Системы мобильной связи

«GSM. Происхождение и начало нового этапа передачи данных»

Кравченко В. И.

2017

План занятия

- I. История зарождения стандарта
- II. Общие характеристики
- III. Технические характеристики стандарта GSM 900/1800
- VI. Преимущества и недостатки стандарта
- V. Организация сети мобильной связи

I. История зарождения стандарта

Системы мобильной связи, особенно системы сотовой мобильной связи, наряду с космическими, телевизионными и компьютерными системами, являются одними из важнейших достижений человечества в XX веке в области информационных систем и технологий. Сотовая мобильная связь, появившаяся на уровне идеи в проектах компании Bell System в конце 40-х годов и к 1978 году реализованная в виде первой опытной сети (Chicago, 2000 абонентов), к 2004 году лавинообразно завоевала одну из ключевых позиций в области информационных технологий: на 2004 год во всём мире сотовой мобильной связью было охвачено свыше 1,5 миллиарда пользователей.

Аналоговые стандартны (системы первого поколения)

Название Системы	Дата	Страна
AMPS	1983	США, другие страны
C-Netz	1981, 1988	Германия, Австрия, Португалия
Comvik	1981	Швеция
ETACS	1987	Великобритания, другие страны
NMT450 (Nordic Mobile Telephone)	1981	Швеция, Норвегия, Дания, Финляндия
NMT900	1986	Швеция, Норвегия, Дания, Финляндия
RadioCom	1985	Франция
RTMS (Radio Telephone Mobile System)	1985	Италия
TACS (Total Acess Communications System)	1985	Великобритания, Италия, Испания, Австрия, Ирландия

Столь бурное развитие систем сотовой мобильной связи можно объяснить следующими причинами.

1. Развитие микроэлектроники позволило создать малогабаритные, универсальные, относительно дешевые устройства обеспечивающие высокое качество, надежность и защищенность передаваемой информации,

2. Потребности широких слоев населения в использовании широкого набора услуг:

— высококачественная передача речи и компьютерных данных между абонентами, перемещающимися в пространстве, в том числе и с выходом на стационарные телефонные сети;

— поиск подвижных абонентов и установление с ними связи в пределах города, страны и в мировом масштабе:

— возможность подключения к сетям ISDN, PSTN, Интернет;

— идентификация подлинности абонента;

— автоматическая регистрация сеанса связи и начисление оплаты

В начале 1980-х годов началось бурное развитие аналоговых систем сотовой мобильной связи в Европе, особенно в странах Скандинавии, Германии, Франции и Великобритании.

Каждая страна разрабатывала свою собственную систему, несовместимую с другими как по оборудованию, так и по предоставляемым услугам. Вследствие этого оборудование систем мобильной связи каждого государства использовать лишь внутри его национальных границ и имело весьма ограниченный рынок сбыта. Таким образом, возникла необходимость создания единого общеевропейского стандарта мобильной связи.

В 1982 году Конференция европейских почтовых и телекоммуникационных ведомств — CEPT (Conference of European Posts and Telegraphs) в целях изучения и разработки общеевропейской системы сотовой мобильной связи общего пользования создала группу, получившую название Group

Разрабатываемая система мобильной связи, которая была названа Глобальная система мобильной связи (Global System for Mobile Communication), должна была удовлетворять следующим критериям:

— высокое качество передачи речевой информации:

— низкая стоимость оборудования и предоставляемых услуг:

— быть общеевропейской системой сотовой связи;

— наиболее эффективно использовать радиочастоты и обладать спектральной эффективностью:

— иметь высокую. отвечающую растущим требованиям, емкость;

— быть совместимой с цифровой сетью интегрированных услуг — ISDN (Integrade Services Digital Network) и с другими системами передачи данных;

— поддерживать хорошую безопасность передачи информации;

— поддерживать международный роуминг;

— поддерживать портативное оборудование пользователя и др.

Основные даты в развитии нового стандарта связи

1982 г. - Европейская комиссия выпустила директиву, которая требовала от членов государств ЕС зарезервировать частоты в полосе частот 900 МГц для GSM, допускающей роуминг.

