

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

Башкирский лицей №136 имени М.Искужина г.Уфа

Физико-математический цикл

Секция «Астрономия»

Спутниковая связь

Ветошкина Александра Владимировна,
обучающийся 11 А класса,

Башкирский лицей № 136 им.М.Искужина
ГО г. Уфа РБ.

Руководитель: Гадельмурзина Амина
Газизьяновна, учитель физики.

Уфа

2021г.

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1. Введение**
- 2. История**
- 3. Развитие спутниковой связи. История развития в СССР.**
- 4. Спутниковые ретрансляторы**
- 5. Орбиты спутниковых ретрансляторов**
- 6. Основные разновидности ИСЗ:**
 - 1) ИСЗ на высокой эллиптической орбите (ВЭО)
 - 2) ИСЗ на геостационарной орбите (ГСО)
 - 3) ИСЗ на низковысотной орбите (НВО)
- 7. Спутниковые системы:**
 - 1) Система VSAT
 - 2) Спутник-ретранслятор
 - 3) Абонентские VSAT терминалы
 - 4) Технология VSAT
 - 5) Глобальная спутниковая система связи Globalstar
 - 6) Сферы применения системы Globalstar
- 8. Применение спутниковой связи. Спутниковые службы:**
 - 1) Фиксированные спутниковые службы.
 - 2) Подвижные спутниковые службы
 - 3) Спутниковая система Iridium
 - 4) Инмарсат (Inmarsat).
 - 5) Основные сервисы системы спутниковой связи Инмарсат (Inmarsat)
 - 6) Турайя (Thuraya)
- 9. Диапазоны частот спутниковой связи. Виды спутниковой связи**
- 10. Модуляция и помехоустойчивое кодирования**
- 11. Проблемы. Проблема космического мусора**
- 12. Недостатки спутниковой связи:**
 - 1) Слабая помехозащищённость
 - 2) Влияние атмосферы
 - 3) Поглощение в тропосфере
 - 4) Ионосферные эффекты
 - 5) Задержка распространения сигнала
 - 6) Влияние солнечной интерференции
- 13. Заключение**
- 14. Источники**

Современные реалии уже говорят о неизбежности замещения спутниковой связью привычные мобильные и тем более, стационарные телефоны. Новейшие технологии спутниковой связи предлагают действенные технико- и экономически выгодные решения для развития как вседоступных услуг связи и сетей непосредственного звукового, так и ТВ-вещания. Благодаря выдающимся достижениям в области микроэлектроники спутниковые телефоны стали настолько компактными и надежными в использовании, что делают все востребованное у различных групп пользователей, а услуга проката спутниковых аппаратов является одной из самых востребованных услуг на рынке современной спутниковой связи. Существенные перспективы развития, очевидные плюсы перед иной телефонией, надёжность и гарантированная бесперебойность связи - всё это о спутниковых телефонах.

Спутниковая связь сегодня является единственным экономически выгодным решением предоставления услуг связи абонентам в зонах с низкой плотностью населения, что подтверждает ряд проведенных экономических исследований. Спутник является единственным технически реализуемым и окупаемым решением в том случае, если плотность населения ниже, чем 1,5 чел/км². Спутниковая связь обладает важнейшими достоинствами, необходимыми для построения крупномасштабных телекоммуникационных сетей. Во-первых, с ее помощью можно достаточно быстро сформировать сетевую инфраструктуру, охватывающую большую территорию и не зависящую от наличия или состояния наземных каналов связи. Во-вторых, использование современных технологий доступа к ресурсу спутниковых ретрансляторов и возможность доставки информации практически неограниченному числу потребителей одновременно значительно снижают затраты на эксплуатацию сети. Эти достоинства спутниковой связи делают ее весьма привлекательной и высокоэффективной даже в регионах с хорошо развитыми наземными телекоммуникациями. Предварительные прогнозы развития систем персональной спутниковой связи показывают, что в начале XXI в число их абонентов составило примерно 1 млн. , а в течении следующего десятилетия - 3млн. В настоящее время число пользователей спутниковой системы Inmarsat составляет 40тыс.

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.

2.

История

В 1945 году в статье «Внеземные ретрансляторы» («Extra-terrestrial Relays»), опубликованной в октябрьском номере журнала **Wireless World**, английский учёный, писатель и изобретатель **Артур Кларк** предложил идею создания системы спутников связи на **геостационарных орбитах**, которые позволили бы организовать глобальную систему связи. Впоследствии Кларк на вопрос, почему он не запатентовал изобретение (что было вполне возможно), отвечал, что не верил в возможность реализации подобной системы при своей жизни, а также считал, что подобная идея должна приносить пользу всему человечеству.

Первые исследования в области гражданской спутниковой связи в западных странах начали появляться во второй половине 1950-х годов. В США толчком к ним послужили возросшие потребности в трансатлантической телефонной связи.

В 1957 году в СССР был запущен **первый искусственный спутник Земли с радиоаппаратурой на борту**.



Спутник-баллон «Эхо-1»

12 августа 1960 года специалистами США был выведен на орбиту высотой 1500 км надувной шар^[2]. Этот космический аппарат назывался «Эхо-1». Его металлизированная оболочка диаметром 30 м выполняла функции **пассивного ретранслятора**. 10 июля 1962 был выведен на орбиту первый в мире активный спутник связи «Телстар». Он обеспечивал двустороннюю телефонную связь по 60 каналам или трансляцию одной телевизионной программы.



Инженеры работают над первым в мире коммерческим спутником связи Early Bird

20 августа 1964 года 11 стран (СССР в их число не вошёл) подписали соглашение о создании международной организации спутниковой связи [Intelsat](#) (International Telecommunications Satellite organization). В СССР к тому времени была собственная развитая программа спутниковой связи, увенчанная 23 апреля 1965 года успешным запуском связного советского спутника [Молния-1](#).

6 апреля 1965 года в рамках программы [Intelsat](#) был запущен первый коммерческий спутник связи [Early Bird^{\[en\]}](#) («ранняя птичка»), произведённый корпорацией [COMSAT](#), обладая [полосой пропускания](#) 50 МГц, он мог обеспечивать до 240 телефонных каналов связи. В каждый конкретный момент времени связь могла осуществляться между земной станцией в [США](#) и только одной из трёх земных станций в Европе (в [Великобритании](#), [Франции](#) или [Германии](#)), которые были соединены между собой кабельными линиями связи.

Спутник [Intelsat IX](#) уже обладал полосой пропускания 3456 МГц.

