как от тех, так и от других. Телефонная связь полностью дуплексная. iDEN имеет такие функции, как хранение в памяти телефона до 100 номеров и вызов по имени, автоматический набор номера, режим ожидания, различные режимы переадресации звонка, идентификация звонящего. На абонента можно наложить следующие ограничения: только входящие звонки, только местные звонки, запрет международных звонков, ограничение на время разговоров. В системе также имеется голосовая почта (voice mail).

**Передача текстовых сообщений.** Абоненты системы iDEN могут принимать алфавитно-цифровые сообщения, которые появляются на экране абонентского терминала. Терминалы iDEN могут хранить до 16 сообщений по 140 символов в каждом. Сообщение может быть передано как одному абоненту, так и группе абонентов.

**Передача данных.** Портативные терминалы iDEN имеют встроенные модемы и могут подключаться к портативным компьютерам с помощью RS-232C адаптера (последовательный интерфейс). При этом нет необходимости иметь модем в компьютере. В коммутационном режиме обеспечивается скорость передачи факсов и данных до 9 600 бит/сек, а в пакетном - до 64 Кбит/сек. Схема коррекции ошибок с опережением обеспечивает надежную передачу данных. Функция передачи данных позволяет мобильным абонентам принимать и посылать факсы и электронную почту, обмениваться данными с компьютерами в офисе и работать с Интернетом. Пакетный режим передачи данных поддерживает стандартный сетевой протокол TCP/IP.

Элементы системы iDEN показаны на рисунке 3.8.

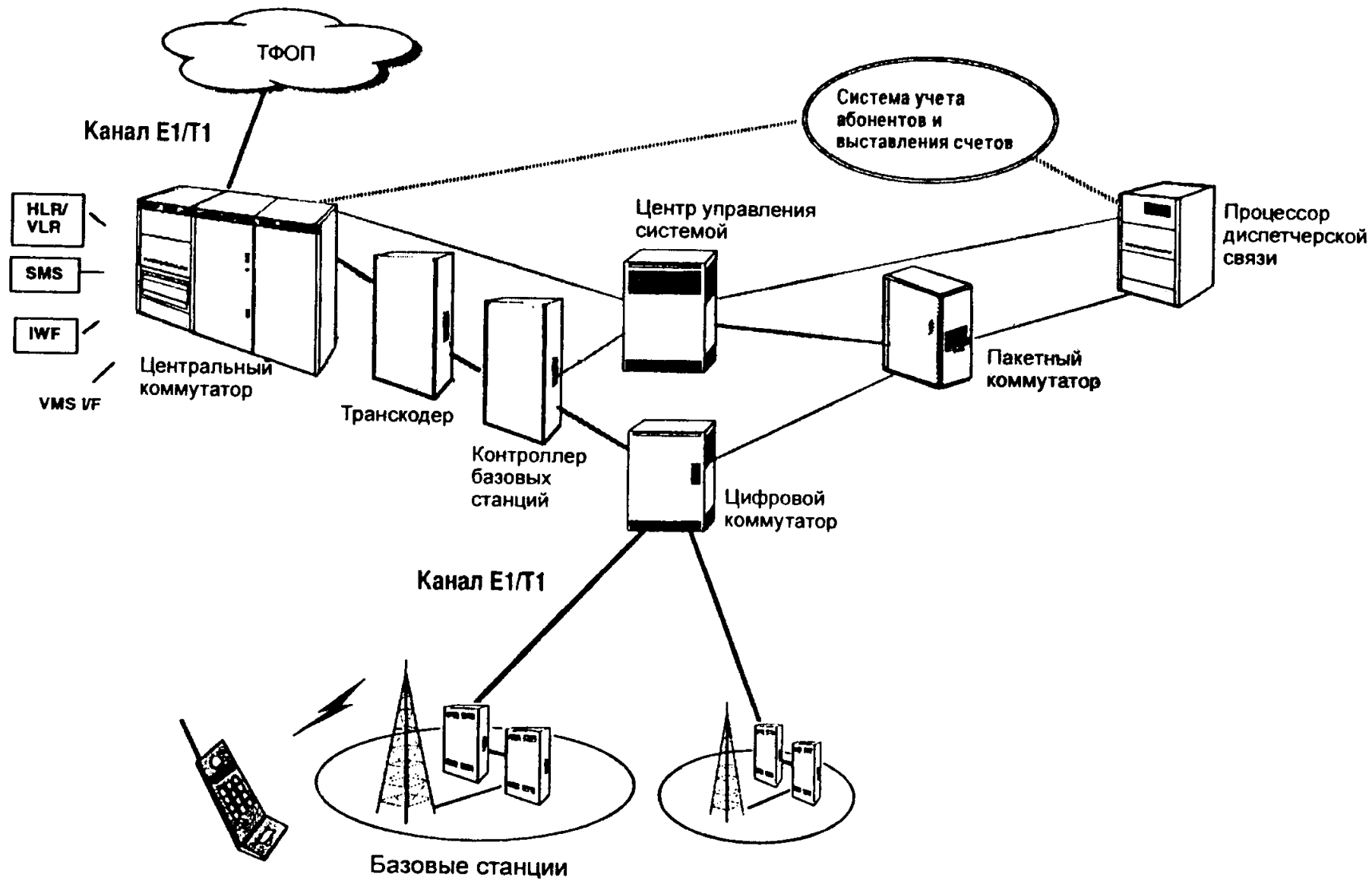


Рисунок 3.8 - Элементы системы iDEN

### **Абонентские терминалы системы iDEN**

Как уже отмечалось, система iDEN обеспечивает несколько видов связи. Это, однако, не означает, что абоненту необходимо подписываться на все виды услуг и, соответственно, приобретать у оператора многофункциональные абонентские терминалы. Имеется широкий спектр портативных и мобильных абонентских терминалов, и пользователь системы может выбрать ту модель, которая соответствует интересующему его пакету услуг.

Отметим, что стоимость портативных абонентских терминалов iDEN примерно такая же, как у сотовых телефонов цифровых стандартов.

### **Радиоинтерфейс и кодирование речи в iDEN**

Система iDEN выполнена на базе технологии МДВР. В каждом частотном канале шириной 25 кГц передается одновременно 6 речевых каналов. Используется вокодер типа VSELP. Внутри кадра длительностью 90 мс выделено 6 временных интервалов продолжительностью по 15 мсек. В каждом из этих слотов передается один голосовой сигнал, который может относиться как к режиму мобильной телефонной связи, так и к диспетчерской радиосвязи. За счет применения модуляции радиосигнала по методу M16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) обеспечивается суммарная скорость передачи данных по одному частотному каналу в 64 К/сек.

### **Используемый спектр**

При разработке технологии iDEN изначально была поставлена задача добиться максимально эффективного использования частотного ресурса, по крайней мере, не уступающего существующим реализациям стандарта CDMA (МДКР - многостанционный доступ с кодовым разделением).

Как уже было сказано, система iDEN обеспечивает передачу в каждом частотном канале шириной 25 кГц одновременно 6 голосовых сигналов. В результате, в 1 МГц спектра можно разместить 240 голосовых каналов. Для сравнения укажем, что аналоговые и цифровые системы транкинговой связи предоставляют не более 80 голосовых каналов на 1 МГц, аналоговые системы сотовой связи - 30-40 голосовых каналов, стандарт GSM - 40 голосовых каналов.

Система iDEN работает в стандартном для Америки и Азии транкинговом диапазоне 805-821/855-866 МГц.

### **Области применения**

Технология iDEN, в отличие от большинства стандартов транкинговой радиосвязи ориентирована на создание коммерческих систем, предоставляющих интегрированные пакеты услуг как организациям, так и частным лицам. Система ориентирована, прежде всего, на использование организациями различного профиля и размеров, заинтересованными в обеспечении надежной мобильной связи между отдельными подразделениями и группами сотрудников.

