

7. Системы подвижной радиосвязи (СПРС)

СПРС предназначены для связи между движущимся абонентом и абонентом ТФОП или между двумя движущимися абонентами. Принципы организации СПРС (рис. 7.1):

- а) полносвязная система;
- б) «принцип звезды».

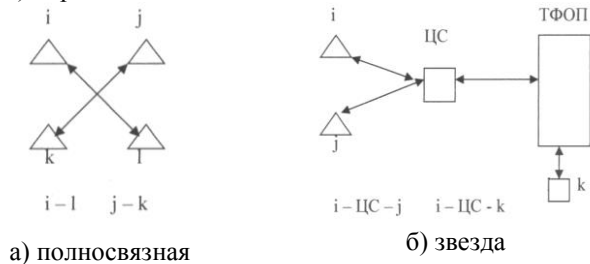


Рис. 7.1. Принципы организации СПРС

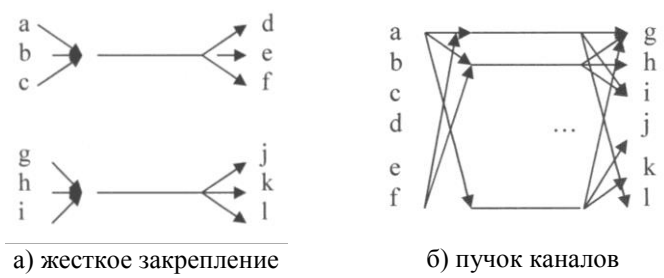


Рис. 7.2. Способ использования каналов СПРС

По способу использования каналов связи различают системы (рис. 7.2):

- с жестко закрепленными за группой абонентов каналами;
- с полностью доступным пучком каналов.

Наиболее распространенными СПРС связи являются радиально-зонавые (транкинговые) системы и сотовые системы.

Принципы функционирования систем сотовой связи

Идея сотовой телефонной связи такова (рис. 7.3). Площадь, подлежащая телефонизации, покрывается сетью базовых приемопередатчиков (Base Transceiver Station - BTS). При этом чувствительность и излучаемая мощность базовой станции БС и (Base Station - BS) гораздо выше, чем чувствительность и мощность излучения мобильной станции (Mobile Station - MS), что позволяет сделать сами телефоны достаточно компактными и использовать источники питания ограниченной емкости. Базовые станции соединены с центром коммутации подвижной связи ЦКПС, который в свою очередь соединен с телефонной сетью общего пользования ТФОП. Сеть с централизованным управлением представлена на рис. 7.4.

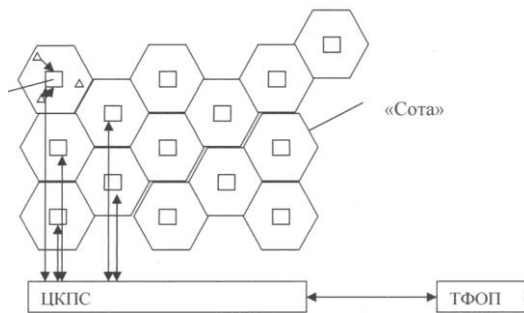


Рис. 7.3. Структура сотовой системы связи

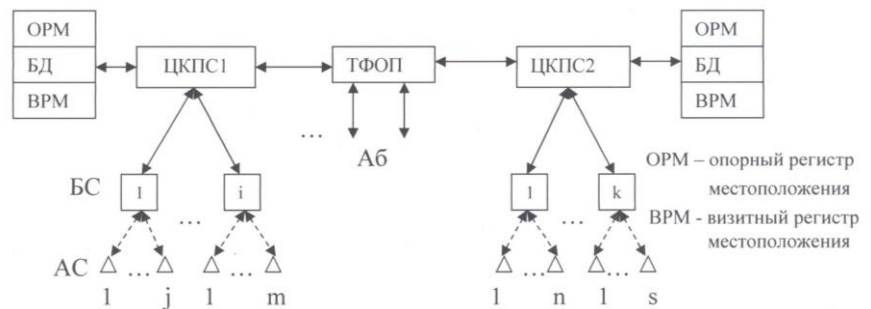


Рис. 7.4. Сеть с централизованным управлением

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 разделения территории на соты без перекрытия могут быть использованы 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 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.

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 F_1 — F_3 представлен на рис. 7.5.

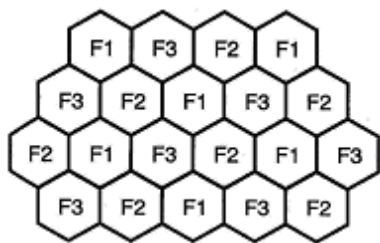


Рис. 7.5. Построение сот для трех частот F1, F2, F3 – частоты базовых станций

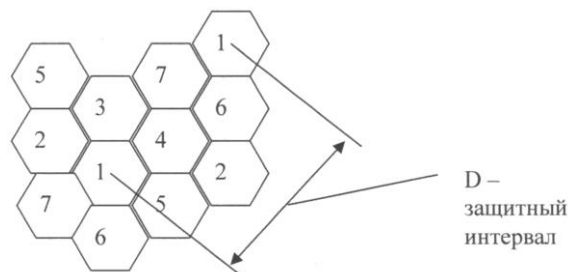


Рис. 7.6. Повторное использование частот

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, был способ, использующий антенны базовых станций с круговыми диаграммами направленности. Базовые станции, на которых допускается повторное использование выделенного набора частот, удалены друг от друга на расстояние D , называемое «защитным интервалом» (рис. 7.6). Именно возможность повторного применения одних и тех же частот определяет высокую эффективность использования частотного спектра в сотовых системах связи.

При $t_{\text{зан.канала}} = 1,5 \text{ мин/час}$ для обслуживания 10000 абонентов в транкинговой системе необходимо иметь 250 каналов, а в сотовой системе при 25 ячейках необходимо иметь всего 10 каналов. В реальности, чтобы избежать перекрестных помех между сотами их объединяют в кластеры – группы ячеек в зоне обслуживания с различными наборами каналов (частот). **Группа сот с различными наборами частот называется кластером.** Определяющим его параметром является количество используемых в соседних сотах частот. На рис. 7.5., например, размерность кластера равна трем. Но на практике это число может достигать пятнадцати.

В одном кластере находится несколько базовых станций, работающих в неповторяющихся диапазонах частот, каждая из BS обеспечивает некоторое количество каналов. Величина защитного интервала D определяется исходя из допустимого уровня перекрестных помех между сотами с одинаковым набором частот и условий распространения радиоволн.

Смежные базовые станции, использующие различные наборы частотных каналов, образуют группу из C станций. Если каждой базовой станции выделяется набор из m каналов с шириной полосы каждого F_k , то общая ширина полосы, занимаемая системой сотовой связи, составит

$$F_c = F_k * m * C.$$

Таким образом, величина C определяет минимально возможное число каналов в системе, поэтому ее часто называют **частотным параметром системы, или коэффициентом повторения частот.** Коэффициент C не зависит от числа каналов в наборе и увеличивается по мере уменьшения радиуса ячейки. 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. Недостатком уменьшения радиуса ячейки является повышение требований к обеспечению непрерывности связи с MS.

