

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВПО «Бурятская государственная
сельскохозяйственная академия

имени В.Р. Филиппова»

Экономический факультет

Кафедра информатики и информационных технологий в экономике

КУРСОВАЯ РАБОТА

по теме «Спутниковые сети связи»

по дисциплине «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации»

Выполнил: студент группы 5208

Алсыев Б.И.

Проверил: доцент Садуев Н.Б.

М.В. 18 г.

Улан-Удэ

2015

12-12-15
ЕК *С*

СОДЕРЖАНИЕ

Основная часть	3
1 Система спутниковой связи	3
1.1 История спутниковой связи	3
1.2 Организация спутникового ствола	4
1.3 Космический сегмент	5
1.4 Сигнальная часть	7
1.5 Наземный сегмент	9
1.6 Система Aloha	11
1.7 Преимущества и ограничения ССС	13
2 Виды спутниковых систем и их орбиты	14
2.1 Система ODYSSEY	14
2.1.1 Космический сегмент и зоны обслуживания	15
2.1.2 Наземный сегмент и организация связи	19
2.1.3 Услуги системы Odyssey	22
2.2 Международная система ICO	23
2.2.1 Частотное обеспечение	23
2.2.2 Космический сегмент	24
2.2.3 Наземный сегмент и организация связи	26
2.2.4 Терминалы пользователя	27
2.2.5 Услуги системы ICO	28
2.2.6 Российский сегмент сети ICO	29
2.3 Сравнение систем Odyssey и ICO	30
Заключение	33
Список использованных источников	34

Введение

Современные организации характеризуются большим объемом различной информации, в основном электронной и телекоммуникационной, которая проходит через них каждый день. Поэтому важно иметь высококачественный выход на коммутационные узлы, которые обеспечивают выход на все важные коммуникационные линии. В России, где расстояния между населенными пунктами огромное, а качество наземных линий оставляет желать лучшего, оптимальным решением этого вопроса является применение сетей спутниковой связи (ССС).

Системы спутниковой связи широко используются во многих регионах мира и стали неотъемлемой частью инфраструктуры телекоммуникаций большинства стран. Не только промышленно развитые страны с разнообразными современными сетями телекоммуникаций, но все чаще и развивающиеся страны успешно внедряют СССР. Новые спутниковые приложения обеспечивают быстрое создание новых широкоэмитательных служб и частных сетей.

Хотя коммерческое использование геосинхронных спутников связи началось почти 25 лет назад, их широкое применение в сетях связи стало возможным лишь в начале 1980-х годов. Телевидение, телефония, широкополосная передача продолжают доминировать в списке услуг СССР. Современные системы спутниковой связи предоставляют беспрецедентные возможности для развития частных сетей, организации служб связи типа «точка-точка» и «точка-множество точек».

Методы исследования: при написании курсовой работы мною был произведен комплексный анализ. Основными в работе явились следующие методы анализа: метод описания, историко-функциональный, сравнительно-сопоставительный.

Структура работы: курсовая работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка использованных источников, глоссария и одного приложения.

Основная часть
1 Система спутниковой связи
1.1 История спутниковой связи

1929 Герман Поточник опубликовал книгу под названием «Проблема путешествия в космосе». В ней была впервые описана концепция геостационарной орбиты, которую Поточник называл «стационарным кружением».

1945 Артур Кларк направил письмо в журнал британских радиолобителей *Wireless World*, где описывал «возможность более отдаленного будущего – может быть, через полстолетия. «Искусственный спутник» на соответствующем удалении от Земли... будет оставаться в стационарном положении над той же самой точкой земли и находиться в пределах видимости с практически половины поверхности Земли. Три повторительные станции, через 120° на соответствующей орбите, будут способны охватить телевизионным вещанием и микроволновой связью практически всю поверхность Земли».

1963 НАСА претворяет в жизнь концепцию Кларка и выводит на геосинхронную, но не геостационарную орбиту первые два спутника Syncom. Период их вращения соответствовал периоду вращения Земли, но их орбиты были наклонены и вытянуты.

1964 Запущен спутник Syncom 3, который кружил точно над экватором и стал первым геостационарным спутником.

Подписано соглашение о создании Международного консорциума спутниковой связи – ИНТЕЛСАТ. Это соглашение подписали: США, Англия, Франция, Германия, Япония, Канада, Бразилия, Италия и др. – всего 11 стран. Задачи Консорциума: разработка, проектирование, изготовление и эксплуатация системы глобальной коммерческой спутниковой связи. С помощью этой системы к 1987 году обеспечивалось около двух третей международных каналов спутниковой связи, а в настоящее время – около одной трети.

1965 В Советском Союзе была создана и введена в эксплуатацию система спутниковой связи «Молния_1», по названию спутника; снимок см в приложение 1. Эта система позволила организовать связь Москвы (станции в Медвежьих Озерах и Щелково) с районами Дальнего Востока (станции в Уссурийске и Петропавловске-Камчатском), Сибири (станция в Улан Удэ), Средней Азии (станция в районе озера Балхаш). В системе «Молния_1» передавались программы телевизионного и радиовещания, полосы газет, а также осуществлялась телефонно-телеграфная связь с указанными районами.

1967 В СССР были введены еще 20 станций, которые с уже имеющимися образовали первую в мире систему распределения телевидения «Орбита» (гл. конструктор Н.В.Талызин, НИИР).

1.2 Организация спутникового ствола

Спутник - устройство связи, которое принимает сигналы от земной станции (ЗС), усиливает и транслирует в ширококвотательном режиме одновременно на все ЗС, находящиеся в зоне видимости спутника. Спутник не инициирует и не терминирует никакой пользовательской информации за исключением сигналов контроля и коррекции возникающих технических проблем и сигналов его позиционирования. Спутниковая передача начинается в некоторой ЗС, проходит через спутник, и заканчивается в одной или большем количестве ЗС.

Система спутниковой связи состоит из трех базисных частей: космического сегмента, сигнальной части и наземного сегмента, на примере системы «Iridium» (рис. 1.1).

Космический сегмент охватывает вопросы проектирования спутника, расчета орбиты и запуска спутника. Сигнальная часть включает в себя вопросы используемого спектра частоты, влияния расстояния на организацию и поддержание связи, источники интерференции сигнала, схем модуляции и протоколов передачи. Наземный сегмент включает размещение и конструкцию ЗС, типы антенн, используемых для различных приложений,

схемы мультиплексирования, обеспечивающие эффективный доступ к каналам спутника. Космический сегмент, сигнальная часть и наземный сегмент поясняются в следующих разделах.