1985 г. - CEPT принимает решение о составлении программы работ по GSM.

1986 г. - CEPT проводит испытание 8-ми экспериментальных систем GSM в Париже,

1987 г. - Меморандум соглашения. Распределение рабочих частот: 890...915 МГц (от терминала (мобильного телефона) к базовой станции); 935...960 МГц (от базовой станции к терминалу).

1988 г. - Создастся ETSI. В ETSI вошли в качестве членов администрация, представители промышленности и группа пользователей.

1989 г. - Разработаны и введены окончательные варианты рекомендаций и спецификации для GSM Phase 1.

1991 г. – Первый официальный телефонный разговор в мире в системе GSM (1 июля).

1992 г. – Первая в мире GSM сеть организована в Финляндии

1993 г. – Первая демонстрация системы GSM а Африке

1999 г. – Первая мобильная передача данных использовала базовый пакетный радиоинтерфейс GPRS на функциоирующей сети GSM. Число пользователей GSM в мире составило более 250 млн.

II. Общие характеристики стандарта

В соответствии с рекомендацией CEPT 1980 г., касающейся использования спектра частот подвижной связи в диапазоне частот 862-960 МГц, стандарт GSM на цифровую общеевропейскую (глобальную) сотовую систему наземной подвижной связи предусматривает работу передатчиков в двух диапазонах частот: 890-915 МГц (для передатчиков подвижных станций - MS), 935-960 МГц (для передатчиков базовых станций - BTS).

В стандарте GSM используется узкополосный многостанционный доступ с временным разделением каналов (NB TDMA). В структуре TDMA кадра содержится 8 временных позиций на каждой из 124 несущих.

Для защиты от ошибок в радиоканалах при передаче информационных сообщений применяется блочное и сверточное кодирование с перемежением. Повышение эффективности кодирования и перемежения при малой скорости перемещения подвижных станций достигается медленным переключением рабочих частот (SFH) в процессе сеанса связи со скоростью 217 скачков в секунду.

Для борьбы с интерференционными замираниями принимаемых сигналов, вызванными многолучевым распространением радиоволн в условиях города, в аппаратуре связи используется эквалайзеры

Система синхронизации рассчитана на компенсацию абсолютного времени задержки сигналов до 233 мкс, что соответствует максимальной дальности связи или максимальному радиусу ячейки (соты) 35 км.

В стандарте GSM выбрана гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK). Обработка речи осуществляется в рамках принятой системы прерывистой передачи речи (DTX), которая обеспечивает включение передатчика только при наличии речевого сигнала и отключение передатчика в паузах и в конце разговора. В качестве речепреобразующего устройства выбран речевой кодек с регулярным импульсным возбуждением/долговременным предсказанием и линейным предикативным кодированием с предсказанием (RPE/LTR-LTP-кодек). Общая скорость преобразования речевого сигнала - 13 кбит/с.

В стандарте GSM достигается высокая степень безопасности передачи сообщений; осуществляется шифрование сообщений по алгоритму шифрования с открытым ключом (RSA).

В целом система связи, действующая в стандарте GSM, рассчитана на ее использование в различных сферах. Она предоставляет пользователям широкий диапазон услуг и возможность применять разнообразное оборудование для передачи речевых сообщений и данных, вызывных и аварийных сигналов; подключаться к телефонным сетям общего пользования (PSTN), сетям передачи данных (PDN) и цифровым сетям с интеграцией служб (ISDN).

