**5. Спутниковые системы связи**

Категория: Мобильные системы связи

**Классификация систем спутниковой связи**

Сети спутниковой связи обладают преимуществом перед другими системами связи: спутниковая связь не имеет ограничений по привязке к местности и охватывает местности, где построение других систем связи нерентабельно или невозможно: морские транспортные магистрали, незаселённые или малозаселенные территории (в частности, северные территории России), местах разрыва наземной инфраструктуры телекоммуникаций.

В зависимости от вида предоставляемых услуг сети спутниковой связи можно разделить на следующие классы:

* речевая (радиотелефонная) связь;
* пакетная передача данных;
* определение местоположения потребителей;
* телевещание.

Радиотелефонная связь использует протоколы цифровой передачи сообщений, удовлетворяющие международным стандартам на спутниковую связь. В частности, передача сообщений должна осуществляться в реальном масштабе времени, задержка сигнала не должна превышать 0,3 с, недопустимо прерывание сеанса связи. Обеспечение перечисленных требований формируется посредством: высокоточной системой ориентации спутников для удержания луча антенн в заданном направлении, достаточным для сплошного (непрерывного) покрытия зоны обслуживания количеством спутников в системе и количеством многолучевых антенных систем (работающих на частотах выше 1,2 ГГц), достаточным количеством наземных узловых (шлюзовых) станций.

Системы пакетной передачи данных обеспечивают передачу любых данных в цифровом виде: телексные, факсимильные сообщения, компьютерные данные и т.д.; как правило, в таких системах отсутствуют требования к оперативности доставки сообщений, скорость передачи составляет от единиц до сотен килобайт в секунду. В настоящее время развернуты несколько систем пакетной передачи данных для организации доступа в Internet.

Для определения местоположения абонента развернута GPS система на базе спутниковой группировки ГЛОНАСС/НАВСТАР. Как правило, GPS система используется в промышленных и военных целях: определение координат морских судов, самолетов, железнодорожных и автомобильных транспортов специального назначения, находит применение в геологоразведовательных экспедициях и т.п.

Сеть спутникового телевещания охватывает практически всю территорию материков и насчитывает сотни телевизионных каналов, сгруппированных по тематикам: новости, спорт, культура, развлекательное телевидение и т.д. Помимо сервиса в виде избыточного количества телеканалов достоинством сетей спутникового телевещания является охват малозаселённых территорий, где отсутствуют (в виду их нерентабельности) ретрансляционные сети телевещания.

Для построения спутниковых систем связи используют орбитальные группировки, расположенные на разных по высоте орбитах (классификация по высоте орбиты):

* высокоорбитальные, или геостационарные – круговые экваториальные орбиты высотой около 40 000 км;
* среднеорбитальные – с круговой орбитой высотой порядка 10 000 км;
* низкоорбитальные – круговые орбиты высотой 700-1500 км.

Высота орбит определятся многими факторами: энергетические характеристики радиолиний (мощность уменьшается пропорционально квадрату расстояния), задержкой распространения радиоволн, размеры и расположение обслуживаемых территорий, угол места спутника, способ организации связи и т.д.

Геостационарные орбитальные группировки имеют период обращения спутника вокруг Земли 24 часа, т.е. спутник является неподвижным относительно поверхности Земли, как бы «висит» над одной и той же точкой экватора. Помимо этого, большое соотношение высоты орбиты и радиуса Земли позволяет трем геостационарным спутникам охватить практически полностью поверхность планеты (за исключением полюсов). Однако геостационарные космические группировки имеют значительный недостаток – большое время распространения радиосигнала, что приводит к задержкам передачи сообщений во время сеанса связи.

Спутники, находящиеся на низких орбитах, не имеют ощутимой задержки распространения радиосигнала. Однако в зону видимости абонента попадают лишь на 8-12 минут, что требует для обеспечения непрерывности связи наличие большого количества спутников, как бы «передающих по эстафете» абонента посредством наземных шлюзовых станций или межспутниковой связи.

С увеличением высоты орбиты увеличивается зона видимости и, соответственно, время нахождения спутника в зоне видимости, что позволяет уменьшить количество спутников в группировке. Высота орбит среднеорбитальных систем связи является компромиссным значением между параметрами: количество спутников в группировке и время распространения сигнала (при скорости спутника 7 км/с - порядка 130 мс).

Системы спутниковой связи имеют много общего с сотовыми системами связи: территория обслуживания, как правило, формируется посредством нескольких радиолучей, с той лишь разницей, что размер соты составляет несколько сотен километров, а роль базовых станций выполняют спутники (или многолучевые антенны). Многолучевые антенны используют в геостационарных (иногда – в среднеорбитальных) системах связи с целью достижения необходимой пропускной способности сети. Абонентские терминалы речевой связи оборудованы вокодерами, обеспечивающими переменную скорость передачи речевого сигнала; передача информации ведётся со скоростью порядка 1200-9600 бит/с. Геостационарные системы связи в большинстве своём используют протокол TDMA, низкоорбитальные – CDMA (например: Globalstar, Odyssey). В настоящее время активно ведутся разработки по интеграции сотовых систем связи и спутниковых систем связи.