Состав системы сотовой связи (рис. 7.7.)

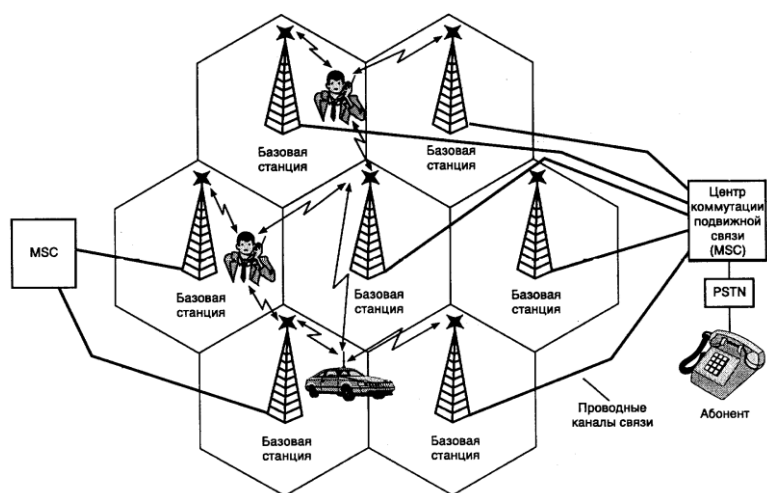


Рис. 7.7. Основные составляющие систем сотовой связи

Каждая из сот обслуживается **базовой станцией BS**, которая служит своеобразным интерфейсом между сотовым телефоном и центром коммутации подвижной связи MSC (Mobile Service Switching Center). 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 (callmd 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 переключенный на него. Любой из каналов представляет собой пару частот для дуплексной связи, т. е. частоты BS и MS. Это делается для того, чтобы исключить взаимное влияние передатчика на приемник одного и того же устройства при их одновременной работе.

Все базовые станции соединены с центром коммутации подвижной связи **MSC (коммутатором)** по выделенным проводным или радиорелейным каналам связи. MSC - это аналог АТС для системы сотовой связи, имеет выход на коммутируемую ТФОП (PSTN) и обеспечивает все функции управления сетью.

При перемещении MS через границу зоны обслуживания BS должно обеспечиваться автоматическое (и незаметное для абонента) переключение обслуживания с одной базовой станции на другую (**эстафетная передача**). Переключение осуществляет MSC, который осуществляет постоянное слежение за MS, организует их эстафетную передачу, в процессе которой достигается непрерывность связи при перемещении MS из соты в соту, и переключение рабочих каналов в соте при

появлении помех или неисправностей. Задача обслуживания абонента при его переходе из соты в соту – эстафетной передачи (handover, handoff) значительно повышает сложность сотовой системы.

Во время сеанса связи в среднем требуется одно переключение на другую сотовую зону. На один вызов, получаемый абонентом, он сам инициирует два вызова. При средней длительности сеанса связи 90 с пропускная способность одного канала составляет 40 вызовов в час. Следовательно, если в среднем абонент делает один вызов в час, то один канал может обслужить 40 абонентов в час. Очевидно, что и коммутатор сотовой системы должен в час наибольшей нагрузки обрабатывать 40 вызовов в час от каждого канала. Приведенные оценки являются максимальными теоретическими оценками (реалистичные оценки составляют примерно 75 % от теоретических).

Важным достоинством сотовых систем является возможность постепенного развертывания этих систем на обслуживаемой территории во времени и в пространстве, что позволяет использовать доходы, полученные при начале эксплуатации системы для ее развития. Основой этого служит принцип расщепления ячеек: При пространственном подходе учитывается территориальная загрузка сети (максимальная - в деловом центре, минимальная - в «спальных» районах и пригородах).

Еще одним достоинством сотовых систем является роуминг (от англ. roam - скитаться, блуждать) – автоматический поиск и обслуживание абонентских станций MS, пришедших с других территорий (других MSC).

Алгоритмы функционирования систем сотовой связи



Рис. 7.8. Диаграмма алгоритма работы системы сотовой связи

при получении этого сигнала отвечает по одному из свободных каналов управления. BS, принявшие ответный сигнал, передают информацию о его параметрах в MSC, который, в свою очередь, переключает разговор на ту BS, где зафиксирован максимальный уровень сигнала сотового телефона вызываемого абонента. Во время набора номера радиотелефон занимает один из свободных каналов, уровень сигнала BS в котором в данный момент максимален. По мере удаления абонента от BS или в связи с ухудшением условий распространения радиоволн уровень сигнала уменьшается, что ведёт к ухудшению качества связи. Улучшение качества разговора достигается путём автоматического переключения абонента на другой канал связи. Для контроля таких ситуаций базовая станция снабжена специальным приёмником, 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 передаётся в MSC по служебному каналу связи. MSC выдаёт команду об измерении уровня сигнала сотового радиотелефона абонента на ближайшие к нему BS. После получения информации от BS об уровне этого сигнала MSC переключает радиотелефон на ту из них, где уровень сигнала оказался наибольшим.

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

Одна из важных услуг сетей сотовой связи является роуминг - предоставление возможности звонить и получать звонки при поездке в другой город, область или страну. Роуминг возможен, если на данной территории есть сеть данного стандарта, и имеется возможность соединения гостевой MSC с домашней MSC для обмена данными о местонахождении абонента. Т.е. для обеспечения роуминга в сотовых сетях необходимо выполнение трёх условий:

- наличие в большинстве регионов сетей сотовых систем;
- наличие организационных и экономических соглашений о роуминговом обслуживании абонентов;
- наличие каналов связи между системами, обеспечивающими передачу информации о роуминговых абонентах.

При перемещении абонента в другую сеть её MSC запрашивает информацию в домашней сети, и при подтверждении полномочий абонента регистрирует его. Данные о местоположении абонента постоянно обновляются в MSC домашней сети, и все поступающие туда вызовы автоматически переадресовываются в ту сеть, где в данный момент находится абонент.

Сотовый радиотелефон и здоровье.

Время от времени в средствах массовой информации поднимается вопрос о вредном воздействии на человека систем сотовой связи, в частности, связанном с последствиями облучения головного мозга при пользовании сотовым радиотелефоном. Пока не установлены какие-либо статистически обоснованные закономерности распространения тех или иных заболеваний среди абонентов систем сотовой связи. Никто не может, категорически утверждать, что нет вреда от радиотелефонов, равно как никто не может утверждать, что вред есть. Учёные единодушно сходятся на том, что электромагнитное излучение сотовых телефонов, конечно же влияет на ткани головного мозга.

История 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.

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 *сота́ми* (от англ. *cell*-ячейка, *cota*). 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 (*cote*).

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.

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 аналоговых стандартах использовался аналоговый способ передачи информации с помощью обычной частотной (ЧМ) или фазовой (ФМ) модуляции. Этот способ имеет ряд существенных недостатков: возможность прослушивания разговоров другими абонентами, отсутствие эффективных методов борьбы с замираниями сигналов.