Услуги сетей GSM:

— использование SIM-карт для обеспечения доступа к каналу и услугам связи;

— шифрование передаваемых сообщений;

— аутентификация абонента и идентификация абонентского оборудования по криптографическим алгоритмам;

— закрытый от прослушивания радиоинтерфейс;

— использование служб коротких сообщений SMS (Short Message Services), передаваемым по каналам сигнализации;

— автоматический роуминг абонентов различных сетей GSM в национальном и международном масштабах;

III. Технические характеристики стандарта GSM 900/1800

Рабочий диапазон частот:

- Частоты передачи мобильных станций (MS) и приема базовых (BTS) станций (от мобильной станции к базовой - Uplink):
    - GSM 900 — (890...915) МГц:
    - GSM 1800 (DCS 1800) - (1710...1785) МГц.
- Частоты приема мобильных станций и передачи базовых станций (от базовой к мобильной станции - Downlink):
    - GSM 900 - (935...960) МГц;
    - GSM 1800 (DCS 1800) - (1805...1880) МГц
- Дуплексный разнос частот приема и передачи:
    - GSM 900 - 45 МГц;
    - GSM 1800 - 95 МГц.
- Эквивалентная полоса частот на один речевой канал:
    - GSM 900 - 25 кГц:
    - GSM 1800 - 12,5 кГц.
- Ширина полосы канала связи - 200 кГц.

- Максимальное количество каналов связи - 124
- Количество речевых каналов на несущую:
    - GSM 900 — 8,
    - GSM 1800 — 16.
- Максимальное количество каналов, организуемых в базовой станции:
    - GSM 900 - 16...20.
    - Метод доступа - TDMA.
- Вид речевого кодека - RPE/LTP
- Ширина полосы предмодуляционного гауссовского фильтра - 81,2 кГц .
- Скорость преобразования речевого кодека - 13 (6,5) кбит/с.
- Скорость передачи информации в радиоканале - 270,833 кбит/с.
- Вид модуляции - GMSK.
- Радиус соты (0,5…35) км.

VI. Преимущества и недостатки стандарта

Достоинства:

— Цифровое кодирование речи с более низкими скоростями. Низкоскоростное кодирование речи, совместимое с методами цифровой модуляции, позволяет передавать несколько речевых каналов на одной несущей, увеличивая тем самым эффективность использования спектра.

— Цифровая модуляция, позволяющая повысить эффективность использования частотного спектра по сравнению с аналоговыми методами.

— Гибко изменяемая ширина полосы частот.

— Более высокая помехоустойчивость.

— Снижение потерь емкости на сигнализацию.

— Повышенная эффективность управления доступом и передачей вызова. Для фиксированного распределения спектра частот большее увеличение емкости подразумевает соответствующее уменьшение размеров сот. Это значит, что нагрузка на каналы сигнализации возрастает, так как происходит более частая передача вызова. В каждой соте базовая станция должна обрабатывать большее количество запросов на доступ и регистрацию от всей совокупности движущихся абонентов. Эти функции могут выполняться просто и быстро с помощью цифровых методов.

— Широкое распространение, особенно в Европе, большой выбор оборудования.

Недостатки:

- Искажение речи при цифровой обработке и передаче.

- Необходимо большее число базовых станций для построения качественной сети с большим охватом покрытия.

- Связь на расстоянии не более 120 км от ближайшей базовой станции даже при использовании усилителей и направленных антенн. Поэтому для покрытия определённой площади необходимо большее количество передатчиков, чем в NMT-450 и AMPS.

- Серьёзная мощность излучения носимыми трубками - потенциальный вред здоровью. В настоящее время не подтверждено, даже после проведения множества экспериментов.

V. Организация сети мобильной связи

Основной задачей любой системы связи, как известно, является передача различных видов информации (например: речевой, факсимильной, компьютерных данных) в любое место в реальном масштабе времени (или в требуемый абонентом момент времени).

Эта задача в системах телефонной связи (до появления систем мобильной связи) решалась путем использования в качестве каналов передачи — кабельных линий связи, а в качестве коммутационных систем — автоматических телефонных станций (АТС).