**Принципы построения спутниковых систем связи**

Спутниковая сеть связи (рисунок 5.1) включает в себя:

* космический сегмент, состоящий из нескольких спутниковых ретрансляторов;
* наземный сегмент, (центр управления орбитальными спутниками, шлюзовые станции);
* абонентский сегмент (абонентские терминалы);
* интерфейсы сопряжения шлюзовых станций с наземными сетями связи.

С целью обеспечения отсутствия взаимных помех систем спутниковой связи использование частот и расположение спутниковых ретрансляторов регламентируется Международным консультативным комитетом по радио и Международным комитетом по регистрации частот. Диапазоны частот, выделенные под типы связи (см. рисунок 5.1) представлены в таблице 5.1.

Космический сегмент включает спутниковую группировку, состоящую из нескольких спутниковых ретрансляторов, равномерно размещенных на орбитах. Космические аппараты (КА) включают:

* центральный процессор;
* радиоэлектронное оборудование бортового радиотрансляционного комплекса;
* антенные системы;
* системы ориентации и стабилизации;
* двигательные установки;
* система электропитания (аккумуляторы и солнечные батареи).



|  |  |
| --- | --- |
| Диапазон | Полоса частот, ГГц |
| L | 1,452 - 1,5001,61 - 1,71 |
| S | 1,93 - 2,70 |
| C | 3,40 - 5,255,725 - 7,075 |
| Ku | 10,70 - 12,7512,75 - 14,80 |
| Ka | 14,40 - 26,5027,00 - 50,20 |
| K | 84,00 - 86,00 |

Количество спутников в орбитальной группировке определяется из соображений полного охвата обслуживаемой территории. Например, для низкоорбитальной группировки с орбитой 1000 км и при скорости спутника 7 км/с время видимости спутника составляет 14 минут; после этого спутник «уходит» за линию горизонта и, для обеспечения непрерывности связи, на смену ему должен приходить следующий, за ним – третий и т.д. Т.о. количество спутников будет определяться отношением периода обращения спутника вокруг Земли к периоду нахождения спутника в зоне видимости. С увеличение высоты орбиты увеличивается время видимости спутника, соответственно, уменьшаются требования к численности орбитальной группировки, однако, из-за увеличения дальности связи требуется более сложное и дорогостоящее оборудование. Численность орбитальной группировки определяется компромиссом между стоимостью и объёмом оказываемых услуг и простотой и стоимостью подвижного спутникового терминала.

Обеспечение связи абонента, находящегося в зоне видимости одного спутника, с абонентом, находящимся в зоне видимости другого спутника, организуется посредством связи между спутниковыми ретрансляторами (по цепочке, пока информация не дойдёт до спутникового ретранслятора второго абонента). В некоторых системах эту функцию выполняют шлюзовые станции, транслирующие информацию с одного спутника на другой.

Наземный сегмент включает:

* центр управления системой;
* центр запуска КА;
* центр управления связью;
* шлюзовые станции.

Центр управления системой осуществляет слежение за КА, расчёт их координат, сверку и коррекцию времени, диагностику бортовой аппаратуры, передачу командной информации и т.д. функции управления осуществляются на основе телеметрической информации, получаемой от каждого КА группировки. Благодаря использованию территориально разнесённых контрольно-измерительных станций центр управления системой с достаточно высокой оперативностью выполняет: контроль запуска и точность вывода КА на заданную орбиту, контроль состояния каждого КА, контроль и управление орбитой каждого КА, разрешение нештатных ситуаций, вывод КА из состава орбитальной группировки.

Центр запуска КА определяет программу запуска, осуществляет сборку ракеты-носителя, установку полезной нагрузки КА, предстартовую проверку; после запуска ракеты-носителя - траекторные измерения на активном участке полёта, которые передаёт в центр управления системой для корректировки последующей траектории.

Центр управления связью планирует использование ресурса спутника, посредством шлюзовых станций контролирует и управляет связью. В нормальных условиях работы орбитальной группировки связь со шлюзовой станцией и пользовательскими терминалами осуществляется автономно. В нештатных ситуациях (неработоспособность КА, оборудования спутникового ретранслятора или шлюзовой станции) центр переходит в режим поддержания связи с повышенной нагрузкой, или проводит реконфигурирование сети.

Абонентский сегмент определяется номенклатурой предоставляемых спутниковой системой связи услуг: связь абонентов спутниковой сети с абонентами спутниковой сети, ТфОП, пейджинговых и сотовых сетей, определение местоположения (координат) абонентов.

Абонентское оборудование разделяют на переносные спутниковые терминалы (весом до 700 г) и мобильные терминалы (весом порядка 2,5 кг). Спутниковые телефоны оборудованы антенной, не требующей ориентации на спутниковый ретранслятор. При установлении связи (что занимает порядка 2 с) система автоматически определяет свободный канал и закрепляет его за абонентом на период сеанса связи. Как правило, в телефонах используется временное или частотное уплотнение каналов, хорошо зарекомендовавшее себя в сотовой связи. Некоторые спутниковые телефоны способны работать с сотовыми сетями связи (устанавливается соответствующая SIM-карта).

**Краткий обзор спутниковых систем мобильной связи**

**Teledesic**

Teledesic - широкополосной низкоорбитальной спутниковой коммуникационной системе - выделены две полосы по 500 МГц в Ка-диапазоне (20-30 ГГц). Up-link: 28,6-29,1 ГГц; down-link: 18,8-19,3 ГГц.