В СССР долгое время спутниковая связь развивалась только в интересах [Министерства обороны СССР](#). В силу большей закрытости космической программы развитие спутниковой связи в социалистических странах шло иначе, чем в западных странах. Развитие гражданской спутниковой связи началось соглашением между 9 странами социалистического блока о создании системы связи «[Интерспутник](#)», которое было подписано только в [1971 году](#).

3. Развитие спутниковой связи. История развития в СССР:

Первый искусственный спутник Земли был выведен на орбиту в 1957 году. Вес космического аппарата составлял всего лишь 83,6 кг. Управление спутником осуществлялось через миниатюрный блок – радиопередатчик-маяк. Успешные результаты приема/передачи радиосигнала в открытом [космосе](#) позволили реализовать дальновидные планы, предусматривающие использование ИСС в качестве активного и пассивного ретранслятора радиосигнала. Однако, чтобы реализовать столь перспективные планы, необходимо было создать такие космические аппараты, которые могли нести достаточный вес (разнообразную приемо-передающую аппаратуру). Кроме того, чтобы вывести на орбиту [искусственный](#) спутник, нужны были мощные ракетные [двигатели](#) и оборудование. После того, как российскими инженерами были решены эти

проблемы, появилась возможность запускать в открытый космос ИСС для проведения научных и исследовательских работ, решения навигационных, метеорологических, разведывательных задач, а также для обеспечения стойкого канала связи для передачи радиосигналов на большие расстояния. Процесс формирования спутниковой системы связи (ССС) активизировался после запуска первого искусственного спутника. В рамках реализации данной концепции на земной поверхности начали строить базовые приемо-передающие станции, оснащенные параболическими антеннами. Диаметр антенны достигал 12 метров, что позволило обеспечить стойкий прием и передачу радиосигнала. В 1965 году российскими инженерами удалось обеспечить получение телевизионных программ во Владивостоке, транслируемых из Москвы через СССР.

В 1967 году после тестирования и доведения технической мощности до требуемых параметров была введена в строй система спутниковой связи «Орбита». В 1975 году на круговую орбиту был выведен космический спутник «Радуга». Расстояние от земной поверхности до искусственного летательного аппарата составило почти 36 км. Направление вращения планеты и спутника практически совпадало, поэтому ИСС буквально «парил» над Землей, оставаясь неподвижным на протяжении суток. Данное техническое решение упрощало передачу управляющих команд на космический аппарат и гарантировало функционирование стабильного канала приема/передачи радиоволн. В последующем на орбиту был выведен более совершенный ИСС «Горизонт».

Результаты эксплуатации ИСС «Орбита» показали неэффективность обслуживания радиосигнала в интересах трансляции телепрограмм в небольших населенных пунктах, насчитывающих несколько десятков тысяч человек местных жителей. Поэтому, приоритет был предоставлен компактным наземным станциям приема-передачи сигнала, обслуживаемым СССР «Экран». Искусственный спутник данной системы спутниковой связи был выведен на околоземную орбиту в 1976 году. Теперь программы центрального телевидения могли смотреть люди даже в отдаленных местах Сибири и Дальнего Востока.

В 80-х годах прошлого века через ИСС «Горизонт» активно эксплуатировалась система спутниковой связи «Москва».

4. Спутниковые ретрансляторы



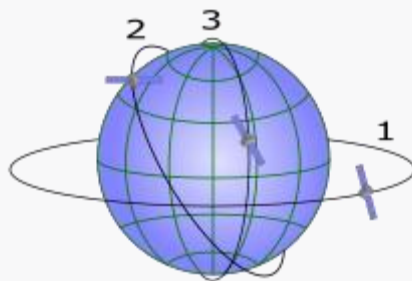
Пассивный спутник связи **Echo-2**. Металлизированная надувная сфера выполняла функции пассивного ретранслятора

В первые годы исследований использовались пассивные спутниковые ретрансляторы (примеры — спутники «Эхо» и «**Эхо-2**»), которые представляли собой простой отражатель радиосигнала (часто — металлическая или полимерная сфера с металлическим напылением), не несущий на борту какого-либо приёмопередающего оборудования. Такие спутники не получили распространения. Все современные спутники связи являются активными. Активные ретрансляторы оборудованы электронной аппаратурой для приема, обработки, усиления и ретрансляции сигнала.

Спутниковые ретрансляторы могут быть *нерегенеративными* и *регенеративными*. Нерегенеративный спутник, приняв сигнал от одной земной станции, переносит его на другую частоту, усиливает и передает другой земной станции. Спутник может использовать несколько независимых каналов, осуществляющих эти операции, каждый из которых работает с определённой частью спектра (эти каналы обработки называются **транспондерами**).

Регенеративный спутник дополнительно производит **демодуляцию** принятого сигнала и заново **модулирует** его. Благодаря этому исправление накапливающихся в процессе передачи ошибок производится дважды: на спутнике и на приёмной земной станции. Недостаток этого метода — сложность (а значит, гораздо более высокая цена спутника), а также увеличенная задержка передачи сигнала.

5. Орбиты спутниковых ретрансляторов



Орбиты: 1 — экваториальная, 2 — наклонная, 3 — полярная

Орбиты, на которых размещаются спутниковые ретрансляторы, подразделяют на три класса:

- экваториальные,
- наклонные,
- полярные.

Важной разновидностью *экваториальной орбиты* является **геостационарная орбита**, на которой спутник вращается с **угловой скоростью**, равной угловой скорости Земли, в направлении, совпадающем с направлением вращения Земли. Очевидным преимуществом геостационарной орбиты является то, что приёмник в зоне обслуживания «видит» спутник постоянно практически в одной и той же точке.

Однако геостационарная орбита одна, и ёмкость её, определяемая длиной окружности орбиты, поделённой на размеры спутников с учётом «интервалов безопасности» между ними, конечна. Поэтому все спутники, которые хотелось бы, вывести на неё невозможно. Другим её недостатком является большая высота (35 786 км), а значит, и большая цена вывода спутника на орбиту. Большая высота геостационарной орбиты приводит также к большим задержкам передачи информации (время прохождения сигнала от одной наземной станции до другой через геостационарный спутник даже теоретически не может быть менее 240 мс (две высоты орбиты, деленные на скорость света)). Кроме того, плотность потока мощности у земной поверхности в точке приема сигнала падает по направлению от экватора к полюсам из-за меньшего угла наклона вектора электромагнитной энергии к земной поверхности, а также из-за увеличивающегося пути прохождения сигнала через атмосферу и связанного с этим поглощения. Поэтому спутник на геостационарной орбите практически не способен обслуживать земные станции в приполярных областях.