В данных стационарных телефонных сетях абонент жестко привязан через проводную абонентскую линию к АТС. Любое перемещение абонента в пространстве на значительные расстояния приводит к тому, что он остается без связи. Разработанные и внедренные абонентские терминалы с радио удлинителями обеспечивают связь лишь на расстояние до сотен метров от стационарного телефонного аппарата. Этот недостаток стационарной телефонной сети устраняется путем замены кабельной абонентской линии беспроводным радиоканалом в сетях мобильной связи

Таким образом, главной отличительной особенностью сетей сотовой мобильной связи от стационарной телефонной сети является использование радиоканалов для мобильных абонентов, перемещающихся на значительные расстояния, при сохранении двухстороннего (дуплексного) режима работы по радиоканалу как от мобильного абонента к получателю информации (либо абоненту стационарной телефонной сети, либо другому мобильному абоненту), так и от получателя информации к мобильному абоненту.

Необходимо отметить, что система сотовой мобильной связи в общем случае является сложной и гибкой радиотехнической системой, допускающей большое разнообразие по вариантам конфигурации и набору выполняемых функций. Такая система обеспечивает передачу речи и других видов информации (в частности, факсимильных сообщений и компьютерных данных), при этом может быть реализована дуплексная телефонная связь, многосторонняя телефонная связь (называемая конференцсвязью), голосовая почта и пр.

В данной мобильной системе при организации обычного двухстороннего телефонного разговора, начиная с вызова, предусмотрены возможные режимы автодозвона, ожидания вызова, переадресации вызова и т. п.

Первые системы наземной мобильной связи с автоматической коммутацией и маршрутизацией соединений были разработаны и внедрены в 60-х годах XX столетия.

На этом этапе развития сотовых сетей автоматической телефонной связи функции подключения мобильных абонентов к средствам стационарной телефонной сети выполняла одна базовая станция BSS (Base Station System).

Как показано на рис. 1, мобильные абоненты, перемещаясь в пространстве, окружающем BSS (с определенным максимальным радиусом действия), осуществляют связь с BSS по радиоканалам посредством имеющихся у них мобильных радиостанций MS (Mobile Station).