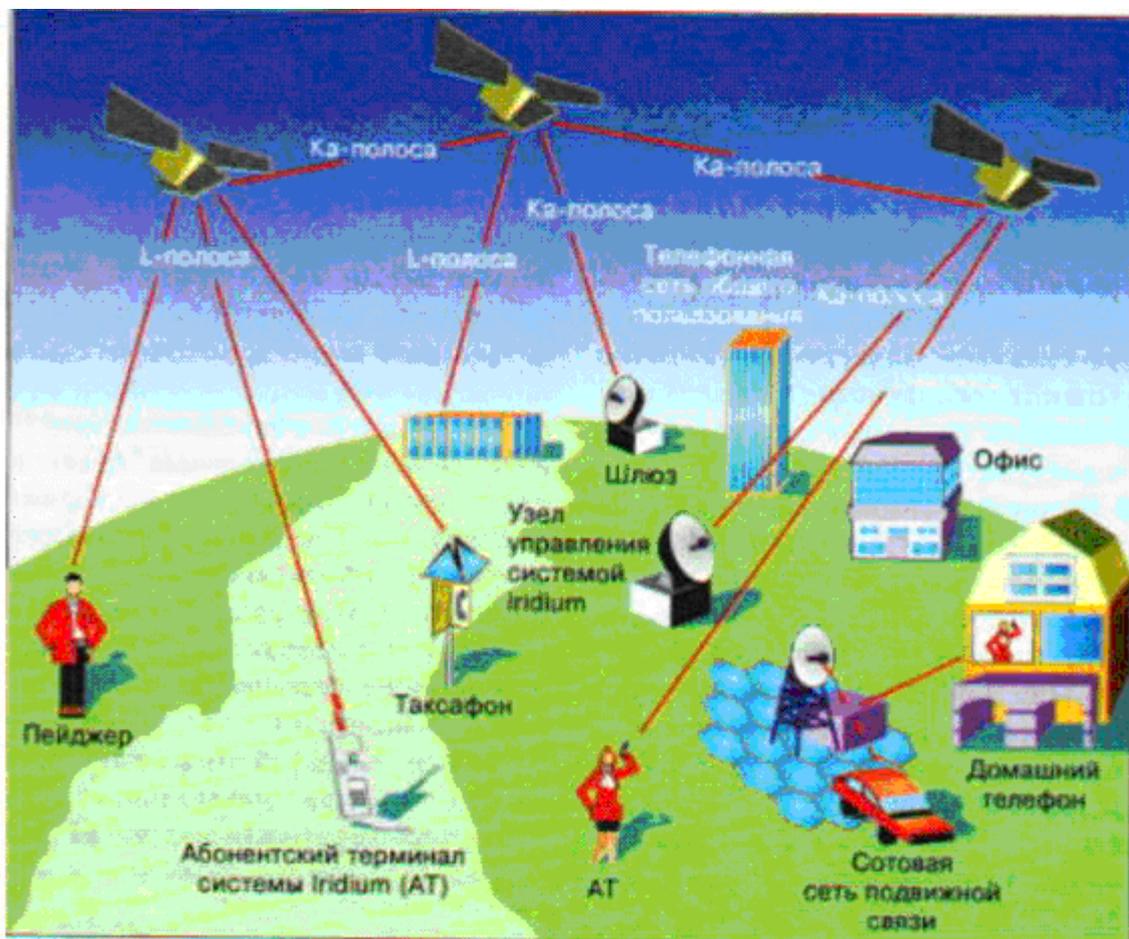


Рис. 1.1 Система "Iridium"

1.3 Космический сегмент

Современные спутники связи, используемые в коммерческих ССС, занимают геосинхронные орбиты, в которых период орбиты равен периоду вращения на поверхности Земли. Это становится возможным при размещении спутника над заданным местом Земли на расстоянии 35800 км в плоскости экватора.

Большая высота, требуемая для поддержания геосинхронной орбиты спутника, объясняет нечувствительность спутниковых сетей к расстоянию.

Длина пути от заданной точки на Земле через спутник на такой орбите до другой точки Земли в четыре раза больше расстояния по поверхности Земли между двумя ее максимально удаленными точками. В настоящее время наиболее плотно занятая орбитальная дуга равна 76° (приблизительно; 67° по 143° западной долготы). Спутники этого сектора обеспечивают связь стран Северной, Центральной и Южной Америки.

Главными компонентами спутника являются его конструкционные элементы; системы управления положением, питания; телеметрии, трекинга, команд; приемопередатчики и антенна (рис. 1.2).

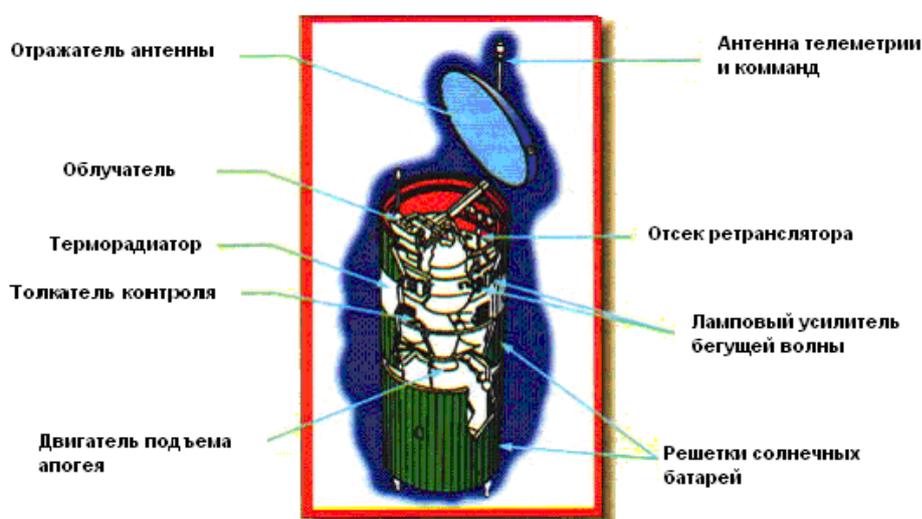


Рис. 1.2 Спутник со стабилизацией вращения.

Структура спутника обеспечивает функционирование всех его компонентов. Предоставленный сам себе спутник в конечном счете перешел бы к случайным вращениям, превратившись в бесполезное для обеспечения связи устройство. Устойчивость и нужная ориентация антенны поддерживается системой стабилизации (рис. 1.3). Размер и вес спутника ограничены в основном возможностями транспортных средств, требованиям к солнечным батареям и объему топлива для жизнеобеспечения спутника (обычно в течение десяти лет).

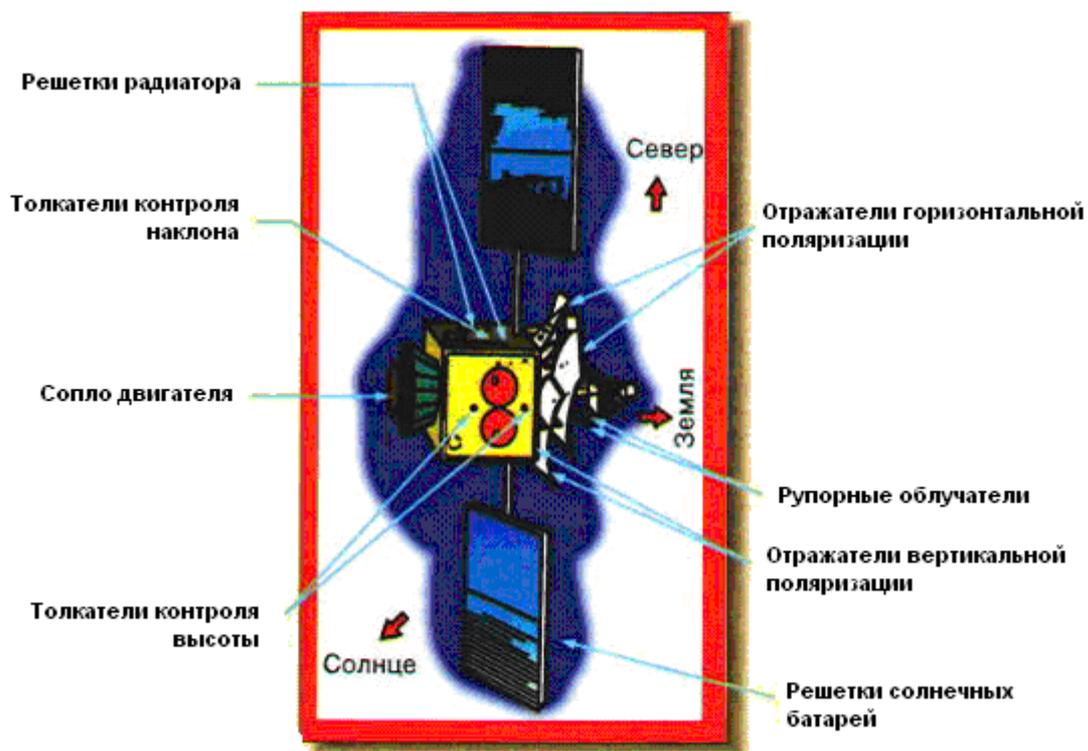


Рис. 1.3 Спутник с трехосевой стабилизацией.