В последнем случае для каждого корпоративного пользователя системы создается так называемый "флот", который представляет собой ни что иное, как виртуальную частную сеть данной организации. Внутри флота могут создаваться различные группы, соответствующие подразделениям этой компании, при этом абсолютно исключена возможность как нечаянного, так и преднамеренного

вторжения абонентов в чужие флоты. В результате, в распоряжении организации оказывается мобильная телекоммуникационная система, полностью эквивалентная собственной сети данной организации. В то же время, ей не нужно приобретать оборудование и строить антенны, а также тратить несколько месяцев на установку и отладку системы. Все, что необходимо сделать - это стать корпоративным пользователем существующей системы iDEN и сконфигурировать требуемые группы.

### **Развертывание сетей iDEN**

Первая коммерческая система на базе технологии iDEN была развернута в США компанией NEXTEL в середине 1994 г., и в настоящее время эта сеть является общенациональной. Она насчитывает около 4 000 сайтов и имела на конец 1997 г. более миллиона абонентов. В юго-западных штатах США имеется другая сеть, оператором которой является энергетическая компания Southern Co. В юго-западных провинциях Канады сетью iDEN из 380 сайтов оперирует компания Clearnet.

Что касается Латинской Америки, то сети iDEN имеются в Боготе (Колумбия) и Буэнос-Айресе (Аргентина), а также строятся сети в Сан-Паулу и Рио-де-Жанейро (Бразилия) и Мехико (Мексика). Кроме того, в ближайшее время начнется развертывание систем iDEN в Перу, Венесуэле и Чили.

В Азии система iDEN более двух лет работает в Токио и Осаке (Япония), в апреле 1997 г. запущена система в Сингапуре, также работают системы в Китае, Южной Корее и на Филиппинах. Ведется строительство еще трех систем в Китае, а также системы в Индонезии. На ближнем Востоке имеется общенациональная сеть iDEN из 50 сайтов в Израиле. Начато строительство систем в Марокко и Иордании.

iDEN - открытая архитектура. Компания Motorola предоставляет лицензии на производство компонентов системы iDEN различным производителям /15/.

Благодаря модульному принципу организации системы, можно создавать различные ее реализации в зависимости от нужд клиента. Например, первоначально сеть iDEN может быть развернута как транкинговая система, а затем, по мере необходимости, к ней можно добавить возможности мобильной телефонии и передачи текстовых сообщений и данных.

### **3.5 СТАНДАРТ TETRA**

TETRA (Terrestrial Trunked Radio, наземная система транкинговой связи) представляет собой совокупность спецификаций, разработанных ETSI (Европейским институтом стандартов связи) и определяющих цифровую транкинговую систему. Своим появлением этот стандарт обязан двум обстоятельствам: европейской интеграции и победоносному шествию сотовых систем стандарта GSM по странам континента. Все более тесная интеграция стран Европы сделала актуальной координацию усилий по созданию нового поколения систем ведомственной и корпоративной связи. Бурный успех стандарта GSM сильно повлиял на производителей оборудования связи самого широкого круга, в том числе транкинговых систем. Было принято решение о том, что открытый европейский стандарт на цифровую транкинговую систему будет базироваться на технической идеологии GSM. Таким образом, стандарт TETRA использует весь полезный опыт

последнего с учетом специфики корпоративного сектора рынка. От своего предшественника стандарт TETRA унаследовал чрезвычайно высокий уровень пользовательского сервиса, не характерный для транкинговых систем. Вместе с тем, в стандарт TETRA привнесены элементы, отвечающие требованиям экстренных служб различного рода /16/.

Стандарт TETRA включает в себе две схожих спецификации: TETRA Voice + Data (TETRA V+D) и TETRA Packet Data Optimized (TETRA PDO). Как следует из названий, TETRA V+D - это стандарт на интегрированную систему передачи речи и данных. TETRA PDO - стандарт, описывающий специальный вариант транкинговой системы, ориентированный только на передачу данных.

В стандарте TETRA описывается структура транкинговой сети, состоящей из центра коммутации, базовых станций, диспетчерских пультов, терминалов обслуживания и эксплуатации, и абонентского оборудования. Кроме того, приводятся спецификации на несколько важнейших интерфейсов:

1) Air Interface - радиointерфейс между базовой станцией и абонентской радиостанцией;

2) Direct Mode Operation - интерфейс прямого соединения между двумя абонентскими радиостанциями;

3) Terminal Equipment Interface - интерфейс между абонентской радиостанцией и терминалом передачи данных;

4) Inter System Interface - межсистемный интерфейс для объединения нескольких систем (возможно, от разных фирм-изготовителей) в единую сеть;

5) Line-connected Station Interface - интерфейс для подключения диспетчерских пультов к базовому оборудованию;

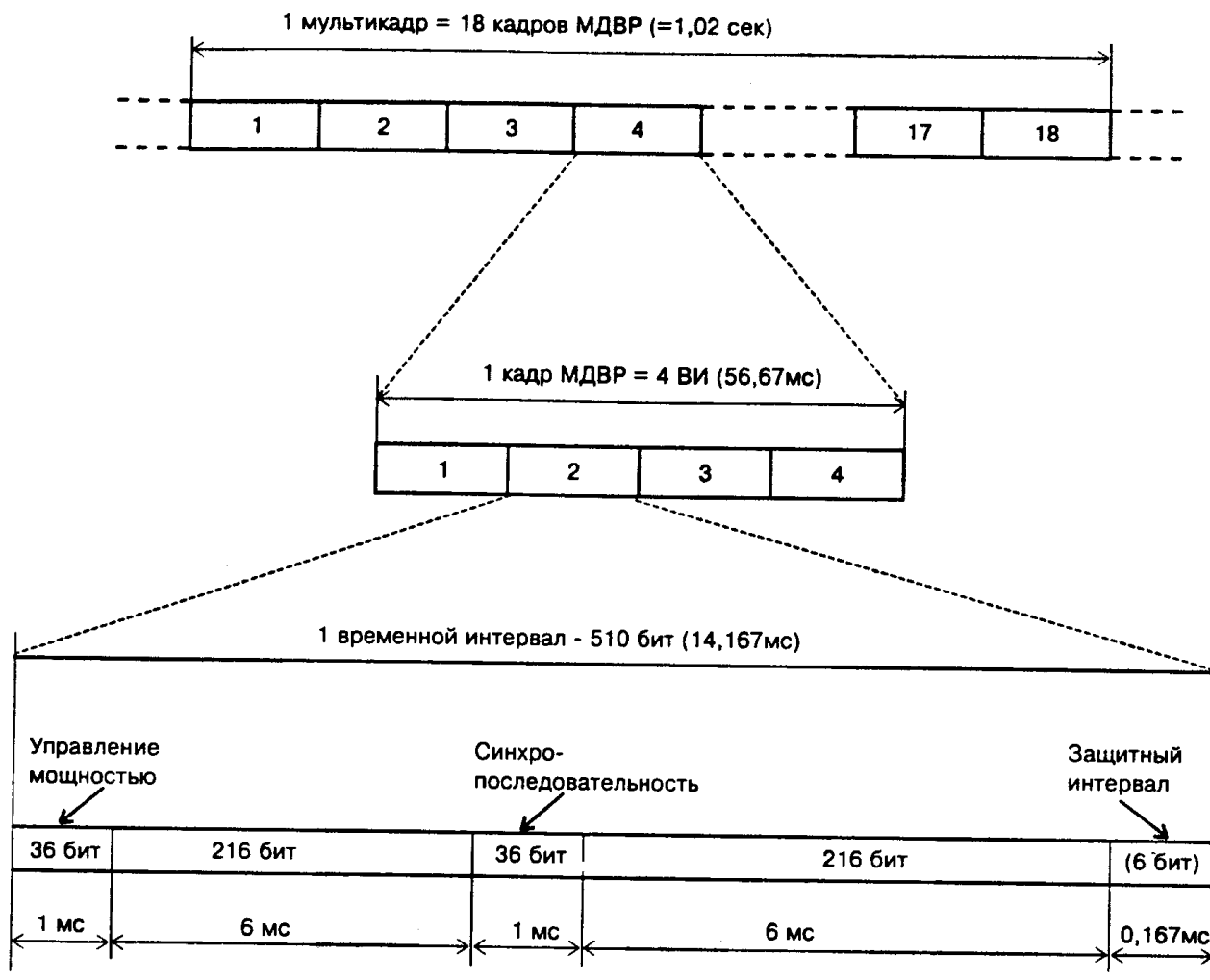
6) Network Management Centre Interface - интерфейс для подключения терминалов обслуживания и эксплуатации;

7) Gateways to PABX, PSTN, ISDN, PDN - интерфейс для подключения к УАТС, ТФОП, ЦСИО, СКП.