С целью разработки единого европейского стандарта цифровой сотовой связи для выделенного в этих целях диапазона 900 МГц в 1982 г. Европейская Конференция Административных Почт и Электросвязи (CEPT) создала специальную группу *Groupe Special Mobile*, позже GSM стали расшифровывать как *Global System for Mobile Communications*). В 1990 г. были опубликованы требования к системе сотовой связи стандарта GSM, в котором использовались современные разработки ведущих научно-технических центров. К ним относятся временное разделение каналов, шифрование сообщений и защита данных абонента, использование блочного и сверточного кодирования, новый вид модуляции — GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*).

В 1990 г. американская Промышленная Ассоциация в области связи TIA (*Telecommunications Industry Association*) утвердила национальный стандарт IS-54 цифровой сотовой связи, более известен как D-AMPS. Одновременно американская компания Qualcomm начала активную разработку нового цифрового стандарта сотовой связи, основанного на технологии шумоподобных сигналов и кодовом разделении каналов, - CDMA (*Code Division Multiple Access*). В 1993 г. TIA приняла стандарт IS-95.

Дальнейшее развитие сотовой подвижной связи осуществляется в рамках создания и совершенствования систем третьего поколения. В Европе концепция систем третьего поколения получила название UMTS (универсальная система подвижной связи). Она 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.

Решать задачу создания ССПС 3-го поколения целесообразно, используя принцип конвергенции стандартов (взаимопроникновения) – совместимости по целям управления.

Все стандарты сотовой связи подразделяются на поколения:

- **I поколение** – аналоговые стандарты NMT-450, AMPS и TACS.
- **II поколение** – цифровые стандарты GSM-900, D-AMPS-800и CDMA.
- **III поколение** – цифровые стандарты UWC-136, WCDMA, UMTS/UTRA и cdma2000.

В табл. 7.1. приведены характеристики аналоговых систем связи (1 поколение).

Табл. 7.1. Характеристики аналоговых систем сотовой связи

Характеристика	AMPS	NMT-450	NMT-900	Radiocom-2000
Радиус ячейки, км	2 - 20	2 - 45	0,5 - 20,0	5 - 20
Число каналов подвижной станции	96	30	30	-
Мощность передатчика базовой станции, Вт	45	50	-	-
Ширина полосы частот канала, кГц	30	25	25,0/12,5	12,5
Минимальное отношение с/шум, дБ	10	15	15	-

В табл. 7.2. приведены характеристики цифровых систем связи (2 поколение).

Табл. 7.2. Характеристики цифровых систем сотовой связи

Характеристика	GSM (DCS1800)	D-AMPS (ADC)	JDC	CDMA
Метод доступа	TDMA	TDMA	TDMA	CDMA
Количество речевых каналов на несущую	8(16)	3	3	32
Эквивалентная полоса частот на один канал, кГц	25 (12,5)	10	8,3	-
Вид модуляции	0,3 GMSK	n/4 DQPSK	n/4 DQPSK	QPSK
Скорость передачи информации, Кбит/с	270	48	42	
Радиус соты, км	0,5-35,0	0,5-20,0	0,5-20,0	0,5-25,0

В странах бывшего СССР операторы связи при построении систем фиксированной (WLL) и подвижной (мобильной) сотовой связи использовали четыре стандарта:

1. Аналоговый: NMT-450.
2. Цифровые: D-AMPS-800, GSM-900 и GSM-1800.

Стандарт GSM-900 был принят в качестве федерального для цифровых сотовых сетей России. Стандарты подвижной связи отличаются друг от друга принципами построения и разделения каналов, а так же такими характеристиками как:

- используемый **частотный диапазон** – 400 МГц, 450 МГц, 800 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц;
- **способы передачи** речи и служебной информации – **аналоговый, цифровой и смешанный**;
- **уровень защищенности**;
- **удельная емкость сети**;
- **качество предоставляемого сервиса (QOS)** – качество речи, временные задержки, потери вызовов и др.;
- **количество и ассортимент сервисных возможностей**.

Частотный диапазон определяет подверженность помехам, затухание сигнала, особенности распространения радиоволн (в условиях города и открытой местности).

От уровня защищенности зависит возможность прослушивания абонентских переговоров и несанкционированного подключения (когда злоумышленник ведет разговоры за счет абонентов).

Удельная ёмкость сети отображает **максимальное число абонентов** в сети, а так же максимальное число одновременно обслуживаемых абонентов. От качества предоставляемого сервиса зависят: разборчивость и естественность речи, время установления соединения, задержки передачи речи, длительность разговора и пр.

Цифровые стандарты второго поколения сотовой связи близки как по своим техническим характеристикам, так и по ассортименту и качеству услуг. Все данные стандарты позволяют предоставлять абоненту широкий спектр услуг, такие как:

- телефонную связь;
- прием и передачу факсимильных сообщений, SMS и компьютерных данных;
- доступ к другим сетям (например, Internet);
- переадресация вызова;
- ожидание и удержание вызова;
- конференц-связь;
- запрет (или ограничение) определенных категорий вызовов;
- автоматическое определение номера (АОН);
- электронную и голосовую почту;
- организацию закрытых групп (VPN);
- различные варианты доступа к сети;
- возможность предоставления нескольких номеров на один абонентский терминал;
- роуминг в “своей” сети и в сетях других операторов, технически совместимых с “домашней” сетью.

В любой сети может быть реализован не весь спектр услуг, и зависит в основном от спроса на конкретную услугу и стратегической политики оператора связи. Каждый оператор строит систему связи исходя из собственных технико-экономических расчетов и обоснований, а так же бизнес-планов. Нарращивание сети и ввод новых услуг связи может производиться во время эксплуатации сети, когда это является экономически оправдано. **При проектировании и развертывании сетей сотовой связи оператор должен обеспечить оптимальное построение сети по критерию эффективность-стоимость.** Как показывает практика, качество предоставляемых услуг в наибольшей степени определяется тем, насколько качественно спроектирована и развернута сеть связи оператора, а не тем, какой стандарт использует оператор и каковы технические характеристики данного стандарта.

На первый взгляд задачи проектирования и строительства просты: необходимо определить места установки BS и распределить имеющиеся частотные каналы между ячейками таким образом, чтобы обеспечить обслуживание сотовой связью заданную территорию с требуемым качеством и ассортиментом предоставляемых услуг, с минимальными затратами. Необходимо спроектировать транспортную сеть для организации передачи информации между BS и MSC, а также подключение системы сотовой связи к ТфОП. Практически выполнить эту задачу значительно сложнее. С одной стороны слишком “плотное” расположение базовых станций не выгодно, т. к. влечет за собой неоправданные затраты. С другой стороны, слишком “редкое” расположение может привести к появлению необслуживаемых “белых пятен”, что недопустимо. Кроме этого необходимо аналитически оценить характеристики распространения сигнала и рассчитать напряженность поля, при этом необходимо учесть предполагаемую абонентскую нагрузку по трафику в пределах обслуживаемой территории. **Принцип организации системы связи и схема подключения к ТфОП определяют тип абонентского номера** (местный городской или единый общегосударственный).