Телеметрическое оборудование спутника используется для передачи на Землю информации о его положении. В случае необходимости коррекции положения, на спутник передаются соответствующие команды, по получении которых включается энергетическое оборудование, и коррекция осуществляется.

1.4 Сигнальная часть

Ширина полосы.

Ширина полосы (bandwidth) спутникового канала характеризует количество информации, которую он может передавать в единицу времени. Типичный спутниковый приемопередатчик имеет ширину полосы 36 МГц .

Обычно ширина полосы спутникового канала велика. Например, один цветной телевизионный канал занимает полосу 6 МГц. Каждый приемопередатчик на современных спутниках связи поддерживает полосу в 36 МГц, при этом спутник несет 12 или 24 приемопередатчиков, что дает в результате 432 МГц или 864 МГц, соответственно.

Спектр частот.

Спутники должны преобразовывать частоту получаемых от ЗС сигналов перед ретрансляцией их к ЗС, поэтому спектр частот спутника связи выражен в парах. Из двух частот в каждой паре, нижняя используется для передачи от спутника к ЗС (нисходящие потоки), верхняя – для передачи от ЗС на спутник (восходящие потоки). Каждая пара частот называется полосой.

Современные спутниковые каналы чаще всего применяют одну из двух полос: С-полосу (от спутника к ЗС в области 6 ГГц и обратно в области 4 ГГц), или Ku- полосу (14 ГГц и 12 ГГц, соответственно). Каждая полоса частот имеет свои характеристики, ориентированные на разные задачи связи пример в таблице 1.

Табл.1 Характеристики полос частот.

Спутниковые диапазоны передачи, L(GHz)	Полоса, С(MHz)	Диапазон частот, Ku (GHz)	Доступная ширина, Ka (Hz)
1.6/1.5	15	6/4	500
14/12	500	30/120	2500

Большинство действующих спутников используют С-полосу. Передача в С-полосе может покрывать значительную область земной поверхности, что делает спутники особенно пригодными для сигналов широковещания. С другой стороны, сигналы С-полосы являются относительно слабыми и требуют развитых и достаточно дорогих антенн на ЗС. Важная особенность сигналов С-полосы – их устойчивость к атмосферному шуму. Атмосфера Земли почти прозрачна для сигналов в диапазоне 4/6 ГГц. К сожалению, этим же фактором обусловлено то, что сигналы С-полосы более всего подходят для наземных двухточечных микроволновых передач, портящих более слабые спутниковые сигналы. Данное обстоятельство заставляет размещать ЗС, использующие при передаче С-полосу, за много километров от городских центров и мест плотного проживания населения.

Передача в Ku- полосе имеет противоположные свойства. Луч при такой передаче сильный, узкий, что делает передачу идеальной для двухточечных соединений или соединений от точки к нескольким точкам. Наземные микроволновые сигналы никоим образом не влияют на сигналы

Ku-полосы, и ЗС Ku-полосы могут быть размещены в центрах городов. Естественная большая мощность сигналов Ku-полосы позволяет обойтись меньшими, более дешевыми антеннами ЗС. К сожалению, сигналы Ku-полосы чрезвычайно чувствительны к атмосферным явлениям, особенно туману и сильному дождю. Хотя подобные погодные явления, как известно, воздействуют на небольшую область в течение короткого времени, результаты могут быть достаточно серьезны, если такие условия совпадут с ЧНН (час наибольшей нагрузки, например 4 часа пополудни, полдень пятницы).

Передача речи и данных.

Мультиплексирование с разделением частот (FDM) широко используется для мультиплексирования нескольких речевых каналов или каналов данных на один спутниковый приемопередатчик.

В FDM волновая форма каждого индивидуального телефонного сигнала фильтруется для ограничения ширины полосы диапазоном звуковых частот между 300 и 3400 Гц, затем преобразуется. Далее сигналы двенадцати каналов мультиплексируются в составной сигнал основной полосы. Каждая группа составлена из телефонных сигналов, размещенных в интервалах с шириной полосы равной 4 кГц. Затем несколько групп повторно мультиплексируются и формируют большую группу, которая может содержать от 12 до 3600 отдельных речевых каналов.

Мультиплексирование с временным разделением (TDM) – другой метод для передачи речи и /или данных по одному каналу. Если в FDM для передачи речевого сигнала (или данных) назначаются отдельные сегменты частоты внутри всей полосы, в методе TDM передача ведется по всей выделенной полосе частот. В исходящем канале повторяемые базовые временные периоды, называемые иногда фреймами (frame), разделены на фиксированное число тактов, которые выделяются последовательно для передачи сигналов входящих речевых каналов и каналов данных. Для предохранения от возможных потерь информации используются накопители (буферы).[5]

1.5 Наземный сегмент

Технологическое развитие привело к значительному уменьшению размеров ЗС. На начальном этапе спутник не превышал нескольких сотен килограммов, а ЗС представляли собой гигантские сооружения с антеннами более 30 м в диаметре. Современные спутники весят несколько тонн, а антенны, зачастую не превышающие 1 м в диаметре, могут быть установлены в самых разнообразных местах. Тенденция уменьшения размеров ЗС вместе с упрощением установки оборудования приводит к

снижению его стоимости. На сегодняшний день стоимость ЗС является, пожалуй, главной характеристикой, определяющей широкое распространение ССС. Преимущество спутниковой связи основано на обслуживании географически удаленных пользователей без дополнительных расходов на промежуточное хранение и коммутацию. Любые факторы, понижающие стоимость установки новой ЗС, однозначно содействуют развитию приложений, ориентированных на использование ССС. Относительно высокие издержки развертывания ЗС позволяют наземным волоконно-оптическим сетям в ряде случаев успешно конкурировать с ССС.

Следовательно, главное преимущество спутниковых систем состоит в возможности создавать сети связи, предоставляющие новые услуги связи или расширяющие прежние, при этом с экономической точки зрения преимущество ССС обратно пропорционально стоимости ЗС.

В зависимости от типа, ЗС имеет возможности передачи и/или приема. Как уже отмечалось, фактически все интеллектуальные функции в спутниковых сетях осуществляются в ЗС. Среди них – организация доступа к спутнику и наземным сетям, мультиплексирование, модуляция, обработка сигнала и преобразование частот. Отметим, наконец, что большинство проблем в спутниковой передаче решается оборудованием ЗС.

В настоящее время выделяются четыре типа ЗС. Наиболее сложными и дорогостоящими являются ориентированные на большую интенсивность пользовательской загрузки ЗС с очень высокой пропускной способностью. Станции такого типа предназначены для обслуживания пользовательских популяций, требующих для обеспечения нормального доступа к ЗС волоконно-оптических линий связи. Подобные ЗС стоят миллионы долларов (рис. 1.4).

Станции средней пропускной способности эффективны для обслуживания частных сетей корпораций. Размеры подобных сетей ЗС могут быть самыми разнообразными в зависимости от реализованных приложений (передача речи, видео, данных). Различаются два типа корпоративных ССС.

Развитая корпоративная ССС с большими капиталовложениями обычно поддерживает такие услуги, как видеоконференция, электронная почта, передача видео, речи и данных. Все ЗС сети имеют одинаково большую пропускную способность, а стоимость станции доходит до 1 млн. долларов.



Рис. 1.4 ЭС с высокой пропускной способностью.

Менее дорогостоящим типом корпоративной сети является ССС большого числа (до нескольких тысяч) микротерминалов (VSAT – Very Small Aperture Terminal), связанных с одной главной ЭС (MES – Master Earth Station). Данные сети ограничиваются обычно приемом/передачей данных и приемом аудио - видеослужб в цифровом виде. Микротерминалы общаются между собой посредством транзита с обработкой через главную ЭС. Топология таких сетей является звездообразной.

Четвертый тип ЭС ограничен возможностями приема. Это самый дешевый вариант станции, поскольку ее оборудование оптимизируется под предоставление одной или нескольких конкретных услуг. Данная ЭС может быть ориентирована на прием данных, аудиосигнала, видео или их комбинаций. Топология также звездообразная.