В стандарте TETRA предусматривается не только прямая связь между абонентскими радиостанциями, но и использование абонентской радиостанции в качестве ретранслятора для расширения зоны обслуживания.

Радиointерфейс стандарта TETRA предполагает работу в стандартной сетке частот с шагом 25 кГц. Для систем стандарта TETRA могут использоваться диапазоны от 150 МГц до 900 МГц, однако реально в странах Европы будут выделены частоты в диапазонах частот 410-430 МГц, 870-876/915-921 МГц (в первую очередь), или в диапазонах частот 450-470 МГц, 385-390/395-399,9 МГц. Дуплексный разнос для систем стандарта TETRA должен составлять 10 МГц.

В стандарте TETRA V+D используется метод уплотнения МДВР: на одной несущей частоте организуется четыре разговорных канала (рисунок 3.9). Каждый кадр имеет продолжительность 56,67 мс и содержит четыре временных интервала (time slots). Последовательность из 18 кадров образует мультикадр длительностью 1,02 с. Один кадр в мультикадре является контрольным. Каждый временной интервал в составе кадра содержит 504 бит, 432 из которых являются информационными. В начале временного интервала передается пакет РА (Power Amplifier -управление излучаемой мощностью, 36 бит), за ним следует первый информационный блок (216 бит), далее - синхропоследовательность SYNC (36 бит)



**Рисунок 3.9.** Временная диаграмма работы радиоканала в системе стандарта TETRA

и второй информационный блок. Как в любой МДВР-системе, соседние временные интервалы разделяются защитными периодами длительностью 0,167 мс, что соответствует 6 битам.

В радиоканале используется относительная фазовая модуляция типа р/4-DQPSK с постоянной огибающей. Таким образом, каждому символу модуляции соответствует передача двух бит информации.

Для преобразования речи в стандарте TETRA V+D используется кодек с алгоритмом типа CELP. Скорость цифрового речевого потока на выходе этого кодека составляет 4,8 Кбит/с. До поступления на вход модулятора, к речевому потоку добавляется корректирующий код, после чего производится межблочное перемежение.

В системах стандарта TETRA V+D используются все виды вызовов, характерные для транкинговых систем, в том числе статусные вызовы. Передача экстренного вызова может повлечь прерывание вызова с обычным приоритетом, если все каналы системы заняты. Кроме того, абоненту или группе с

соответствующими привилегиями временно может быть предоставлен по требованию т.н. открытый канал, т.е. монопольно выделенный ресурс. Открытый канал гарантирует владеющим им абонентам максимально быстрое соединение, естественно, за счет увеличения нагрузки на остальные каналы. По окончании запрошенного периода времени этот канал снова становится доступен всем абонентам. В системах стандарта TETRA время установления соединения не превышает 0,3 с, если, конечно же, имеется свободный ресурс (канал).

Стандарт TETRA предусматривает еще один необычный вид вызова - дистанционное включение абонентской радиостанции на передачу (дистанционное прослушивание обстановки у абонента). По запросу диспетчера, для избранной радиостанции посылается команда, вызывающая включение микрофона и режима передачи. Таким образом, диспетчер может получить звуковую картину событий у абонента, не привлекая внимания последнего. Эта особенность наиболее важна при таких обстоятельствах, как, например, нападение на сотрудника служб общественной безопасности.

Полная пропускная способность одного канала в системе стандарта TETRA V+D составляет 7200 бит/с. Стандарт TETRA PDO обеспечивает передачу данных со скоростью 28,8 Кбит/с. Разработчики стандарта указывают, что сочетание технологий TETRA V+D и TETRA PDO позволяет получить систему с уникальными оперативными характеристиками, особенно важными для служб общественной безопасности. Так, по каналам TETRA PDO может осуществляться передача сжатого видеопотока - например, для фиксации обстановки на месте происшествия.

Передача данных может производиться по схемам "точка-точка" и "точка-многоточка". Кроме того, стандарт TETRA предусматривает поддержку сетевого протокола X.25 для пользовательских приложений. Наличие в стандарте спецификаций на шлюз с ISDN и PDN обеспечивает возможность взаимодействия с внешними сетями передачи данных.

### **3.6 СИСТЕМА NOKIA TETRA**

Фирма Nokia разработала систему Nokia TETRA для широкого круга потребителей - коммерческих операторов, служб общественной безопасности, силовых структур. В системе Nokia TETRA реализована значительная часть спецификаций стандарта TETRA. Ее пользователям может быть предоставлен как полный, так и только необходимый набор услуг.

Работа пользователей в системе Nokia TETRA основывается на концепции виртуальных выделенных сетей - как во всех транкинговых системах, абоненты одной сети не вмешиваются и не замечают работы абонентов другой сети, использующих ту же систему. Вместе с тем, в случае необходимости система Nokia TETRA способна обеспечить взаимодействие различных виртуальных сетей - как правило, такая необходимость возникает в экстремальных ситуациях /17/.

Система Nokia TETRA выпуска 1997 г. работает в диапазоне частот 380 - 400 МГц. С 1998 года выпускается оборудование, использующее диапазон 410 - 430 МГц. В дальнейшем, фирма Nokia предполагает освоить диапазоны 460 МГц и 800 МГц.

Система Nokia TETRA предусматривает обслуживание речевых вызовов, передачу данных, а также различные виды радиообмена без участия базовой



станции. Система располагает широкими возможностями по соединению с внешними сетями и пользовательским оборудованием. Может быть организовано не только традиционное соединение с ТФОП, но и сопряжение с учрежденческими АТС (УАТС), с базовыми станциями обычных систем диспетчерской связи, с сетями ЦСИО. Подключение к базовым станциям обычных систем может потребоваться на этапе миграции (постепенного перехода) от существующей аналоговой системы к цифровой. Следует отметить, что в системе Nokia TETRA отсутствует интерфейс (шлюз) для аналоговой транкинговой системы - сопряжение с существующими аналоговыми транкинговыми сетями предполагается осуществлять при посредничестве УАТС.

Подключение к ЦСИО производится с использованием стандартов Euro-ISDN по схеме 2B+D.

Система Nokia TETRA позволяет расширять границы сети до регионального или общенационального масштаба. Сети, принадлежащие различным операторам, соединяются в этом случае между собой по Межсистемному интерфейсу TETRA. Поскольку речь идет о системах, так или иначе связанных со структурами обеспечения безопасности, предусматривается два механизма автоматического роуминга. Сеть может зарегистрировать «визитера» автоматически, либо потребовать от него связаться с диспетчером, который и примет решение о допуске нового абонента.

Важной особенностью Nokia TETRA является возможность подключения внешних пользовательских систем тарификации (биллинга), причем пользователь может использовать программное обеспечение сторонних поставщиков, поскольку соответствующий программный интерфейс является открытым. По такому же принципу строится взаимодействие с пользовательскими диспетчерскими центрами, что позволяет потребителю использовать собственные системы управления.

Реализуя функции системы передачи данных, Nokia TETRA обеспечивает возможность доступа в Интернет и другие сети передачи данных общего пользования, а также подключение локальных вычислительных сетей и глобальных сетей.

Со стороны абонентских радиостанций, имеющих порт передачи данных, в сеть может быть подключено различное цифровое оборудование - от компьютера до видеокамеры.

