

Лекция 7. Общие характеристики стандарта GSM

Цель лекции – ознакомить студентов с основными характеристиками стандарта GSM, его фазами развития, основными услугами и методами организации сотовой связи, а также принципами работы системы.

Введение

Современные системы сотовой связи стали неотъемлемой частью повседневной жизни, обеспечивая пользователей голосовыми и данными услугами. Стандарт GSM (Global System for Mobile Communications) является одним из самых распространенных и популярных стандартов мобильной связи второго поколения, внедренным в конце 1980-х годов. Его разработка была направлена на решение проблем совместного использования ограниченного радиочастотного спектра и обеспечения высококачественной передачи данных. Стандарт GSM включает множество этапов развития, каждый из которых добавляет новые услуги и улучшает существующие. Основные принципы, на которых основан GSM, включают цифровую передачу информации, использование частотного и временного разделения, а также эффективное управление ресурсами сети.

Фазы развития GSM

Системы сотовой связи второго поколения используют цифровые методы передачи. Наиболее широкое распространение получили европейский стандарт GSM, американский D-AMPS и японский JDC.

Разработчиками GSM еще в конце 1980-х гг. был предложен поэтапный характер наращивания возможностей системы. Принято выделять три фазы развития GSM (рис. 7.1).

Фаза 1 содержала наиболее общие услуги:

- голосовая телефония;
- международный роуминг;
- базовые службы передачи fax/data (до 9,6 кбит/с);
- перенаправление вызова;
- запрещение вызова;
- служба коротких сообщений (Short Message Service, SMS).

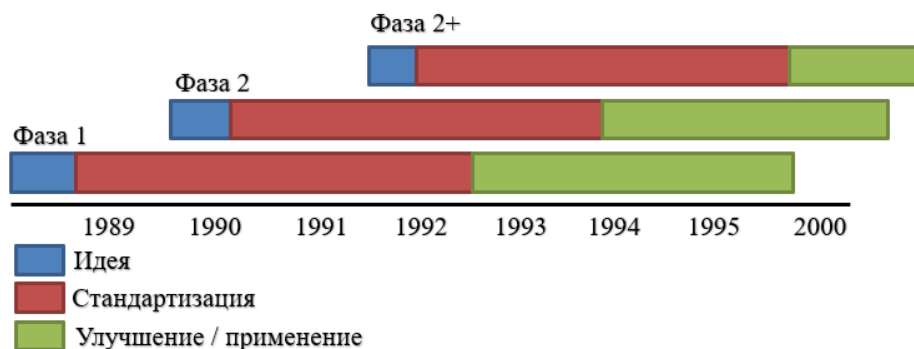


Рисунок 7.1. Фазы развития GSM

Фаза 1 также включала особенности типа шифрования и Модуль Идентичности Подписчика (SIM card). Спецификации этой фазы закрыты и не могут быть изменены.

Фаза 2 содержала следующие добавочные возможности:

- идентификация вызывающей станции;
- вызов с ожиданием;
- удержание вызова;
- конференцсвязь;
- закрытая группа пользователей;
- дополнительные способности передачи данных.

Фаза 2+ включала бизнес-ориентированные приложения и общее расширение возможностей по передаче данных, а именно:

- HSDCS;
- GPRS;
- EDGE;
- многоплановые профили обслуживания;
- частные планы нумерации;
- доступ к службам Centrex;
- взаимодействие с GSM1800, GSM1900 и DECT.

Таблица 1 содержит информацию о стандартах группы GSM. В ней обозначены: P-GSM – первичная версия GSM (Primary); E-GSM – расширенная версия GSM (Extended).

Таблица 1. Характеристики стандартов сотовой связи GSM

Система	P-GSM-900	E-GSM-900	GSM-1800	GSM-1900
Частоты: «вверх»	890-915	880-915	1710-1785	1850-1910
«вниз»	935-960	925-960	1805-1880	1930-1990
Ширина полосы, МГц	25	35	75	60
Дуплексный разнос, МГц	45	45	95	80
Полоса радиоканала, кГц	200	200	200	200
Количество дуплексных радиоканалов	124	174	374	299
Скорость передачи в радиоканале, кбит/с	270	270	270	270
Метод доступа	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA
Метод дуплексирования	FDD	FDD	FDD	FDD
Количество каналов на несущую	8	8	8 (16)	8 (16)
Метод модуляции	GMSK	GMSK	GMSK	GMSK
Отношение сигнал/шум, дБ	9	9	9	9
Мощность МС, Вт	0,8 - 2	0,8 - 2	0,25 - 1	0,25 - 1
Хэндовер	Да	Да	Да	Да

Стандарты GSM-1800/1900 известны также под названием DCS-1800 (Digital Cellular System) и PSC-1900 (Personal Services Cellular). В таблице МС – мобильная станция (мобильный телефон); сценарии использования частотного пространства: FDD – частотный дуплексный разнос, TDD – временной дуплексный разнос.

