Министерство образования Российской Федерации

### РЕФЕРАТ

по дисциплине: Сети связи с подвижными объектами

на тему:"Системы сотовой подвижной связи"

# Выполнил : …………….

Проверила: **…………….**

## г.Москва

2004г.

*Содержание:*

1.Введение

# 2. История развития сотовой связи

3. Принципы функционирования систем сотовой связи

4. Аналоговые системы сотовой связи

5. Цифровые системы сотовой подвижной связи

6. Сотовые телефоны

7. Глоссарий

8.Список используемой литературы

**1. Введение**

Среди современных телекоммуникационных средств наиболее стремительно развиваются системы сотовой радиотелефонной связи. Использование современной технологии позволяет обеспечить абонентам таких систем высокое качество речевых сообщений, надежность и конфиденциальность связи, защиту от несанкционированного доступа в сеть и миниатюрность радиотелефонов. Имеется возможность обеспечения качественной телефонной и факсимильной связью офисов, коттеджей, пансионатов, больниц, дачных поселков, а также организации оперативной связи при проведении выставок, конференций, строительных работ и т. п.

**2. История развития сотовой связи**

Первая система радиотелефонной связи, предлагавшая услуги всем желающим, начала свое функционирование в 1946 г. в г. Сент-Луис (США). Радиотелефоны, применявшиеся в этой системе, использовали обычные фиксированные каналы. Если канал связи был занят, то абонент вручную переключался на другой - свободный канал. Аппаратура была громоздкой и неудобной в использовании.

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 (trunking). Но при огромной потребности в услугах радиотелефонной связи возникали и проблемы.

Главная из них - ограниченность частотного ресурса: число фиксированных частот в определенном частотном диапазоне не может бесконечно увеличиваться, поэтому радиотелефоны с близкими по частоте рабочими каналами начинают создавать взаимные помехи.

Ученые и инженеры разных стран пытались решить эту проблему. И вот в середине 40-х годов исследовательский центр Bell Laboratories американской компании AT&T предложил идею разбиения всей обслуживаемой территории на небольшие участки, которые стали называться *сотами,* (от англ. *cell* — ячейка, сота). Каждая сота должна была обслуживаться передатчиком с ограниченным радиусом действия и фиксированной частотой. Это позволило бы без всяких взаимных помех использовать ту же самую частоту повторно в другой ячейке (соте).

Но прошло более 30 лет, прежде чем такой принцип организации связи был реализован на аппаратном уровне. Причем в эти годы разработка принципа сотовой связи велась в различных странах мира не по одним и тем же направлениям.

Еще в конце 70-х годов начались работы по созданию единого стандарта сотовой связи для 5 североевропейских стран — Швеции, Финляндии, Исландии, Дании и Норвегии, который получил название NMT-450 *(Nordic Mobile Telephone)* и был предназначен для работы в диапазоне 450 МГц. Эксплуатация первых систем сотовой связи этого стандарта началась в 1981 г. Но еще на месяц раньше система сотовой связи стандарта NMT-450 вступила в эксплуатацию в Саудовской Аравии.

Сети на основе стандарта NMT-450 и его модифицированных версий стали широко использоваться в Австрии, Голландии, Бельгии, Швейцарии, а также в странах Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока. На базе этого стандарта в 1985 г. был разработан стандарт NMT-900 диапазона 900 МГц, который позволил расширить функциональные возможности системы и значительно увеличить абонентскую емкость системы.

В 1983 г. в США, в районе Чикаго, после ряда успешных полевых испытаний вступила в коммерческую эксплуатацию сеть стандарта AMPS *(Advanced Mobile Phone Service),* Этот стандарт был разработан в исследовательском центре Bell Laboratories.

В 1985 г. в Великобритании был принят в качестве национального стандарт TACS *(Total Access Communications System),* разработанный на основе американского стандарта AMPS. В 1987 г. в связи с резким увеличением в Лондоне числа абонентов сотовой связи была расширена рабочая полоса частот. Новая версия этого стандарта сотовой связи получила название ETACS *(Enhanced TACS).*

Во Франции, в отличие от других европейских стран, в 1985 г. был принят стандарт Radiocom-2000. С 1986 г. в скандинавских странах начал применяться стандарт NMT-900.

Все вышеперечисленные стандарты являются аналоговыми и относятся к первому поколению систем сотовой связи. Аналоговыми эти системы называются потому, что в них используется аналоговый способ передачи информации с помощью обычной частотной (ЧМ) или фазовой (ФМ) модуляции, как и в обычных радиостанциях. Этот способ имеет ряд существенных недостатков: возможность прослушивания разговоров другими абонентами, отсутствие эффективных методов борьбы с замираниями сигналов под влиянием окружающего ландшафта и зданий или вследствие передвижения абонентов.