### **Речевые вызовы**

В системе Nokia TETRA предусмотрены следующие виды речевых вызовов: групповые, индивидуальные и экстренные. Групповой вызов внутри системы Nokia TETRA называется Pseudo Open Channel Call (POC) - вызов в псевдооткрытом канале. На самом деле, это обычный полудуплексный групповой вызов. Один абонент может являться членом одной или нескольких групп, и имеет возможность выбрать наборы групп для сканирования и передачи вызовов. Следует отметить, что пользователь, сканирующий вызовы одновременно в нескольких группах, может назначить каждой группе приоритет. Это означает, что прием вызова из низкоприоритетной группы может быть прерван вызовом в группе более высокого приоритета, что позволит абоненту не пропустить важную для него информацию.

Диспетчер располагает правами переназначения взаимного соответствия

абонентов и групп. Возможность вызова группы из ТФОП пока не реализована, но будет введена впоследствии.

В многозоновой системе групповой вызов может, как обычно, распространяться на несколько зон, становясь трансзональным. В системе Nokia TETRA существует два механизма определения набора зон ретрансляции такого вызова: автоматическое назначение по данным роуминга, либо «ручное» по прямому указанию диспетчера.

Индивидуальные вызовы в системе Nokia TETRA являются дуплексными и полностью аналогичны обычным телефонным вызовам. Кроме собственно вызовов, абоненты системы Nokia TETRA имеют возможность посылать индивидуальные вызывные запросы в тех случаях, когда вызываемый абонент по тем или иным причинам недоступен - вышел из зоны обслуживания либо не желает немедленно ответить.

Позднее фирма Nokia предполагает ввести в свою систему еще один тип индивидуального вызова - полудуплексный.

Экстренные вызовы могут быть как групповыми, так и индивидуальными. Эти вызовы являются вытесняющими, т.е. позволяют в ситуации блокирования (полной загрузки каналов графика) прервать один из текущих вызовов обычного приоритета для передачи экстренного сообщения.

### **Передача данных**

В системе Nokia TETRA предусмотрено три вида услуг передачи данных: передача коротких сообщений, статусные вызовы, передача пакетов. Служба передачи коротких сообщений (Short Data Service) позволяет передавать тексты длиной до 127 символов. Как правило, источником коротких сообщений выступает диспетчер, рассылая краткие указания абонентам. Эти сообщения могут быть отображены на дисплее радиостанции, либо переданы в порт передачи данных на внешнее устройство. Вместе с тем, источниками коротких сообщений могут быть и абоненты, которые набирают сообщения на клавиатуре или вводят через порт. В последнем случае служба передачи коротких сообщений может быть использована также для сбора телеметрии и информации о местоположении абонентов. Следует отметить, что передача короткого сообщения может быть произведена прямо во время вызова, не прерывая его.

Служба статусных вызовов позволяет передавать до 32000 различных кодов, соответствующих заранее запрограммированным сообщениям. Для работы со статусными сообщениями пользователем может быть использована специальная дополнительная панель с экраном и клавиатурой, или любое другое информационное устройство, подключаемое к порту передачи данных радиостанции.

Данные любого характера и сообщения произвольной длины могут быть переданы в системе Nokia TETRA с использованием службы пакетной передачи. Эта служба предоставляет пользователям сервис протокола IP (Internet Protocol). Выбор фирмой Nokia протокола IP в качестве сетевого протокола службы пакетной передачи данных является очень симптоматичным. Это свидетельствует о наконец-то свершившемся признании коммерческого успеха IP-приложений со стороны производителей оборудования связи в Европе. Служба пакетной передачи по протоколу IP позволяет использовать все виды протоколов транспортного уровня.

Фактически, это может быть как датаграммный протокол UDP (User Datagram Protocol), не предусматривающий установление логического соединения, так и ориентированный на установление сеанса связи протокол TCP (Transport Control Protocol). Таким образом, пользователи системы Nokia TETRA получают возможность использовать практически весь спектр программного обеспечения, работающего со стеками протоколов TCP/IP или UDP/IP.

Все перечисленные службы передачи данных предполагают пакетную коммутацию. В будущем предполагается ввести в систему Nokia TETRA еще один режим передачи данных, в котором будет использоваться коммутация каналов - для приложений, требующих т.н. выделенной полосы пропускания, т.е. перемещения больших объемов информации за короткое время. К таким приложениям относятся факсимильная служба, низкоскоростная видеоконференцсвязь и т.д. Передача данных по одному коммутируемому каналу (режим использования одного канального интервала в кадре, Single-slot mode) позволит реализовать скорости 7,2 Кбит/с (без помехоустойчивого кодирования), 4,8 Кбит/с и 2,4 Кбит/с (с кодированием). Между тем, спецификация TETRA PDO позволяет при необходимости использовать не один, а 2, 3 или все 4 канальных интервала в кадре (multi-slot mode) для увеличения скорости передачи данных. Эта возможность также будет введена в систему Nokia TETRA.

### **Режим непосредственной связи**

Портативные радиостанции, работающие в рамках радиointерфейса TETRA, в силу ряда технических причин не могут иметь столь же высокую выходную мощность передатчика, как у автомобильных станций. Поэтому, зона покрытия базовой станции TETRA для портативных радиостанций всегда заметно меньше, чем для автомобильных. В связи с этим, в стандарте TETRA предусмотрен ряд способов, позволяющих избежать потери связи вне пределов зоны обслуживания. Все они основаны на известной концепции прямого соединения абонентских устройств.

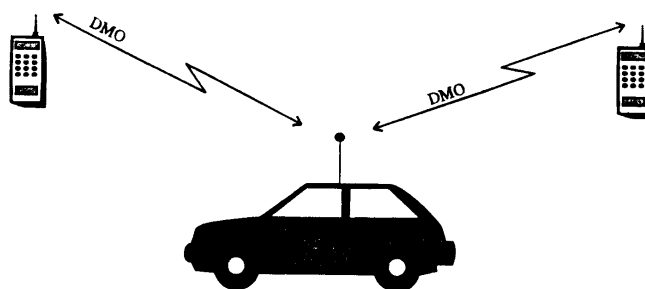
В режиме непосредственной связи (Direct Mode Operation - DMO) абоненты могут установить соединение как в силу необходимости (при выходе из зоны обслуживания), так и по собственной воле. Для режима непосредственной связи используются специальные, заранее запрограммированные частоты. В этом режиме могут быть произведены как групповые, так и индивидуальные вызовы, а также экстренные вытесняющие вызовы. Возможна также передача статусных сообщений - как по индивидуальным адресам, так и широковещательных.

В режиме непосредственной связи для шифрования данных радиоканала используются специальные ключи (раздел «Шифрование графика»). По желанию абонентов, шифрование в этом режиме может быть отключено.

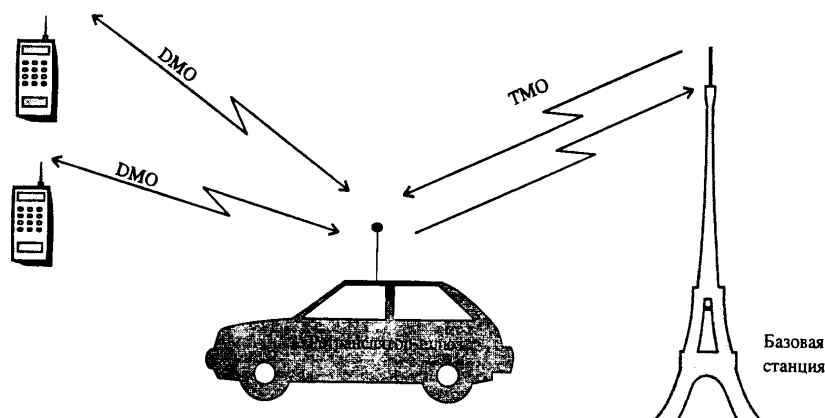
В системе Nokia TETRA для увеличения дальности связи в режиме DMO может быть использован локальный ретранслятор (рисунок 3.10). Как правило, он устанавливается на автомобиле или другом подвижном средстве. Локальный ретранслятор поддерживает связь с обоими абонентами в режиме DMO, повторяя принятый сигнал на той же частоте, но в другом временном интервале.