Система состоит из 288 спутников на 12 орбитах. Все эти спутники, связанные в единую сеть, должны организовать систему "космического Интернета" (Internet in the sky). В пределах зоны радиусом 100 км система сможет поддерживать скорость 500 Мбит/с на и от пользователя. Большинство пользовательских терминалов способны поддерживать скорость 64 Мбит/с в обоих направлениях. Базовым режимом, то есть наиболее массовым, по оценкам экспертов компании, будет режим c up-link скоростью 2 Мбит/с и down-link скоростью 64 Мбит/с.

**Celestri**

Особенность этой системы заключается в совместном использовании низкоорбитальных и геостационарных спутников. Спутники, находящиеся на низких орбитах, будут осуществлять региональную трансляцию, геостационарные спутники — глобальную. Эта система является "второй серией", которую решила продемонстрировать компания Motorolla вслед за уже широко известным Iridium'ом. Если Iridium осуществляет телефонную и пейджинговую связь, то система Celestri должна предоставить своим пользователям полный набор мультимедийных услуг.

Низкоорбитальная группировка будет состоять из 63 спутников, расположенных на 7 орбитах. Высота орбиты - 1400 км, наклонение - 48°, период обращения - 1,9 часа. Каждый спутник будет общаться с пользователями со скоростью 80 Гбит/с. Минимальный срок службы каждого аппарата - 8 лет. Частотный диапазон: Up-link 28,6-29,1 и 29,5-30,0 ГГц; Down-link 18,8-19,3 и 19,7-20,2 ГГц; скорость межспутниковой связи 4,5 Гбит/с.

Геостационарная группировка состоит из девяти спутников, каждый из которых будет формировать 4 широких луча и 84 узких. Скорость связи в каждом луче - 2,8 Гбит/с. Набор пользовательской аппаратуры предусматривает терминалы со скоростями от 64 Кбит/с до 155 Мбит/с. Стоимость самого дешевого комплекта оборудования не должна превышать 750 долларов.

**Ellipso**

Ellipso является гибридной системой, включающей 17 спутников в двух группировках: средне- и низко-орбитальной.

Создатели системы поставили себе задачу минимизировать стоимость одной минуту, для чего они пошли по пути достижения максимальной эффективности системы минимальными средствами. То есть сделали так, чтобы спутники обслуживали заселенные области, а время пролета над малонаселенными областями было минимизировано.

Спутниковая группировка разделена на две половины: Ellipso-Boreal и Ellipso-Concordia. Первая предназначена для обслуживания Северного полушария, вторая - южного. В системе Ellipso-Boreal - 10 спутников, выведенных на эллиптические орбиты (апогей - 7846 км, перигей - 520 км, наклонение - 116,5°, период обращения - 3 часа). Апогей орбиты находится в северном полушарии, таким образом, большую часть периода спутник обслуживает северное полушарие. Система Ellipso-Concordia состоит из шести спутников, находящихся на круговых экваториальных орбитах высотой 8040 км. Эта система будет обслуживать южное полушарие, причем только до 47° ю.ш. Все территории, находящиеся южнее, по замыслу создателей, не заселены и в мобильной связи не нуждаются. Кстати, на эту орбитальную схему создателями получен патент. По их словам, данное расположение орбит повышает эффективность системы чуть ли не на 20 % по сравнению с системой, расположенной на круговых орбитах.

**Globalstar**

Система состоит из 56 спутников на восьми орбитах. При этом шесть спутников на каждой орбите являются рабочими, а по одному - резервными. Высота орбиты - 1414 км, наклонение - 52°. Масса каждого спутника - 450 кг, минимальный срок службы - 7,5 лет.

Особенность Globalstar заключается в том, что при запросе пользователя сначала будет сделана попытка соединить пользователя через местную сотовую сеть. При невозможности сделать это, сигнал будет отправлен на спутник, с которого - на узловую станцию (Gateway), и далее - в местные коммуникационные сети. Таким образом, Globalstar является не альтернативой традиционным методам связи, а только дополнением. В проект всех остальных систем тоже заложена совместимость с наземными сетями, однако, "врастание" в такой сильной степени характерно только для Globalstar.

Рабочие частоты Globalstar:

* 1610-1621,35 МГц - Up-link - связь пользователь-спутник
* 2483,5-2500 МГц - down-link - связь спутник-пользователь
* 5091-5250 МГц - feeder up-link - связь gateway-спутник
* 6875-7055 МГц - feeder down-link - связь спутник-gateway

**Sky Bridge**

Спутниковая группировка Sky Bridge включает 64 спутника на низких орбитах, обеспечивая пользователей всем "джентльменским набором" мультимедийных услуг: передача данных, корпоративная связь, выход в Интернет, игры. Каждый спутник формирует 45 лучей, каждый из которых обслуживает область радиусом 350 км. Масса спутника - 800 кг, минимальный срок службы - 8 лет. Пользовательский терминал обеспечивает скорость 64 Мбит/с на линии "спутник-Земля" и 2 Мбит/с на линии "Земля-спутник". Предполагается создать около 200 узловых трансляционных станций, обеспечивающих связь Sky Bridge c местными коммуникационными сетями. Эти же станции будут обеспечивать переключение пользователя со спутника, выходящего из зоны видимости.

