

Принципы функционирования сотовой связи

Первая система радиотелефонной связи, предлагавшая услуги всем желающим, начала функционировать в 1946 г. в городе Сент-Луис (США). Радиотелефоны, применявшиеся в этой системе, использовали обычные фиксированные каналы. С развитием техники системы радиотелефонной связи совершенствовались: уменьшались габариты устройств, осваивались новые частотные диапазоны, улучшалось базовое и коммутационное оборудование, в частности, появилась функция автоматического выбора свободного канала — транкинг (trunking). Но при огромной потребности в услугах радиотелефонной связи возникали и проблемы. Главная из них — ограниченность частотного ресурса: количество фиксированных частот в определенном частотном диапазоне не может увеличиваться бесконечно, поэтому радиотелефоны с близкими по частоте рабочими каналами создают взаимные помехи. В середине 1940-х гг. исследовательский центр Bell Laboratories предложил идею разбиения всей обслуживаемой территории на небольшие участки, которые стали называться сотами (от англ. cell — ячейка, со- та). Каждая сота должна обслуживаться передатчиком с ограниченным радиусом действия и фиксированной частотой. Это позволило бы без взаимных помех использовать ту же самую частоту повторно в другой соте. Но прошло более тридцати лет, прежде чем такой принцип организации связи был реализован на аппаратном уровне. На сотовой технологии основана мобильная связь, которая открыла доступ к связи даже тем пользователям, которых трудно было обслуживать с помощью обычной проводной связи. Сотовая технология лежит в основе мобильных телефонов, систем персональной коммуникации, беспроводной работы в Internet, беспроводных Web-приложений и многого другого. Технологии первого поколения, основанные на аналоговых сигналах, и в настоящее время все еще широко используют, хотя постепенно они сходят со сцены. На сегодня доминирующими являются цифровые системы, принадлежащие второму поколению. Наконец, высокоскоростные цифровые системы третьего поколения только начали появляться. Принцип организации сотовой связи состоит в использовании множества маломощных (100 Вт и ниже) передатчиков. Поскольку диапазон действия таких передатчиков довольно мал, зону обслуживания системы можно разбивать на ячейки, каждая из которых будет обслуживаться собственной антенной. Каждую ячейку, которой выделена своя полоса частот, обслуживает базовая станция, состоящая из передатчика, приемника и модуля управления. Смежные ячейки используют разные частоты, чтобы избежать интерференции или перекрестных помех. В то же время ячейки, находящиеся на довольно большом расстоянии друг от друга, могут использовать одинаковые полосы частот.

Разделить обслуживаемую территорию на соты можно двумя способами:

- 1) способом, основанным на измерении статистических характеристик распространения сигналов в системах связи;
- 2) способом, основанным на измерении или расчете параметров распространения сигнала для конкретного района.

При реализации первого способа всю обслуживаемую территорию делят на одинаковые по форме соты, а затем с помощью закона статистической радиофизики определяют их размеры и расстояния до других зон, в пределах которых выполняются условия допустимого взаимного влияния. Для оптимального (т. е. без перекрытия или пропусков участков) разделения территории на соты могут быть использованы только три геометрические фигуры: треугольник, квадрат и шестиугольник. Наиболее подходящей фигурой является шестиугольник, так как если антенну с круговой диаграммой направленности установить в его центре, то будет обеспечен доступ почти ко всей соте. Каждая из сот обслуживается своим передатчиком с невысокой выходной мощностью и ограниченным числом каналов связи. Это позволяет без помех повторно использовать частоты каналов этого передатчика в другой, удаленной на значительное расстояние, соте. Теоретически такие передатчики можно использовать и в соседних сотах. Но на практике зоны обслуживания могут перекрываться под действием различных факторов, например вследствие изменения условий распространения радиоволн. Поэтому в соседних сотах используют различные частоты. Пример построения сот при использовании трех частот представлен на рис. 1.

Группа сот с различными наборами частот называется кластером. Определяющим параметром кластера является размерность — число используемых в соседних сотах частот. Размерность кластера, приведенного на рис. 1, равна трем. На практике это значение может достигать пятнадцати.