Кроме этого, использование различных стандартов сотовой связи и большая перегруженность выделенных частотных диапазонов стали препятствовать ее широкому применению. Ведь иногда по одному и тому же телефону было невозможно из-за взаимных помех разговаривать даже абонентам, находящимся в двух соседних странах (особенно в Европе). Увеличить число абонентов можно было лишь двумя способами: расширив частотный диапазон (как, например, это было сделано в Великобритании — ETACS) или, перейдя к рациональному частотному планированию, позволяющему гораздо чаще использовать одни и те же частоты.

Использование новейших технологий и научных открытий в области связи и обработки сигналов позволило подойти к концу 80-х годов к новому этапу развития систем сотовой связи — созданию систем второго поколения, основанных на цифровых методах обработки сигналов.

С целью разработки единого европейского стандарта цифровой сотовой связи для выделенного в этих целях диапазона 900 МГц в 1982 г. Европейская Конференция Администраций Почт и Электросвязи *(СЕРТ) —* организация, объединяющая администрации связи 26 стран, — создала специальную группу *Groupe Special Mobile.* Аббревиатура GSM и дала название новому стандарту (позднее, в связи с широким распространением этого стандарта во всем мире, GSM стали расшифровывать как *Global System for Mobile Communications),* Результатом работы этой группы стали опубликованные в 1990 г. требования к системе сотовой связи стандарта GSM, в котором используются самые современные разработки ведущих научно-технических центров. К ним, в частности, относятся временное разделение каналов, шифрование сообщений и защита данных абонента, использование блочного и сверточного кодирования, новый вид модуляции — GMSK *(Gaussian Minimum Shift Keying).*

В 1989 г., за год до появления технического обоснования GSM, британский Департамент торговли и промышленности DTI *(Department of Trade and Industry)* опубликовал концепцию “Подвижные телефоны”, которая после внесения дополнений и изменений получила название “Сети персональной связи” - PCN *(Personal Communication Networks),* Целью реализации концепции было создание конкуренции между основными участниками! рынка подвижной радиосвязи, чтобы к 2000 г. их абонентами стало около населения страны

Не отставала от Европы и Америка, провозгласившая свою концепцию “Услуги персональной связи” - PCS *(Personal Communication Services).* Ее целью был 50%-ный охват населения страны к 2000 г. Для реализации этой концепции Федеральная комиссия связи США выделила три частотных участка в диапазоне 1,9-2,0 ГГц (широкополосные PCS) и один участок в диапазоне 900 МГц (узкополосные PCS)

В США в 1990 г. американская Промышленная Ассоциация в области связи TIA *(Telecommunications Industry Association)* утвердила национальный стандарт IS-54 цифровой сотовой связи. Этот стандарт стал более известен под аббревиатурой D-AMPS или ADC. В отличие от Европы, в США не были выделены новые частотные диапазоны, поэтому система должна была работать в полосе частот, общей с обычным AMPS.

Одновременно американская компания Qualcomm начала активную разработку нового стандарта сотовой связи, основанного на технологии шумо-подобных сигналов и кодовом разделении каналов, - CDMA *(Code Division Multiple Access).*

В 1991 г. в Европе появился стандарт DCS-1800 (*Digital Cellular System* 1800 МГц), созданный на базе стандарта GSM. Великобритания сразу же приняла его в качестве основы для разработки уже упоминавшейся концепции PCN, что стало началом его победоносного шествия по континентам земного шара.

В развитии сотовой связи от Европы и США не отставала и Япония. В этой стране был разработан собственный стандарт сотовой связи JDC *(Japanese Digital Cellular),* близкий по своим показателям к американскому стандарту D-AMPS. Стандарт JDC был утвержден в 1991 Министерством почт и связи Японии.

В 1992 г. в Германии вступила в коммерческую эксплуатацию первая система сотовой связи стандарта GSM.

В 1993 г. в США после ряда успешных испытаний Промышленная Ассоциация в области связи TIA приняла стандарт CDMA как внутренний стандарт цифровой сотовой связи, назвав его IS-95. В сентябре 1995 г. в Гонконге была открыта коммерческая эксплуатация первой сети стандарта IS-95.

В 1993 г. в Великобритании вступила в эксплуатацию первая сеть DCS-1800 One-2-One, которая насчитывает уже более 500 тыс. абонентов.

Что такое сотовая связь, Россия узнала лишь на закате перестройки. В Санкт-Петербурге, а затем и в Москве появились системы стандарта NMT-4501 (усовершенствованный стандарт NMT-450). А принятие в 1994 г. концепции развития сетей сухопутной подвижной связи стало мощным катализатором дальнейшего развития сотовой связи в национальном масштабе. И если с внедрением стандартов NMT и AMPS наша страна отстала лет на десять, то провозглашение стандарта GSM в качестве одного из двух федеральных стандартов (NMT и GSM) сократило этот временной разрыв примерно до трех лет.