Для поддержания устойчивого контакта абонентских устройств с базовой станцией может быть использован ретранслятор-шлюз (рисунок 3.11). Как и локальный ретранслятор, он размещается на подвижном средстве. Назначение

ретранслятора-шлюза заключается в расширении зоны покрытия базовой станции. Он осуществляет сопряжение радиointерфейса базовой станции с радиointерфейсом, по которому с ретранслятором-шлюзом соединены близрасположенные абоненты. Последние используют интерфейс DMO, в то время как обмен с базовой станцией производится по интерфейсу Trunked Mode Operation - TMO. Абонентам, соединяющимся с базовой станцией при посредничестве ретранслятора-шлюза, доступны только те типы вызовов, которые поддерживаются в режиме DMO.



**Рисунок 3.10** - Обмен в режиме непосредственной связи через локальный ретранслятор



**Рисунок 3.11** - Расширение зон обслуживания с использованием ретранслятора-шлюза

### Шифрование трафика

В системе Nokia TETRA предусмотрено два режима шифрования трафика: только в радиоканале, а также сквозное. Шифрование потока данных на уровне радиоканала в системе Nokia TETRA производится в соответствии со спецификацией стандарта TETRA. Оно распространяется на трафик всех без исключения пользователей. Шифрованию подвергается не только собственно трафик, но и большая часть сигнализации. При шифровании индивидуальных и групповых вызовов используются отдельные ключи. Эти ключи генерируются системой и автоматически передаются в абонентские радиостанции. Периодически производится смена ключей.

Как нетрудно заметить, шифрование в радиоканале позволяет лишь снизить вероятность перехвата со стороны «радиопиратов». Для пользователей, имеющих

право скрывать свой информационный обмен, предусмотрена возможность сквозного прохождения зашифрованного трафика по всему пути от одного абонента к другому. Таким абонентам предоставляется прозрачный канал связи. Абоненты должны использовать собственные алгоритмы шифрования и дешифровки, а также собственную систему управления ключами. Система Nokia TETRA предоставляет для последней средства доставки и распределения ключей.

#### **Защита от несанкционированного доступа**

В системе Nokia TETRA периодически производится аутентификация (подтверждение подлинности) всех абонентских радиостанций. Система самостоятельно инициирует процедуру аутентификации перед каждым новым распределением ключей шифрования радиоканала. Таким образом, радиостанция, использующая легальный идентификатор (ID) существующего пользователя, но не подтвердившая свою подлинность выдачей правильного ключа аутентификации, не может получить доступ к ретрансляционным ресурсам.

Оператор системы или уполномоченный на то диспетчер сети пользователя имеют возможность дистанционно отключить радиостанцию. Последняя в этом случае полностью утрачивает работоспособность, включая режим непосредственного соединения. Отключенная таким способом радиостанция может быть восстановлена только в сервисном центре.

В последующих выпусках системы Nokia TETRA оператор (или пользовательский диспетчер) получит возможность в случае необходимости отнести какую-либо абонентскую радиостанцию в категорию похищенных. Доступ похищенных радиостанций в систему может, по выбору оператора, быть полностью заблокирован, либо разрешен на заранее определенном уровне. В последнем случае появляется возможность проследить за местонахождением нелегального абонента, по крайней мере, с точностью до зоны обслуживания.

#### **Инфраструктура**

Инфраструктура системы Nokia TETRA представлена (рисунок 3.12) коммутаторами TETRA Digital Exchanges (DXT), базовыми станциями TETRA Base Stations (TBS), диспетчерскими пультами, а также системой управления сетью Network Management System (NMS). Функциональные возможности системы обеспечиваются преимущественно программным обеспечением коммутаторов.

#### **Отказоустойчивость**

Как во всякой сложной системе связи, в Nokia TETRA есть средства обеспечения отказоустойчивости, позволяющие в случае отказа каких-либо элементов системы сохранить полную или частичную работоспособность, возможно, с ухудшением ряда параметров, таких как время установления соединения и т.д. Механизмы обеспечения отказоустойчивости на различных уровнях сети перечислены в таблице 3.6.

### **3.7 СИСТЕМЫ СТАНДАРТА APCO 25**

Этот стандарт разработан Ассоциацией представителей систем связи служб общественной безопасности. Ассоциация объединяет профессионалов - пользователей систем связи, работающих в структурах общественной безопасности. К последним относится полиция, пожарная охрана и другие службы.

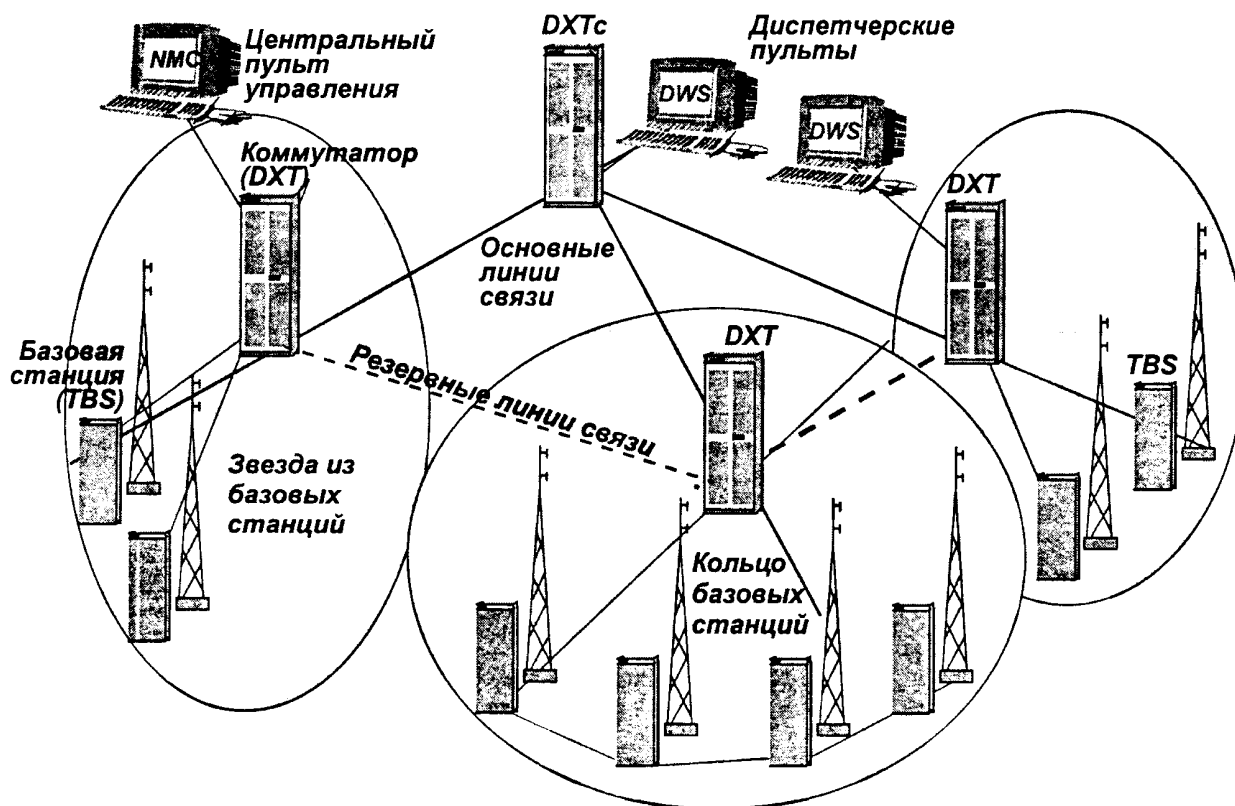


Рисунок 3.12 - Инфраструктура системы Nokia TETRA

Таблица 3.6

Уровень	Механизмы обеспечения отказоустойчивости
Сеть национального уровня	Несколько альтернативных маршрутов соединения сетей регионального уровня
Сеть регионального уровня	Альтернативные маршруты соединения коммутаторов (сочетание топологических схем «шина» и «звезда»); Передача графика мимо транзитных узлов; Прямое соединение с коммутаторами в других регионах; Взаимное копирование баз данных в коммутаторах
Коммутатор	Резервирование оборудования и автоматическое восстановление после сбоев; Взаимное перекрытие по базовым станциям
Базовая станция	Транкинг • выход из строя отдельных радиочастотных каналов лишь снижает пропускную способность; Работа в однозоновом режиме (при отключении от коммутатора)
Абонентское оборудование	Режим непосредственной связи

В США членами APCO являются ФБР, а также Секретная служба. APCO является международной организацией, и помимо штаб-квартиры в городе Южная Дей-тона (шт. Флорида) имеет представительства в Канаде, в Карибском регионе, и в Австралии /18/.