Наклонная орбита позволяет решить эти проблемы, однако, из-за перемещения спутника относительно наземного наблюдателя необходимо запускать не меньше трёх спутников на одну орбиту, чтобы обеспечить круглосуточный доступ к связи.

Полярная орбита — это предельный случай наклонной орбиты (с [наклоном](#) 90°).

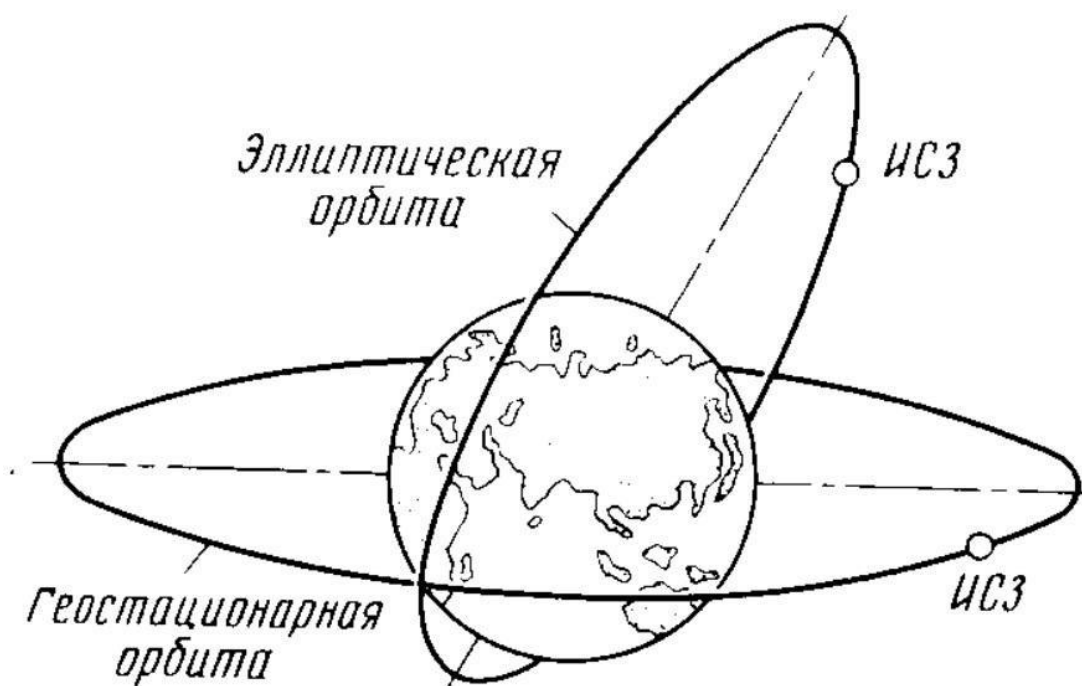
При использовании наклонных орбит земные станции оборудуются системами слежения, осуществляющими наведение антенны на спутник и его сопровождение.

Современные спутники, работающие на геостационарной орбите, имеют достаточно высокую точность удержания в заданной точке (как правило, не хуже 0.1 градуса по долготе и наклонению); сопровождение приёмной антенной геостационарного спутника становится необходимым, только если ширина диаграммы направленности антенны сравнима с колебаниями спутника вокруг точки стояния. Например, для [Ku-диапазона](#) — это антенны диаметром более 5 метров. Для меньшего размера достаточно один раз навести антенну в точку стояния спутника. Однако сопровождение всё-таки необходимо в случае предаварийного состояния спутника, когда его владельцем по различным причинам не осуществляется (совсем или реже регламентных сроков) процедура удержания спутника в точке стояния.

6. Основные разновидности ИСЗ

Конфигурация системы спутниковой связи зависит от типа ИСЗ, вида связи и параметров земной станции. Три основных разновидности ИСЗ в зависимости от орбиты спутника:

- ИСЗ на высокой эллиптической орбите (ВЭО)
- ИСЗ на геостационарной орбите (ГСО)
- ИСЗ на низковысотной орбите (НВО)



6.1. ИСЗ на высокой эллиптической орбите (ВЭО)

Спутники типа “Молния” с периодом обращения 12 часов, наклоном орбиты 63 градуса, высотой апогея над северным полушарием 40 тыс. км.

У спутника переменная скорость. В области апогея скорость движения ИСЗ замедляется и обеспечивает радиовидимость 6...8 часов. 6...8 часов это то время, когда один спутник находится в рабочей зоне. Для обеспечения непрерывной связи на одной орбите необходимо расположить не менее трех спутников, а лучше 4.

Преимущества ИСЗ с ВСО большой размер зоны обслуживания.

Недостатки: необходимость слежения земных антенн за спутниками и переориентация этих антенн с заходящего спутника на восходящий.

6.2. ИСЗ на геостационарной орбите (ГСО)

ГСО это орбита, на которую если поставить спутник, он будет вращаться вместе с Землей с одинаковой скоростью. Он находится неподвижно относительно земной точки.

ГСО — круговая орбита с периодом обращения ИСЗ 24 часа, расположенная в плоскости экватора на высоте 35 875 км с поверхности Земли. Орбита синхронно вращается с вращением Земли, поэтому спутник находится неподвижно относительно земной поверхности.

Достоинства:

- Зона обслуживания одного спутника достигает треть поверхности Земли, т.е. 3-х спутников достаточно для глобальной сети.
- Антенны земных станций не требуют систем слежения. Антенна неподвижна.
- Не требуют сложной наземной аппаратуры, могут обеспечивать большое покрытие, но в зонах не сильно приближенных к полюсам Земли.

Недостатки:

- В северных широтах спутник виден под малыми углами к горизонту и совсем не виден в приполярных областях.
- Но если в южном полушарии это не так страшно, то в северном Скандинавские страны, Россия, Канада находятся достаточно близко к полюсу и там геостационарные спутники связь не обеспечивают.
- Ограничение на количество спутников на ГСО.
- Достаточно высокая цена самого аппарата ИСЗ и его запуска.

6.3. ИСЗ на низковысотной орбите (НВО)

В настоящее время развиваются спутники связи на низковысотной орбите. Спутники запускаются на круговые орбиты, бывает полярная орбита, которая проходит через нулевой меридиан, плоскость которых наклонена к плоскости экватора. Наличие большого количества спутников на разных орбитах, позволяет добиться высокого покрытия поверхности Земли этими системами связи.