Четкая ориентация на прогрессивные мировые технологии дает возможность России не отставать от ведущих стран мира в развитии современных систем подвижной радиосвязи. Не отстает Россия и по внедрению прогрессивного стандарта CDMA. Условия развития сетей CDMA в России определены приказом Министерства связи РФ № 18 от 24 февраля 1996 г., где указано, что сети CDMA ориентированы на предоставление услуг стационарным абонентам. Но допускается возможность их применения из соты в соту, т. е. обеспечивается ограниченная подвижность абонентов. Первая сеть стандарта CDMA открыта в Челябинске, планируется запуск сетей CDMA в Москве и Санкт-Петербурге.

Дальнейшее развитие сотовой подвижной связи осуществляется в рамках создания проектов систем третьего поколения, которые будут отличаться унифицированной системой радио доступа, объединяющей существующие сотовые и “бес шнуровые” системы с информационными службами XXI в. Они будут иметь архитектуру единой сети и предоставлять связь абонентам в различных условиях, включая движущийся транспорт, жилые помещения, офисы и т. д. В Европе такая концепция, получившая название UMTS (универсальная система подвижной связи), предусматривает объединение функциональных возможностей существующих цифровых систем связи в единую систему третьего поколения FPLMTS *(Future Public Land Mobile Telephone* System) с предоставлением абонентам стандартизированных услуг подвижной связи. Работы по созданию международной системы подвижной связи общего пользования FPLMTS ведутся Международным союзом электросвязи. Для нее определен диапазон частот 1 - 3 ГГц, в котором будут выделены полосы шириной 60 МГц для стационарных станций и 170 МГц - для подвижных станций. Начало испытаний наземных компонентов системы ожидается в 2000 г., а ввод спутниковой подсистемы FPLMTS в полосах частот 1980-2010 и 2170-2200 МГц - в 2010 г.

Принципиально новым шагом в развитии систем сотовой подвижной связи стали одобренные международной организацией стандартов (ISO) концепция интеллектуальных сетей связи и модели открытых систем (OSI). Концепция построения интеллектуальной сети используется сегодня для создания всех перспективных цифровых сотовых сетей с микро- и макросотами. Она предусматривает объединение систем сотовой подвижной связи, систем радиовызова и персональной связи при условиях оперативного предоставления абонентам каналов связи и развития услуг. Модели OSI интерпретируют процесс передачи сообщений как взаимодействие функциональных взаимосвязанных уровней, каждый из которых имеет встроенный интерфейс на смежном уровне.

**3. Принципы функционирования систем сотовой связи**

Внедрение систем сотовой связи позволило решить проблему экономичного использования выделенной полосы радиочастот путем передачи сообщений на одних и тех же частотах и увеличить пропускную способность телекоммуникационных сетей. Свое название они получили в соответствии с сотовым принципом организации связи, согласно которому зона обслуживания (территория города или региона) делится на ячейки (соты). Эти системы подвижной связи, появившиеся сравнительно недавно, являются принципиально новым видом систем связи, так как они построены в соответствии с сотовым: принципом распределения частот по территории обслуживания (территориально-частотное планирование) и предназначены для обеспечения радиосвязью большого числа подвижных абонентов с выходом в телефонную сеть общего пользования. Если ведомственные (или частные) системы создавались (и создаются) в интересах небольшого числа абонентов, то сотовые системы подвижной связи стали использоваться в интересах широких слоев населения.

**3.1** **Деление обслуживаемой территории на соты**

Разделить обслуживаемую территорию на ячейки (соты) можно двумя способами: либо основанным на измерении статистических характеристик распространения сигналов в системах связи, либо основанным 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. 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 устанавливать в его центре, то будет обеспечен доступ почти ко всем участкам соты.

При использовании первого способа интервал между зонами, в которых используются одинаковые рабочие каналы, обычно получается больше требуемого для поддержания взаимных помех на допустимом уровне. Более приемлем второй способ разделения на зоны. В этом случае тщательно измеряют или рассчитывают параметры системы для определения минимального числа базовых станций, обеспечивающих удовлетворительное обслуживание абонентов по всей территории, определяют оптимальное место расположения базовой станции с учетом рельефа местности, рассматривают возможность использования направленных антенн, пассивных ретрансляторов и смежных центральных станций в момент пиковой нагрузки и т. д.

**3.2** **Повторное использование частот**

Каждая из ячеек обслуживается своим передатчиком с невысокой выходной мощностью и ограниченным числом каналов связи. Это позволяет без помех использовать повторно частоты каналов этого передатчика в другой, удаленной на значительное расстояние, ячейке. Теоретически такие передатчики можно использовать и в соседних ячейках. Но на практике зоны обслуживания сот могут перекрываться под действием различных факторов, например, вследствие изменения условий распространения радиоволн. Поэтому в соседних ячейках используются различные частоты. Пример построения сот при использовании трех частот F1 - F3 представлен на рис1.

Группа сот с различными наборами частот называется кластером. Определяющим его параметром является количество используемых в соседних сотах частот. На рис1, например, размерность кластера равна трем. Но на практике это число может достигать пятнадцати.