Достоинствами прямого городского номера являются более короткий набор номера и возможность доступа к внутригородским телефонным службам с сокращенными номерами. Осуществить звонок на такой сотовый телефон можно с любого городского телефона, в том числе с телефона-автомата. Наличие федерального номера приводит к тому, что на такой номер нельзя осуществить звонок с телефона-автомата или с телефона, с которого запрещен выход на междугородную сеть.

Цифровые системы сотовой связи

Система сотовой подвижной связи стандарта D-AMPS (рис. 7.9). Общие характеристики стандарта

Стандарт сотовой подвижной связи D-AMPS (или ADC) был разработан в 1990 г и принят к использованию в США. В отличие от Европы, где для вновь разрабатываемой цифровой системы стандарта GSM был выделен отдельный частотный диапазон, в США не удалось обеспечить новую разработку собственной полосой частот. Поэтому Ассоциацией промышленности сотовой связи (CTIA) и Ассоциацией промышленности связи (TIA) было принято **решение о совместном использовании в одной полосе частот систем двух стандартов: аналогового AMPS и нового цифрового D-AMPS**, сохранив при этом существовавший в аналоговой системе разнос частот между каналами, равный 30 кГц.

Ассоциациями TIA и CTIA были приняты три внутренних стандарта: IS-54 - на систему сотовой связи D-AMPS (ADC); IS-55 - на двухмодовую подвижную станцию, обеспечивающую связь по двум стандартам (аналоговому и цифровому); IS-56 - на базовые станции. **В 1994 г. был принят новый национальный стандарт США IS-136** на полностью цифровую систему сотовой подвижной связи. По своим функциональным возможностям и предоставляемым услугам этот стандарт

приближается к стандарту GSM. В D-AMPS используется **временное разделение каналов TDMA**. Ёмкость сетей сотовой связи, работающих в DAMPS, ниже, чем в полностью цифровых системах (GSM, CDMA), но всё же значительно выше, чем в аналоговых. Благодаря новому методу множественного доступа **ёмкость сети может быть увеличена в 3-6 раз**.

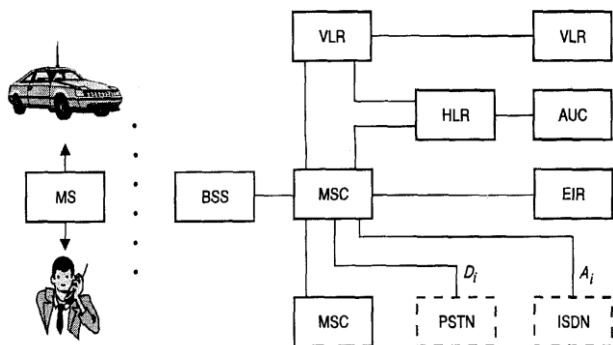


Рис. 7.9. Структурная схема системы D-AMPS (ADC)

D-AMPS задействует те же **частотные каналы по 30 кГц** в том же частотном диапазоне (824-849 и 869-894 МГц), что и AMPS. В стандарте D-AMPS также используется другой способ модуляции DQPSK (Differential Quaternary Phase Shift Keying), которая является разновидностью ФМ. Благодаря этому **спектральная эффективность** была увеличена до **1,62 бит/сек/Гц**, что на **20% лучше, чем GSM**. Однако **энергетическая эффективность у D-AMPS ниже, чем у GSM**, что приводит к повышенному расходу электроэнергии BS и ускоренному разряду аккумуляторов MS. Этот стандарт проигрывает GSM в возможности свободно менять устаревшие модели телефонов на новые и переносе старого номера в новый телефон. В GSM это делается сменой SIM-карты, в DAMPS это придётся делать в специальном сервисном центре оператора связи.

Для устранения избыточности голосового потока в стандарте D-AMPS применяется **голосовой кодек** под названием **VSELP** (Vector Sum Excited Linear Prediction), который принадлежит к семейству речевых кодеков CELP (Code-Excited Linear Prediction) – речевые кодеки с линейным предсказанием. После сжатия скорость голосового потока достигает 7,95 кбит/с (13 кбит/с) при качестве, почти не уступающем AMPS.

В D-AMPS использован **алгоритм аутентификации CAVE** (Cellular Authentication, Voice Privacy and Encryption) и **шифрования CMEA** (Cellular Message Encryption Algorithm). В D-AMPS **применяется интерливинг** (Interleaving - перемежение) для борьбы с быстрыми замираниями.

Стандарт D-AMPS не был принят в европейских странах, за исключением России, где он ориентирован на региональное использование. В 1997 году в Красноярском крае была построена первая сеть стандарта D-AMPS в России. Госкомиссия по радиочастотам обязала российских сотовых операторов к 2010 году очистить диапазон 800 МГц под потребности развития в России цифрового телевидения. Билайн отключил D-AMPS в 2009 г., TELE-2 – в 2011, последняя в России сеть – в 2012 г.

Система сотовой связи стандарта GSM (Global System for Mobile Communications)

Общие характеристики стандарта

Стандарт GSM хорошо описан на 8000 страницах рекомендаций. Разработчики опирались на усовершенствованные алгоритмы сжатия информации и применение цифровых сигнальных процессоров. Система связи стандарта GSM предоставляет пользователям широкий спектр услуг и возможность для передачи речевых сообщений и данных, сигналов вызова и аварийных сигналов, подключения к ТфОП, СПД и цифровым сетям с интеграцией служб. По сравнению с другими цифровыми стандартами GSM обеспечивает лучшие энергетические характеристики, более высокое качество связи, ее безопасность и конфиденциальность. **Приемлемое качество** принимаемых речевых сообщений в GSM обеспечивается **при отношении сигнал/шум на входе приемника 9 дБ** (D-AMPS - 16 дБ), а энергетические затраты в каналах связи (при замирании сигналов) на 6-10 дБ ниже по сравнению со стандартом D-AMPS. Стандарт GSM предоставляет ряд услуг, которые не реализованы (или реализованы не полностью) в других стандартах сотовой связи. К ним относятся:

- использование интеллектуальных SIM-карт для обеспечения доступа к каналу и услугам связи;
- шифрование передаваемых сообщений;
- закрытый от прослушивания радиоинтерфейс;
- аутентификация абонента и идентификация абонентского оборудования по криптографическим алгоритмам;
- использование служб SMS, передаваемых по каналам сигнализации;
- автоматический роуминг абонентов различных сетей GSM в национальном и международном масштабах;
- межсетевой роуминг абонентов GSM с абонентами сетей DECT, а также со спутниковыми сетями персональной радиосвязи (Globalstar, Inmarsat-P, Iridium).