**ORBICOMM**

В 1995 г. на орбиту были выведены два экспериментальных спутника. В настоящее время идет разворачивание системы из 28 КА. Система осуществляет слежение за передвижными объектами (аналогично системе Euteltraks), автоматический сбор информации (пожарные службы, радиационный контроль и др.), корпоративную и персональную связь. Спутники находятся на орбите высотой 825 км. Для трансляции "Земля-спутник" используется диапазон 137-138 МГц и 400 МГц, для трансляции "спутник-Земля" — 148-150 МГц.

**Спутниковый Internet**

Рекомендуемое использование высокоскоростного спутникового Интернета - подключение групп пользователей: корпоративные структуры, небольшой город с медленной телекоммуникационной магистралью. Обычно используется выделенная линия небольшого (32-64 кбит/с) объема; при такой линии и возрастании числа пользователей «всё начинает тормозить». Подключение к высокоскоростному спутниковому Интернету позволяет резко повысить скорость и улучшить качество приема при незначительном увеличении расходов.

Следует отметить, что посредством спутникового Internet принципиально невозможна IP-телефония, поскольку сервер обрабатывает только ftp- и http-протоколы.

**НТВ Internet**



В предоставляемом НТВ-Интернет сервисе (сайт www.ntvi.ru) используется стандартная схема посылки запроса и получения ответа, которая отражена на рисунке 5.2. Работа портала НТВ-Интернет основана на PROXY-сервере, расположенном в Москве.

Для предоставления данного сервиса работает один транспондер спутника "Бонум" на частоте 12 297 МГц. Ширина транспондера 36 МГц. Не вдаваясь в точные расчеты, ориентировочно можно сказать, что при гарантированной скорости 365 кбит/с одновременно около сотни пользователей могут непрерывно качать информацию. Понятно, что такого не бывает: во-первых, не все одновременно, во-вторых, не все время качают файлы. У сервиса EON на настоящий момент порядка 15 000 пользователей. Но при этом уже задействовано 4 или 5 транспондеров спутника "Астра". Предполагается подключить ещё 3 транспондера. Очевидно, с возрастанием количества пользователей компания НТВ-Интернет будет предпринимать всякого рода шаги для обеспечения качества: от ограничения количества пользователей или скорости передачи до ввода новых мощностей. На этот случай резервы у компании есть: еще далеко не все транспондеры спутника используются на полную мощность.

Абонентское оборудование для высокоскоростного доступа в Интернет с возможностью приема телевизионных каналов:

* компьютер;
* "тарелка" НТВ-Плюс;
* DVB-карта (двойного назначения: Internet и телевещание);
* CD-ROM с соответствующим программным обеспечением.

DVB-карта - со встроенным MPEG-2 декодером и тюнером - предназначена для приема данных Интернет и приема некодируемых телевизионных программ НТВ-Плюс (НТВ, ТНТ и др.); просмотр программ возможен, как на экране компьютерного монитора, так и на экране обычного телевизора. Эта карта комплектуется также выходом высококачественного стереофонического звукового сигнала.

Перечисленное оборудование предоставляет следующие функции:

* прием и декодирование Интернет-трафика со спутника;
* обработка push-потоков;
* организация обратного потока от пользователя;
* просмотр на экране компьютерного монитора в полностью масштабируемом окне телевизионных программ НТВ-Плюс;
* запись телевизионных программ на дисковые накопители компьютера - программный видеомагнитофон.

Следует отметить, что такого сервиса, как одновременный прием в компьютер телевидения и Интернет оборудование не предоставляет.

Гарантированная скорость Интернет-трафика составляет 365 кбит/с. Однако, экспериментально было определено: при подключении одного, двух, трех и более файлов наблюдается возрастание скорости скачки (920 кбит/с); особой разницы между скоростями закачки файлов по FTP и HTTP не замечено. Иногда скорость стабильно держалась (для 10 ftp соединений около 1800-2000 кбит/с.

**EuropeOnline Internet**

EuropeOnline стартовала немного раньше, чем НТВ-Интернет, возможно поэтому он сейчас несколько более распространен. На этот сервис работает пять транспондеров спутника "Астра". Для приёма, благодаря "московскому" лучу, достаточно 90-сантиметровой "тарелки". Скорость получения информации гарантирована на уровне 370 кбит/с.

Схема предоставления сервиса представлена на рисунке 5.2. Несмотря на некоторые различия, по сравнению со схемой предоставления услуг компанией НТВ-Интернет, принцип у них одинаков. Программное обеспечение формирует и отсылает запросы к локальному Интернет-провайдеру, откуда они передаются на PROXY-сервер спутникового Интернет-провайдера, расположенный в Люксембурге. Все ответы на запросы, приходящие на сервер от пользователя, транслируются на спутник, а со спутника на компьютер пользователя. По сведениям сайта www.itelsat.com.ua, сервер работает как шлюз с Интернет через канал 622 Мбит (по сведениям из другого сайта www.omicom.ru - 650 Мбит).