1.6 Система Aloha

Влияние разработанного в Гавайском университете в начале 1970-х протокола множественного доступа Aloha (известного также под названием система Aloha) на развитие спутниковых и локальных сетей связи трудно переоценить.

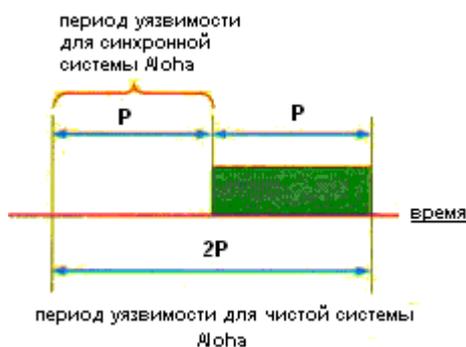
В данной системе ЭС используют пакетную передачу по общему спутниковому каналу. В любой момент времени каждая ЭС может передавать только один пакет. Поскольку спутнику по отношению к пакетам отведена роль ретранслятора, всегда, когда пакет одной ЭС достигает спутника во время трансляции им другого пакета некоторой другой ЭС, обе передачи накладываются (интерферируют) и «разрушают» друг друга. Возникает требующая разрешения конфликтная ситуация.

В соответствии с ранним вариантом Aloha, известной под названием «чистая система Aloha», ЗС могут начать передачу в любой момент времени. Если спустя время распространения они прослушивают свою успешную передачу, то заключают, что избежали конфликтной ситуации (т.е. тем самым получают положительную квитанцию).

В противном случае они знают, что произошло наложение (или, быть может, действовал какой-либо другой источник шума) и они должны повторить передачу (т.е. получают отрицательную квитанцию). Если ЗС сразу же после прослушивания повторяют свои передачи, то наверняка опять попадут в конфликтную ситуацию. Требуется некоторая процедура разрешения конфликта для того, чтобы ввести случайные задержки при повторной передаче, и разнести во времени вступающие в конфликт пакеты.

Другой вариант системы Aloha состоит в разбиении времени на отрезки – окна, длина которых равна длине одного пакета при передаче (предполагается, что все пакеты имеют одну и ту же длину). Если теперь потребовать, чтобы передача пакетов начиналась только в начале окна (время привязано к спутнику), то получится двойной выигрыш в эффективности использования спутникового канала, т.к. наложения при этом ограничиваются длиной одного окна (вместо двух, как в чистой системе Aloha). Эта система называется синхронной системой Aloha приведено в таблице 2.

Табл.2 Период уязвимости для системы Aloha.



Третий подход базируется на резервировании временных окон по требованию ЗС.

Другим усовершенствованием системы Aloha может служить назначение приоритетов для ЗС с большой интенсивностью нагрузки.[6]

1.7 Преимущества и ограничения ССС

ССС имеют уникальные особенности, отличающие их от других систем связи. Некоторые особенности обеспечивают преимущества, делающие спутниковую связь привлекательной для ряда приложений. Другие создают ограничения, которые неприемлемы при реализации некоторых прикладных задач.

ССС имеет ряд преимуществ:

Устойчивые издержки. Стоимость передачи через спутник по одному соединению не зависит от расстояния между передающей и принимающей ЗС. Более того, все спутниковые сигналы – широковещательные. Стоимость спутниковой передачи, следовательно, остается неизменной независимо от числа принимающих ЗС

Широкая полоса пропускания. Малая вероятность ошибки. В связи с тем, что при цифровой спутниковой передаче побитовые ошибки весьма случайны, применяются эффективные и надежные статистические схемы их обнаружения и исправления.

Ряд ограничений в использовании ССС:

- **Значительная задержка.** Большое расстояние от ЗС до спутника на геосинхронной орбите приводит к задержке распространения, длиной почти в четверть секунды. Эта задержка вполне ощутима при телефонном соединении и делает чрезвычайно неэффективным использование спутниковых каналов при неадаптированной для ССС передаче данных.
- **Размеры ЗС.** Крайне слабый на некоторых частотах спутниковый сигнал, доходящий до ЗС (особенно для спутников старых поколений), заставляет увеличивать диаметр антенны ЗС, усложняя тем самым процедуру размещения станции.
- **Защита от несанкционированного доступа к информации.** Широковещание позволяет любой ЗС, настроенной на

соответствующую частоту, принимать транслируемую спутником информацию. Лишь шифрование сигналов, зачастую достаточно сложное, обеспечивает защиту информации от несанкционированного доступа.

- **Интерференция.** Спутниковые сигналы, действующие в Ku- или Ka- полосах частот, крайне чувствительны к плохой погоде. Спутниковые сети, действующие в С-полосе частот, восприимчивы к микроволновым сигналам. Интерференция вследствие плохой погоды ухудшает эффективность передачи в Ku- и Ka- полосах на период от нескольких минут до нескольких часов. Интерференция в С-полосе ограничивает развертывание ЗС в районах проживания с высокой концентрацией жителей.

Влияние упомянутых преимуществ и ограничений на выбор спутниковых систем для частных сетей довольно значительно. Решение об использовании ССС, а не распределенных наземных сетей, всякий раз необходимо экономически обосновать. Все более возрастающую конкуренцию ССС составляют оптоволоконные сети связи.

2 Виды спутниковых систем и их орбиты

2.1 Система ODYSSEY

Система Odyssey предназначена для обеспечения глобальной радиотелефонной связи и предоставления других видов услуг персональной связи. Стоимость проекта Odyssey составляет примерно 2,5 млрд. долларов.

Главным исполнителем является международная компания Odyssey Telecommunication International (ОТИ), а финансирует проект группа компаний, в числе которых — его учредители (ОТИ), основные инвесторы (компании TRW Space & Technology Group, США и Teleglobe, Канада), а также ряд других фирм, таких как Spar Aerospace (Канада), Thomson CSF (Франция) и др. За плечами этих компаний — огромный опыт разработки и

эксплуатации систем связи с геостационарными КА. Компания TRW является разработчиком более 185 спутниковых, военных и научных космических комплексов (Milstar, TDRS и др.), Teleglobe — является крупнейшим телекоммуникационным оператором в мире.

Фирма TRW должна разработать космический и наземный комплексы и сдать систему Odyssey «под ключ» компании ОТИ. Для предоставления услуг планируется развернуть широкую сеть национальных фирм-операторов. Имея лицензии на операторскую деятельность, эти провайдеры будут осуществлять эксплуатацию системы в различных регионах мира.

Функционирование системы Odyssey регламентируется следующими документами:

- лицензия на создание системы — выдана FCC США в январе 1995г.;
- разрешение на работу в L- и S-диапазонах. Частоты для абонентских линий были выделены в 1992 г. на Всемирной административной конференции по радиосвязи WARC-92;
- разрешение на работу в Ka-диапазоне. Частоты для фидерных линий были выделены в 1995 г. на Всемирной конференции по радиосвязи WRC-95.

2.1.1 Космический сегмент и зоны обслуживания

Космический сегмент системы Odyssey использует средневысотные круговые орбиты для глобального покрытия Земли и состоять из 12 КА. Спутники выведены на высоту 10 354 км в три орбитальные плоскости с наклоном 50° (в каждой плоскости — 4 КА). Масса космического аппарата составляет 2500 кг, срок эксплуатации КА — 15 лет. Мощность солнечных батарей спутника в конце расчетного срока его существования составит 4,6 кВт.

На орбиту спутники (попарно) вывела ракета-носитель Atlas ПА. Период обращения спутника приблизительно 6 ч, угловая скорость — около 1 град/мин. Над большинством участков суши в зоне обслуживания

одновременно находиться по 2 КА, причем хотя бы один из них — не ниже 30° над горизонтом. Система в целом обеспечивает обслуживание абонентов на территории от 70° с.ш. до 70° ю.ш. и охватывает зону протяженностью свыше 7 тыс. км (при суммарной ширине диаграммы направленности спутника 40°).