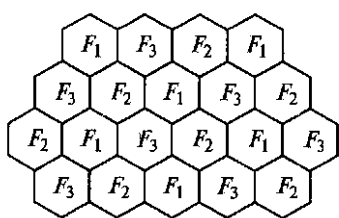


Рис. 1. Построение сот для трех частот: F_1 - F_3 — частоты базовых станций

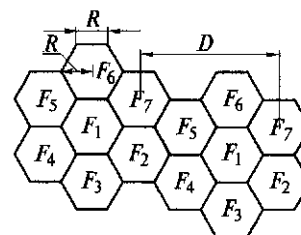


Рис. 2. Повторное использование частот в несмежных зонах: R — размер соты; D — защитный интервал

Основной идеей, на которой базируется принцип сотовой связи, является повторное использование частот в несмежных сотах. Базовые станции, на которых допускается повторное использование выделенного набора частот, удалены друг от друга на расстояние D , называемое защитным интервалом (рис. 2).

Смежные базовые станции, использующие различные частотные каналы, образуют группу из C станций. Если каждой базовой станции выделяется набор из m каналов с шириной полосы F_K каждого, то общая ширина полосы F_C , занимаемая системой сотовой связи, составит $F_C = F_K m C$. Таким образом, величина C определяет минимально возможное число каналов в системе, и поэтому ее называют частотным параметром системы или коэффициентом

повторения частот. Каждую из сот обслуживает многоканальный приемопередатчик, называемый базовой станцией. Она служит своеобразным интерфейсом между сотовым телефоном и центром коммутации подвижной связи, где роль проводов обычной телефонной сети исполняют радиоволны. Число каналов базовой станции обычно кратно 8, например, 8, 16, 32, ... Один из каналов является управляющим (Control channel). В неподвижных станциях он может называться также каналом вызова (Calling channel). На этом канале происходит непосредственное установление соединения при вызове подвижного абонента сети, а сам разговор начинается только после того, как будет найден свободный в данный момент канал и произойдет переключение на него. Все эти процессы происходят очень быстро и поэтому незаметно для абонента. Любой из каналов сотовой связи использует при работе пару частот для дуплексной связи, т. е. частоты базовой и подвижной станции разнесены. Это сделано для того, чтобы улучшить фильтрацию сигналов и исключить взаимное влияние передатчика на приемник одного и того же устройства при их одновременной работе. Базовые станции соединены с центром коммутации (коммутатором MSC) подвижной связи по выделенным проводным или радиорелейным каналам связи (рис. 3).

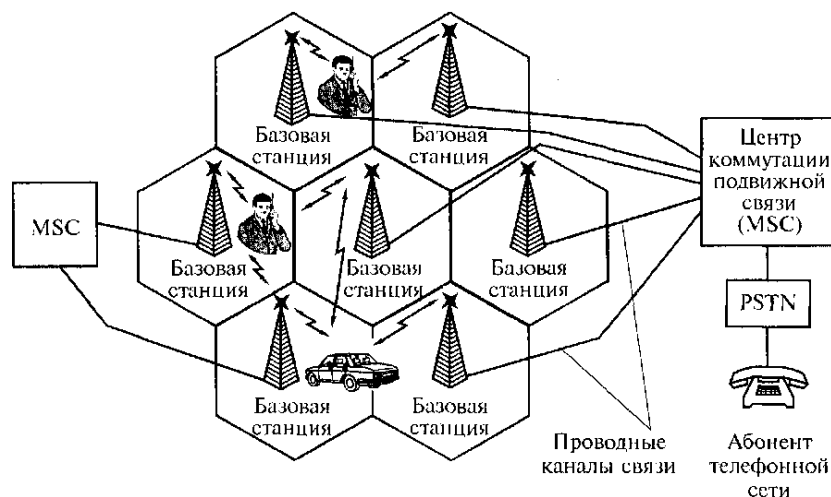


Рис. 3. Основные составляющие систем сотовой связи

MSC — это автоматическая телефонная станция системы сотовой связи, обеспечивающая все функции управления сетью. Она осуществляет постоянное слежение за подвижными станциями, организует их эстафетную передачу, в процессе которой достигается непрерывность связи при перемещении подвижной станции из соты в соту, и переключение рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностей, производит соединение подвижного абонента с тем, кто ему необходим в обычной телефонной сети, и др. Когда радиотелефон находится в режиме ожидания (состояние «трубка положена» обычного телефона), его приемное устройство постоянно сканирует (рассматривает) либо все каналы системы, либо только управляющие. Для вызова соответствующего абонента всеми базовыми станциями по управляющим каналам передается сигнал вызова. Сотовый телефон вызываемого абонента при получении этого сигнала отвечает по одному из