Необходимое оборудование такое же, как и у НТВ-Интернет, за исключением спутниковой карты - EuropeOnline предлагает две платы:

* SkyStar 1 со встроенным MPEG-2 декодером и тюнером (помимо Internet);
* SkyStar 2 (только Internet).

Web-серфинг и ftp-закочка принципиально отличаются тем, что при web-серфмнге абонент часто посылает запросы, и соотношение времени 1/8 - 1/10 между запросом и получением ответа начинает играть существенную роль. Одно дело один раз подготовить информацию и долго ее передавать (ftp-закачка), другое дело - прыгать со странички на страничку в поисках какой-либо информации. Уже из принципа передачи (короткий запрос по медленному телефонному каналу и длинный ответ через спутниковый канал) ясно, что ftp-закачка предпочтительней web-серфинга.

Различий в скорости закачки по FTP- и HTTP-протоколам не замечено. Так, один из файлов, закачиваемых по FTP-протоколу, в розные промежутки времени показывал различную скорость закачки: иногда скорость была выше, чем при закачке по HTTP-протоколу, иногда ниже. Чаще всего оказывается, что no FTP качаются большие файлы, о свойство IP-протокола такое, что скорость наращивается постепенно, и чем длиннее файл, тем выше будет скорость к концу его закачки (поднимется до максимума). Файлы HTTP-протокола обычно меньше размером, поэтому, скорее всего, скорость просто не успевает подняться до максимальной. Скорость устойчиво возрастает при подключении дополнительных файлов, но с какого-то момента перестает расти: скорости выше 950 кбит/с зафиксировать не удавалось.

Сам по себе сервер EuropeOnline насыщен огромным количеством информации. Одним из самых интересных вариантов является робота Download Centre EON. Обещана скорость перезагрузки по заказу(!) без связи через телефонный канал для запроса (?) в 2-2.5. Мбит/с! Однако, предварительно с компьютером необходимо проделать ряд действий (какие именно, можно уточнить на сервере).

# **Технологии**

Развитие спутниковых систем связи играет значительную роль в формировании единого информационного пространства на территории государства и тесно связано с федеральными программами по ликвидации цифрового неравенства, развитию общенациональных инфраструктурных и социальных проектов.

[ЗАДАТЬ ВОПРОС](https://altegrosky.ru/technology/)

* [**ФИКСИРОВАННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ VSAT**](https://altegrosky.ru/vsat/)

* [**МОБИЛЬНЫЙ VSAT**](https://altegrosky.ru/mobilnyi-vsat/)

* [**ПОДВИЖНАЯ СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ**](https://altegrosky.ru/podvizhnaya-sputnikovaya-svyaz/)

***ЕЩЕ***



## Спутниковая связь в море

Связь с офисом судоходной компании, экипажа с домом, доступ  пассажиров в глобальную сеть, высокоскоростной обмен оперативной информацией с береговыми службами, передача телеметрии, видеонаблюдение в порту - современные спутниковые технологии с успехом решают все эти задачи.

[ПОДРОБНЕЕ](https://altegrosky.ru/technology/MSS-in-the-sea/)



## Фиксированные спутниковые системы связи VSAT

Фиксированная спутниковая связь (англ. fixed-satellite service) — технология, которая использует земные станции VSAT с фиксированным местоположением и один или несколько спутников.

[ПОДРОБНЕЕ](https://altegrosky.ru/vsat/)



## Мобильный VSAT

Спутниковые переносные и перевозимые станции AltegroSky, организация мобильной VSAT связи для транспорта во время движения и остановок.

[ПОДРОБНЕЕ](https://altegrosky.ru/mobilnyi-vsat/)



## Подвижная спутниковая связь

Подключения к высокоскоростным спутниковым каналам связи при помощи компактных, легких терминалов Inmarsat, Thuraya, Hughes.

[ПОДРОБНЕЕ](https://altegrosky.ru/podvizhnaya-sputnikovaya-svyaz/)



## Технология FAP

Технология FAP (Fair Access Policy) - Политика Справедливого Доступа, при которой пользователи, потребляющие трафик свыше заданного лимита, ступенчато ограничиваются по скорости.

[ПОДРОБНЕЕ](https://altegrosky.ru/tehnologiya-fap/)



## История VSAT

В конце 60-х годов в ходе экспериментов со спутником АТС-1 была создана экспериментальная сеть спутниковой телефонной связи на Аляске, состоящая из 25 земных станций.

[ПОДРОБНЕЕ](https://altegrosky.ru/istoriya-vsat/)

Самыми значимыми Федеральными целевыми программами на территории РФ являются проекты по "Развитию телерадиовещания" и "Устранению цифрового неравенства". Основные задачи проектов - развитие цифрового эфирного телевидения, сетей связи, систем массового широкополосного доступа к глобальным информационным сетям и предоставление мультисервисных услуг на передвижных и подвижных объектах. Помимо федеральных проектов, развитие спутниковых систем связи обеспечивает новые возможности для решения задач корпоративного рынка. Области применения спутниковых технологий и различных спутниковых систем связи стремительно расширяются с каждым годом.

Одним из ключевых факторов успешного развития спутниковых технологий в России является реализация Программы Развития орбитальной группировки спутников связи и вещания гражданского назначения, включая спутники на высокоэллиптической орбитах.