Отличительная особенность системы Odyssey — квазистатичное покрытие поверхности Земли. Все спутники оснащены многолучевыми антеннами, которые создают непрерывную сотовую структуру покрытия на поверхности Земли, охватывающую (избирательно) только сушу и наиболее судоходные акватории мирового океана. По мере движения КА по орбите система позиционирования лучей будет отслеживать формирование географически неподвижной сотовой структуры на обслуживаемой территории.

Переключение зон обслуживания проводится только тогда, когда углы видимости для связи с земными станциями становятся небольшими. Радиовидимость двух спутников обеспечивается под сравнительно высокими углами наблюдения практически с любых широт. Даже если для связи доступен лишь один спутник (а второй не используется), угол видимости КА окажется не меньшим, чем 30° , и будет гарантирован в течение 95% суточного времени. Это позволит сократить энергетический запас радиолинии, необходимый для компенсации потерь на распространение через деревья, здания и другие преграды.

Для организации связи в системе Odyssey (рис. 2.1) используется простой «прозрачный» ретранслятор с преобразованием частоты; обработка информации на борту спутника не предусмотрена. Задержка сигналов в ретрансляторе не превышает 5 мс. Маршрутизация и обработка сообщений осуществляются на наземных станциях.

Для передачи информации применяются широкополосные сигналы и многостанционный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA). Прием информации от абонентских терминалов осуществляется в L-диапазоне

(1610,0— 1626,5 МГц), передача на абонентский терминал — в S-диапазоне частот (2483,5-2500 МГц). Эквивалентная изотропная мощность излучения для канала «спутник-Земля» составляет 24,2 дБ/Вт. В радиопередачах L- и S-диапазонов используется круговая поляризация.

Антенная система каждого из КА создает на земной поверхности зону, образуемую 61 узким лучом, причем одни и те же зоны могут использоваться на прием и передачу.

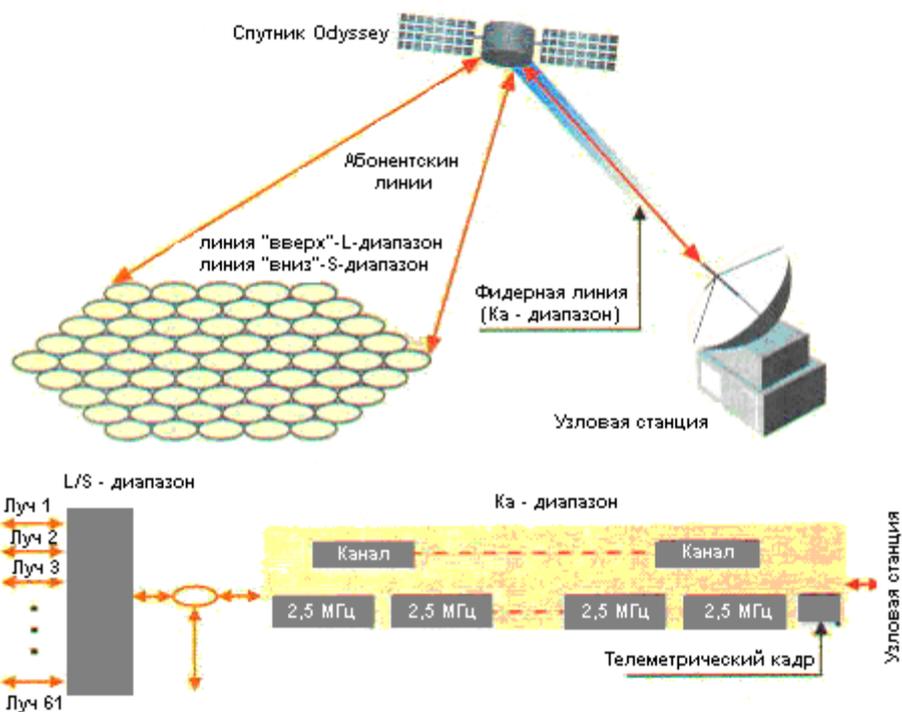


Рис. 2.1 Схема организации связи в системе Odyssey.

Для каждого из лучей выбирается одна пара несущих частот; коэффициент повторного использования частот — не ниже 6. Частотный план функционирования абонентских линий (рис. 2.2) предусматривает, что ширина полосы частот в приемном луче составит 11,35 МГц, а в передающем — 16,5 МГц.

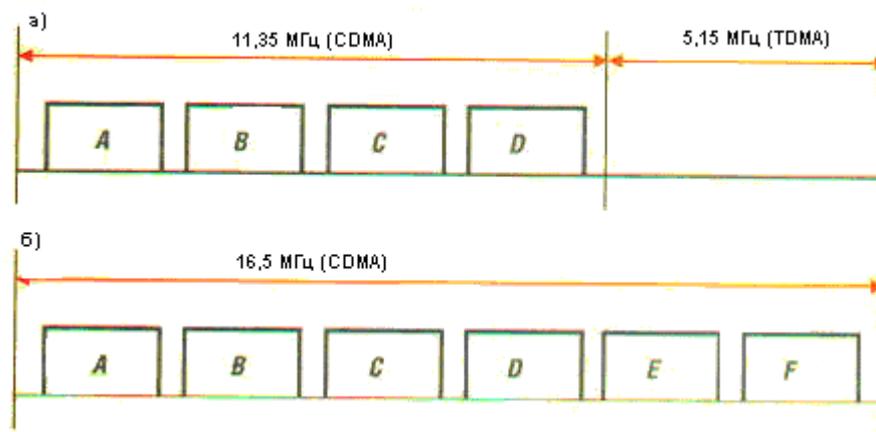


Рис. 2.2 Распределение частот в системе Odyssey: а - линия "абонент - спутник", б - линия "спутник - абонент".

Два спутника, одновременно обслуживающих какой-либо из регионов, обеспечат радиотелефонную цифровую связь 6 тыс. радиотелефонных каналов. Для стационарных пользователей пропускная способность одного КА — более 10 тыс. эквивалентных каналов по 4,8 кбит/с (режим передачи данных со скоростью 64 кбит/с). Фидерные линии, обеспечивающие связь между КА и узловыми станциями, работают в Ка-диапазоне, приведено в таблице 3.

Табл.3 Основные характеристики бортовой аппаратуры Ка- диапазона.

Показатель	Направление связи	
	П рием	Пере дача
Диапазон частот, ГГц	29, 1-29,4	19,3- 19,6
Общая ширина полосы, МГц	30 0	300
Ширина полосы канала, МГц	2,5	2,5

Вид поляризации	L	RHC
	НСР	P
Коэффициент усиления антенны, ДБ _и	38, 5	35,7
Ширина луча по уровню 3 дБ, °	2,2 0	30
Шумовая температура приемника, °К	78 0	-
Эквивалентная изотропная мощность излучения, дБВт	-	46,4

2.1.2 Наземный сегмент и организация связи

Система спутниковой связи Odyssey предназначена для организации радиотелефонной связи, передачи данных и коротких сообщений о местоположении подвижных объектов. Наземный сегмент Odyssey включает в себя узловые (базовые) станции и терминалы. Двухрежимный радиотелефонный терминал обеспечивает работу в сетях стандарта GSM, TDMA, CDMA, PHS. Он позволяет работать не только в системе Odyssey, но и в наземных сотовых сетях, причем доступ к наземной сотовой сети является приоритетным.

Связь регламентирована так, что после определения свободных частот вызов всегда направляется в адрес базовой станции сотовой сети. В случае невозможности соединения с базовой станцией (вызов заблокирован или все частоты заняты) терминал автоматически передает запрос на спутник системы Odyssey.