Основной идеей, на которой базируется принцип сотовой связи, является повторное использование частот в несмежных сотах. Первым способом организации повторного использования частот, который применялся в аналоговых системах сотовой подвижной связи первого поколения, был способ, использующий антенны базовых станций с круговыми диаграммами направленности. Он предполагает передачу сигнала одинаковой мощности по всем направлениям, что для абонентских станций эквивалентно приему помех от всех базовых станций со всех направлений.

Базовые станции, на которых допускается повторное использование выделенного набора частот, удалены друг от друга на расстояние *D,* называемое "защитным интервалом". Именно возможность повторного применения одних и тех же частот определяет высокую эффективность использования частотного спектра в сотовых системах связи.

Смежные базовые станции, использующие различные наборы частотных каналов, образуют группу из С станций. Если каждой базовой станции выделяется набор из *т* каналов с шириной полосы каждого E*,* то общая ширина полосы, занимаемая системой сотовой связи, составит Fc =E *т С.*

Таким образом, величина С определяет минимально возможное число каналов в системе, поэтому ее часто называют частотным *параметром* системы, или *коэффициентом повторения частот.* Коэффициент С не зависит от числа каналов в наборе и увеличивается по мере уменьшения радиуса ячейки. Таким образом, при использовании ячеек меньших радиусов имеется возможность увеличения повторяемости частот.

Применение шестиугольных ячеек позволяет минимизировать ширину необходимого частотного диапазона, поскольку такая форма обеспечивает оптимальное соотношение между величинами С и D. Кроме того, шестиугольная форма наилучшим образом вписывается в круговую диаграмму направленности антенны базовой станции, установленной в центре ячейки.

Остановимся более подробно на вопросе выбора размера ячейки (радиуса *R),* Эти размеры определяют защитный *интервал В* между ячейками, в которых одни и те же частоты могут быть использованы повторно. Заметим, что величина защитного интервала *D,* кроме уже перечисленных факторов, зависит также от допустимого уровня помех и условий распространения радиоволн. В предположении, что интенсивность вызовов в пределах всей зоны одинакова, ячейки выбираются одного размера. Размер зоны обслуживания базовой станции, выражаемый через радиус ячейки *R,* определяет также число абонентов N, способных одновременно вести переговоры на всей территории обслуживания. Следовательно, уменьшение радиуса ячейки позволяет не только повысить эффективность использования выделенной полосы частот и увеличить абонентскую емкость системы, но и уменьшить мощность передатчиков и чувствительность приемников базовых и подвижных станций. Это, в свою очередь, улучшает условия электромагнитной совместимости средств сотовой связи с другими радиоэлектронными средствами и системами.

Эффективным способом снижения уровня помех может быть использование направленных секторных антенн с узкими диаграммами направленности. В секторе такой направленной антенны сигнал излучается преимущественно в одну сторону, а уровень излучения в противоположном направлении сокращается до минимума. Деление сот на секторы позволяет чаще применять частоты в сотах повторно. Общеизвестный способ повторного использования частот в организованных таким образом сотах основан на применении 3-секторных антенн для *каждой* базовой станции и трех соседних базовых станций с формированием ими девяти групп частот (рис. 2). В этом случае используются антенны с шириной диаграммы направленности 120°.

Самую высокую эффективность использования полосы частот и, следовательно, наибольшее число абонентов сети, работающих в этой полосе, обеспечивает разработанный фирмой Motorola (США) способ повторного использования частот, при котором задействуются две базовые станции. При реализации этого способа (рис. 3) каждая частота используется дважды в пределах кластера, состоящего из 4 ячеек; базовая станция каждой из них может работать на 12 частотах, используя антенны с диаграммой направленности шириной 60°.

**3.3** **Состав систем сотовой связи**

Каждая из сот обслуживается многоканальным приемопередатчиком, называемым *базовой станцией.* Она служит своеобразным интерфейсом между сотовым телефоном и центром коммутации подвижной связи, где роль проводов обычной телефонной сети выполняют радиоволны. Число каналов базовой станции обычно кратно 8, например, 8, 16, 32... Один из каналов является управляющим *(control channel).* В некоторых ситуациях он может называться также каналом вызова *(calling channel).* Ha 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 потому незаметно для абонента. Он лишь набирает нужный ему телефонный номер и разговаривает, как по обычному телефону.

 Любой из каналов сотовой связи представляет собой пару частот для дуплексной связи, т. е. частоты базовой и подвижной станций разнесены. Это делается для того, чтобы улучшить фильтрацию сигналов и исключить взаимное влияние передатчика на приемник одного и того же устройства при их одновременной работе.

 Все базовые станции соединены с центром коммутации подвижной связи (коммутатором) по выделенным проводным или радиорелейным каналам связи (рис 1). Центр коммутации 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.