Частотный план системы P-GSM-900 показан на рис. 7.2.

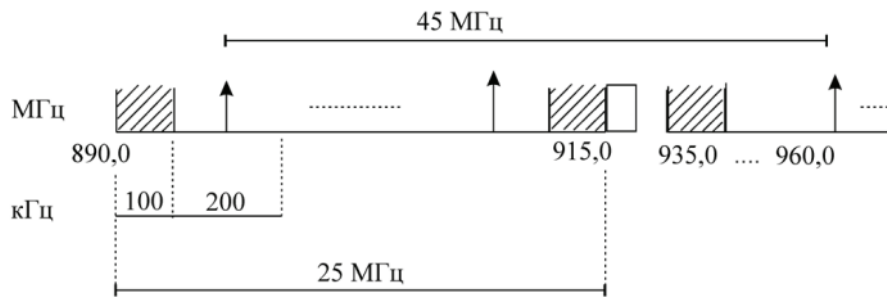


Рисунок 7.2. Частотный план GSM-900

Стандарт P-GSM-900 предусматривает работу передатчиков в двух диапазонах частот. Полоса частот 890-915 МГц используется для передачи сообщений с МС на БС (базовую станцию), а полоса частот 935-960 МГц – для передачи сообщений с БС на ПС. При переключении каналов во время сеанса связи разность между этими частотами постоянна и равна 45 МГц (дуплексный разнос). Разнос частот между соседними каналами связи составляет 200 кГц. Таким образом, в отведенной для приема/передачи полосе частот шириной 25 МГц размещается 124 канала связи и защитные полосы по 100 кГц на краях.

В стандарте GSM используется метод доступа FDMA/TDMA, что позволяет на одной несущей частоте разместить одновременно восемь речевых каналов. В качестве речепреобразующего устройства используется речевой кодек с регулярным импульсным возбуждением и скоростью преобразования речи 13 кбит/с. Для защиты от ошибок, возникающих в радиоканалах, применяется блочное и сверточное кодирование с перемежением. Повышение эффективности кодирования и перемежения при малой скорости перемещения МС достигается медленным переключением рабочих частот 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 используются эквалайзеры, обеспечивающие выравнивание импульсных сигналов со среднеквадратическим отклонением времени задержки до 16 мкс. Система синхронизации оборудования рассчитана на компенсацию абсолютного времени задержки сигналов до 233 мкс. Это соответствует максимальной дальности связи 35 км (максимальный радиус соты). Для модуляции радиосигнала применяется спектральноэффективная гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK). Обработка речи в данном стандарте осуществляется в рамках системы прерывистой передачи речи.

Основной идеей, на которой базируется принцип сотовой связи в GSM, является повторное использование частот в несмежных сотах. За каждой базовой станцией закрепляется набор рабочих частот (в простейшем случае это может быть одна частота). Базовые станции с помощью специальных каналов связи (это могут быть проводные или радиоканалы) связаны друг с другом и с центром коммутации, управляющим работой всей системы.

В первом поколении сотовой связи антенна базовой станции имела круговую диаграмму направленности. Мощность радиопередатчика выбирается из условия устойчивого приема сигналов на территории всей соты. В общем случае на территории соседней соты сигнал имеет ненулевое значение, поэтому может нарушать нормальную работу радиосредств соседней ячейки. Частоты радиоканалов каждой соты для уменьшения взаимного влияния сигналов станций соседних ячеек выбирают по определенному правилу и базовые станции с одинаковым набором частот разносят на величину защитного интервала, за пределами которого взаимное влияние соседних станций пренебрежимо мало.

Основной принцип частотного разделения при планировании сотовой связи поясняет рис. 7.3.

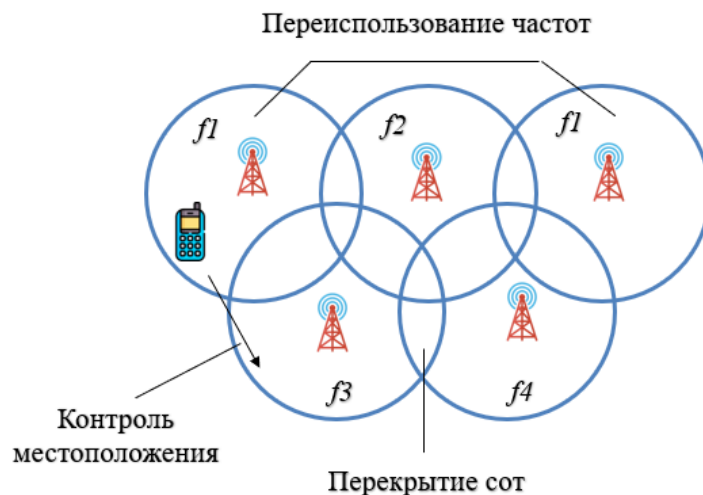


Рисунок 7.3. Принцип частотного разделения

Для этого между базовыми станциями с одинаковыми наборами частот помещают базовые станции с другими наборами рабочих частот. Полный набор частот определяет размерность кластера. На рис. 7.4 жирными линиями выделены кластеры с количеством частот в наборе, равном семи.