Высота орбиты 200...2000 км над поверхностью Земли. Спутники относятся к легкому классу и для их запуска можно использовать недорогой носитель, либо дорогой носитель, который сразу забросит на орбиту два десятка аппаратов, которые потом выводятся в нужной точке. Покрытие может быть глобальное.

Главный недостаток ИСЗ на НВО, спутники вращаются по круговым низким орбитам на достаточно высокой линейной скорости и от момента, когда спутник выходит в ту зону, где находится абонент, до того момента, когда он из этой зоны выходит, может проходить 20-40 минут. Для того, чтобы обеспечить хорошее покрытие, нужно много спутников.

7. Спутниковые системы

7.1. Система VSAT

Среди спутниковых технологий особенное внимание привлекает развитие технологий спутниковой связи типа VSAT (Very Small Aperture Terminal).

На основе VSAT оборудования возможно построение мультисервисных сетей, предоставляющих практически все современные услуги связи: доступ в Интернет; телефонную связь; объединение локальных сетей (построение VPN-сетей); передачу аудио-, видеоинформации; резервирование существующих каналов связи; сбор данных, мониторинг и удаленное управление промышленными объектами и многое другое.

Немного истории. Развитие сетей VSAT начинается с того, что был запущен первый спутник связи. В конце 60-х годов в ходе экспериментов со спутником АТС-1 была создана экспериментальная сеть, состоящая из 25 земных станций, спутниковой телефонной связи на Аляске. Фирма Linkabit, одна из первых создавшая VSAT Ku-диапазона, слилась с фирмой M/A-COM, которая в последствии стала ведущим поставщиком оборудования VSAT. Hughes Communications приобрела отделение у M/A-COM, преобразовав его в Hughes Network Systems. На данный момент компания Hughes Network Systems, является ведущим мировым поставщиком широкополосных

сетей спутниковой связи. Сеть спутниковой связи на базе VSAT включает в себя три ключевых элемента: центральная управляющая станция (ЦУС), спутник-ретранслятор и абонентские VSAT терминалы.

7.2. Спутник-ретранслятор

Сети VSAT строятся на базе геостационарных спутников-ретрансляторов. Важнейшими характеристиками спутника являются мощность бортовых передатчиков и количество радиочастотных каналов (стволов или транспондеров) на нем. Стандартный ствол имеет полосу пропускания 36 МГц, что соответствует максимальной пропускной способности около 40 Мбит/с. В среднем, мощность передатчиков колеблется от 20 до 100 Ватт. В России в качестве примеров спутников-ретрансляторов можно привести спутники связи и вещания "Ямал". Они предназначены для развития космического сегмента ОАО "Газком" и были установлены в орбитальные позиции 49° в. д. и 90° в. д.

7.3. Абонентские VSAT терминалы

Абонентский VSAT терминал - это небольшая станция спутниковой связи с антенной диаметром от 0,9 до 2,4 м., предназначенная, главным образом, для надежного обмена данными по спутниковым каналам. Станция состоит из антенно-фидерного устройства, наружного внешнего радиочастотного блока и внутреннего блока (спутникового модема). Внешний блок представляет собой небольшой приемопередатчик или только приемник. Внутренний блок обеспечивает сопряжение спутникового канала с терминальным оборудованием пользователя (компьютер, сервер ЛВС, телефон, факс и т.

7.4. Технология VSAT

Можно выделить два основных вида доступа к спутниковому каналу: двусторонний (дуплексный) и односторонний (симплексный, асимметричный или комбинированный).

При организации одностороннего доступа наряду со спутниковым оборудованием обязательно используется наземный канал связи (телефонная линия, оптоволокно, сотовые сети, радиоэтернет), который используется в качестве запросного канала (еще его называют обратным каналом).

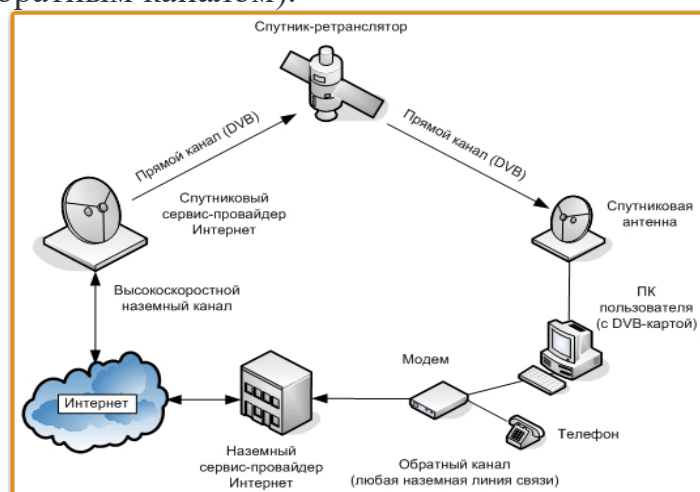


Схема одностороннего доступа с использованием DVB-карты и телефонной линии в качестве обратного канала.