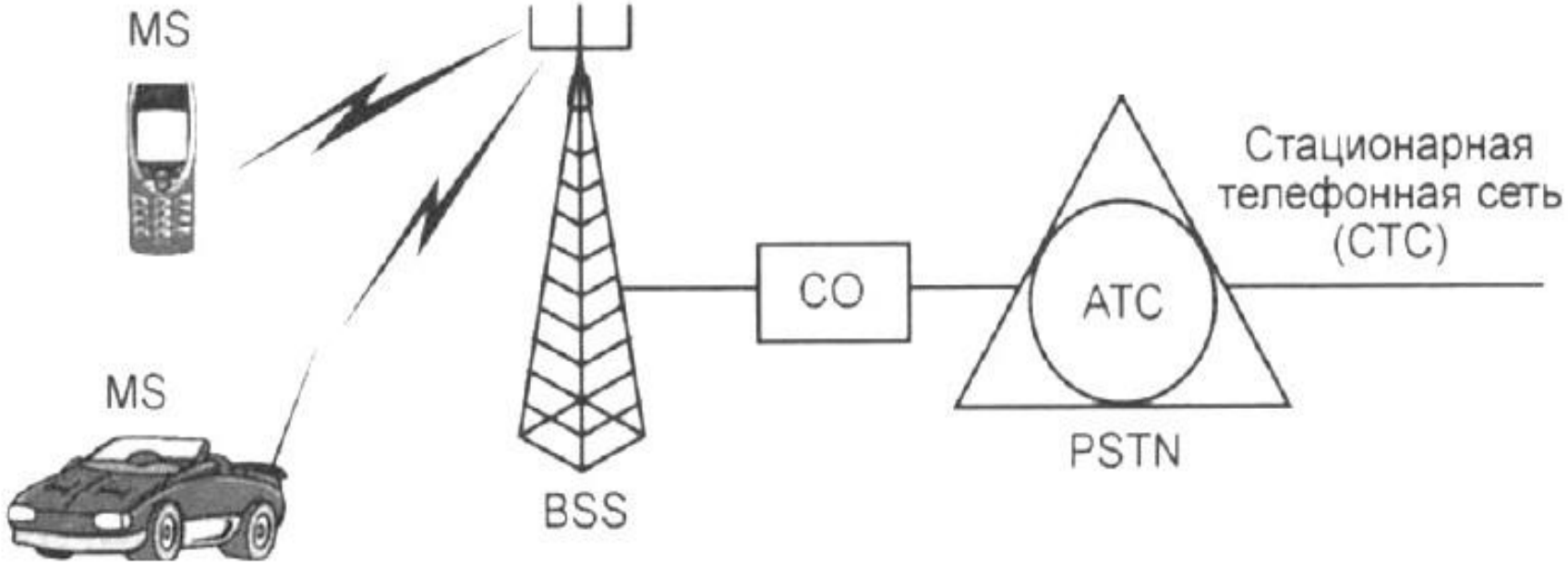

Рисунок 1. Связь мобильных станций со стационарной сетью через одну BSS. CO – стационарное оборудование BSS, АТС – автоматическая телефонная станция

Далее, BSS подключала мобильные абоненты к стационарное телефонной сети.

Данная простейшая сеть мобильной связи, предполагающая по сути одну сотую (ячейку) для взаимодействия MS с BSS, имела следующие существенные недостатки:

- Зависимость качества связи от расстояния между MS и BSS (для сохранения высокого качества радиосвязи необходимо было применять радиостанции с регулируемой выходной мощностью передатчика в широком диапазоне уровней в зависимости от расстояния между MS и BSS, что было в то время достаточно сложно реализовать)

- Ограниченное число подключаемых мобильных станций MS из-за ограниченного числа радиоканалов (ограниченное число выделенных рабочих частот / длин волн).

В процессе развития сотовых сетей мобильной связи эти недостатки были устранены путем замены одной мощной BSS несколькими BTS (Base Transceiver Station), имеющими меньшие мощности передатчиков и свои индивидуальные зоны обслуживания (рис. 2). При этом сотовые сети мобильной связи строятся в виде совокупности сот (cells - сот, ячеек) схематично изображаемых в виде равновелики правильных шестиугольников, что имеет сходство с пчелиными сотами и поэтому сеть мобильной связи была названа сотовой или ячеечной (cellular). В центре каждой i-й соты находится BTS, обслуживающая все MS в пределах своей соты.

При реализации такой сети сразу же возникает техническая проблема - как переключать движущегося абонента MS от одной соты в другую. Для решения этой проблемы в сотовой сети мобильной связи предусмотрен центр коммутации мобильных станций MSC (Mobile Services Switching Center), обеспечивающий переключение установленного разговорного тракта при перемещении мобильного абонента из одной соты в другую, а также подключение абонентов стационарное телефонной сети к конкретной BTS, в зоне действия которой находится данный мобильный абонент.

При создание сети, изображенной на рис. 2, возникла необходимость контроля за перемещением (roaming - блужданием) мобильной станции MS, находящейся как в свободном (с точки зрения связи) состоянии, так и в состоянии занятости. Следует отметить, что при использовании сети стационарная телефонная сеть освобождается от обслуживания вызовов, поступающих от одного мобильного абонента к другому. Такие соединения устанавливаются через центр коммутации MSC.