Развитие спутниковых систем связи

Основными драйверами развития отрасли спутниковой связи в России сегодня являются:

* Развитие сетей в Ка-диапазоне (на российских спутниках "Экспресс-АМ5", "Экспресс-АМУ1", "Ямал-601",
* Рост сегмента передвижной и подвижной связи на различных транспортных платформах (COTM),
* Активное продвижение услуг СШПД спутниковыми операторами на массовом рынке,
* Развитие решений для организации магистральных каналов для сетей сотовой связи в Ка-диапазоне и IoT-приложений.

Общим трендом на мировом рынке спутниковых услуг является стремительный рост скоростей передачи данных, предоставляемых на спутниковых ресурсах, удовлетворяющий основным требованиям современных мультимедийных приложений и отвечающий развитию программного обеспечения и росту объемов передаваемых данных в корпоративном и частном сегментах.

В сетях спутниковой связи, работающих в Ка-диапазоне, наибольший интерес связан с развитием сервисов для частного и корпоративного сегмента в условиях снижения стоимости спутниковой емкости, реализуемой на спутниках Ка-диапазона с высокой пропускной способностью (High-Throughput Satellite - HTS).

* [Спутниковый интернет](https://altegrosky.ru/services/sputnikovyi-internet/)
* [Оборудование](https://altegrosky.ru/equipment/)
* [Услуги](https://altegrosky.ru/services/)
* Технологии
* Предварительные прогнозы развития систем персональной спутниковой связи показывают, что в начале  XXI в число их абонентов составит примерно 1 млн. , а в течении следующего десятилетия- 3млн.  В настоящее время число пользователей спутниковой системы  Inmarsat составляет 40тыс. По данным различных источников, в России к концу 2001 года можно будет ожидать появления 500тыс. абонентов систем спутниковой персональной связи.
* В последние годы в России всё активнее внедряются современные виды и средства связи. Но, если сотовый радиотелефон уже стал привычным, то аппарат персональной спутниковой связи (спутниковый терминал)пока еще редкость. Анализ развития подобных средств связи показывает, что уже в скором будущем мы станем свидетелями повседневного применения систем персональной спутниковой связи (СПСС). Близится время объединения наземных и спутниковых систем в глобальную систему связи. Персональная связь станет возможной в глобальном масштабе, т.е. будет обеспечена досягаемость абонента в любой точке мира путем набора его телефонного номера, не зависящего от местонахождения абонента. Но прежде, чем это станет реальностью, системы спутниковой связи должны будут успешно выдержать испытания и подтвердить заявленные технические характеристики и экономические показатели и процессе коммерческой эксплуатации. Что же касается потребителей, то, чтобы сделать правильный выбор, им придется научиться хорошо ориентироваться во множестве предложений.
* Приведем основные этапы бурного развития космических систем связи, которые показывают, что использование их в глобальном масштабе реально в ближайшем будущем:
* Середина 60-х годов: запуск первых спутников связи, начало коммерческого использования спутников-ретрансляторов для многоканальной связи, передачи телепрограмм и т.п.
* 70-е годы: создание систем подвижной спутниковой связи, спутникового телевещания коллективного пользования.
* 80-е годы: зарождение технологии VSАТ (Very Small Aperture Terminal) — технологии малых спутниковых терминалов, устанавливаемых прямо у пользователей, и непосредственного спутникового телевизионного вещания.
* Конец 90-х годов: мир на пороге качественных изменений, связанных с предстоящим началом эксплуатации глобальных спутниковых систем связи.
* В скором будущем спутниковая связь может качественно изменить всю индустрию телекоммуникаций и оказать влияние на привычный уклад жизни. Она, прежде малодоступная, станет обычной и откроет новые возможности для образования, науки и предпринимательства.
*
* **Общие сведения о системах персональной спутниковой связи.**
* Системы персональной спутниковой связи обладают рядом преимуществ по . сравнению с рассмотренными ранее системами подвижной связи. Например, если пользователь находится за пределами зоны обслуживания местных соевых систем, спутниковая связь играет ключевую роль, поскольку она не имеет ограничений по привязке к конкретной местности Земли. Ожидается, что к началу XXI в. площадь зон обслуживания сотовых систем приблизится к 15% площади земной поверхности. Но во многих регионах мира спрос на услуги подвижной связи может быть удовлетворен только с помощью спутниковых систем.
* **Услуги, предоставляемые системами спутниковой связи**
* В зависимости от вида предоставляемых услуг спутниковые системы связи можно разделить на три основных класса:
* > Системы пакетной передачи данных (доставки циркулярных сообщений, автоматизированного сбора данных о состоянии различных объектов, в том числе транспортных средств и т. д.)
* > Системы речевой (радиотелефонной) связи
* > Системы для определения местоположения (координат) потребителей
* Системы пакетной передачи данных предназначены для передачи в цифровом виде любых данных (телексных, факсимильных сообщений, компьютерных данных и др.) Скорость пакетной передачи данных в космических системах связи составляет от единиц до сотен килобайт в секунду. В этих системах, как правило, отказываются от непрерывности обслуживания и не предъявляют жестких требований к оперативности доставки сообщений, В таком режиме работает «электронная почта» (поступившая информация опоминается бортовым компьютером и доставляется корреспонденту и заранее определенное время суток).