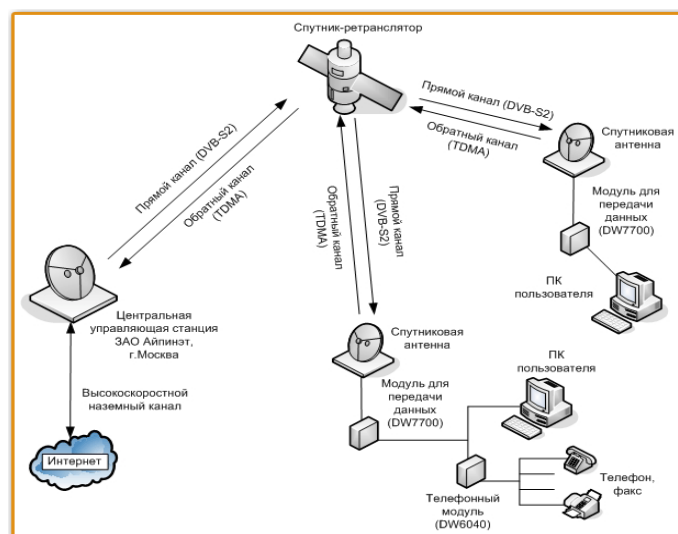
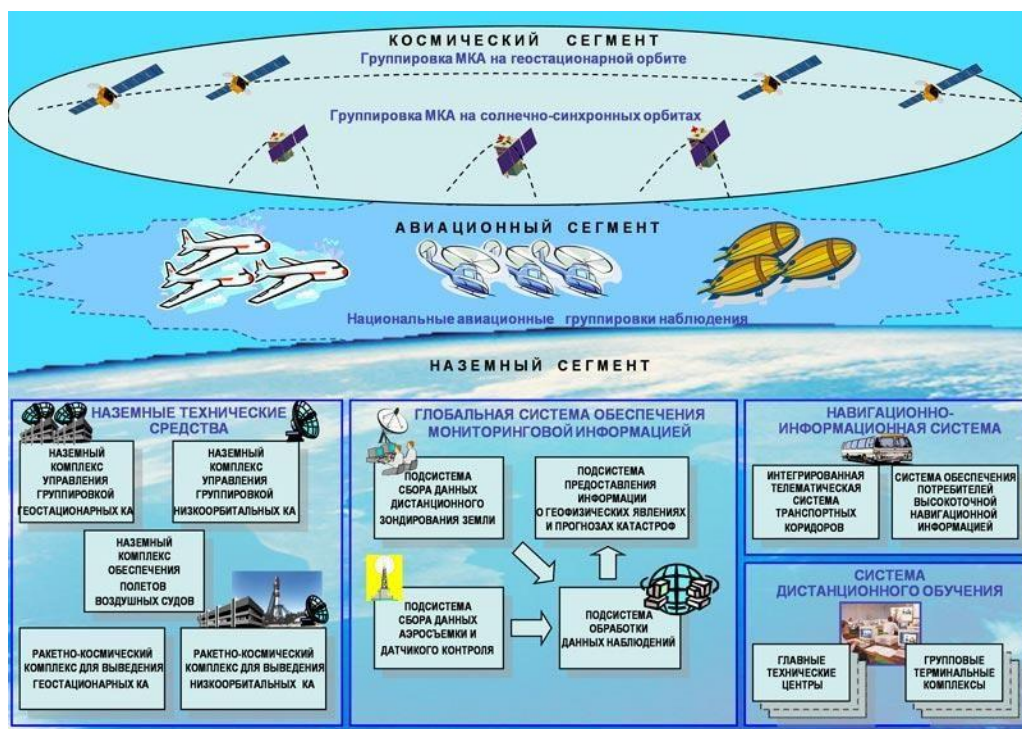


Схема двустороннего доступа с использованием оборудования HughesNet (компания Hughes Network Systems).

Сегодня в России несколько значимых операторов VSAT-сетей, которые обслуживают около 80 000 VSAT-станций. 33% таких терминалов находится в Центральном федеральном округе, по 13% – в Сибирском и Уральском федеральных округах, 11% – в Дальневосточном и по 5-8% – в остальных федеральных округах. Среди крупнейших операторов следует выделить:

7.5. Глобальная спутниковая система связи Globalstar

В России оператором спутниковой системы связи Globalstar является закрытое акционерное общество «ГлобалТел». Как эксклюзивный поставщик услуг глобальной подвижной спутниковой связи системы Globalstar, ЗАО «ГлобалТел» предоставляет услуги связи на территории всей Российской Федерации. Благодаря созданию компании ЗАО «ГлобалТел», у жителей России появилась еще одна возможность связаться через спутник из любой точки России практически с любой точкой мира. Система Globalstar предоставляет спутниковую связь высокого качества для своих абонентов с помощью 48 рабочих и 8 запасных низкоорбитальных спутников, находящихся на высоте 1410 км. (876 миль) от поверхности Земли. Система обеспечивает глобальное покрытие практически всей поверхности земного шара между 700 Северной и Южной широты с расширением до 740. Спутники способны принимать сигналы до 80% поверхности Земли, т. е. практически из любой точки земного шара за исключением полярных областей и некоторых зон центральной части океанов. Спутники системы просты и надежны.



7.6. Сферы применения системы Globalstar

Система Globalstar разработана для предоставления высококачественных спутниковых услуг для широкого круга пользователей, включающих: голосовую связь, службу коротких сообщений, роуминг, позиционирование, факсимильную связь, передачу данных, мобильный Интернет.

Абонентами, пользующимися портативными и мобильными аппаратами, могут стать деловые и частные лица, работающие на территориях, которые не охвачены сотовыми сетями, либо специфика работы которых предполагает частые деловые поездки туда, где нет связи или плохое качество связи.

Система рассчитана на широкого потребителя: представители средств массовой информации, геологи, работники добычи и переработки нефти и газа, драгметаллов, инженеры-строители, энергетики. Сотрудники государственных структур России - министерств и ведомств (например, МЧС), могут активно использовать спутниковую связь в своей деятельности. Специальные комплекты для установки на транспортных средствах могут быть эффективны при использовании на коммерческом автотранспорте, на рыболовных и других видах морских и речных судов, на железнодорожном транспорте и т. д.

8. Применение спутниковой связи. Спутниковые службы

В зависимости от назначения систем спутниковой связи и типа земной станции различают следующие службы:

- Фиксированная спутниковая служба для связи между станциями, расположенными в определенных фиксированных пунктах и для распределения телевизионных программ.

- Подвижная спутниковая служба для связи между подвижными станциями, размещенными на транспортных средствах или у абонентов.
- Радиовещательная спутниковая служба для передачи радио и телевизионных программ непосредственно на терминалы абонентов.

8.1. Фиксированные спутниковые службы.

Начиналось всё с фиксированных спутниковых служб. Это связано с использованием космического ретранслятора между наземными станциями. И основное назначение это обеспечение связи в первую очередь для государственных нужд.

Фиксированные спутниковые службы начали использоваться государством для центральных телевизионных программ на удаленную территорию советского союза. Первоначально ФСС развивалась в направлении создания систем магистральной связи с применением наземных станций с диаметром антенн порядка 12...30 метров. Фиксированная антенна с приемной станцией “Орбита”, диаметр антенны 12 метров. Система “Орбита” использовала спутники на высокоэллиптической орбите, это были первоначально спутники серии “Молния”. На эллипсе надо иметь 3 аппарата, как правило 4, чтобы обеспечить постоянную связь.



В настоящее время для фиксированных служб функционирует около 50 систем ФСС. Например, “Молния 3”.



На высокоэллиптической орбите используются аппараты, которые называются “Меридиан”. Спутники “Радуга” и “Горизонт” это геостационарные аппараты, которые обеспечивают фиксированную спутниковую связь. Intelsat это международная система.