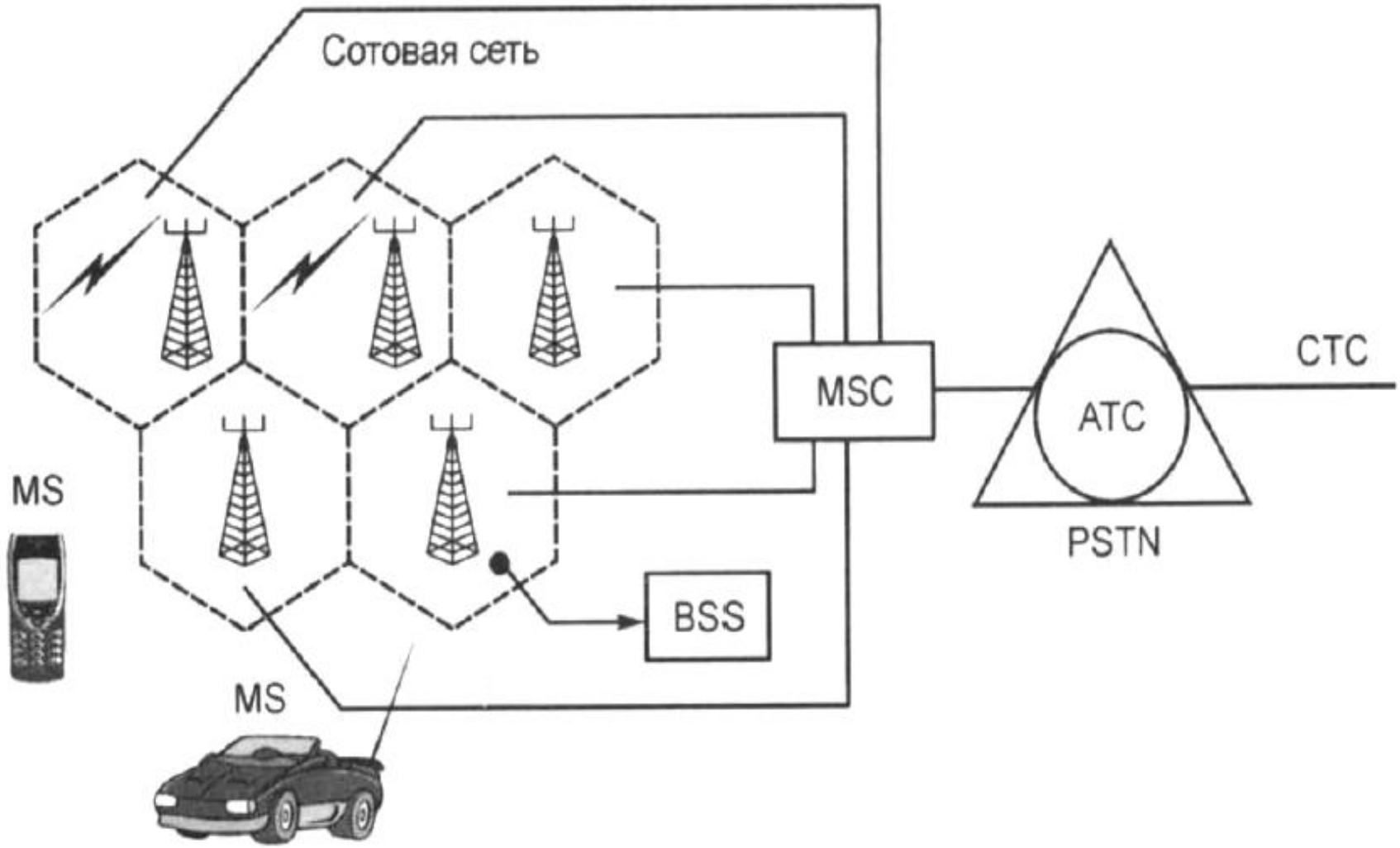

Рисунок 2. Сотовая сеть мобильной связи

В современной сотовой мобильной сети обычно функционирует несколько коммутационных центров MSC, в каждый из которых включается несколько BSS.

Рассмотрим особенности деления обслуживаемой мобильной связью территории на соты. Разделить обслуживаемую территорию на соты можно двумя основными способами:

- Первый, основан на измерении статистических характеристик распространения радиосигналов в данной системе связи;
- Второй, основан на измерении или расчете параметров распространения радиосигнала для конкретного района.

При реализации первого способа вся Обслуживаемая территория разделяется на одинаковые по форме соты (ячейки) и с помощью методов статистической радиотехники определяются их допустимые размеры и расстояния до других сот, в пределах которых выполняются условия допустимого взаимного влияния.

Для получения оптимального (то есть без перекрытия или пропусков участков) разделения территории на соты могут быть использованы только три геометрические фигуры - треугольник, квадрат и правильный Шестиугольник. Наиболее подходящей фигурой является Шестиугольник, так как, если антенну с круговой диаграммой направленности BTS устанавливать в его центре, то будет обеспечен доступ почти к всем участкам соты.

