**Globalstar: спутниковая система персональной связи**

Одной из наиболее заметных тенденций в развитии телефонии в последнее десятилетие является быстрый рост числа абонентов сотовой связи. За 26 лет, прошедших от момента зарождения идеи до настоящего времени, число абонентов, пользующихся услугами сотовых систем, достигло 200 млн, а к 2001-2002 годам оно увеличится до 500-600 миллионов. Однако возможность эффективного построения наземных сотовых систем существует далеко не везде, и альтернативным вариантом — особенно для предоставления телекоммуникационных услуг в труднодоступных и малонаселенных районах — является применение спутниковых систем персональной связи (ССПС). Идея построения ССПС состоит в использовании методов сотовой связи, но с размещением ретрансляторов базовых станций в космическом пространстве. В результате зона обслуживания одной станции многократно увеличивается, и появляется возможность создания на базе искусственных спутников Земли (ИСЗ) глобальной системы, обеспечивающей пользователя связью в любой точке планеты. Сочетание наземных и спутниковых систем персональной связи и их интеграция обеспечат возможность приема и передачи речи, данных и факсимильных сообщений в любом регионе Земли с приемлемым уровнем цен на предоставляемые услуги.

КомпьютерПресс уже знакомил своих читателей (см. № 10’ 1998 ) с первой и пока единственной спутниковой системой персональной связи Iridium, которая обеспечивает пользователя, где бы он ни находился, высоконадежной качественной телефонной связью с помощью аппарата, имеющего размеры и вес сегодняшних телефонов сотовых систем. Но технический прогресс не стоит на месте, и у уникальной ССПС в настоящее время зарождается серьезный конкурент. Речь идет о спутниковой системе связи Globalstar, рассмотрению основных характеристик которой и посвящена данная статья.

Globalstar — это глобальная цифровая система персональной связи, основанная на использовании низкоорбитальных спутников. При разработке системы Globalstar был использован опыт создания сотовых систем связи с кодовым разделением каналов фирмы QUALCOMM/FONT>, Inc. Набор услуг системы Globalstar в целом аналогичен услугам ССПС Iridium и включает передачу речи, данных, факсимильных сообщений, сигналов персонального радиовызова (пейджинговых сообщений) и, кроме того, — определение координат подвижных объектов. Следует отметить, что система предназначена для абонентов не только мобильной, но и обычной связи.

Так же, как в ССПС Iridium, прежде чем установить связь, мобильный терминал Globalstar должен будет сначала проверить возможность работы в наземной сотовой сети связи и лишь при невозможности этого будет устанавливаться соединение через спутник. В этом случае сигнал с абонентского терминала (телефонного аппарата пользователя) будет передаваться через спутник на ближайшую земную станцию сопряжения, которая соединит его с требуемым абонентом обычной телефонной сети, сотовой сети или с абонентом системы Globalstar. Принцип действия системы иллюстрируется на рис. 1. При этом максимальная задержка сигнала не должна превышать 150 мс, а время установления соединения — 5 с. Мировой роуминг позволит дозвониться до абонента по одному и тому же номеру, вне зависимости от его географического местоположения.

При передаче речи исходный сигнал преобразуется в цифровую форму с помощью адаптивного вокодера c линейным предсказанием (CELP), создающего трафик от 1,2 до 9,6 Кбит/с (средняя скорость для данного алгоритма приблизительно равна 2,4 Кбит/с). Вокодеры, установленные на земных станциях, включают в свой состав эхоподавители. Качество передачи речи при этом, по средней оценке мнений (MOS) , эквивалентно цифровым сотовым системам. Цифровые данные передаются со скоростью до 9600 бит/с, что заметно выше, чем в ССПС Iridium (до 2400 бит/с). Вероятность ошибки при этом не превышает 10-6.

Предполагаемыми абонентами Globalstar станут люди, совершающие частые поездки и нуждающиеся в глобальной беспроводной коммуникационной системе.