8.2. Подвижные спутниковые службы

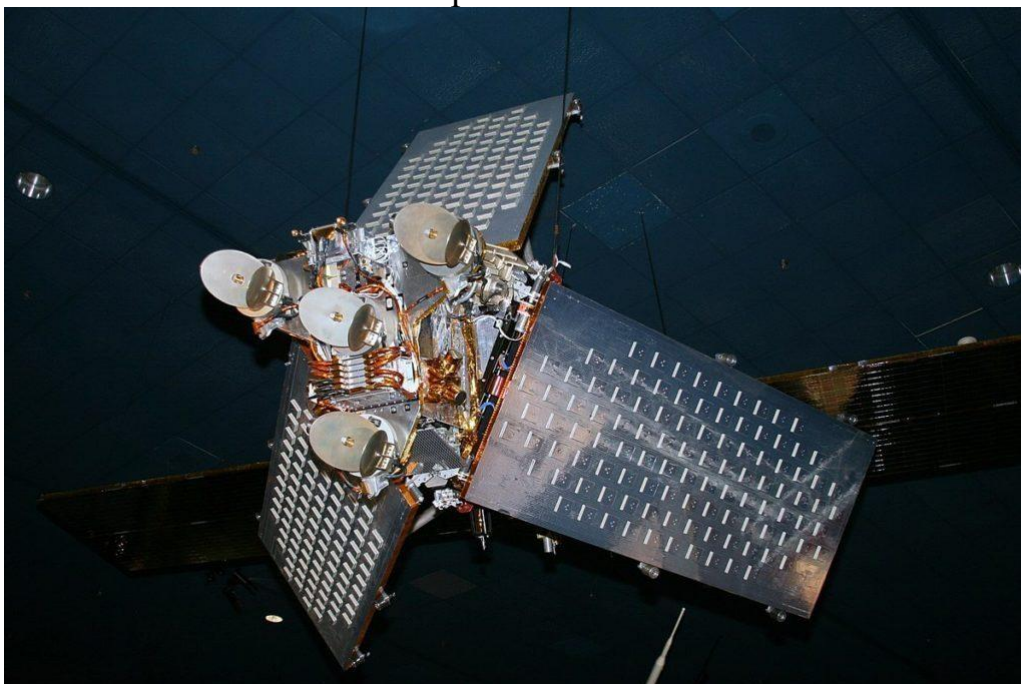
Особенностью большинства систем ПСС является маленький размер антенны терминала, что затрудняет прием сигнала. Востребованы на морском транспорте. Для того, чтобы мощность сигнала достигающего приемника была достаточной, применяют одно из двух решений:

1. Спутники располагаются на геостационарной орбите поскольку эта орбита удалена от Земли на расстояние 35 786 км, на спутник требуется установить мощный передатчик. Этот подход используется системой Inmarsat. Подвижная спутниковая связь начала свое существование с международного договора по созданию системы Inmarsat, которая была первоначально ориентирована на обеспечение связи с морскими судами.

2. Множество спутников располагается на наклонных или полярных НВО. Inmarsat и прочие системы основанные на спутниках, как правило предназначены для оказания коллективных услуг. А когда создается система на низковысотных спутниках, то можно за счет более низкой стоимости аппарата и низкой стоимости запуска, построить глобальную сеть, которая позволит Вам связываться из любой точки земного шара, через спутниковую сеть. Первой такой системой, была система Iridium.

8.3. Спутниковая система Iridium

Система базируется на 66 лёгких (масса 689 кг) ИСЗ, равномерно размещенных на 6 НВО. Орбиты через 60 градусов охватывают всю Землю. И на каждой орбите находится по 11 спутников, которые по очереди выходят в зону в которой находится абонент. Высота основной орбиты 780 км.



Орбиты разнесены на 30 или 60 градусов и каждый спутник поддерживает связь с тем спутником, который идет впереди и с тем, который идет сзади по его орбите. И с двумя спутниками, которые находятся на двух соседних орбитах. Такая связь позволяет передать сигнал с любого спутника на любой. Одновременно обеспечивается до 11 000 телефонных соединений.



Если у Вас есть терминал Iridium, где бы вы не находились, вы можете установить связь. Если вы находитесь в обычной зоне, где мобильная связь работает, то ваш терминал перейдет в режим работы мобильной связи и не нужно будет нагружать спутник. Кроме основных спутников, есть 4 резервных, которые находятся на резервной орбите.

8.4.Инмарсат (Inmarsat)

Первая в мире система мобильной спутниковой связи, предлагающая полный набор современных услуг пользователям по всему миру: [на море](#), [на суше](#) и [в воздухе](#).

Спутниковая система связи Инмарсат (Inmarsat) имеет ряд преимуществ:

- зона покрытия – вся территория земного шара, кроме полярных областей
- качество предоставляемых сервисов
- конфиденциальность
- дополнительные аксессуары (автомобильные комплекты, факсы и другое)
- бесплатные входящие звонки
- доступность в применении
- он-лайн система проверки состояния счета (биллинг)

- высокий уровень доверия у пользователей, проверена временем (более 25 лет существования и 210 тысяч пользователей по всему миру)

8.5. Основные сервисы системы спутниковой связи Инмарсат (Inmarsat) :

- Телефон
- Факс
- Электронная почта
- Передача данных (в т.ч. высокоскоростная)
- Телекс (для некоторых стандартов)
- GPS



8.6. Турайя (Thuraya)