**3.4 Алгоритм функционирования систем сотовой связи**

Несмотря на разнообразие стандартов сотовой связи, алгоритмы их функционирования, независимо от имеющихся особенностей, в основном сходны. Для абонента практически нет никакой разницы, в каком стандарте осуществляется связь. Если ему нужно позвонить, то он просто нажимает клавишу на своем радиотелефоне (это может быть любой сотовый радиотелефон), что соответствует снятию трубки обычного телефона. Когда же радиотелефон находится в режиме ожидания (состояние “трубка положена” обычного телефона), его приемное устройство постоянно сканирует (просматривает) либо все каналы системы, либо только управляющие. Для вызова соответствующего абонента всеми базовыми станциями сотовой системы связи 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 разговора достигается путем автоматического переключения абонента на другой канал связи. Это происходит следующим образом. Специальная процедура, называемая передачей управления вызовом или эстафетной передачей (в иностранной технической литературе — *handover,* или *handoff),* позволяет переключить разговор на свободный канал другой базовой станции, в зоне действия которой оказался в это время абонент. Аналогичные действия предпринимаются при снижении качества связи из-за влияния помех или при возникновении неисправностей коммутационного оборудования. Для контроля таких ситуаций базовая станция снабжена специальным приемником, периодически измеряющим уровень сигнала сотового телефона разговаривающего абонента и сравнивающим его с допустимым пределом. Если уровень сигнала меньше этого предела, то информация об этом автоматически передается в центр коммутации по служебному каналу связи. Центр коммутации выдает команду об измерении уровня сигнала сотового радиотелефона абонента на ближайшие к нему базовые станции. После получения информации от базовых станций об уровне этого сигнала центр коммутации переключает радиотелефон на ту из них, где уровень сигнала оказался наибольшим. Это происходит так быстро, что абонент совершенно не замечает переключении.

Иногда возникает ситуация, когда поток заявок на обслуживание, поступающий от абонентов сотовой сети, превышает количество каналов, имеющихся на всех близко расположенных базовых станциях. Это происходит тогда, когда все каналы станций заняты обслуживанием абонентов и нет ни одного свободного и поступает очередная заявка на обслуживание от подвижного абонента. В этом случае как временная мера (до освобождения одного из каналов) используется принцип эстафетной передачи внутри соты. При этом происходит поочередное переключение каналов в пределах одной и той же базовой станции для обеспечения связью всех абонентов.

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 сеть позволяет не только самому абоненту звонить из другого города или страны, но и получать звонки от тех, кто не успел застать его дома. В сотовой радиосвязи такая возможность называется *роуминг* (от англ. roam — скитаться, блуждать). Для организации роуминга сотовые сети должны быть одного стандарта (телефон стандарта GSM не будет работать в сети стандарта CDMA и т. п.), 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:

-Наличие в требуемых регионах сотовых систем стандарта, совместимого со стандартом компании, у которой был приобретен радиотелефон*.*

-Наличие соответствующих организационных и экономических соглашений о роуминговом обслуживании абонентов

-Наличие каналов связи между системами, обеспечивающих передачу звуковой и другой информации для роуминговых абонентов

При перемещении абонента 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 первоначальной сети, и все поступающие туда вызовы автоматически переадресовываются в ту сеть, где в данный момент находится абонент.

При организации роуминга недостаточно провести только технические мероприятия по соединению различных сетей сотовой связи. Очень важно еще решить проблему взаиморасчетов между операторами этих сетей.

Различают три вида роуминга:

*-* Автоматический (именно с этой формой за рубежом обычно и связывают понятие роуминга), т. е. предоставление абоненту возможности выйти на связь “в любое время в любом месте”;

- Полуавтоматический, когда абоненту для пользования данной услугой в каком-либо регионе необходимо предварительно поставить об этом в известность своего оператора

- Ручной, по сути, простой обмен одного радиотелефона на другой, подключенный к сотовой системе другого оператора

Существующий объем услуг роуминга во многом определяется активностью деятельности конкретных компаний, так как возникающие при этом технические проблемы у всех приблизительно одинаковы (хотя здесь и можно отметить стандарт GSM, в который возможность роуминга была заложена изначально). Перспективы развития этой сферы услуг зависят уже от распространенности стандартов.

Например, для создания единой сети стандарта GSM в России, предлагающей услуги роуминга в национальном масштабе, требуется организация связи с каждым региональным оператором. Кроме того, для передачи служебных сообщений необходим, как минимум, выделенный цифровой канал со скоростью передачи информации 64 Кбит/с. Пока, в силу недостаточного спроса на услуги подвижной связи вне столиц и больших городов, для местных операторов нерентабельно держать такой канал для небольшого количества приезжих.

**4. Аналоговые системы сотовой связи**

Аналоговые системы сотовой подвижной связи принадлежат к первому поколению сотовых систем. Эти системы обеспечивают вхождение в связь и регистрацию стоимости разговора, организацию связи между подвижными абонентами и абонентами стационарной телефонной сети общего пользования и т. п. Сравнительные характеристики систем сотовой связи основных используемых стандартов представлены в табл.1.