Для реализации ССПС Globalstar в 1991 году компаниями Loral Aerospace Corporation (Нью-Йорк) и QUALCOMM Incorporated (Сан-Диего, шт. Калифорния) был создан консорциум Globalstar Limited Partnership. В него вошли также ведущие международные фирмы — производители спутниковых систем и телекоммуникационного оборудования — Elsag Baily (Италия), Alenia (Италия), Alcatel (Франция), Hyundai Electronics Industries (Южная Корея), DACOM (Южная Корея) и операторы связи — France Telecom (Франция), AirTouch Communications (США), Vodafone Group (Великобритания). В работе по реализации проекта активное участие принимает группа Alliance. К изготовлению спутниковых платформ привлечена компания Space Systems/Loral (Пало Альто, шт. Калифорния). Парижская фирма Alcatel Espace изготавливает для каждого ИСЗ полезную нагрузку, в том числе остронаправленные антенны. Корпорация QUALCOMM отвечает за разработку абонентской аппаратуры и оборудования для наземных центров управления, которое обеспечит связь спутников с наземными сетями. Итальянской компанией Alenia в Риме еще в 1997 году было построено и официально введено в строй предприятие по сборке, комплектации и испытаниям космических аппаратов (КА). Компания Air Touch Communications будет предоставлять услуги спутниковой связи на территории США. Также в проекте участвуют фирмы Finmecanica/Elsag Bailey Company (Италия), DASA (Deutshe Aerospace AG/Daimler-Benz AG, Германия), Airospatial (Франция), China Telecom и др. Общая стоимость системы, включая космический и наземный сегменты, оценивается приблизительно в 2,6 млрд. долл. США. Годовые эксплуатационные расходы должны составить 227 млн. долларов.

Система Globalstar включает три основных сегмента: космический (космические аппараты), наземный (земные станции контроля, управления и сопряжения) и сегмент пользователя (терминальные устройства). Рассмотрим их более подробно.

В соответствии с проектом космический сегмент должен состоять из 48 основных ИСЗ и 4 резервных (что гораздо меньше, чем в ССПС Iridium), расположенных на 8 орбитах — по 6 основных ИСЗ на каждой ( рис. 2). Орбиты — наклонные, круговые с наклонением к экватору — 52° (в отличие от полярных орбит с наклонением 86° в ССПС Iridium), что сужает ширину зоны обслуживания системы в целом. Период обращения ИСЗ на орбите равен 113 мин. Высота орбит составляет 1414 км (почти в два раза выше, чем высота орбит ИСЗ Iridium). Большая высота орбиты обусловливает, с одной стороны, большую зону обслуживания каждого ИСЗ и больший срок службы КА (7,5 лет), с другой, — большее запаздывание и затухание сигнала, более дорогой вывод спутника на орбиту.

Космический сегмент построен так, чтобы обеспечить наилучшее обслуживание пользователей в средних широтах. Именно в средних широтах доступными являются не менее двух КА. Ширина всей зоны обслуживания ограничена 70 ° северной и южной широты ( рис. 3). Поэтому в Антарктиде, на Северном полюсе, в северных регионах России и Гренландии, в некоторых районах Северного морского пути пользование системой Globalstar невозможно. В ССПС Iridium подобной проблемы не возникает.

Одной из важных характеристик спутниковых систем персональной связи, влияющих на качество соединения и доступность системы, является минимальный угол возвышения ИСЗ над поверхностью Земли. При большом угле возвышения сигналы от спутника к Земле должны пройти через меньший слой земной атмосферы, влияющий на затухание сигнала, а всевозможные препятствия на Земле (горы, растительность, строения) будут оказывать меньшее воздействие. Требования к минимальному углу возвышения определяют число спутников в системе. Для полярных орбит число спутников выбирается исходя из необходимости покрытия экваториальных районов, так как пересечение орбит на полюсах приводит к существенному переполнению емкости системы в этих местах. В ССПС Iridium минимальный угол возвышения у экватора равен 8°, а в системе Globalstar в экваториальных районах минимальный угол возвышения составляет 15-20°, что способствует более качественному обслуживанию пользователей.

ИСЗ Globalstar представляет собой ретранслятор с преобразованием частот, который осуществляет прием сигналов в пределах зоны обслуживания, их преобразование и передачу на земную станцию. Все операции по обработке вызовов, их коммутации, преобразованию сигналов и разделению каналов производятся на Земле, где реализация данных функций обходится дешевле, аппаратура доступна для технического обслуживания и может быть со временем модернизирована. Отсутствие обработки сигнала на борту КА, а также отсутствие в системе Globalstar линий межспутниковой связи (в отличие от ССПС Iridium) делают КА проще и надежнее.