Ассоциация приступила к формированию спецификаций на цифровую транкинговую систему, имея целью создать семейство стандартов, в наибольшей степени отвечающих интересам потребителей. В августе 1995 г. в Детройте (шт. Мичиган), на международной конференции и выставке, проводимой APCO, были приняты заключительные документы, устанавливающие стандарт APCO 25. Во время выставки была успешно продемонстрирована совместная работа оборудования различных фирм, соответствующего стандарту APCO 25. Так, в частности, использовалась аппаратура фирм BK Radio, Motorola, E.F. Johnson и Transcrypt International.

Наиболее важными принципами, положенными в основу стандарта APCO 25, являются открытая архитектура и наличие средств взаимодействия между различными подразделениями. Использование открытой архитектуры, по замыслу разработчиков стандарта, должно стимулировать конкуренцию среди производителей оборудования и одновременно обеспечить совместимость аппаратуры. Необходимость совместной работы нескольких подразделений наиболее характерна для служб обеспечения безопасности, которым часто нужно согласовывать свои действия, например, в случае ликвидации последствий стихийных бедствий или террористических актов.

Стандарт APCO 25 описывает структуру цифровой транкинговой системы и некоторые ее интерфейсы. Главная роль в стандарте отведена спецификации радиointерфейса (Common Air Interface, CAI), описывающей параметры радиоканала, а также протокол взаимодействия пользовательских радиостанций с ретранслятором и между собой. Кроме CAI, стандарт APCO 25 определяет также:

- 1) интерфейс порта передачи данных (data port interface), описывает соединение между пользовательской радиостанцией и внешним устройством передачи данных;
- 2) интерфейс внешнего узла передачи данных (data host interface), определяет соединение между базовой станцией и внешним узлом передачи данных,
- 3) интерфейс ТФОП (inter-connect interface);
- 4) интерфейс управления сетью (network management interface);
- 5) межсистемный интерфейс (inter-system interface), описывает взаимодействие с другими базовыми станциями в многозоновых сетях.

Спецификация радиointерфейса систем APCO 25 разработана таким образом, чтобы обеспечить плавный переход к цифровым системам с сохранением ранее сделанных инвестиций. Прежде всего, базовыми станциями APCO 25 могут воспользоваться владельцы стандартных аналоговых ЧМ-радиостанций. В настоящее время существует огромный парк этих радиостанций, они успешно продолжают выпускаться. Таким образом, морально устаревшая, но вполне работоспособная аппаратура фактически получает право на вторую жизнь. Данное свойство CAI по достоинству оценят операторы систем типа conventional, задумавшие переход к транкингу - вся их абонентская аппаратура продолжит эксплуатацию вплоть до физического износа. Кроме того, возможность

подключения ЧМ-радиостанций значительно упрощает взаимодействие различных подразделений, особенно при необходимости срочной организации связи.

Стандарт APCO 25 предусматривает два этапа перехода к цифровой передаче речи. На первом будет использоваться сетка частот с шагом 12,5 кГц, на втором - шаг уменьшится до 6,25 кГц. В обоих случаях разделение каналов осуществляется только методом МДЧР, а скорость передачи данных в радиоканале составляет 9600 бит/с.

На этапе I (с шагом сетки частот 12,5 кГц) используется четырехпозиционная частотная модуляция с постоянной огибающей. Девиация частоты составляет +1,8 кГц для последовательности 01, +0,6 кГц для 00, -0,6 кГц для 10, и -1,8 кГц для 11. Тем самым обеспечивается относительно невысокая скорость модуляции: 4800 символов в секунду.

Этап II предусматривает более эффективный метод модуляции несущей - четырехпозиционную фазовую модуляцию со сглаживанием фазы. Скорость модуляции остается той же, что и на этапе I. Для приема радиосигналов на обоих этапах может использоваться одно и то же приемное устройство. Вместе с тем, для перехода к этапу II потребуется полная замена передатчиков. Если на этапе I можно использовать простые усилители мощности с высоким к.п.д., то на этапе II необходимы усилители с высокой линейностью и ограниченной шириной излучаемого спектра.

Для цифровой передачи речи стандарт APCO 25 предусматривает использование кодека IMBE (Improved MultiBand Excitoin, модифицированный метод многополосного возбуждения). Кодеки IMBE применяются также в системах спутниковой связи Inmarsat. Этот кодек порождает поток со скоростью 4400 бит/с. Для исправления ошибок в цифровом речевом сигнале используется избыточное корректирующее кодирование, порождающее дополнительный поток со скоростью 2800 бит/с.

Цифровой речевой сигнал в системах стандарта APCO 25 передается кадрами длительностью 180 мс. Пара речевых кадров образует суперкадр продолжительностью 360 мс. Любая передача цифровой речи предваряется преамбулой, имеющей длительность 82,5 мс. В составе речевой преамбулы содержится синхропакет (48 бит), идентификатор сети (64 бита, передается для предотвращения конфликтов между радиостанциями разных сетей на одной частоте), начальные условия алгоритма шифрования (72 бит), идентификатор производителя (8 бит), идентификатор алгоритма шифрования (8 бит), идентификатор используемой переменной ключа в алгоритме шифрования (16 бит, для алгоритмов с несколькими переменными ключа), адрес группы (16 бит) и статусная информация (22 бит).

Кадры цифровой речи содержат не только собственно речь, но и дополнительную информацию. Так, в первом кадре суперкадра передается информация управления связью (72 бита данных + 168 бит корректирующего кода), а также информация низкоскоростного канала сигнализации (16 бит данных + 16 бит корректирующего кода). Второй кадр суперкадра содержит информацию низкоскоростного канала сигнализации, и информацию алгоритма шифрования (96 бит данных + 144 бит корректирующего кода). Информация управления связью различается для групповых и индивидуальных вызовов. В первом случае она



включает в себя тип сообщения (1 байт), идентификатор производителя (1 байт), признак экстренного вызова (1 бит), резервное поле (15 бит), адрес группы (2 байта), и идентификатор передающего абонента (3 байта). При индивидуальном вызове, после типа сообщения и идентификатора производителя, передается укороченное резервное поле (1 байт), а также идентификаторы вызываемого и передающего абонентов (по 3 байта). Таким образом, стандарт APCO 25 предоставляет возможность адресовать в одной сети не менее 2 миллионов радиостанций и 65 тысяч групп. Последовательная передача полной вызывной информации в каждом суперкадре обеспечивает минимальную задержку подключения к групповому вызову для абонентов, которые по каким-либо причинам не находились в режиме приема на момент начала этого вызова (например, их радиостанции были выключены). Назначение канала сигнализации в речевых кадрах пока не определено, но скорее всего он будет использован для автоматической передачи данных о местоположении абонента (служба Automatic Vehicle Location - AVL).

Для передачи данных в системах стандарта APCO 25 предусмотрены два варианта: с подтверждением приема или без подтверждения. Исходные массивы данных, подлежащие передаче, разбиваются на фрагменты (пакеты) длиной не более 512 байт. В свою очередь, фрагменты разбиваются на блоки, содержащие 12 байт (передача без подтверждения) или 16 байт (передача с подтверждением). Для исправления ошибок при передаче данных используется решетчатое избыточное кодирование (кодовая скорость составляет: 1/2 - без подтв., 3/4 - с подтв.), а также межблочное перемежение. При передаче с подтверждением блоки снабжаются номерами для возможности селективного повтора. Передача пакета данных предваряется преамбулой, содержащей синхропакет, идентификатор сети, точку доступа (Service Access Point), в которую направляются данные, идентификатор производителя, логический идентификатор связи, количество блоков в пакете, а также номер фрагмента.