Таблица 1. Характеристики аналоговых стандартов сотовой связи

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | AMPS | TACS (ETACS) | NMT-450 | NMT-900 | Radlocom-2000 | NTT |
| Диапазон частот, МГц | 825-845 870-890 | 935-950 (917-933) 890-905 (872-888) | 453-457.5 463-467,5 | 935-960 890-915 | 424,8-427,9 418,8-421,9 | 925-940 870-885 |
| Радиус ячейки, км | 2-20 | 2-20 | 2-45 | 0,5-20,0 | 5-20 | 5-10 |
| Число каналов подвижной станции | 666 | 600 (640) | 180 | 1000/1999 | 256 | До 1000 |
| Число каналов базовой станции | 96 | 144 | 30 | 30 | - | 120 |
| Мощность передатчика базовой станции, Вт | 45 | 50 | 50 | - | - | 25 |
| Ширина полосы частот канала, кГц | 30 | 25 | 25 | 25,0/12,5 | 12,5 | 25 |
| Время переключения канала на границе ячейки, мс | 250 | 290 | 1250 | 270 | - | 800 |
| Максимальная девиация частоты в канале управления,кГц | 8 | 6,4 | 3,5 | 3,5 | - | 4,5 |
| Максимальная девиация частоты в речевом канале,кГц | 12 | 9,5 | 5 | 5 | 2,5 | 5 |
| Минимальное отношение сигнал/шум, дБ | 10 | 10 | 15 | 15 | - | 15 |

Таблица 2.Характеристики систем сотовой связи

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Система сотовой | Коэфициэнт повторения частоты | Число каналов управления | Число каналов передачи речи | Среднее число занятых | Средняя загрузка, Эрл/ячейка | Число вызовов на ячейку в ЧНН |
| AMPS | 7 | 21 | 279 | 39.86 | 30,80 | 1208 |
| TACS | 7 | 21 | 279 | 39,86 | 30,80 | 1208 |
| NMT | 9-12 | 0 | 300 | 33,33-25,00 | 24,93-17,50 | 937-657 |

Эффективность использования аналоговых систем сотовой подвижной связи характеризуется такими параметрами, как число вызовов на ячейку в часы наибольшей нагрузки (ЧНН), средняя загрузка на ячейку и др. (табл.2).

**5.** **Цифровые системы сотовой подвижной связи**

Цифровые системы сотовой подвижной связи представляют собой системы второго поколения. По сравнению с аналоговыми системами они предоставляют абонентам больший набор услуг и обеспечивают повышенное качество связи, а также взаимодействие с цифровыми сетями с интеграцией служб (ISDN) и пакетной передачи данных (PDN). Среди этих систем широкое распространение получили те, которые базируются на стандартах GSM (DCS 1800), D-AMPS (ADC), JDC, CDMA.. Сравнительные характеристики стандартов представлены в таблице.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | GSM |  |  |  |
| (DCS1800) | D-AMPS (ADC) | JDC | CDMA |  |
| Метод доступа | ТDМА | TDMA | TDMA | CDMA |
| Количество речевых каналов несущую | 8 | 3 | 3 | 32 |
| Рабочий диапазон частот, МГц | 935-960; |  |  |  |
| 890-915  | 824-840  |  |  |  |
| 869-894 | 810-826 ;940-956 1429-1441 ;1447-1489 1501-1513 | 824-840 869-894 |  |  |
| Разнос каналов, кГц | 200 | 30 | 25 | 1250 |
| Эквивалентная полоса частот на один разговорный канал, кГц | 25 | 10 | 8,3 | - |
| Вид модуляции | 0,3 GMSK | n/4 DQPSK | n/4 DQPSK | QPSK |
| Скорость передачи информации, Кбит/с | 270 | 48 | 42 |  |
| Скорость преобразования речи, Кбит/с | 13 | 8 | 11,2(5,6) |  |
| Алгоритм преобразования речи | RPE-LTR | VSELP | VSELP |  |
| Радиус соты, км | 0,5-35,0 | 0,5-20,0 | 0,5-20,0 | 0,5-25,0 |

**6.** **Сотовые телефоны**

С тех пор, как системы сотовой подвижной связи начали свое победоносное шествие по странам мира, прошло совсем немного времени. Однако были разработаны различные стандарты и системы связи, а вместе с ними развивалось и оборудование этих систем. Привычные для нас сотовые радиотелефоны имели в начале своего развития огромные размеры и были похожи скорее на радиостанции, чем на телефоны. Но с каждым годом они все более развивались: уменьшались их размер и вес, улучшался дизайн, снижалась стоимость, перед пользователями открывались все новые и новые возможности подвижной связи. На рисунке по казано, как изменялись некоторые пара метры абонентских радиотелефонов и их внешний вид в последние годы. Выбор стандарта сотовой связи однозначно определяет и выбор класса модели радиотелефона. При этом, несмотря на наличие общих черт, модели различаются не только функциональными возможностями, определяемыми стандартом, но и некими устоявшимися традициями их конструирования и внешнего оформления. В пределах каждого класса модели радиотелефоны различаются между собой не только объемом сервисных функций, но часто и параметрами приемопередающих трактов. По этой причине при выборе радиотелефона полезно не только руководствоваться внешним видом, но и иметь некоторое представление о конструкции аппарата и его возможностях. Поэтому перейдем к рассмотрению устройства аналоговых и цифровых радиотелефонов, проанализируем их основные возможности и функции.