На спутниках Globalstar предусмотрена трехосная система стабилизации. Вес ИСЗ — около 450 кг. Солнечные батареи имеют мощность 1100 Вт. Мощность передающей системы ИСЗ приблизительно равна одному киловатту. За счет оперативной регулировки потребляемой мощности бортового ретранслятора в каждом канале в соответствии с условиями приема минимизируются энергетические ресурсы ИСЗ. Общий вид ИСЗ изображен на рис. 4 и 5.

Для связи с земными станциями (фидерные линии связи) на спутниках устанавливаются по две рупорные антенны (для приема и передачи), работающие в С-диапазоне частот (5091-5250 МГц для линии “вверх” Земля-ИСЗ и 6875-7055 МГц для линии “вниз” ИСЗ-Земля). Этот диапазон за счет применения правой и левой круговой поляризации будет использоваться дважды.

Для линий связи ИСЗ с мобильными пользователями предусмотрена эксплуатация частот L-диапазона (1610-1626,5 МГц) для линии “вверх” абонент-ИСЗ и S-диапазона (2483,5-2500 МГц) для линии “вниз” ИСЗ-абонент. Антенны L- и S-диапазонов представляют собой активные фазированные антенные решетки (ФАР) с 16 лучами. Каждый луч (лепесток) имеет свою зону обслуживания на поверхности Земли площадью приблизительно 2,9 млн. км 2. Совокупность лучей образует зону обслуживания ИСЗ, близкую по форме к кругу диаметром 7600 км. Приемная антенна (L-диапазон) состоит из 61 элемента. Передающая ФАР (S-диапазон) возбуждается 91 печатным усилительным элементом мощностью 4 Вт каждый. Общая мощность ИСЗ в S-диапазоне достигает 400 Вт и может плавно перераспределяться между лучами.

Для уплотнения телефонных каналов в системе Globalstar будет использоваться комбинация методов многостанционного доступа с частотным и кодовым разделением каналов (МДЧР и МДКР). Общая полоса частот шириной 16,5 МГц, отведенная для связи в L- и S-диапазонах, разделена на 13 поддиапазонов шириной 1,25 МГц, в каждом из которых выполняется кодовое уплотнение сигналов от нескольких (порядка 50) абонентов. Для этого сигнал абонента преобразуется в широкополосный сигнал (1,25 МГц).

Широкополосные сигналы в отличие от узкополосных позволяют существенно снизить требования к развязке между соседними лучами многолучевой антенны. Такие сигналы обеспечивают мягкую перегрузку, то есть превышение номинальной загрузки не приводит к отказу, а лишь несколько снижает на короткое время качество передачи каждого сигнала, что обычно считается допустимым. Применение МДКР позволяет изящно решить проблему переключения абонента с заходящего спутника на восходящий. Как только происходит снижение уровня пилот-сигнала во время работы абонента в каком-либо луче, терминал по команде станции сопряжения автоматически переключается на двухканальный режим работы, в котором обеспечивается одновременный прием и когерентное сложение сигналов от двух разных лучей или от разных спутников. Через некоторое время поступает команда на отключение первого луча, и обмен информацией производится только через второй луч. Какое-то время сигнал от абонента принимается и передается одновременно с двух спутников, а земные станции обрабатывают суммарный сигнал, что делает процесс переключения спутников незаметным для пользователя. Такая технология — возможность когерентного сложения сигналов от нескольких спутников в приемном устройстве пользователя — позволяет также уменьшить влияние затенения от препятствий на поверхности Земли. К недостаткам МДКР следует отнести тот факт, что использование широкополосных сигналов усложняет оборудование пользовательских терминалов и увеличивает время вхождения в зону связи.

За счет МДКР, учета речевой активности и применения многолучевой антенны обеспечивается повторное использование частот, в результате чего каждый ИСЗ способен к одновременной ретрансляции около двух тысяч телефонных каналов. При этом на 1 миллион кмFONT>2 поверхности Земли ИСЗ Globalstar одновременно обеспечивает всего несколько десятков каналов связи, что еще раз подтверждает тот факт, что спутниковые системы персональной связи в отличие от наземных сотовых систем не ориентированы на использование в густонаселенных районах.