В соответствии с Рекомендацией CEPT 1980 г. стандарт GSM предусматривает работу передатчиков в двух диапазонах частот: **890 - 915 МГц используется для передачи сообщений с MS на BS, 935 - 960 МГц - для передачи сообщений с BS на MS**. При переключении каналов во время сеанса связи, разность между этими частотами постоянна и равна 45 МГц. Разнос частот между соседними каналами связи составляет 200 кГц. В отведенной для приема/передачи **полосе частот шириной 25 МГц размещается 124 канала связи**. Используется **многостанционный доступ с временным разделением (уплотнением каналов - TDMA)**, что позволяет на одной несущей частоте разместить **8 речевых каналов** одновременно. В качестве речепреобразующего устройства используется **речевой кодек RPE-LTP с регулярным импульсным возбуждением и скоростью преобразования речи 13 Кбит/с**. Обработка речи в данном стандарте осуществляется в рамках принятой **системы прерывистой передачи речи DTX** (Discontinuous Transmission), которая обеспечивает включение передатчика только тогда, когда пользователь начинает разговор и отключает его в паузах и в конце разговора.

Для защиты от ошибок, возникающих в радиоканалах, применяется **блочное и свёрточное кодирование с перемежением**. Блочное кодирование используется для быстрого обнаружения ошибок при приёме, **свёрточное кодирование необходимо для исправления одиночных ошибок**, перемежение служит для **преобразования пакетов ошибок в одиночные ошибки**. Повышение эффективности кодирования и перемежения при малой скорости перемещения MS 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 (до 233 мкс) абсолютного времени задержки сигналов. Это

соответствует максимальной дальности связи 35 км (максимальный радиус соты). Для модуляции радиосигнала применяется спектрально-эффективная гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK), при которой последовательность информационных бит до модулятора проходит через ФНЧ с гауссовской АЧХ, что дает значительное уменьшение ширины полосы частот излучаемого сигнала. Формирование GMSK-радиосигнала происходит таким образом, что на интервале, соответствующем одному биту фаза несущей изменяется на 90 градусов.

Структурная схема построения сети GSM

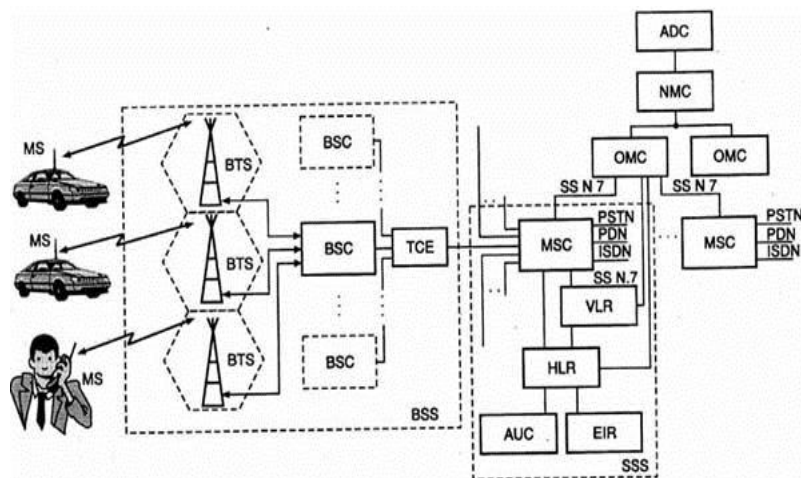


Рис.7.10. Структурная схема построения сети GSM

сот и обеспечивает все виды соединений для MS, маршрутизацию вызовов и функции управления вызовами. На MSC возложены функции коммутации радиоканалов. При передаче сигналов между функциональными объектами MSC используется ОКС-7. MSC формирует данные для выписки счетов, статистические данные для контроля работы и оптимизации сети, поддерживает процедуры безопасности.

Домашний регистр HLR представляет собой справочную базу данных о постоянно зарегистрированных в сети абонентах. В ней содержатся номера и адреса, параметры подлинности абонентов, состав услуг связи, данные о роуминге, IMSI. **Визитный регистр местоположения VLR** обеспечивает контроль за передвижением MS из зоны в зону и представляет собой локальную базу данных о передвижениях абонента. В сети GSM соты группируются в географические зоны LA (Location Area), которым присваивается идентификационный номер LAC. Каждый VLR содержит данные об абонентах в нескольких LA. Когда подвижный абонент перемещается из одной LA в другую, данные о его местоположении автоматически обновляются в VLR.

EIR содержит централизованную базу данных для подтверждения подлинности IMEI. Центр аутентификации AuC – защищенная база данных, которая накапливает копии ключей шифрования, хранящихся в SIM-карте.

Центр эксплуатации и технического обслуживания OMC обеспечивает контроль и управление компонентами сети, контроль качества ее работы. OMC соединяется с компонентами сети по протоколу X.25. OMC обеспечивает обработку аварийных сигналов, осуществляет управление нагрузкой в сети, выполняет сбор статистики, управляет изменениями ПО.

Административный центр ADC ответственен за организацию связи, административное правление сетью, соблюдение установленных правил.

Центр управления сетью NMC обеспечивает эксплуатацию и техническое обслуживание на уровне всей сети, управление трафиком, диспетчерское управление сетью при сложных аварийных ситуациях, контролирует состояние систем автоматического управления.

Транскодер TCE обеспечивает преобразование выходных сигналов передачи речи и данных MSC (64кбит/с, ИКМ) к скорости 13 кбит/с на основе применения речепреобразующего устройства LPC-LTP. Передача цифровых сообщений от транскодера к BSC осуществляется добавлением битов (стаффинг) до 16 кбит/с и уплотнением с кратностью 4.

MS и подсистема BS связываются по интерфейсу Um, известному как “воздушный интерфейс” или радиолиния связи. Подсистема BS взаимодействует с MSC по A-интерфейсу.

Малые габариты и высокая энергоэффективность MS в основном достигается за счет аппаратуры BS, которая постоянно анализирует уровень сигнала, принимаемого от аппарата абонента. В тех случаях, когда он выше требуемого, автоматически снижается излучаемая мощность.

В рамках стандарта GSM приняты пять классов подвижных станций (20, 8, 5, 2, 0,8 Вт): от модели 1-го класса с выходной мощностью до 20 Вт, устанавливаемой на транспортных средствах, до модели 5-го класса с максимальной выходной мощностью до 0,8 Вт. При передаче сообщений предусматривается адаптивная регулировка мощности передатчика, обеспечивающая требуемое качество связи.

Передача данных может осуществляться со скоростью до 9600 бит/с. Короткие сообщения SMS (Short Message Service) транспортируются способом store-and-forward fashion и сохраняются в SIM. SMS могут передаваться в широкополосном режиме. В GSM используются две группы каналов: каналы трафика и каналы сигнализации. Последние делятся на специализированные, общие и широкополосные.

В GSM реализован широкий спектр особых услуг: включение в закрытую группу пользователей, передача вызова, оповещение о расходах, переадресация вызова, запрет на вызов, идентификация вызывающего вызова, “ждущий вызов”, многосторонняя конференцсвязь и др.