Как уже можно было заметить, радиointерфейс APCO 25 предполагает введение довольно большого объема избыточной информации. Это должно обеспечить устойчивую связь в очень плохих условиях, когда вероятность ошибки на бит достигает 0,07.

В соответствии со стандартом APCO 25 фирмой Motorola разработана система ASTRO. Эта система позволяет работать в диапазонах VHF, UHF, а также 800 МГц. Система позволяет использовать аналоговые ЧМ-радиостанции, но все ее преимущества реализуются при использовании цифровых радиостанций серий Spectra, SABER, XTS 3000. Последние совместимы не только с системами, поддерживающими цифровой радиointерфейс APCO 25, но и с системами типа conventional, и могут работать в транкинговых системах фирмы Motorola Smartnet и Smartzone. Столь высокая гибкость объясняется программной реализацией многих операций. Программное обеспечение радиостанций легко заменяется с помощью фирменной технологии FLASHport. Все цифровые радиостанции имеют порт передачи данных типа RS-232, что позволяет легко подключать их к терминалам, например к портативным компьютерам. Система ASTRO поддерживает пока только радиointерфейс этапа I CAI APCO 25. Вместе с тем, возможности системы ASTRO шире, чем это предусматривается стандартом. Так, на дисплее цифровых радиостанций может отображаться идентификатор вызывающего абонента.

Радиостанция может быть переведена пользователем в режим приоритетного сканирования вызовов - тогда он будет слышать вызовы только от избранной совокупности абонентов. В системе поддерживается аналоговая сигнализация MDC-1200.

### **3.7 СТАНДАРТ TETRAPOL PAS**

Как известно, одним из немногих европейских производителей оборудования радиосвязи, не подписавших Меморандум о взаимопонимании TETRA, была фирма Matra Communication (Франция). В 1987 г. она заключила контракт с французской жандармерией на разработку и развертывание цифровой сети подвижной связи национального масштаба Rubis. Отметим, что на сегодняшний день в этой сети, площадь покрытия которой составляет 275.000 кв. км (это 1/2 территории континентальной Франции), работают около 15.000 абонентов. Результатом разработки сети Rubis стала система Tetrapol. В целях распространения своей технологии и расширения рынка за пределы Франции, фирма Matra создала в 1994 г. Форум Tetrapol, под эгидой которого и были выпущены в 1996 г. спецификации на цифровую систему подвижной связи. Эти спецификации, называемые Tetrapol PAS, в настоящее время рассматриваются Европейским институтом стандартов связи на предмет придания им статуса альтернативного или дополнительного (по отношению к TETRA) международного стандарта. Поскольку спецификации Tetrapol PAS являются стандартом де-факто и, скорее всего, будут им в ближайшее время де-юре, в настоящем издании употребляется термин "Стандарт Tetrapol PAS" /19/.

Стандарт Tetrapol PAS описывает цифровую многозоновую транкинговую систему с выделенным каналом управления. Единственным методом разделения каналов является частотный - МДЧР. Вместе с тем, стандарт допускает работу систем или зон в одноканальном варианте. Возможно также непосредственное соединение абонентских радиостанций, а также функционирование ретрансляторов-шлюзов для расширения зон обслуживания.

Инфраструктура системы Tetrapol имеет все присущие современной цифровой транкинговой системе интерфейсы - диспетчерского пункта, ЦСИО, ТФОП, центра управления шифровальными ключами, других сетей профессиональной связи. Следует отметить, что в структуре интерфейсов системы Tetrapol ясно просматривается тяготение к протоколам семиуровневой эталонной модели взаимодействия открытых систем, утвержденной Международной организацией по стандартизации. Так, подключение центра управления системой, внешнего терминала обработки данных (как правило, сервера СУБД) и сети передачи данных общего пользования производится с использованием протокола X.25.

Очень важной особенностью инфраструктуры Tetrapol является наличие встроенного сервера электронной почты, обрабатывающего сообщения в формате протокола X.400. Извне этот сервер доступен через интерфейс агента передачи сообщений - уникальный для транкинговой системы интерфейс. Естественно, интерфейс агента передачи сообщений X.400 является программным и предусматривает сетевое подключение по протоколу X.25.

Стремясь не отстать от веяний времени, Форум Tetrapol включил в состав интерфейсов инфраструктуры своей системы интерфейс TCP/IP.

## **Службы стандарта Tetrapol PAS**

Стандартом предусмотрено функционирование службы речевых вызовов, службы сети передачи данных, а также дополнительных служб.

Служба речевых вызовов включает индивидуальные вызовы, экстренные вызовы, а также широкий набор групповых вызовов.

*Групповые вызовы* могут сопровождаться подтверждением приема, либо проходить без подтверждения. Абонент, посылающий групповой вызов, может не являться членом группы, принимающей этот вызов. Вместе с тем, вызов обязательно принимает вся группа - т.е. совокупность радиостанций (в стандарте Tetrapol PAS они называются Radio Terminals - радиотерминалы), имеющих один и тот же номер группы.

*Широковещательный вызов.* Получателями этого вызова являются заранее предопределенные совокупности групп и отдельных абонентов. Широковещательный вызов ретранслируется только в заранее предопределенных зонах обслуживания, а инициатор вызова не получает подтверждения приема.

*Множественный вызов* позволяет пользователю выбрать совокупность вызываемых абонентов, включая подключаемых через ТФОП. Список абонентов для такого вызова может быть заранее предопределен.

*Открытый канал в нескольких зонах* предоставляется по требованию имеющих на то права абонентов. Ретрансляционные ресурсы могут быть предоставлены в заранее предопределенном наборе зон.

Служба сети передачи данных предоставляет несколько механизмов реализации. Во-первых, данные могут быть переданы по коммутируемому каналу связи, что позволяет полностью использовать его пропускную способность. Во-вторых, предусмотрены два пакетных механизма: с установлением логического соединения и без такового.

Служба сети передачи данных стандарта Tetrapol PAS включает несколько услуг транспортного уровня, уровня представления и прикладного уровня. К последним можно отнести почтовую службу протокола X.400, службу пейджинга, передачу статусных вызовов и коротких сообщений. Пользователь может воспользоваться также собственным стеком протоколов, начиная с транспортного или сетевого уровней, или использовать стандартную услугу интерфейса TCP/IP.

В стандарте Tetrapol PAS предусмотрен также широкий набор дополнительных служб, из которых наиболее интересными представляются скрытое прослушивание (ambience listening, т.е. дистанционное включение микрофона абонентской станции без привлечения внимания самого абонента), роуминг, динамическая перегруппировка абонентов.

### **Радиоинтерфейс**

Стандарт Tetrapol PAS предусматривает создание систем, работающих в диапазонах частот от 70 МГц до 520 МГц. Частотный разнос между каналами может составлять 12,5 кГц или 10,0 кГц. В последующих поколениях стандарта возможен переход к шагу 6,25 кГц. Тип модуляции в радиоканале - GMSK.

Скорость передачи данных в радиоканале составляет 8000 бит/с. Данные любого рода передаются в виде кадров. Максимальная продолжительность кадра составляет 20 мс, что соответствует 160 битам информации. В стандарте Tetrapol PAS предусмотрены следующие виды кадров: речевые, передачи данных,

произвольного доступа, обучающие, выключения передатчиков. Большинство кадров графика, включая речевые кадры, имеют длительность 20 мс.

Кадры объединяются в суперкадры продолжительностью 4 секунды - это 200 кадров. Суперкадровая синхронизация абонентских радиостанций осуществляется по каналу управления. Передача кадров по каналам графика в обоих направлениях синхронизирована с суперкадровой и кадровой последовательностью в канале управления.