Реально границы сот имеют вид неправильных кривых, зависящих от условий распространения и затухания радиоволн, то есть от рельефа местности, характера и плотности растительности, застройки зданиями и многих других факторов.

Более того, границы сот вообще не являются четко определенными, так как на рубеже передачи обслуживания мобильной станции от одной соты в соседнюю эти границы могут в некоторых пределах смещаться с конфигурацией условий распространения радиоволн и в зависимости от направления движения мобильной станции. Точно так же и положение базовой приемо-передающей станции BTS лишь приближенно совпадает с центром соты, который к тому же не так просто определить однозначно, если сотая имеет неправильную форму. Если же на BTS используются направленные антенны, то BTS в реальных случаях могут фактически оказаться на границах сот.

При использовании первого способа деления территории на соты интервал между сотами, в которых используются одинаковые рабочие каналы, обычно получается больше требуемого интервала - для поддержания взаимных помех на допустимом уровне.

Более приемлем второй способ разделения территории на соты. В этом случае измеряют или рассчитывают параметры сотовой системы для определенного минимального числа базовых приемо-передающих станций BTS, обеспечивающих удовлетворительное обслуживание абонентов по всей территории, определяют оптимальное место расположения BTS с учетом рельефа местности и других факторов, влияющих на условия распространения радиоволн, рассматривают возможность использования направленных антенн, пассивных ретрансляторов и смежных BTS в момент пиковой нагрузки и пр.

Полосы частот сотовой мобильной связи

В соответствии с международными соглашениями на выделение рабочих частот в системах сотовой мобильной связи стандарта GSM900/1800/1900 выделены частотные диапазоны, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Рабочие частоты в системах сотовой мобильной связи стандарта GSM

Стандарт GSM	Частота, МГц	
	MS-BTS	BTS-MS
GSM 900	890-915	935-960
GSM 1800	1710-1785	1805-1880
GSM 1900	1850-1910	1930-1990

Из таблицы следует:

-жесткая ограниченность выделенных полос частот, вмещающих небольшое число частотных каналов, что вызывает естественное стремление к наиболее рациональному использованию выделенного частотного диапазона, к оптимизации его использования и соответственно к повышению емкости системы мобильной связи;

- используемые в сотовой мобильной связи стандарта GSM полосы частот относятся к дециметровому диапазону радиоволн, которые распространяются в основном в пределах прямой видимости, дифракционные явления на этих частотах выражены слабо, а поглощение в гидрометеорах (дождь, снег, туман) и молекулярное поглощение практически отсутствуют.

Однако близость подстилающей поверхности и наличие препятствий (растительность, строения), при организации мобильной связи в условиях города, приводят к появлению отраженных сигналов, интерферирующих между собой и с основным сигналом, распространяющимся по прямому пути. Это явление называют многолучевым распространением сигналов. Отражения от подстилающей поверхности при определенных условиях приводят к тому, что мощность принимаемого сигнала убывает пропорционально не второй степени расстояния между передатчиком BTS и приемником MS, как при распространении в свободном пространстве (однолучевая модель), а обратно пропорционально четвертой степени этого расстояния. Интерференция нескольких сигналов, прошедших различными путями, вызывает своеобразное явление замираний результирующего сигнала, так называемый — фединг (fading), при котором интенсивность принимаемого сигнала изменяется в значительных пределах при перемещении мобильной станции.

Кроме того, возникают искажения, являющиеся следствием наложения нескольких соизмеримых по интенсивности сигналов, смещенных во времени один от другого, которые могут приводить к ошибкам в принимаемой информации. И наконец, сложность картины многолучевого распространения радиоволн существенно затрудняет расчет интенсивности радиосигналов в функции удаления от базовой приемо-передающей станции BTS, а такой расчет необходим для корректного проектирования систем сотовой мобильной связи.

Литература:

1. Попов В. И. – Основы сотовой связи стандарта GSM

2. Певцов Н. В. – Телекоммуникационные технологии. Введение в технологии GSM