Несмотря на многообразие представленных на мировом рынке моделей сотовых радиотелефонов, все они имеют сходную конструкцию. Каждый радиотелефон имеет передающее и приемное устройства, устройства преобразования и воспроизведения речи, устройство контроля и управления, антенну, звонок (зуммер), клавиатуру и дисплей. В зависимости от модели они могут различаться размерами, составом комплектующих элементов, функциональными характеристиками и другими показателями.

В последнее время все фирмы-производители стараются снизить стоимость, улучшить дизайн, уменьшить размеры и повысить эксплуатационные показатели своей продукции. Это достигается за счет более высокой степени интеграции логических и радиотехнических блоков радиотелефонов, внедрения поточных линий их производства (снижение доли ручной сборки), использования последних достижений науки и техники в области связи и приборостроения.

В качестве примера рассмотрим конструкцию радиотелефона ЕН237 фирмы Ericsson. Этот радиотелефон предназначен для работы в аналоговой сотовой системе стандарта ETACS. Он состоит из передней крышки, на которой располагаются клавиатура, дисплей, микрофон и громкоговоритель;

задней крышки, на которой закреплена антенна, и четырехслойной печатной платы, на которой размещены все основные узлы.

Антенна аппарата выполнена в виде спирали, а задняя крышка корпуса используется в качестве противовеса и служит для улучшения излучательной способности антенны. Характеристики такой антенны, несмотря на ее малые геометрические размеры, соответствуют аналогичным характеристикам традиционной полуволновой антенне и не зависят от ее ориентации в пространстве.

На четырехслойной печатной плате (в цифровом радиотелефоне их может быть две) собраны основные узлы. В приемном и передающем блоках полностью исключены намоточные контуры. В приемнике фильтрация сигналов производится с помощью фильтров на поверхностных акустических волнах (ПАВ), которые имеют предельно малые размеры и высокие фильтрующие характеристики по сравнению с традиционными фильтрами, использующими LC-контуры. В передатчике для уменьшения внеполосных излучений используются высокодобротные керамические фильтры. Выходные каскады передатчика выполнены на арсенид-галиевых транзисторах. Для получения необходимых частот передатчика и гетеродинных частот приемника используется синтезатор частот, работой которого управляет блок контроля и управления. Основой последнего является центральный процессор. Все блоки выполнены, главным образом, на микросхемах с низким потреблением энергии и высокими функциональными возможностями. Они включают в себя звуковые фильтры, избирательные усилители для микрофона и громкоговорителя, фазовый модулятор и демодулятор, генератор DTMF-сигналов, блоки автоматического тестирования и управления. На плате установлены разъемы для подключения антенны, внешних устройств, клавиатуры и дисплея. Плата устанавливается на рамку и закрепляется на передней крышке корпуса. Малые размеры платы достигаются за счет использования плотного монтажа, применения бескорпусных радиоэлементов и функциональных узлов - чипов.

Структурная схема радиотелефона аналогового стандарта ETACS представлена на рисунке.

Передающий и приемный блоки выполнены по классической схеме. Приемное устройство представляет собой супергетеродинный приемник с двойным преобразованием частоты. Входной сигнал поступает в полосовой фильтр на ПАВ, выделяющий принимаемый сигнал и ослабляющий помехи. Отфильтрованный сигнал поступает в малошумящий усилитель (МШУ) и после усиления подается в смеситель. На второй вход последнего с синтезатора частот поступает сигнал гетеродина. Полученный сигнал первой промежуточной частоты (45 МГц) поступает в усилитель первой промежуточной частоты УПЧ1 и после усиления фильтруется полосовым фильтром на ПАВ. Отфильтрованный сигнал поступает во второй смеситель. В него же с гетеродина Г поступает сигнал*.* Полученный в результате гетеродинирования сигнал второй промежуточной частоты c частотой 450 кГц фильтруется полосовым фильтром на ПАВ и усиливается усилителем УПЧ2. Усиленный до необходимого уровня сигнал поступает в фазовый демодулятор, где выделяются сигналы управления и речевой сигнал. Последний поступает в усилитель УНЧ и далее — на громкоговоритель. Сигналы управления обрабатываются процессором CPU.