В канале управления передаются данные следующих логических каналов: вызывного, широковещательного, сигнализации, канала доступа. По каналу управления базовая станция может принимать данные логического канала сигнализации и канала доступа. В частотных радиоканалах графика передаются данные логического каналов сигнализации, а также собственно канала графика - речевого или данных.

Скорость передачи данных на выходе вокодера составляет 6000 бит/с. Рекомендуемый дуплексный разнос в диапазоне UHF составляет 10 МГц. Максимальное количество ретрансляторов на базовой станции - 24, один из которых обслуживает канал управления.

Максимальная выходная мощность передатчика базовой станции в стандарте TetraPol ограничена уровнем 25 Вт, выходная мощность автомобильной абонентской радиостанции -10 Вт.

### **3.9 ПУТИ ПЕРЕХОДА К ЦИФРОВЫМ ТРАНКИНГОВЫМ СИСТЕМАМ**

На сегодняшний день в мире, в том числе и в Казахстане, уже установлено и функционирует значительное число сетей профессиональной подвижной связи. Это не только транкинговые системы, но и обычные системы диспетчерской или двусторонней радиосвязи. Как бы ни были заманчивы перспективы развертывания и эксплуатации цифровых транкинговых систем, операторы еще очень долго будут взвешивать все за и против. Им очень бы не хотелось терять уже сделанные капиталовложения в самых разнообразных формах:

- лицензии на операторскую деятельность;
- сертификаты на систему в целом, а также на отдельные компоненты инфраструктуры и абонентские радиостанции;
- документы о частотных присвоениях;
- оборудование базовых станций, включая антенны и антенные мачты;
- строения и помещения, в которых размещаются базовые станции и другое оборудование инфраструктуры;
- парк абонентских радиостанций;
- линии связи от узла ТФОП и, возможно, сервера сети передачи данных;
- собственные физические и выделенные линии связи.

С точки зрения оператора существующей системы, наиболее приемлемым вариантом перехода (миграции) к цифровой системе является такой, при котором сохраняется максимум капиталовложений. Иными словами, требуется своеобразный цифровой upgrade /20/.

Вместе с тем, указанная позиция не может диктовать разработчику цифрового стандарта и производителю оборудования техническую политику, поскольку всегда найдутся новые операторы, имеющие достаточно средств для развертывания

принципиально новых систем. На практике, продукцию различных фирм-изготовителей отличает та или иная степень внимания к проблеме миграции от аналоговой системы к цифровой или интеграции цифровой системы в существующую инфраструктуру.

Практически все фирмы-изготовители предусматривают в составе инфраструктуры шлюзы и интерфейсы для объединения с обычными системами диспетчерской радиосвязи. В последних за каждой группой абонентов закрепляется отдельный ретранслятор. Эти группы обычных систем могут быть внесены в базу данных цифровой системы, как отдельные группы или расширения собственных групп.

Радиоинтерфейс стандарта APCO 25 предусматривает обмен базовой станции не только с цифровыми, но и с обычными аналоговыми ЧМ-радиостанциями, что позволяет на этапе миграции плавно сменить парк абонентской аппаратуры.

Фирма Motorola разработала комплекс мер, позволяющих владельцам системы SmartZone преобразовать ее в систему ASTRO (удовлетворяющую стандарту APCO 25) путем замены около 30% оборудования базовых станций. Аналогичные меры готовятся по преобразованию SmartZone в систему Dimetra (стандарт TETRA).

Фирма Rohde & Schwarz предоставляет оператору системы ACCESSNET (протокол MPT 1327) широкий выбор вариантов плавного перехода к цифровой сети. Первый заключается в преобразовании системы ACCESSNET в систему ACCESSNET-D. Последняя фактически представляет собой систему протокола MPT1327, в которой трафик передается цифровым способом. Таким образом, оператор полностью сохраняет существующую инфраструктуру, а также все частотные присвоения. Вместе с тем, он не получает всех преимуществ работы в интегрированной цифровой системе.

Второй вариант предусматривает переход к системе ACCESSNET-T, удовлетворяющей стандарту TETRA. Эта система может не только заменить существующую систему ACCESSNET, но быть интегрирована с ней (например, для обслуживания большого графика на отдельных ограниченных территориях). Для этого в ACCESSNET-T предусмотрен специальный шлюз, позволяющий организовать взаимодействие абонентов на уровне групп, взаимно описанных в базах данных. Поддерживается также взаимное соответствие служб передачи данных в стандартах MPT1327 и TETRA

Возможен также переход от ACCESSNET-D к ACCESSNET-T. Такой переход требует менее масштабной замены аппаратуры, чем при переходе от ACCESSNET прямо к ACCESSNET-T. Таким образом, владелец системы ACCESSNET получает третий вариант миграции - двухступенчатый.

Еще одна область взаимодействия ACCESSNET и ACCESSNET-T - это взаимное использование магистральных и выделенных линий связи, объединяющих базовые станции с коммутаторами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрээз И., Голубев А., Белянко Е. Вам нужна радиосвязь? – М.: МЦНТИ, 1997.
2. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: МЦНТИ, 1997.
3. Тамаркин В.М., Невдяев Л.М., Сергеев С.И. Современные системы связи. – М.: ЦНТИ. – Информсвязь, 1994.
4. Материалы сервера <http://www.mot.com>.
5. Clearchannel LTR // E.F.Johnson, 1995.
6. Материалы сервера <http://www.efjohnson.com>
7. Тамаркин В.М., Невдяев Л.М., Сергеев С.И. Транкинговые системы связи // Сети и системы связи. – 1996 – №9.
8. Материалы сервера <http://www.uniden.com>
9. Тамаркин В.М., Громов В.Б., Сергеев С.И. Системы и стандарты транкинговой связи. – М.: ИТЦМК, 1998.
10. Тамаркин В.М., Сергеев С.И., Невдяев Л.М. Перспективные системы и стандарты транкинговой связи // Сети и системы связи. – 1997 – №2.
11. EDACS - цифровая система радиосвязи // Ericsson AB, 1998.
12. Материалы сервера <http://www.ericsson.se>.
13. Материалы сервера <http://www.electricrates.com>.
14. IDEN - интегрированная система связи нового поколения // Motorola Inc., 1997.
15. Motorola trunking systems // Motorola Inc, 1998.
16. Материалы сервера <http://www.tetramou.com>.
17. Материалы сервера <http://www.transcrypt.com>.
18. Материалы сервера <http://www.apcointl.org>.
19. Материалы сервера <http://www.tetrapol.com>
20. Современные средства связи. – М.: АО “ЛЕО”, 1999.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	
<b>1. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТРАНКИНГОВЫХ СИСТЕМ .....</b>	
1.1 Архитектура транкинговых систем .....	
1.2 Классификация транкинговых систем .....	
<b>2. АНАЛОГОВЫЕ ТРАНКИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ .....</b>	
<b>2.1 ТРАНКИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ ПРОТОКОЛА МРТ 1327 .....</b>	
2.1.1 Введение .....	
2.1.2 Возможности, предоставляемые абонентам .....	
2.1.3 Основные параметры и свойства систем МРТ 1327 .....	
2.1.4 Краткий путеводитель по протоколу МРТ 1327 .....	
2.1.5 Передача данных в системах МРТ 1327 .....	
<b>2.2 ТРАНКИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ КАНАЛОМ УПРАВЛЕНИЯ .....</b>	
2.2.1 Протокол LTR .....	
2.2.2 Система Multi-Net .....	
2.2.3 Услуги, предоставляемые системой Multi-Net .....	
2.2.4 Система ESAS .....	
<b>3 ЦИФРОВЫЕ ТРАНКИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ .....</b>	
3.1 Введение .....	
3.2 Система EDACS .....	
3.3 Система DigiStar .....	
3.4 Система iDEN .....	
3.5 Стандарт TETRA .....	
3.6 Система Nokia TETRA .....	
3.7 Системы стандарта APCO 25 .....	
3.8 Стандарт Tetrapol PAS .....	
3.9 Пути перехода к цифровым транкинговым системам .....	
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	