Каждый подвижный абонент на время пользования системой сотовой связи получает стандартный модуль подлинности абонента (SIM-карту), который содержит: международный идентификационный номер IMSI, свой индивидуальный

На рис. 7.10 следующие обозначения:

MS — подвижная станция; BTS — базовая станция; BSC — контроллер базовой станции; TCE — транскодер; BSS — оборудование базовой станции (BSC+TCE+BTS); MSC — центр коммутации подвижной связи; HLR — регистр положения; VLR — регистр перемещения; AUC — центр аутентификации; EIR — регистр идентификации оборудования; OMC — центр управления и обслуживания; NMC — центр управления сетью; ADC — административный центр; PSTN — телефонная сеть общего пользования; PDN — сети пакетной передачи; ISDN — цифровые сети с интеграцией служб.

MSC обеспечивает все функциональные возможности MS: регистрация, аутентификация, обновление местоположения, хэндовер, маршрутизация вызова и др. Обслуживает группу

ключ аутентификации **Ki**, алгоритм аутентификации **A3**, алгоритм формирования ключей шифрования **A8**. С помощью этой информации, в результате взаимного обмена данными между MS и сетью, осуществляется полный цикл аутентификации и разрешается доступ абонента к сети.

Каждый отсчет сигнала представляется в виде зашифрованного сообщения, состоящего из 114 бит двух самостоятельных блоков по 57 бит, разделенных между собой эталонной (обучающей) последовательностью 26 бит. При приеме этой последовательности определяется характер искажений в тракте распространения сигнала, и характеристики приемника формируются уже применительно к конкретным условиям работы в данный момент времени.

Защита и безопасность информации

В рассматриваемом стандарте под «безопасностью» понимается исключение несанкционированного использования системы и обеспечение секретности переговоров абонентов. Для удовлетворения этим требованиям в стандарте GSM предусмотрены следующие механизмы защиты и безопасности:

- аутентификация;
- секретность передачи данных;
- секретность абонента;
- секретность направления вызова.

Защита сигналов управления и данных пользователя осуществляется только при передаче по радиоканалу. Используется алгоритм шифрования с открытым ключом **RSA**, который обеспечивает высокую степень безопасности передачи речевых сообщений. Для исключения несанкционированного использования ресурсов системы связи в стандарт введены механизмы аутентификации - удостоверения личности абонента. Каждый абонент на время пользования системой получает стандартный модуль подлинности абонента - SIM-карту, которая содержит идентификационный PIN-код. Если три раза подряд неправильно набрать PIN-код, SIM-карта временно заблокируется. Использование SIM-карты удобно тем, что при смене аппарата абоненту не нужно менять свой мобильный номер, он просто переставляет карту, и все сохраненные на ней данные становятся доступными в новом аппарате.

GSM-900

Относительно **высокая емкость сети и низкий уровень промышленных помех**. Позволяет осуществлять связь при малых энергозатратах. Спектр сервисных услуг аналогичен D-AMPS-800. **Связь на расстоянии не более 35 км** от ближайшей BS даже при использовании усилителей и направленных антенн. Максимальная защита от подслушивания и нелегального использования номера (выше защита только у GSM-1800), что достигается путем применения алгоритмов шифрования с открытым ключом.

GSM-1800

GSM-1800 – цифровой стандарт, аналогичный GSM-900. Другое название стандарта DCS-1800 (Digital Communication System in the 1800 MHz Band). Практическое применение стандарта в мире началось с 1993 г. Система работает в диапазоне 1710 – 1880 МГц. **Меньшая излучаемая мощность, высокая емкость сети**, что важно для крупных городов. Больше время работы без подзарядки аккумуляторов абонентских терминалов.

Максимальная **излучаемая мощность** мобильных телефонов стандарта GSM-1800 - **1 Вт** (для сравнения у GSM-900 – 2 Вт). Высокая защита от подслушивания и нелегального использования номера. **Максимальное удаление абонента от базовой станции - 5-6 километров**.

Сотовая система подвижной радиосвязи с кодовым разделением каналов стандарта IS-95

Принципы кодового разделения каналов

Принципы кодового разделения каналов связи (CDMA - Code Division Multiple Access) основаны на использовании шумоподобных сигналов (ШПС), полоса которых значительно превышает полосу частот, используемую в узкополосных системах с частотным разделением каналов (FDMA). Основной характеристикой ШПС является база сигнала, определяемая как произведение ширины его спектра F на его длительность T : $B = F \cdot T$. В цифровых системах связи, передающих информацию в виде двоичных символов, длительность ШПС T и скорость передачи сообщений C связаны соотношением $T = 1/C$. Поэтому база сигнала $B = F/C$ характеризует расширение спектра ШПС относительно спектра сообщения. Для получения ширины спектра более 1 МГц длительность дискрета модулирующей последовательности должна быть менее 1 мкс. Расширение спектра частот передаваемых цифровых сообщений может осуществляться двумя методами или их комбинацией: 1) прямым расширением спектра частот; 2) скачкообразным изменением частоты несущей.

При первом способе узкополосный сигнал (**рис. 7.11**) умножается на псевдослучайную последовательность (ПСП) с периодом повторения T , включающую N бит последовательности длительностью t_0 к каждому. В этом случае база B ШПС численно равна количеству элементов ПСП $N = T/t_0$. Скачкообразное изменение частоты несущей осуществляется за счет быстрой перестройки выходной частоты синтезатора в соответствии с законом формирования ПСП. Прием ШПС осуществляется оптимальным приемником, который для сигнала с полностью известными параметрами вычисляет корреляционный интеграл. Результат свертки сравнивается с порогом. Значение корреляционного интеграла находится с помощью коррелятора (**рис. 7.11**) или согласованного фильтра. Коррелятор осуществляет "сжатие" спектра широкополосного входного сигнала путем умножения его на эталонную копию с последующей фильтрацией в полосе $1/T$, что и приводит к улучшению отношения сигнал/шум на выходе коррелятора в B раз по отношению ко входу.

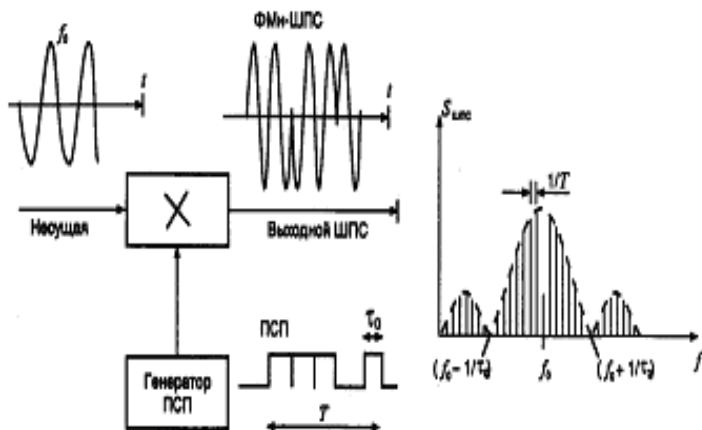


Рис. 7.11. Расширение спектра цифровых сообщений

Существуют два способа множественного доступа с кодовым разделением каналов: ортогональный и асинхронный. Для ортогонального многостанционного доступа используются ортогональные функции Уолша. Недостатком использования функций Уолша является необходимость синхронизации. В качестве асинхронных функций используются последовательности максимальной длины (М-последовательности), последовательности Голда, последовательности Касами. Недостаток – значительные боковые лепестки при свертке сигналов.