Аналоговый сигнал, поступающий с микрофона, усиливается усилителем УНЧ до необходимого уровня и поступает в фазовый модулятор. Промодулированный сигнал частотой 90 МГц через полосовой фильтр на ПАВ поступает в смеситель. С выхода смесителя сигнал через полосовой керамический фильтр поступает в усилитель мощности класса С, обеспечивающий максимальный КПД передатчика. Усиленный сигнал через регулятор мощности УМ и полосовой керамический фильтр поступает к антенне. Обработка сигналов управления, опрос клавиатуры, формирование необходимых частот и вывод информации на дисплей происходит под управлением центрального процессора. Синтезатор частоты позволяет получать высокостабильные сигналы частот всего используемого диапазона.

Структурная схема радиотелефона, работающего в стандарте GSM, представлена на рисунке.

Обычно в таких радиотелефонах имеется аналоговая и цифровая части, которые могут выполняться на отдельных платах. Аналоговая часть включает в себя приемное и передающее устройства, которые по своим характеристикам и построению напоминают описанные выше.

Антенна А выполняет одновременно функции передающей и приемной. Она представляет собой спиральную укороченную антенну, по характеристикам аналогичную стандартной полуволновой антенне. В системах стандарта GSM передатчик и приемник работают не одновременно, и передача осуществляется только в течение 1/8 длительности кадра. Это значительно уменьшает расход энергии аккумуляторной батареи и увеличивает время функционирования как в режиме передачи (разговора), так и в режиме приема (ожидания). Кроме того, снижаются требования к ВЧ-фильтру приемника, выполненному на ПАВ, и делает возможным интеграцию малошумящего входного усилителя МШУ со смесителем. Принимаемый сигнал после прохождения входного полосового фильтра усиливается МШУ и поступает на первый вход смесителя. На второй вход поступает сигнал гетеродина с синтезатора частот. Сигнал первой промежуточной частоты проходит через полосовой фильтр на ПАВ и усиливается усилителем первой промежуточной частоты УПЧ1, после чего поступает на первый вход второго смесителя. На второй его вход поступает сигнал гетеродина, с генератора частот. Полученный сигнал второй промежуточной частоты фильтруется полосовым фильтром на ПАВ, усиливается усилителем УПЧ2 и поступает на аналого-цифровой преобразователь АЦП, где преобразуется в сигнал, необходимый для работы сигнального процессора CPU.

В режиме передачи информационный цифровой сигнал, сформированный в CPU, поступает на I/0-генератор, где происходит формирование модулирующего сигнала. Последний поступает в фазовый модулятор, с которого сигнал поступает в смеситель. На второй вход смесителя поступает сигнал с синтезатора частот. Полученный сигнал через полоссовой фильтр поступает в усилитель мощности УМ, управляемый с помощью CPU-Усиленный до необходимого уровня сигнал через полосовой керамический фильтр поступает к антенне А и излучается в пространство.

Цифровая логическая часть радиотелефона обеспечивает формирование, и обработку всех необходимых сигналов. Она состоит из цифрового сигнального процессора CPU, памяти MEM, канального эквалайзера, канального кодера/декодера, SIM-карты, преобразователей АЦП и ЦАП, клавиатуры и дисплея.

Логическая часть выполняет задачи, заключающиеся в демодуляции, кодировании, сжатии и восстановлении речевого сигнала, уменьшении шумов, в обработке информации, вводимой с клавиатуры. Она выводит необходимую информацию на экран дисплея, производит обмен информацией с SIM-картой, обеспечивающей аутентификацию абонента и шифрование данных.

**7.** **Глоссарий**

МДЧР - метод частотного разделения каналов

МЛА - многолучевая антенна

AFN - Absolute Frame Number - абсолютный номер кадра

BCCH- Broadcast Control Chanel - канал управления передачей

BS- Bfise Station Number - код базовой станции

CDMA- Code Division Multiple Access - кодовое разделение каналов

DCA- Dinamic Chanel Allocation - Динамическое разделение каналов

DCS - Digital Cellular Sistem - цифровая сотовая система

FDMA - Frequency Division Multiple Access - частотное разделение для смежных сот

FN- Frame Number -номер кадра

GSM - Groupe Special Mobile - Группа экспертов подвижной связи

HS - HandSet - ручной телефон

ISDN - Integrated Services Digital Network - цифровая сеть с интеграцией услуг

MAP - Mobile Application Part - подсистема мобильной связи

MS - Mobile Station - мобильная станция

PCM - Pulse Code Modulation - импульсно кодовая модуляция

PMR - Professional Mobile Radio - профессиональные системы подвижной связи

RACH - Random Access Channel - канал произвольного доступа

**8.Список используемой литературы**

1. *Ратынский М.* Телефон в кармане. - М:"Радио и связь", 2000.
2. *Громаков Ю.* Стандарты и системы подвижной радиосвязи. - М:"Радио и связь", 1996.