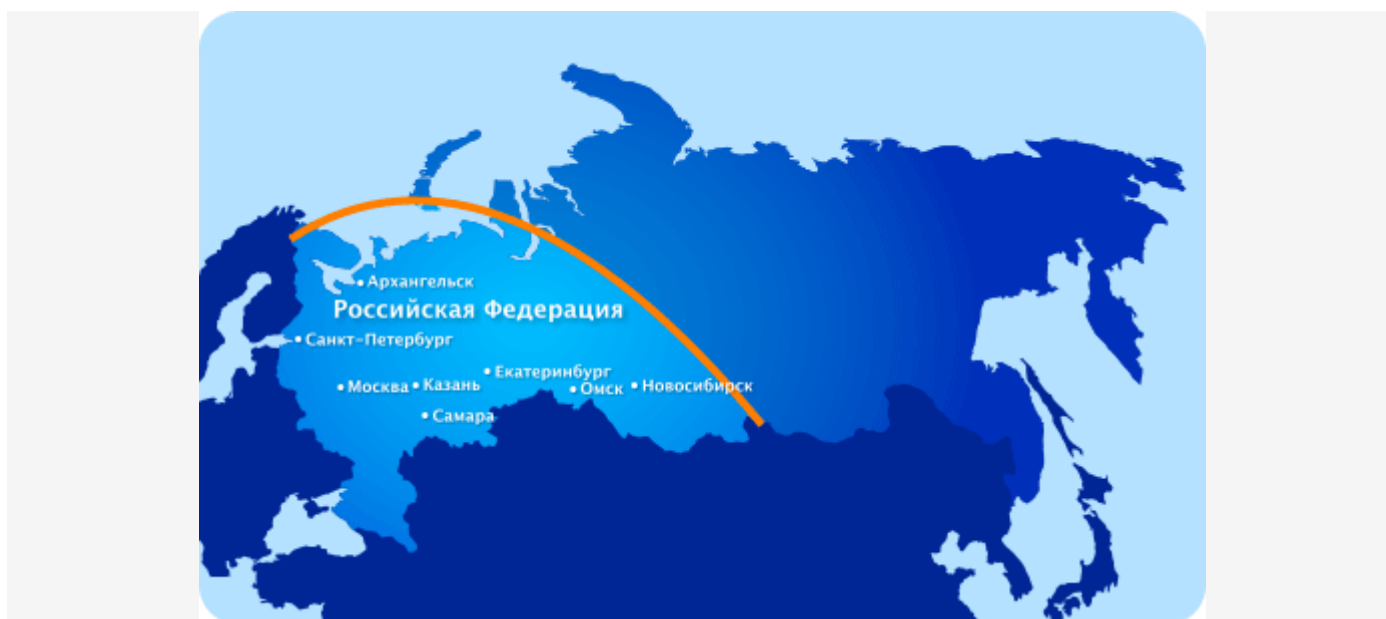
Спутниковый оператор, который предоставляет сервис на 35% территории земного шара. Сервисы, реализуемые в данной системе: спутниковые и GSM трубки, а так же спутниковые таксофоны. Недорогая мобильная связь для свободы общения и передвижений.

Спутниковая система связи Турайя (Thuraya) имеет ряд преимуществ:

- компактный размер
- возможность переключения между спутниковой и сотовой связью автоматически
- невысокая стоимость сервисов и телефонных аппаратов
- бесплатные входящие звонки

Основные сервисы системы спутниковой связи Турайя (Thuraya):

- Телефон
- Электронная почта
- Передача данных
- GPS



9. Диапазоны частот спутниковой связи. Виды спутниковой связи:

Земные станции передают радиосигнал на спутник в определенном диапазоне. Специфика данного процесса обусловлена тем, что диапазон частот на передачу радиосигнала с земной станции отличается от частотного спектра сигнала, ретранслируемого со спутника. Иными словами, для передачи радиосигнала используется один диапазон частот, а для ретрансляции – другой. Данная особенность поясняется тем, что слои атмосферы по-разному пропускают радиосигнал, активизируя процесс затухания и поглощения сигнала. Диапазоны частот спутниковой связи определяются “Регламентом радиосвязи”, при этом принимается во внимание специфика “окон прозрачности для радиоволн” атмосферы, уровень радиопомех и влияние др. факторов.

Диапазоны частот, используемые в спутниковой связи, обозначаются специальными буквами.

Для L-диапазона выделяется полоса частот 1, 5-1,6 ГГц, сфера применения **подвижная спутниковая связь (ПСС)**.

Для S-диапазона выделяется полоса частот 1, 9-2,2 и 2,4-2,5 ГГц, сфера использования **подвижная спутниковая связь (ПСС)**.

Для C-диапазона выделяется полоса частот 4-6 ГГц, сфера применения – **фиксированная спутниковая связь (ФСС)**.

Для Ku-диапазона выделяется полоса частот 11, 12, 14 ГГц, сфера применения – **фиксированная спутниковая связь (ФСС), спутниковое вещание**.

Для K-диапазона выделяется полоса частот 20 ГГц, сфера применения – **фиксированная спутниковая связь (ФСС), спутниковое вещание**.

Для Ka-диапазона выделяется полоса частот 30 ГГц, сфера применения – **фиксированная спутниковая связь (ФСС), подвижная спутниковая связь (ПСС), связь между спутниками**.

Для ENF-диапазона выделяется полоса частот 40-50 ГГц, сфера применения – **фиксированная спутниковая связь (ФСС)**, перспектива.

Более высокое качество приема радиосигнала обеспечивает С-диапазон, однако для этого требуется антенна с увеличенным диаметром тарелки.

Название диапазона	Частоты (согласно ITU-R V.431-6)	Применение
L	1,5 ГГц	Подвижная спутниковая связь
S	2,5 ГГц	Подвижная спутниковая связь
C	4 ГГц, 6 ГГц	Фиксированная спутниковая связь
X	Для спутниковой связи рекомендациями ITU-R частоты не определены. Для приложений радиолокации указан диапазон 8-12 ГГц.	Фиксированная спутниковая связь
Ku	11 ГГц, 12 ГГц, 14 ГГц	Фиксированная спутниковая связь, спутниковое вещание
K	20 ГГц	Фиксированная спутниковая связь, спутниковое вещание
Ka	30 ГГц	Фиксированная спутниковая связь, межспутниковая связь

10. Модуляция и помехоустойчивое кодирование

Особенностью спутниковых систем связи является необходимость работать в условиях сравнительно малого **отношения сигнал/шум**, вызванного несколькими факторами:

- значительной удалённостью приёмника от передатчика,
- ограниченной мощностью спутника (невозможностью вести передачу на большой мощности).

В связи с этим спутниковая связь плохо подходит для передачи **аналоговых сигналов**. Поэтому для передачи речи её предварительно **оцифровывают**, используя, например, **импульсно-кодovou модуляцию (ИКМ)**.

Для передачи цифровых данных по спутниковому каналу связи они должны быть сначала преобразованы в радиосигнал, занимающий определённый частотный диапазон. Для этого применяется **модуляция** (цифровая модуляция называется также **манипуляцией**). Наиболее распространёнными видами цифровой модуляции для приложений спутниковой связи являются **фазовая манипуляция** и **квадратурная амплитудная модуляция**. Например, в системах стандарта **DVB-S2** применяются QPSK, 8-PSK, 16-APSK и 32-APSK.

Модуляция производится на наземной станции. Модулированный сигнал усиливается, переносится на нужную частоту и поступает на передающую **антенну**. Спутник принимает сигнал, усиливает, иногда **регенерирует**, переносит на другую частоту и с помощью определённой передающей антенны транслирует на землю.

Из-за низкой мощности сигнала возникает необходимость в системах исправления ошибок. Для этого применяются различные схемы **помехоустойчивого кодирования**,

чаще всего различные варианты [свёрточных кодов](#) (иногда в сочетании с [кодами Рида-Соломона](#)), а также [турбо-коды](#) и [LDPC-коды](#).