На основе предложений фирмы Qualcomm в США принят стандарт IS-95 на систему сотовой подвижной радиосвязи с кодовым разделением каналов. В 1995 г. компания Hutchison Telephone (Гонконг) открыла коммерческую эксплуатацию первой в мире цифровой ССПС с кодовым разделением каналов (CDMA). В рамках европейской программы RACE ведется проект CODIT (Code Division Testbed), в котором изучаются потенциальные возможности многостанционного доступа с кодовым разделением каналов для третьего поколения систем ССПС - UMTS/FPLMTS.

Основная цель разработки CDMA состояла в том, чтобы увеличить емкость системы сотовой связи по сравнению с аналоговой не менее чем на порядок и, соответственно, увеличить эффективность использования выделенного спектра частот. Технические требования к системе CDMA сформированы в ряде стандартов TIA: IS-95 - CDMA-радиоинтерфейс, IS-96 - CDMA-речевые службы, IS-97 - CDMA-подвижная станция, IS-98 - CDMA-базовая станция, IS-99 - CDMA-службы передачи данных. Система CDMA фирмы Qualcomm рассчитана на работу в диапазоне частот 800 МГц.

Безопасность или конфиденциальность является свойством технологии CDMA, поэтому во многих случаях операторам сотовых сетей не потребуется специального оборудования шифрования сообщений.

Система IS-95 построена по методу прямого расширения спектра частот на основе использования 64 видов последовательностей, сформированных по закону функций Уолша. Адрес абонента определяется формой псевдослучайной последовательности (одним из вариантов функции Уолша). При изменении знака бита информационного сообщения фаза используемой последовательности Уолша изменяется на 180° . Так как последовательности Уолша взаимно ортогональны, то взаимные помехи между каналами передачи отсутствуют. Помехи по каналам передачи BS создают лишь соседние базовые станции, которые работают в той же полосе частот и используют ту же ПСП, но с другим циклическим сдвигом.

Перемножение принятого сигнала с эталонной ПСП сжимает спектр полезного сигнала и одновременно расширяет спектр фоновых шумов и других источников интерференционных помех. Результирующий выигрыш в отношении сигнал/шум на выходе приемника будет функцией отношения ширины полос широкополосного и информационного сигнала. Для стандарта IS-95 отношение составляет 129 раз или 21 дБ. Это позволяет системе работать при уровне интерференционных помех, превышающих уровень полезного сигнала на 18 дБ, так как обработка сигнала требует превышения уровня сигнала над уровнем помех всего на 3 дБ.

Для передачи речевых сообщений выбрано речепреобразующее устройство с алгоритмом CELP со скоростью преобразования 8000 бит/с (9600 бит/с в канале). Возможны режимы работы на скоростях 4800, 2400 и 1200 бит/с. В каналах системы CDMA применяется **сверточное кодирование** со скоростью $1/2$ (в каналах от базовой станции) и $1/3$ (в каналах от подвижной станции), декодер Витерби с мягким решением, перемежение передаваемых сообщений. Общая полоса канала связи составляет 1,25 МГц.

Диапазон частот передачи MS: 824,040 - 848,860 МГц; Диапазон частот передачи BTS: 869,040 - 893,970 МГц. Вид модуляции несущей частоты: QPSK (BTS), O-QPSK (MS). **Ширина спектра** излучаемого сигнала: по уровню минус 3 дБ: **1,25 МГц**. Тактовая частота ПСП - 1,2288 МГц. Кол-во элементов в ПСП: для BTS: 32768 бит, для MS: 2^{42} - 1 бит. Количество каналов BTS на 1 несущей частоте: 1 пилот-канал, 1 канал сигнализации, 7 каналов персонального вызова, 55 каналов связи. **Требуемое** для приема отношение энергии бита информации к спектральной плотности шума (E_b/N_0): **6-7 дБ**. Максимальная эффективная излучаемая мощность BTS – до 50 Вт. Максимальная эффективная излучаемая мощность MS: 1 класс - 6,3 Вт, 2 класс - 2,5 Вт, 3 класс - 1,0 Вт.

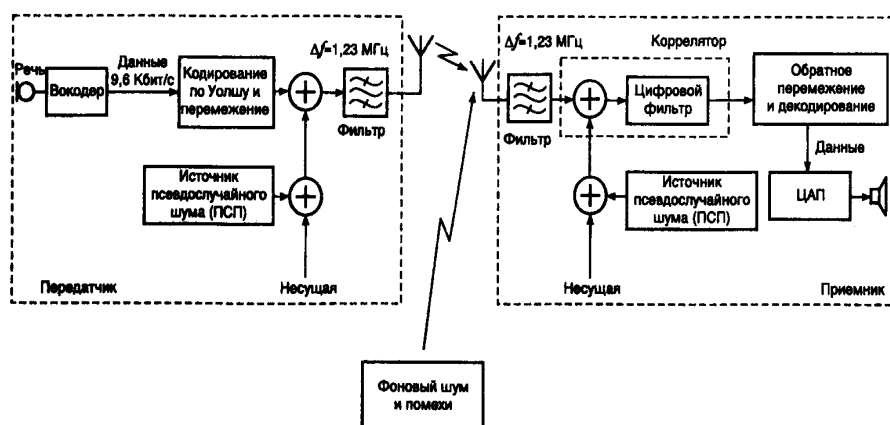


Рис. 7.12. Структурная схема системы CDMA

приема сигналов от двух базовых станций последовательно кадр за кадром. Процесс выбора лучшего кадра приводит к тому, что результирующий сигнал может быть сформирован в процессе непрерывной коммутации и последующего "склеивания" кадров, принимаемых разными базовыми станциями, участвующими в "эстафетной передаче". Мягкое переключение обеспечивает высокое качество приема речевых сообщений и устраняет перерывы в сеансах связи, что имеет место в сотовых сетях связи других стандартов.

Основное отличие (рис. 7.13) заключается в том, что в состав сети CDMA включены устройства оценки качества и выбора кадров (SU). Кроме того, для реализации процедуры мягкого переключения между базовыми станциями, управляемыми разными контроллерами (BSC), вводятся линии передачи между SU и BSC (Inter BSC Soft handoff).

Хэндовер в CDMA может быть жестким, мягким, более мягким (межсекторным). При жестком хэндовере процесс переключения на другую BS производится без разрыва связи, но сопровождается ухудшением связи в момент переключения.