Передача речи осуществляется со скоростью 4,2 кбит/с; вероятность ошибки в речевом канале — не более 10⁻³. Кроме речевой связи терминал Odyssey предоставляет возможность приема сообщений персонального радиовызова (пейджинг) с буквенно-цифровой индикацией, обеспечивает режим электронной почты, а также определение местоположения абонента. Скорость передачи данных составляет 2,4—64 кбит/с; вероятность ошибки на бит — не более 10⁻⁵. Для коррекции ошибок применяется сверточное кодирование ($R = 1/2$, $K = 7$).

Определение координат производится по собственным сигналам системы Odyssey. В связи с относительно большим (для средневысотной орбитальной группировки) числом спутников в любой точке обслуживаемой территории можно наблюдать «созвездие» из двух или трех спутников, находящихся под большими углами видимости. Это делает возможным установление местоположения объекта только по сигналам КА Odyssey. Погрешность определения местоположения — не более 15 км.

В системе не предусмотрены межспутниковые связи. Весь график данного региона передается через узловые станции приведено в таблице 4, которые связаны между собой многоканальными линиями связи. В задачи узловой связи входят не только прием/передача регионального графика, но и обеспечение сопряжения с телефонной сетью общего пользования, управление межлучевой коммутацией, прием и обработка телеметрии с борта спутника.

Табл.4 Основные характеристики узловых станций.

Показатель	Направление связи	
	П рием	Пере дача
Диапазон частот, ГГц	29,	19,3-

	1-29,4	19,6
Общая ширина полосы, МГц	30 0	300
Ширина полосы канала, МГц	2,5	2,5
Вид поляризации	R НСР	ЛНСР
Коэффициент усиления антенны, ДБ _и	64, 8	60,8
Ширина луча по уровню 3 дБ, °	2,2	0,17
Шумовая температура приемника, °К	66 6,5	-
Эквивалентная изотропная мощность излучения, дБВт	-	85,9

Также, в системе Odyssey при подключении мобильных пользователей к телефонной сети общего пользования задержка сигнала, которая складывается из задержки спутникового канала (84 мс) и задержки наземного тракта (20 мс), обеспечивает качественную передачу речевых сообщений.

Предусматривается построение в каждом из обслуживаемых регионов одной земной узловой станции; для глобального охвата территории Земли достаточно 7 станций. На каждой из них предполагается установить по четыре следящие параболические антенны диаметром около 7 м, три из которых будут использоваться для одновременной работы со спутниками, а четвертая — для передачи трафика от спутника к спутнику через станцию с учетом радиовидимости. Кроме того, эта антенна необходима для повышения надежности связи в случае неблагоприятных климатических условий.

Бортовые антенны спутника имеют узкую диаграмму направленности, а приемные устройства спутников — высокую чувствительность, поэтому в абонентских станциях можно применять передатчики с малой выходной мощностью. Планируется выпустить две модификации абонентских терминалов, различающиеся выходной мощностью передатчика (0,5 и 5 Вт). В конструкции терминала предполагается использовать антенну типа «четырёхзаходная спираль» с коэффициентом усиления 2,5 дБ. Энергетический запас на линии связи составит 6—10 дБ.

2.1.3 Услуги системы Odyssey

Развертывание орбитальной группировки сети Odyssey производилось в 2 этапа. На первом этапе, услуги предоставляют только 6 КА. Они обеспечивают непрерывное обслуживание в основных регионах в течение 14 часов в сутки. На следующем этапе развернулась полномасштабная орбитальная группировка из 12 спутников. Были определены приоритетные зоны обслуживания: территория континентальной части США с прибрежными районами, Европа, Азия и акватория Тихого океана.

Пользователями системы будут частные лица и государственные структуры, нуждающиеся в непрерывной мобильной связи на значительных по площади территориях, а также население регионов с низким уровнем наземной инфраструктуры связи. В регионах, где отсутствуют альтернативные виды связи, использование каналов спутниковой связи позволяет расширить зоны действия сотовых сетей. Абонентам таких сетей предоставлена возможность глобального роуминга. Служба коротких сообщений предлагает услуги, аналогичные пейджинговым. Дополнительно предоставляются следующие услуги: определение местоположения клиента, голосовая почта, аварийные сообщения, перевод с одного языка на другой.

В 2005 г., после окончания развертывания системы ODYSSEY, число ее абонентов превысило 2 млн. На данный момент число пользователей составляет около 9 млн. человек. Цена одного абонентского терминала,

составляет 350—1000 долларов, размер ежемесячной абонентской платы — 25 долларов, а стоимость минуты телефонной связи в спутниковом канале — 0,75 долларов.

2.2 Международная система ИСО

2.2.1 Частотное обеспечение

Система ИСО использует для связи L- и С-диапазоны частот, поддерживая цифровую обработку сигнала на борту спутника. В качестве базовой технологии определен метод многостанционного доступа с временным разделением каналов (TDMA).

При определении оптимальных полос частот для абонентских линий связи были рассмотрены несколько вариантов. Принимались во внимание следующие соображения. Диапазон 1,5/1,6 ГГц, широко используемый для подвижных спутниковых служб (ПСС), очевидно, окажется чрезмерно перегруженным, что сильно ограничит потенциал служб ИСО. Диапазон 1,6/2,4 ГГц, выделенный службе ПСС на Всемирной административной конференции по радиосвязи (WARC-92), чреват серьезными проблемами координации с другими службами, которые применяют этот диапазон, например для фиксированной наземной связи; кроме того, США намерены использовать его для национальных систем.

Наконец, были выбраны следующие диапазоны: «терминал-спутник» — диапазон 1980—2010 МГц, «спутник-терминал» — 2170-2200 МГц.

Для организации связи между КА и узловыми станциями предназначены фидерные линии. Для их работы Всемирная конференция по радиосвязи WRC-95 рекомендовала диапазон 5/7 ГГц («узловая станция—спутник» диапазон 5150-5250 МГц, «спутник—узловая станция» - 6975-7075 МГц).

2.2.2 Космический сегмент

Система ИСО состоит из космического, наземного и пользовательского сегментов. Космический сегмент включает в себя 12 КА (10 рабочих и 2 резервных), запущенных на круговую орбиту высотой 10 355 км над поверхностью Земли. Стартовая масса спутника — 2750 кг, расчетный период эксплуатации — 12 лет. Спутники размещены в двух ортогональных плоскостях, по 6 КА в каждой. Угол наклона орбиты к плоскости экватора составит 45° .

Такая орбитальная группировка обеспечивает глобальный охват поверхности Земли, в том числе полярных районов. Вследствие перекрытия зон охвата в пределах видимости каждой точки зоны обслуживания одновременно находятся два—четыре КА. Один спутник обслуживать приблизительно 25% поверхности Земли (рис. 2.3). Первый спутник системы ИСО был запущен в 1998 г.; ввод системы в эксплуатацию произведен в 2000 г.

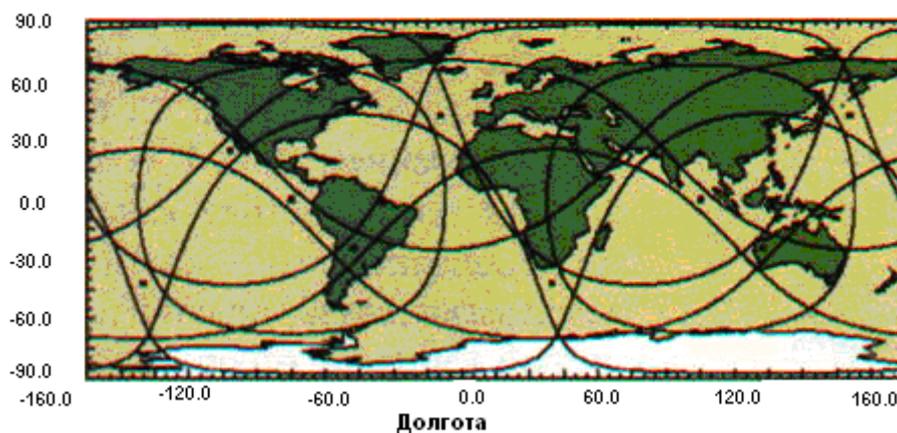


Рис. 2.3 Диаграмма мгновенной зоны покрытия поверхности Земли системой ИСО при использовании 10 КА

Продолжительность обслуживания абонентов определяется следующими величинами:

- временем пролета одного спутника над зоной обслуживания;
- средним временем, затрачиваемым на переключение абонента с уходящего за горизонт КА на восходящий КА;

- продолжительностью установления соединения, определяемого схемой организации связи. Средняя продолжительность обслуживания абонентов составит 50 мин; максимальное время пребывания одного КА в зоне радиовидимости может достигать 1,5-2 ч.