11. Проблемы.

Проблема космического мусора

Еще одна проблема, так называемая проблема космического мусора или засорения околоземного пространства остатками различных летательных аппаратов. Когда, какой-либо космический аппарат выводится из эксплуатации, в доброе старое время его просто отключали, на спутниках “Молния” с помощью пиропатронов отстреливали солнечные панели и спутник терял питание, превращался в кусок железа, который вращается на орбите, а потом с этой орбиты сходит. Когда спутников было 1, 2, 3 это было не страшно для человечества, хотя были печальные случаи, когда довольно массивные космические аппараты, не целиком сгорали при сходе с орбиты и падали туда, куда не надо.

Спутники, как правило имеют систему питания основанную на солнечных батареях. Но в свое время проводили эксперименты над спутниками у которых в качестве источника питания использовался генератор, который работает на основе ядерной реакции, т.е. распад какого-нибудь урана или плутония, при этом выделяется энергия, которая преобразуется в электричество, грубо говоря спутник с ядерным реактором. И такой советский спутник, содержащий радиоактивные материалы, приземлился на территорию Канады и был грандиозный скандал международный.

Сейчас в космосе вращается несколько десятков тысяч старых спутников и их остатков. Поэтому построение систем в которых используется большое количество спутников, оно чревато плачевными последствиями.

Также, наличие большого количества спутников на орбите приводит к тому, что эти спутники, создают световой экран, который мешает наблюдению ученым, через астрономические телескопы с Земли. Эти спутники создают яркие точки, которые все время находятся перед объективами телескопов.

12. Недостатки спутниковой связи

12.1. Слабая помехозащищённость

Огромные расстояния между земными станциями и спутником являются причиной того, что отношение сигнал/шум на приёмнике очень невелико (гораздо меньше, чем для большинства радиорелейных линий связи). Для того, чтобы в этих условиях обеспечить приемлемую вероятность ошибки, приходится использовать большие [антенны](#), малошумящие элементы и сложные [помехоустойчивые коды](#). Особенно остро эта проблема стоит в системах подвижной связи, так как в них есть ограничения на размер антенны, её направленные свойства и, как правило, на мощность передатчика.

12.2. Влияние атмосферы

На качество спутниковой связи оказывают сильное влияние эффекты в [тропосфере](#) и [ионосфере](#).

12.3. Поглощение в тропосфере

Степень поглощения сигнала атмосферой находится в зависимости от его частоты. Максимумы поглощения приходятся на 22,3 ГГц ([резонанс водяных паров](#)) и 60 ГГц ([резонанс кислорода](#)). В целом, поглощение существенно сказывается на распространении сигналов с частотой выше 10 ГГц (то есть, начиная с Ku-диапазона). Кроме поглощения, при распространении радиоволн в атмосфере присутствует эффект [замирания](#), причиной которому является разница в [коэффициентах преломления](#) различных слоёв атмосферы.

12.4. Ионосферные эффекты

Эффекты в ионосфере обусловлены [флуктуациями](#) распределения свободных электронов. К ионосферным эффектам, влияющим на распространение радиоволн, относят *мерцание, поглощение, задержку распространения, дисперсию, изменение частоты, вращение плоскости поляризации*. Все эти эффекты ослабляются с увеличением частоты. Для сигналов с частотами, большими 10 ГГц, их влияние невелико.

Сигналы с относительно низкой частотой (L-диапазон и частично C-диапазон) страдают от *ионосферного мерцания*, возникающего из-за неоднородностей в ионосфере. Результатом этого мерцания является постоянно меняющаяся мощность сигнала.

12.5. Задержка распространения сигнала

Проблема задержки распространения сигнала так или иначе затрагивает все спутниковые системы связи. Наибольшей задержкой обладают системы, использующие спутниковый ретранслятор на геостационарной орбите. В этом случае задержка, обусловленная конечностью скорости распространения радиоволн, составляет примерно 250 мс, а с учётом мультиплексирования, коммутации и задержек обработки сигнала общая задержка может составлять до 400 мс^[33].

Задержка распространения наиболее нежелательна в приложениях реального времени, например, в телефонной и видеосвязи. При этом, если время распространения сигнала по спутниковому каналу связи составляет 250 мс, разница во времени между репликами абонентов не может быть меньше 500 мс.

В некоторых системах (например, в системах VSAT, использующих топологию «звезда») сигнал дважды передается через спутниковый канал связи (от терминала к центральному узлу, и от центрального узла к другому терминалу). В этом случае общая задержка удваивается.

12.6. Влияние солнечной интерференции

При приближении [Солнца](#) к оси «спутник — наземная станция» радиосигнал, принимаемый со [спутника](#) наземной станцией, как и подаваемый на спутник, искажается в результате [интерференции](#).

13.

Заключение

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 станции спутниковой связи объединяются в сети передачи данных. Объединение группы территориально-распределенных станций в сеть позволяет обеспечить пользователям широкий спектр услуг и возможностей, а также эффективно использовать ресурсы спутника. В таких сетях обычно имеется одна или несколько управляющих станций, которые обеспечивают работу земных станций как в обслуживаемом администратором, так и в полностью автоматическом режиме. Преимущество спутниковой связи основано на обслуживании географически удаленных пользователей без дополнительных расходов на промежуточное хранение и коммутацию. ССС постоянно и ревниво сравниваются с волоконно-оптическими сетями связи. Внедрение этих сетей ускоряется в связи с быстрым технологическим развитием соответствующих областей волоконной оптики, что заставляет задаться вопросом о судьбе ССС. Например, разработка и планирование, главное, внедрение конкатенирующего (составного) кодирования резко уменьшает вероятность возникновения неисправленной побитовой ошибки, что, в свою очередь, позволяет преодолеть главную проблему ССС - туман и дождь.

14.

Источники:

<https://infourok.ru/proekt-sovremennaya-sputnikovaya-svyaz-1896739.html>

https://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковая_связь

<https://zen.yandex.ru/media/id/5da8242eaad43600b1f1f9ed/typy-sputnikovyh-sistem-5dccbfa760122197c9af298>

<https://zvondozvon.ru/radiosvyaz/sputnikovaya-svyaz>

<https://втораяиндустриализация.рф/sputnikovaya-svyaz-vidyi-sistema-oborudovanie-sredstva-orbityi-diapazonyi-sputnikovoy-svyazi/>

<https://www.sviaz-expo.ru/ru/articles/2016/sovremennaya-sputnikovaya-svyaz/>