Структурная схема системы CDMA показана на рис. 7.12. В стандарте используется раздельная обработка отраженных сигналов, приходящих с разными задержками, и последующее их весовое сложение, что значительно снижает отрицательное влияние эффекта многолучевости. При раздельной обработке лучей в каждом канале приема на BS используется 4 параллельно работающих коррелятора, а на MS - 3 коррелятора. Наличие параллельно работающих корреляторов позволяет осуществить **мягкий режим "эстафетной передачи"** (Soft Handoff) при переходе из соты в соту. Транскoder, входящий в состав основного оборудования, **проводит оценку качества**

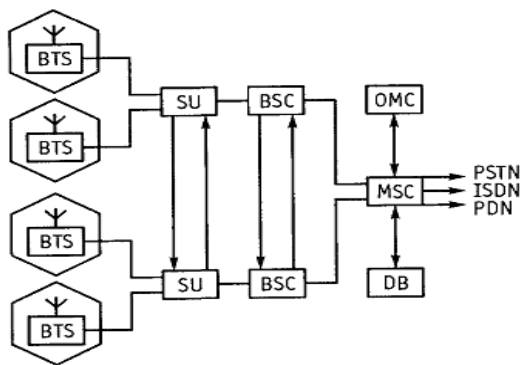


Рис. 7.13. Обобщенная схема CCC (СПР) CDMA

При мягкой передаче соединения предусматривается одновременная работа MS с несколькими BS. Переключение с одной BS на другую происходит без ухудшения качества. При более мягкой передаче между секторами одной соты MS передает информацию обоим секторам. Управление мощностью необходимо в CDMA необходимо для решения проблемы "ближний - дальний". Целью решения проблемы является гарантия, что все MS получают сигнал одинаковой мощности, которая выравнивается BS. Цель управления мощностью – определить минимально возможный уровень передачи, который позволяет обеспечить заданные характеристики: уровень BER, частоту появления ошибок в кадре FER. Скорость, частоту сброса вызова, зону покрытия. Рекомендуемый диапазон характеристик: FER: 0,2-3% (оптимальный уровень мощности при 1%); максимальная длина пакета ошибок: 3-4 кадра (оптимальное значение – 2). Шаг регулировки мощности – 0,5 дБ.

Каналы CDMA

Протоколы установления связи в CDMA основаны на использовании логических каналов. В CDMA каналы для передачи с BS называются прямыми (Forward), для приема базовой станцией - обратными (Reverse). Пропускная способность прямого канала 128 телефонных соединений со скоростью трафика 9,6 кбит/с.

Прямые каналы в CDMA:

1. Пилотный канал - используется подвижной станцией для начальной синхронизации с сетью и контроля за сигналами базовой станции по времени, частоте и фазе.
2. Канал синхронизации - обеспечивает идентификацию базовой станции, уровень излучения пилотного сигнала, а так же фазу псевдослучайной последовательности базовой станции. После завершения указанных этапов синхронизации начинаются процессы установления соединения.
3. Канал вызова - используется для вызова MS. После приема сигнала вызова MS передает сигнал подтверждения на базовую станцию, после чего по каналу вызова на подвижную станцию передается информация об установлении соединения и назначения канала связи. Канал персонального вызова начинает работать после того, как MS получит всю системную информацию (частота несущей, тактовая частота, задержка сигнала по каналу синхронизации).
4. Канал прямого доступа - предназначен для передачи речевых сообщений и данных, а так же управляющей информации с базовой станции на подвижную.

Обратные каналы в CDMA:

1. Канал доступа - обеспечивает связь MS с BS, когда MS еще не использует канал трафика. Канал доступа используется для установления вызовов и ответов на сообщения, передаваемые по каналу вызова, команды и запросы на регистрацию в сети. Каналы доступа совмещаются (объединяются) каналами вызова.
2. Канал обратного трафика - обеспечивает передачу речевых сообщений и управляющей информации с MS на BS.

Аспекты безопасности в стандарте IS-95

Стандарт IS-95 обеспечивает высокую степень безопасности передаваемых сообщений и данных об абонентах. Прежде всего он имеет более сложный, чем GSM, радиointерфейс, обеспечивающий передачу сообщений кадрами с использованием **канального кодирования и перемежения** с последующим "расширением" передаваемых сигналов с помощью составных ШПС, сформированных на основе 64 видов последовательностей Уолша и псевдослучайными последовательностями с количеством элементов 2^{15} и $(2^{42}-1)$. В аппаратуре стандарта CDMA длинный код формируется в результате нескольких последовательных логических операций с псевдослучайной двоичной последовательностью, генерируемой в 42-разрядном регистре сдвига, и двоичной 32-битовой маской, которая определяется индивидуально для каждого абонента. Такой регистр сдвига применяется во всех базовых станциях для обеспечения режима синхронизации всей сети. Длина M-последовательности при этом составляет 4 398 046 511 103 бит и если ее элементы формируются с тактовой частотой, например, 450 МГц, то период повторения будет составлять 9773,44 сек. = 2 ч 43 мин. Это значит, что если даже удастся засинхронизировать приемник в случае несанкционированного перехвата, то чтобы определить структуру сигнала-носителя необходимо вести наблюдение в течение почти 3-х часов, а с применением индивидуальной 32-битовой маски подслушивание" практически исключено.

Скремблирование информационной последовательности производится суммированием по модулю 2 с цифровой последовательностью, формируемой длинным кодом с периодом $2^{42}-1$.

Безопасность связи обеспечивается также применением процедур аутентификации и шифрования сообщений. Процедура аутентификации в стандарте IS-95 соответствует процедуре аутентификации стандарта D-AMPS, EIA/TIA/IS-54B. В подвижной станции хранится один ключ A и один набор общих секретных данных. Подвижная станция может передавать в ответе на запрос сети "цифровую подпись" для аутентификации, состоящую из 18 бит. Эта информация передается в начале сообщения, добавляется к регистрационному сообщению или пакету данных, передаваемых по каналу доступа. Предусматривается возможность обновления общих секретных данных в подвижной станции. Шифрование сообщений, передаваемых по каналу связи, осуществляется также с использованием процедур стандарта IS-54B. В стандарте IS-95 используется также режим "частный характер связи", обеспечиваемый с помощью секретной маски в виде длинного кода.

Достоинства CDMA

1. Стандарт CDMA позволяет **использовать одну и ту же частоту по всей сети, во всех сотах**. Следовательно, коэффициент повторного использования частот для CDMA $s = 1$. В зависимости от того, с каким кластером проводится сравнение ($s = 7$ или $s = 4$), увеличение емкости по отношению к AMPS составит 7-10 раз.
2. Эффективное использование радиочастотных ресурсов.
3. Требуется меньшее количество базовых станций.

4. Все абоненты системы CDMA работают в одной полосе, не мешая друг другу.
5. Высокая помехоустойчивость, как от пассивных, так и от активных помех.
6. Устойчивость к многолучевому распространению.
7. В связи с тем, что на BS используется меньшая мощность, сети CDMA более экологически чисты (меньшая электромагнитная загрязненность, меньшее воздействие на человека).
8. Высокое качество речи.
9. Малая задержка в передаче голосовых сообщений.
10. Снижение взаимных помех и, следовательно, увеличению емкости CDMA за счет применения системы прерывистой передачи речи на основе использования детектора активности речи. Последний фиксирует интервалы активности речи, вызывая команду на прекращение излучения сигнала подвижной станции в пассивные интервалы.
11. Сети сотовой связи, использующие метод CDMA, обеспечивают вдвое большую пропускную способность по сравнению с традиционными цифровыми сотовыми сетями.