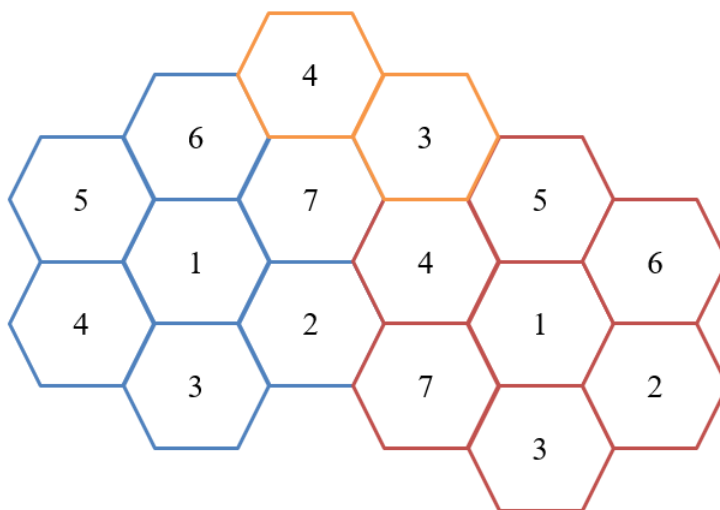


Рисунок 7.4. Кластеры из семи сот

В результате вся обслуживаемая территория покрывается сетью кластеров, и в каждом кластере используется семь различных частотных групп. Таким образом, реализуется принцип повторного использования частот, т. е. на обслуживаемой территории семь рабочих частотных групп будут повторяться столько раз, сколько кластеров образует данную систему. И в то же время работа станций на этих частотах в соседних кластерах теоретически не будет вызывать отрицательного влияния друг на друга. На практике существует некоторый уровень помех на совпадающих частотах от соседних кластеров, который характеризуется коэффициентом

уменьшения соканальных помех или коэффициентом использования совмещенного канала. Количественно коэффициент уменьшения соканальных помех q может быть оценен по соотношению

$$q = \frac{D}{R} \quad (7.1)$$

где D – расстояние до центра ближайшей соты с совмещенным каналом; R – радиус соты.

Эффективным способом снижения соканальных помех является применение направленных (в горизонтальной плоскости) антенн с шириной диаграммы направленности 120 или 60°, в результате чего шестиугольная ячейка разбивается на 3 или 6 секторов, т. е. производится секторизация сот (рис. 7.5).