Наземный сегмент ССПС Globalstar включает земные станции сопряжения, а также центры управления и контроля орбитальной группировкой (Satellite Operations Control Center) и наземными средствами (Ground Operations Control Center). Центр управления и контроля орбитальной группировки на основе телеметрической информации контролирует текущее состояние ИСЗ и параметры их орбит, при необходимости выдает соответствующие команды. Центр управления и контроля наземных средств отвечает за планирование и распределение ресурсов системы, контроль за ее функционированием. Центры будут расположены на территории США и связаны между собой и с другими земными станциями системы с помощью специальной сети передачи данных GDN (Globalstar Data Network).

Поскольку система Globalstar в большей степени ориентирована на интеграцию с существующими наземными телекоммуникационными инфраструктурами, станции сопряжения являются в ней основными коммуникационными элементами. Фактически земные станции сопряжения являются шлюзами, на которые возложены функции обеспечения интерфейса с существующими и будущими телекоммуникационными системами, в частности с наземными телефонными сетями общего пользования и сотовыми системами связи в зоне обслуживания каждого ИСЗ. Все вызовы (местные и международные) должны обрабатываться и коммутироваться на станции сопряжения. В этом состоит так называемый региональный принцип построения связи – обязателен выход каждого абонента на ближайшую станцию сопряжения и далее — на существующую фиксированную сеть или на связь с другим абонентом. Таким образом, в организации любого соединения участвуют земные станции. Поскольку основную часть трафика в каждом регионе обычно составляют местные вызовы (более 80%), такое решение выглядит весьма рациональным, облегчает связь с абонентами сетей общего пользования, укорачивая трассу для основной массы соединений, а также позволяет сделать систему частью национальной сети каждой страны, что привлекает операторов связи, позволяя им получать дополнительные доходы.

С другой стороны, так как в системе задействовано большое число земных станций сопряжения, соединения становятся зависящими от состояния наземных сетей. Для глобального покрытия земной поверхности (в пределах 700 Roman">северной широты — 700южной широты) с учетом национальных границ и минимизации наземного трафика, по оценкам разработчиков Globalstar, потребуется 150-210 станций сопряжения, в том числе 9 — на территории России. Типовая станция сопряжения содержит 4 идентичные следящие параболические антенны с диаметром рефлектора 5,5 м с левой и правой круговой поляризацией ( рис. 6, 7) и стоит около 5,5 млн. долл. На стыке земной станции с наземными сетями общего пользования используется стандартный интерфейс Т-1/Е-1 и системы сигнализации R1, R2 и №7.

Сегмент пользователя системы Globalstar может включать один из трех основных типов терминалов: портативные (аналогичные сотовым — см. рис. 8, 9), мобильные (устанавливаемые в автомобилях или других транспортных средствах — см. рис. 10) и стационарные (телефонные аппараты, таксофоны — см. рис. 11). Последовательный порт ввода/вывода данных позволит подключать к терминалам пользователя компьютер, факсимильный аппарат или другие внешние устройства и обеспечивать передачу данных или факсимильных сообщений. Предусматривается адаптивное управление мощностью передатчика терминала.

Портативные и мобильные аппараты оборудованы ненаправленными антеннами и могут функционировать также в наземной сотовой сети стандарта GSM, AMPS или IS-95. Фирмой QUALCOMM предполагается выпуск портативных и мобильных терминалов трех типов: трехрежимных (Globalstar/AMPS/IS-95), двухрежимных (Globalstar/GSM) и однорежимных (Globalstar). Терминалы Globalstar, работающие более чем в одном режиме, должны сначала проверить возможность работы в наземной сети персональной радиосвязи и, если это невозможно, попытаться установить соединение через спутник. При переходе таких терминалов от режима работы в сотовой сети связи в режим работы в системе Globalstar автоматическое переключение не предусматривается. Если абонент покинул зону действия сотовой сети, связь будет прервана и для ее восстановления необходимо будет вновь запросить соединение, но уже в ССПС Globalstar.

Вес портативного терминала — около 350 г, размеры 190 х 60 х 30 мм, а его мощность не превышает 0,6 Вт. Заряда аккумулятора при работе в режиме системы Globalstar будет хватать на 8 часов дежурного приема и на 1 час разговора. В режиме наземной сотовой системы связи продолжительность его работы увеличится до 12 час дежурного приема и 2 час разговора (или даже больше); в данном режиме терминалы Globalstar должны в среднем потреблять энергии меньше, чем аналоговые сотовые телефоны, и, соответственно, продолжительность работы их аккумуляторов должна быть больше.