В системе ИСО применены, главным образом, уже известные и проверенные технические решения. Для изготовления спутников используется спутниковая платформа HS-601 корпорации Hughes Space and Communications (США), применяющаяся для создания крупногабаритных спутников на геостационарной орбите. В конструкцию внесены изменения, в частности переработанная программа ориентации бортовых антенн и панелей солнечных батарей, установлена упрощенная двигательная установка.

Чтобы исключить взаимовлияние системой ИСО при использовании 10 КА трактов приема и передачи, на КА применяются отдельные антенны для каждого диапазона частот. Антенна L-диапазона имеет диаметр 2 м. Использование многолучевой диаграммообразующей схемы обеспечивает многократное назначение частот. Согласно проекту, в системе ИСО для приема/передачи служат 163 отдельных луча (запас по энергетике составит 8—10 дБ); зона обслуживания одного КА — примерно 7 тыс. км (рис. 2.4). Спутники с установленными на них ретрансляторами С- и S-диапазонов одновременно поддерживают 4500 телефонных каналов.

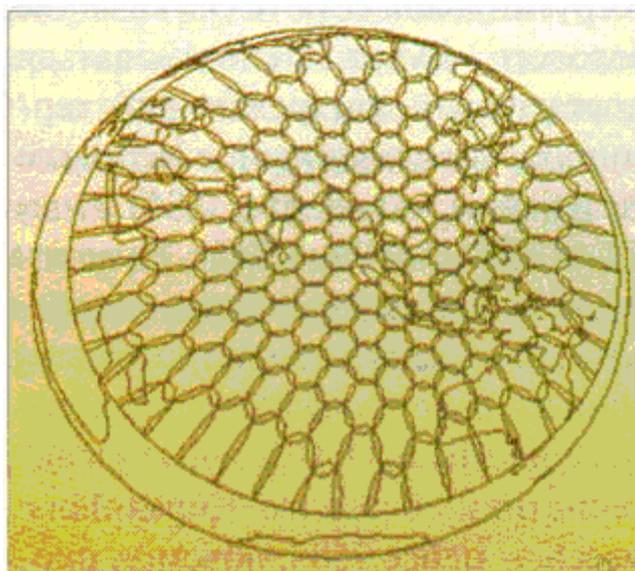


Рис. 2.4 Зона обслуживания одного КА (163 луча) системы ИСО

В системе ICO не предусмотрена бортовая обработка сигнала в полном объеме. Однако управление назначением частот и маршрутизация сигнала осуществляются с помощью бортового процессора.

Применение арсенид-галиевых батарей обеспечивает в конце эксплуатации потребляемую мощность 8700 Вт. В предварительном списке ракетоносителей, которые произвели запуск спутников системы ICO, числятся Atlas ПА, Delta III, «Протон» и «Зенит» (для запуска с морских площадок).

2.2.3 Наземный сегмент и организация связи

В состав наземного сегмента входят центр управления спутниковой группировкой SCC (Satellite Control Centre), центр управления наземной сетью (Network Management Centre) и наземная сеть ICONET (ICO network), (рис. 2.5).

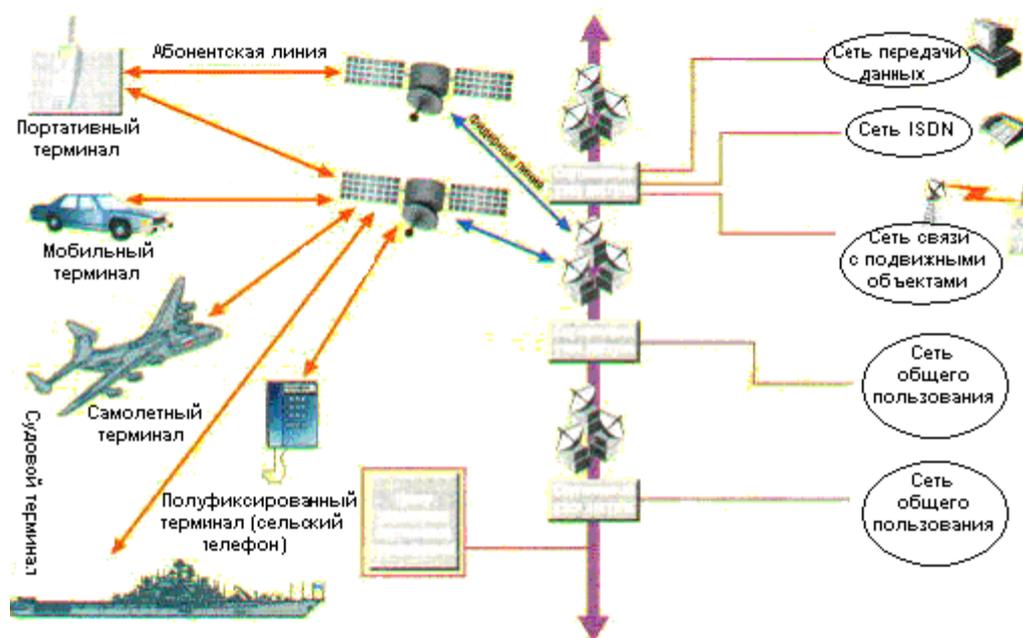


Рис. 2.5 Структура системы ICO (схематично)

NMS, центр управления наземной сетью ICONET, размещен в Японии, а центр SCC — в Лондоне. В функции последнего входят поддержание орбитальной группировки в работоспособном состоянии, сбор телеметрических данных об отдельных подсистемах КА, контроль рабочих

параметров и др. Службы SCC несут ответственность за запуск КА, управление и перераспределение частот между лучами КА.

Спутниковые каналы подключаются к существующим сетям связи через собственную сеть ICONET, которая на первом этапе внедрения состоит из 12 наземных станций — так называемых спутниковых узлов доступа SAN (Satellite Access Node). Узлы SAN служат «шлюзами» между спутниками ICO и абонентами наземных сетей общего пользования. Магистральные каналы с высокой пропускной способностью связывают узлы между собой.

Связь между абонентами (как и в существующей системе Inmarsat) организуется только через узлы SAN; непосредственная связь абонентов не поддерживается. Радиотелефонный терминал ICO работает в двух режимах — через КА системы ICO или наземные базовые станции сотовой связи — и совместим с ее основными стандартами. Для связи с подвижными объектами применяются специальные терминалы.

2.2.4 Терминалы пользователя

В спутниковой сети ICO в качестве базового используется портативный двухрежимный терминал, совмещенный с сотовым телефоном стандарта GSM (или CDMA, D-AMPS, PDC). Предполагается разработка однорежимного радиотелефонного терминала, работающего только через КА системы ICO. Основные характеристики базового терминала:

- масса — менее 750 г,
- объем — около 500 см,
- стоимость — 750—1500 долларов,
- отдельная батарея обеспечивает одночасовую передачу и 24-часовой режим дежурного приема.

Портативный радиотелефонный терминал ICO отвечает всем требованиям безопасности, связанным с работой в ВЧ-диапазоне. Средняя

мощность передатчика не превышает 0,25 Вт (для сравнения: мощность сотовых радиотелефонов равна 0,25—0,6 Вт).