свободных каналов управления. Базовые станции, принявшие ответный сигнал, передают информацию о его параметрах в центр коммутации, который, в свою очередь, переключает разговор на ту базовую станцию, где зафиксирован максимальный уровень сигнала сотового радиотелефона вызываемого абонента. Во время набора номера радиотелефон занимает один из свободных каналов, уровень сигнала базовой станции в котором в данный момент максимален. По мере удаления абонента от базовой станции или в связи с ухудшением условий распространения радиоволн уровень сигнала уменьшается, что ведет к ухудшению качества связи. Улучшение качества связи достигается путем автоматического переключения абонента на другой канал связи.

Одна из важных услуг сети сотовой связи — предоставление возможности использования одного и того же радиотелефона при поездке в другой город, область или даже страну, причем сотовая связь позволяет не только самому абоненту звонить из другого города или страны, но и получать звонки. В сотовой радиосвязи такая возможность называется роуминг (от англ. roam — скитаться, блуждать). Для организации роуминга сотовые сети должны быть одного стандарта, а центры коммутации подвижной связи этого стандарта должны быть соединены специальными каналами связи для обмена данными о местонахождении абонента. Иными словами, применительно к сотовым системам для обеспечения роуминга необходимо выполнение трех условий: а) наличие в требуемых регионах сотовых систем стандарта, совместимого со стандартом компании, у которой был приобретен радиотелефон; б) наличие соответствующих организационных и экономических соглашений о роуминговом обслуживании абонентов; в) наличие между системами каналов связи, обеспечивающих передачу звуковой и другой информации для роуминговых абонентов. При перемещении абонентов в другую сеть ее центр коммутации запрашивает информацию в первоначальной сети и при наличии подтверждения полномочий абонента регистрирует его.

Данные о местоположении абонента постоянно обновляются в центре коммутации сети, и все поступающие туда вызовы автоматически переадресовываются в ту сеть, где в данный момент находится абонент.

В середине 1997 г. компании Motorola, Nokia, Ericsson и Phone.com объединили свои усилия для разработки и внедрения технологий доступа WAP, пытаясь создать средства доставки информации из Internet на мобильные устройства. WAP (Wireless Application Protocol) — протокол беспроводных приложений — является одной из наиболее обсуждаемых технологий в мире мобильной связи, поскольку эта технология является первым практическим шагом на пути объединения сотовой связи и глобальных компьютерных сетей, первой попыткой создать открытый стандарт для беспроводной передачи данных вне зависимости от поставщика как телефона, так и услуг и способа связи. WAP предназначен для беспроводного (через сотовый телефон) доступа, как правило, к специальным WAP-сайтам в Internet. Все компании, работающие в сфере информационных технологий, в обязательном порядке создали WAP-отделы в силу следующих веских причин: а) WAP обеспечивает связь Internet и

мобильных сетей — двух самых быстрорастущих отраслей связи во всем мире; б) основателями WAP являются крупнейшие поставщики мобильных устройств; в) в WAP-форум входят более 120 компаний-участников. Наиболее полезны и удобны услуги WAP, связанные с доступом к электронной почте. Благодаря им можно в любой момент просмотреть свежую корреспонденцию на дисплее сотового телефона. В последнее время такая услуга появилась у крупнейших почтовых серверов.

Служба коротких сообщений SMS (Sport Message Service) представляет собой технологию, которая позволяет принимать, и если это позволяет радиотелефон, отправлять короткие текстовые сообщения. Последнее верно для всех моделей современных аппаратов. С помощью SMS можно вести своеобразную переписку, получая текстовые сообщения, напоминающие пейджерные. Можно отправить сообщение на выключенный или находящийся вне зоны обслуживания телефон. Как только адресат выйдет на связь, он получит сообщение. Кроме того, можно отправить сообщение абоненту, который в данный момент занят разговором, поскольку сообщение идет не по основному разговорному каналу, а по служебным сигнальным каналам.