* При радиотелефонной связи в спутниковых системах используют цифровую передачу сообщений, при этом обязательно должны выполняться общепринятые международные стандарты. В таких системах задержка сигнала на трассе распространения не должна превышать 0,3 с и переговоры абонентов не должны прерываться во время сеанса связи. Обслуживание абонентов должно быть непрерывным и проходить в реальном масштабе времени. В этом случае при построении радиотелефонной спутниковой сети необходимо учитывать, что:
* > Спутники должны оснащаться высокоточной системой ориентации для удержания луча их антенны в заданном направлении
* > Количество спутников в системе должно быть достаточным для обеспечения сплошного и непрерывного покрытия зоны обслуживания
* Для обеспечения достаточного количества каналов связи должны применяться многолучевые антенные системы, работающие на высоких частотах (более 1,5 ГГц), что значительно усложняет конструкцию антенн и космических аппаратов (КА)
* >Для обеспечения непрерывности радиотелефонной связи через спутник, оснащенный многолучевыми антенными системами, требуется большое количество узловых (шлюзовых) станций с дорогим коммуникационным оборудованием
* Во многих случаях абоненту необходимо знать свое местоположение (координаты) на Земле. Для этих целей применяют аппаратуру двух типов:
* > Стандартную навигационную аппаратуру GPS систем ГЛОНАСС/НАВСТАР, которая обеспечивает очень высокую точность определения координат потребителя.
* >Специальную навигационную аппаратуру, которая по сигналам спутников персональной связи и (или) шлюзовых станций позволяет определять координаты потребителя, но с меньшей точностью используя аппаратуру второго типа, можно определять координаты абонента одним из следующих способов:
* > По сигналам 4 спутников персональной связи
* > По сигналам шлюзовых наземных станций
* > По сигналам спутников и шлюзовых станций
* Значительный прогресс в развитии спутниковых систем персональной связи достигнут благодаря внедрению новых технических решений, ключевыми из которых можно считать: обработку сигнала на борту спутника- ретранслятора, создание перспективных сетевых протоколов обмена информацией и применение недорогих портативных пользовательских терминалов с малым энергопотреблением.
* Развитию систем персональной спутниковой связи способствуют большие успехи, достигнутые в микроминиатюризации функциональных узлов коммуникационного оборудования. Применение арсенида галлия и фосфида индия позволило создать мощные солнечные батареи небольших размеров, а внедрение различных композиционных материалов — уменьшить массу спутников. Значительный прогресс ожидается и в области разработки бортовых ЭВМ на специализированных БИС (больших интегральных схемах), обеспечивающих высокоскоростную коммутацию при ретрансляции информационных потоков. Применение методов многостанционного доступа с кодовым разделением каналов (CDMA), который основан на использовании широкополосных сложных сигналов, несомненно, способствует успешному развитию спутниковых систем связи.
* В космических системах, решающих задачи персональной связи, используются спутники, которые могут находиться на различных орбитах.
* **Классификация орбит связных КА**
* Орбиты КА классифицируются: но форме, периодичности прохождения над точками земной поверхности и по наклонению, по форме различают следующие типы орбит:
* Круговые — трудно реализуемые на практике и требующие частой коррекции помощью бортовых корректирующих двигателей КА.
* Близкие к круговым. Это наиболее распространенный тип орбит в системах спутниковой связи. На таких орбитах высоты апогея и перигея . различаются на несколько десятков километров.
* Эллиптические. Высоты Н (апогея) и Н(перигея) могут значительно различаться (например, На = 38000 - 40000 км, Нп = 400 - 500 км), Данные орбиты также широко применяются в системах спутниковой связи.
* Геостационарные. Это круговые экваториальные орбиты с периодом обращения спутника, равным периоду обращения Земли (Р = 23 ч 56 мин). На такой орбите КА располагается на высоте 36000 км и находится постоянно над определенной точкой экватора Земли, Космические аппараты, находящиеся на геостационарной орбите, имеют большую площадь обзора Земли, что позволяет с успехом использовать их в системах спутниковой связи
* Параболические и гиперболические. Применяются, как правило, при изучении планет Солнечной системы.
* По периодичности прохождения КА над точками земной поверхности различают следующие типы орбит:
* > Синхронные. Они, в свою очередь, подразделяются на синхронные изомаршрутные и синхронные квазимаршрутные. Изомаршрутные орбиты характеризуются тем, что проекции орбиты КА на земную по верхность (трассы) совпадают ежесуточно. Квазизомаршрутные орбиты характеризуются тем, что проекции орбиты КА на земную поверхность совпадают один раз в несколько суток.
* > Несинхронные характеризуются тем, что трассы, соответствующие любым двум оборотам КА вокруг Земли, не совпадают.
* Под наклонением орбиты понимается угол между плоскостями экватора Земли и орбиты КА. Наклонение отсчитывается от плоскости экватора до плоскости орбиты против часовой стрелки Оно может изменяться от О до 180° По наклонению различают следующие типы орбит:
* > Прямые (наклонение орбиты  < 90°)
* > Обратные (наклонение орбиты > 90°)
* > Полярные (наклонение орбиты  = 90°)