На основе технологии, используемой в базовом терминале, могут быть созданы различные модификации абонентских терминалов. Это, например, терминал только для передачи данных, терминалы в автомобильном, морском и воздушном исполнении, полустационарные («сельский таксофон») и стационарные, а также необслуживаемые (SCADA unit) терминалы. Компания ICO заключила соглашение на разработку 3 млн. портативных терминалов с тремя ведущими компаниями — Panasonic, NEC и Mitsubishi.

2.2.5 Услуги системы ICO

Пользователям предоставлены следующие виды услуг: двусторонняя речевая связь, передача факсимильных сообщений группы 3, передача данных со скоростью 2,4 кбит/с. Качество речевой связи соответствует стандарту GSM для сотовых сетей. Предусмотрена пейджинговая связь с глубоким проникновением (т. е. с большим запасом по энергетике канала), а также дополнительные услуги — речевой вызов, связь с оплатой по кредитной карточке, отображение номера вызывающего абонента на встроенном в терминал индикаторе, определение местоположения абонента. При отсутствии КА в пределах прямой видимости имеется оповещение абонентов о вызове, о наличии сообщения электронной почты и отображение на дисплее номера вызывающего абонента.

Разработчики видят пять ключевых областей применения системы ICO:

- расширение спектра услуг для абонентов спутниковой связи в районах, уже охваченных сотовыми сетями;
- подвижная связь общего пользования через портативные радиотелефонные терминалы в районах, не охваченных сотовой связью или использующих несовместимые стандарты;

- специализированная подвижная связь для грузовых перевозок, а также обеспечение автомобильной, морской и воздушной связи;
- полуфиксированная связь для корпоративных пользователей нефте- и газодобывающей промышленности, малого бизнеса (склады, большие магазины и др.);
- связь для государственных структур.

Пропускная способность системы составляет 1 млн. абонентов при средней продолжительности разговоров 60 мин/мес. Для сравнения: по прогнозам специалистов, в системе Iridium при тех же условиях число пользователей равно 600—800 тыс., а в Globalstar — 1 млн.

Разработка и изготовление 12 КА оцениваются в 1,3 млрд. долларов, а их запуск обойдется в 900 млн. долларов. Согласно расчетам специалистов ИСО, цена абонентской аппаратуры составит 750-1500 долларов, а стоимость минуты разговора около - 2 дол.

2.2.6 Российский сегмент сети ИСО

В последнее время российский рынок становится все более привлекательным для зарубежных поставщиков средств и услуг спутниковой связи. Персональная радиотелефонная связь позволяет абоненту связаться с любой точкой планеты в условиях сельской местности, в удаленных и труднодоступных районах, где реализация обычных наземных кабельных систем весьма проблематична.

В настоящее время известны два крупных проекта, включающих в себя создание российских сегментов систем персональной спутниковой связи, — это проекты Iridium и Globalstar. Вероятно, вскоре в России появится система ИСО, интересы которой готово представлять ГП «Морсвязьспутник».

Во время своего последнего приезда в Москву г-н Лундберг, главный исполнительный директор ИСО, сообщил, что компания намерена инвестировать около 400 млн. долларов в российскую часть проекта. ИСО собирается предлагать на российском рынке три вида услуг:

- персональную связь для бизнесменов;
- обеспечение грузовых автомобильных и морских перевозок;
 - персональную связь для средств массовой информации, министерств и других правительственных учреждений.

2.3 Сравнение систем Odyssey и ICO

В число наиболее крупных проектов создания систем глобальной персональной радиотелефонной связи входят (кроме рассмотренных выше систем Odyssey и ICO) низкоорбитальные системы Iridium и Globalstar, приведено в таблице 5. Предоставляя пользователям практически тот же набор телекоммуникационных услуг (речь, данные, пейджинг, короткие сообщения, определение местоположения), конкурирующие системы существенно различаются по своим характеристикам и наземным структурам. Так, для обеспечения глобальной связи в системах Odyssey/ICO требуются всего 7—12 узловых станций, а для обслуживания пользователей Globalstar — в 20 раз больше. Структура наземного сегмента сети Iridium несколько проще, чем в Globalstar (благодаря использованию межспутниковых линий связи).

Табл. 5 сравнительная характеристика глобальных систем радиотелефонной связи.

Показатель	O dyssey	I CO	I ridium	Globalst ar
Тип орбиты	M EO	M EO	L EO	LEO
Число КА	12	1 2	6 6	48
Высота орбиты, км	10	1	7	1400

	354	0 355	80	
Наклонение орбиты, °	50	4 5	8 6	52
Масса КА, кг	25 00	2 750	6 90	450
Потребляемая мощность, Вт	46 00	8 700	1 000	1200
Число лучей	51	1 63	4 8	16
Срок эксплуатации КА, лет	15	1 2	5	7,5
Метод многостанционного доступа	С DMA	Т DMA	Т DMA	CDMA/ FDMA
Число узловых станций	7	1 2	2 5	150-210
Число каналов КА, эквивалентных 4,8 кбит/с	30 00	4 500	0 т 600	1300
Стоимость проекта млрд. долларов	2, 5	2 ,8	0 т 3,5	2,0
Стоимость двухрежимного	35 0	7 50	3 000	750

терминала, дол.				
Тариф, дол./мин	75	0, 2	3	0,35-3

Система ICO — единственная из четырех конкурирующих систем — пока не имеет лицензии США на коммерческое использование радиочастот. Однако организация прилагает все усилия для решения этой проблемы.

Наиболее важными для пользователя являются технико-экономические параметры, но эта информация нередко носит рекламный характер (т. е. является не вполне объективной), что объясняется жесткой конкурентной борьбой на рынке. Особо бурные споры вызывают цена терминалов и предлагаемые тарифы. Так, трудно объяснить, почему двухрежимный терминал Motorola, обеспечивающий практически те же характеристики, что и терминалы других фирм (например, терминалы Mitsubishi для систем Odyssey и ICO), стоит в несколько раз дороже, чем они. Какими окажутся окончательные цены и тарифы, покажет время.

Заключение

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 СССР. Например, разработка и планирование, главное, внедрение конкатенирующего (составного) кодирования резко уменьшает вероятность возникновения неисправленной побитовой ошибки, что, в свою очередь, позволяет преодолеть главную проблему СССР - туман и дождь.

Список использованных источников

1. Ермилов В.Т. Международное регулирование применения земных станций спутниковой связи типа VSAT [Текст] / Ермилов В.Т. М.: Радио и связь, Горячая линия - Телеком, 2005, обл., 284с. - ISBN 5-256-01463-3
2. Крестьянинов С.В. Интеллектуальные сети и компьютерная телефония [Текст] / Крестьянинов С.В. М.: Радио и связь, 2001, обл., 560 с. - ISBN 5-256-01550-8.
3. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами [Текст] / Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. М.: Радио и связь, 2002, обл., 440 с. - ISBN 5-256-01562-1
4. Слепов Н.Н. Толковый словарь сокращений в области связи, компьютерных и телекоммуникационных технологий [Текст] / М.: Радио и связь, 1999, обл., 600 с. - ISBN 5-256-01496-X.
5. Абилов А.В. Сети связи и системы коммутации [Текст] / М.: Радио и связь, 2004, обл., 320 с. - ISBN 5-256-01711-X.
6. Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. Спутниковые сети связи [Текст] / Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. М.: Мир 2009. 536с. - ISBN: 5-94599-099-X
7. Дьячкова М. Н., Ермилов В. Т. и др. Электромагнитная совместимость систем спутниковой связи [Текст] / Дьячкова М. Н., Ермилов В. Т. и др. ФГУП НИИР, 2009, 280с. - ISBN: 978-5-904320-03-4
8. <http://wiki.auditory.ru>
9. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст] / Олифер В.Г., Олифер Н.А. Учебник для вузов. 2-е изд., СПб.: Питер, 2007. - 864 с. ISBN: 5-469-00504-6
10. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. [Текст]/ Таненбаум Э. - СПб.: Питер, 2005. - 992 с. ISBN: 5-318-00298-6