Мобильные терминалы отличаются от портативных дополнительным усилителем мощности и внешней антенной. Мощность мобильного терминала не превышает 3 Вт.

Стационарные аппараты Globalstar предоставят услуги связи в отдаленных районах, где нет ни сотовых систем, ни наземных коммуникаций. Такие терминалы предназначены для работы только в ССПС Globalstar. Они оборудованы усилителем и внешней антенной с усилением +7дБ и имеют эквивалентную изотропно-излучаемую мощность 3,2 Вт.

Компания Globalstar намерена предлагать услуги связи по более низким тарифам, чем те, что используются в настоящее время в системе Iridium. Предусматривается дифференцирование цен в зависимости от географического района и уровня сервисных услуг: 0,35; 0,53; 1; 3 долл. за 1 мин разговора. В среднем стоимость одноминутного соединения должна находиться в пределах 0,35-0,65 долл. США плюс плата за услуги местных (наземных) линий связи. Ожидаемая цена портативного терминального устройства производства фирмы QUALCOMM также гораздо меньше, чем спутникового телефона системы Iridium, и составляет около 700 долл.. Компания Globalstar L.P. считает, что принятая ею структура ценообразования будет способствовать более быстрому распространению услуг и позволит ей создать широкий круг постоянных клиентов. Ожидается, что к 2002 году число абонентов ССПС Globalstar превысит 2,7 млн., а к 2012 году, по мнению разработчиков проекта, система сможет обслужить до 14 млн. пользователей.

Есть основания предполагать, что после ввода в строй системы Globalstar и устранения монопольного положения на рынке услуг спутниковой персональной связи ССПС Iridium цены на услуги и оборудование последней будут в значительной степени снижены.

Предполагается использование системы Globalstar и на российском рынке, так как он становится все более открытым для зарубежных поставщиков услуг. Кроме того, в России требования пользователей к уровню услуг в последнее время возросли, и появились потребители, способные оплачивать услуги ССПС. Планируемый рынок Globalstar в России составляет примерно 7,5 % от мирового. Проект российского сегмента ССПС Globalstar разработан институтом “Гипросвязь” по заказу “АО Ростелеком”. В соответствии с данным проектом в настоящее время на территории России уже строятся 3 станции сопряжения (в Москве, Новосибирске и Хабаровске), а к 2005 году предполагается соорудить 9 станций сопряжения, способных обслуживать 260 тыс. пользователей. Национальным оператором и эксклюзивным поставщиком услуг системы Globalstar в России является ЗАО “ГлобалТел”, которое учреждено компанией Globalstar Ltd. и “АО Ростелеком” в 1996 году.

В настоящее время консорциум Globalstar имеет соглашения с провайдерами услуг более чем в 100 странах. Коммерческую деятельность по предоставлению услуг связи планировалось начать с 1 квартала 1999 года. Первые 8 космических аппаратов были выведены на орбиту Земли еще в начале 1998 года с использованием ракет-носителей (РН) Delta II, но 9 сентября 1998 года попытка запуска 12 космических аппаратов Globalstar с помощью РН “Зенит” потерпела неудачу. В связи с этим начало коммерческой эксплуатации ССПС Globalstar было перенесено на III квартал 1999 года. В конце 1998-начале 1999 года предполагается провести 3 запуска спутников Globalstar с использованием РН “Союз” (по 4 ИСЗ в каждом запуске), а к маю 1999 года — создать орбитальную группировку из 32 ИСЗ, достаточную для начала функционирования ССПС. Полную группировку ИСЗ из 48 основных и 4 резервных планируется создать к концу 1999 года. Всего предполагается осуществить 5 запусков РН “Союз” (по 4 КА), 6 запусков РН Delta II (по 4 КА) и 2 запуска РН “Зенит”.

После 2004 года, когда система выработает свой ресурс, компания Globalstar планирует замену существующей аппаратуры первого поколения на усовершенствованную аппаратуру системы Globalstar-II, которая обеспечит более высокую скорость передачи информации, улучшенное качество работы и большее число каналов.