* > Экваториальные (наклонение орбиты равно 0 или 180°)
* **Прецессия орбиты**
* Несферичность Земли и неравномерность распределения ее массы приводят К изменению (прецессии) плоскости орбиты КА что влечет за собой прецессию линии апсид (т.е. линии соединяющей апогей и перигей) орбиты. При этом скорость названных прецессией зависит от формы орбиты высоты апогея и перигея а также от наклонения. Прецессия плоскости орбиты приводит к смещению восходящего и нисходящею узлов относительно первоначального положения (в момент вывода КА на орбиту).
* Величина прецессии плоскости орбиты КА зависит от напряженности гравитационног0 поля Земли. Увеличение напряженности приводит к «спрямлению» орбиты вблизи экватора за счет увеличения скорости движения КА в направлении экватора. При этом КА движущийся по прямой орбите начинает отклоняться влево по ходу движения, а КА, движущийся по обратной орбите- наоборот, вправо по ходу движения.
* Таким образом, в первом случае плоскость орбиты прецессирует в западном направлении а во втором— в восточном Плоскости полярных орбит (имеющих наклонение = 90°) не прецессируют.
* **Высота орбит связных КА**
* Высота орбит КА выбирается на основании анализа многих факторов, включая энергетические характеристики радиолиний задержку при распространении радиоволн, близость к орбите радиационных поясов Ван Аллена, размеры и расположение обслуживаемых территорий. Кроме того на высоту орбиты влияют способ организации связи и требования по обеспечению необходимого значения угла места КА.
* Анализируя низкоорбитальные группировки различных космических систем, можно заметить, что высоты круговых орбит КА большинства из этих группировок находятся в диапазоне от 700 до 1500 км Это обусловлено следующими факторами:
* > На орбитах, расположенных ниже 700 км, плотность атмосферы достаточно высока что вызывает уменьшение эксцентриситета и постепенное снижение высоты апогея Дальнейшее уменьшение высоты орбиты приводит к повышенному расходу топлива увеличению частоты маневров для поддержания заданной орбиты
* > На высотах выше 1500 км располагается первый радиационный пояс Ван Аллена, в котором невозможна работа электронной бортовой аппаратуры
* Средне высотные орбиты (5000— 15000 км над поверхностью Земли) находятся между первым и вторым радиационными поясами Ван Аллена. В системах, использующих КА, расположенные на таких орбитах, задержка распространения сигналов через спутник-ретранслятор составляет примерно 130 мс, что практически неуловимо для человеческого слуха и, следовательно, позволяет использовать такие спутники для радиотелефонной связи.
* Геостационарные космические системы с высотой орбит спутников примерно 36 000 км обладают двумя важными преимуществами:
* > Спутники всегда находятся над определенной точкой Земли
* > Система, состоящая из трех геостационарных спутников, практически обеспечивает глобальный обзор земной поверхности.
* Однако орбитальным группировкам, состоящим из геостационарных спутников, присущ один крупный недостаток — большое время распространения радиосигналов, что приводит к задержкам передачи сигналов при радиотелефонной связи. Ожидание прихода ответного сигнала может вызвать недовольство нетерпеливых абонентов.
* Системы, использующие спутники с высотой орбиты 700-1500 км, имеют лучшие энергетические характеристики радиолиний, чем системы с высотой орбит спутников, равной примерно 10 000 км, но уступают им в продолжительности активного существования КА. Дело в том, что при периоде обращения КА около 100 мин (для низких орбит) в среднем 30 мин из них приходится на теневую сторону Земли. Поэтому бортовые аккумуляторные батареи испытывают от солнечных батарей приблизительно 5000 циклов заряда/разряда в год. Для круговых орбит с высотой 10 000 км период обращения составляет около б ч, из которых лишь несколько минут КА проводит в тени Земли.
* Следует также отметить, что КА, находящийся на низкой орбите, попадает в зону прямой видимости абонента лишь на 8 — 12 мин. Значит, для обеспечения непрерывной связи любого абонента потребуется много КА, которые последовательно (при помощи шлюзовых станций или межспутниковой связи) должны обеспечивать непрерывную связь. С увеличением высоты орбиты КА зона прямой видимости спутника-ретранслятора и абонента увеличивается, что приводит к уменьшению количества спутников, необходимого для обеспечения непрерывной связи. Таким образом, с увеличением высоты орбиты увеличиваются время и размеры зоны обслуживания и, следовательно, требуется меньшее число спутников для охвата одной и той же территории.
* Уже на самых ранних этапах создания спутниковых систем стала очевидной сложность предстоящей работы. Необходимо было изыскать материальные средства, приложить интеллектуальные усилия многих коллективов ученых, организовать труд на этапе практической реализации. Но, несмотря на это, в решение задачи активно включились транснациональные компании, имеющие свободный капитал. Более того, в настоящее время осуществляется не один, а несколько параллельных проектов. Фирмы-разработчики ведут упорную конкурентную борьбу за будущих потребителей, за мировое лидерство в области телекоммуникаций.
* В настоящее время в космических системах для решения задач персональной радиосвязи применяют спутники, которые могут находиться на следующих орбитах: низких (круговых или близких к круговым), средневысотных (круговых или эллиптических) и геостационарных.