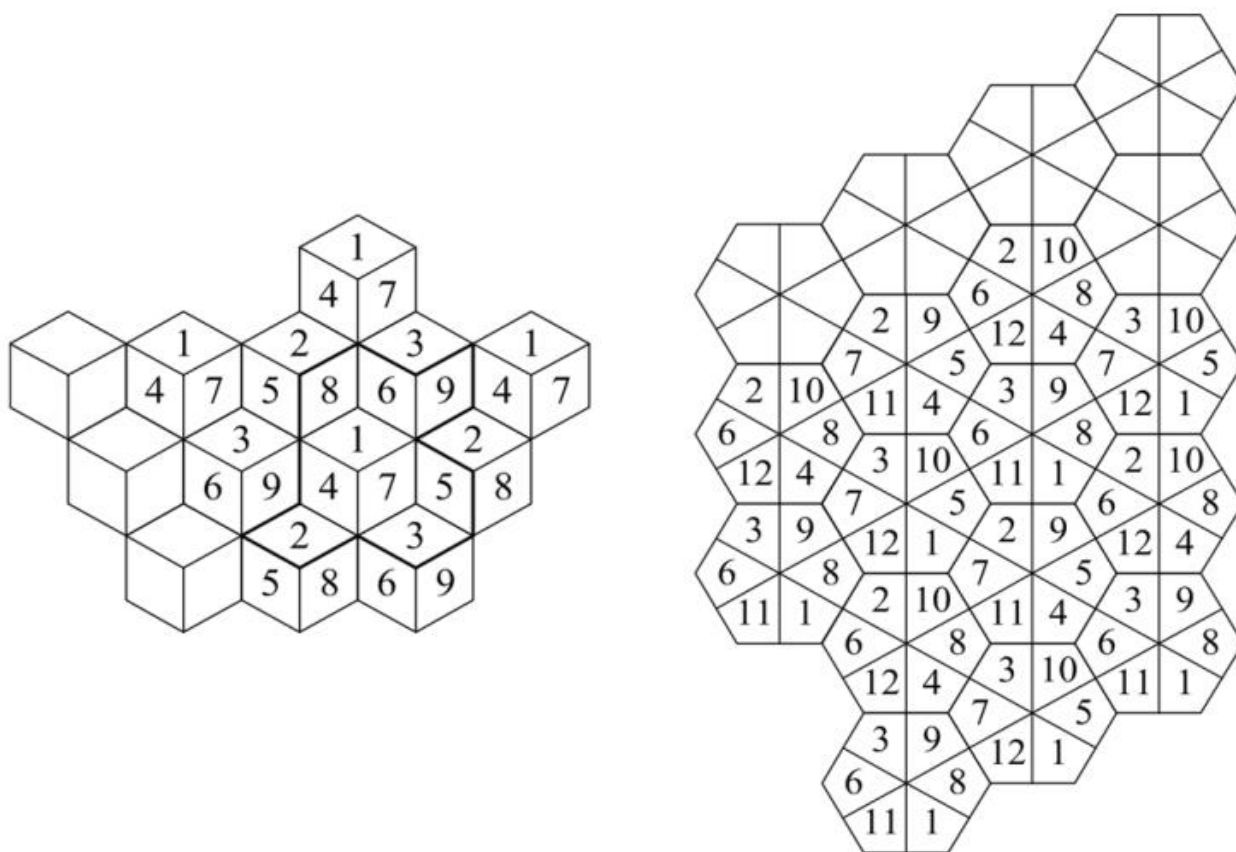


Рисунок 7.5. Варианты структур кластера

В секторе сигнал излучается антенной только в одну сторону, а уровень излучения в противоположном направлении сокращается до минимума. Таким образом, секторизация сот позволяет чаще использовать одинаковые полосы частот в кластерах без изменения их структуры, либо в рамках прежней схемы повторения частот заметно снизить уровень соканальных помех. В этом случае структура повторного использования частот имеет более сложный характер. Метод многократного использования частот позволяет во столько же раз повысить количество обслуживаемых абонентов.

Для дальнейшего увеличения количества обслуживаемых клиентов принимают и другие меры: уменьшают радиус соты на территориях с повышенной концентрацией МС

(супермаркеты, аэропорты и т. п.). Типичный размер ячейки сотовой мобильной связи составляет несколько километров, ячейки размерами несколько сот метров называют микросотами, а ячейки размерами несколько десятков метров – пикосотами.

Деление всей зоны обслуживания на более мелкие подзоны путем введения множества БС обеспечило увеличение количества обслуживаемых клиентов и улучшение качества радиоканалов за счет устранения теневых зон (зон пропадания сигнала).

Разделить обслуживаемую территорию на ячейки (соты) можно двумя способами, основанными:

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

При реализации первого способа вся обслуживаемая территория разделяется на одинаковые по форме зоны и с помощью закона статистической радиофизики определяются их допустимые размеры и расстояния до других зон, в пределах которых выполняются условия допустимого взаимного влияния. При этом интервал между зонами, в которых используются одинаковые рабочие каналы, обычно получается больше требуемого для поддержания взаимных помех на допустимом уровне.

Более приемлем второй способ деления на зоны. В этом случае тщательно измеряют или рассчитывают параметры системы для определения минимального числа БС, обеспечивающих удовлетворительное обслуживание абонентов по всей территории, определяют оптимальное место расположения БС с учетом рельефа местности, рассматривают возможность использования направленных антенн, пассивных ретрансляторов и смежных центральных станций в момент пиковой нагрузки и т. д.

Контрольные вопросы:

1. Какие основные услуги предоставляются в первой фазе развития стандарта GSM?
2. В чем заключается разница между фазами 1, 2 и 2+ стандарта GSM?
3. Какие частотные диапазоны используются в стандарте P-GSM-900?
4. Как работает метод доступа FDMA/TDMA в системе GSM?
5. Что такое защитный временной интервал и почему он необходим в TDMA?
6. Объясните принцип повторного использования частот в сотовой связи.
7. Как секторизация сот помогает в уменьшении соканальных помех?
8. Каковы преимущества использования направленных антенн в системе GSM?
9. В чем заключается принцип работы кодов в системе CDMA, и как он отличается от FDMA и TDMA?
10. Как измеряются или рассчитываются параметры распространения сигнала для конкретного района?