

№ 4213

**МИНИСТЕРСТВО РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ МУХАММАДА АЛЬ-ХОРАЗМИ**

Факультет «Радио и мобильной связи»

Хатамов А.П., Мадаминов Х.Х., Алимджанов Х.Ф., Файзуллаева Б.Б.,
Гафуров А.Ш.

Кафедра «Технологии мобильной связи»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**по выполнению
практических работ
по дисциплине**

«Мобильная связь»

для студентов по направлению

5350100-Телекоммуникационные технологии (мобильные системы)

Ташкент 2022

Авторы: Хатамов А.П., Мадаминов Х.Х., Алимджанов Х.Ф.,
Файзуллаева Б.Б., Гафуров А.Ш. Методическое пособие по выполнению
практических работ по дисциплине «Мобильная связь»/ ТУИТ. 2022 г.

Стремительное развитие сотовых систем связи позволили решить проблему экономии радиочастотных каналов за счет многократного использования выделенного частотного ресурса на основе пространственного разнесения приемопередатчиков. Именно сотовая топология позволила многократно увеличить емкость и пропускную способность телекоммуникационных сетей по отношению к сетям радиальной структуры без ухудшения качества связи и расширения выделенной полосы частот.

Данное методическое пособие посвящено изучению общей схемы сети стандартов GSM и CDMA, межстанционной связи, расчету бюджета потерь и зоны покрытия сетей GSM и LTE, оценки допустимой скорости передачи в канале сети LTE для «ближних» и «далеких» пользователей, определение пространственных параметров сети WCDMA и распределение кодовых сдвигов по секторам (сотам) сети WCDMA.

Методическое пособие рассчитано для использования в учебном процессе при подготовке специалистов по направлению бакалавриата: 5350100 - Телекоммуникационные технологии (мобильные системы).

Практическая работа №1

Система сотовой связи стандарта GSM 900

1.1. Цель работы

Изучение принципов построения и частотного планирования систем мобильной сотовой связи, аналоговых и цифровых систем сотовой связи

1.2. Задание

1. Ознакомиться с историей развития систем мобильной сотовой связи.
2. Изучить характеристики аналогового стандарта систем мобильной сотовой связи.
3. Изучить характеристики цифрового стандарта систем мобильной сотовой связи.
4. Ознакомиться с подлинностью абонента сети.
5. Результаты работы.

1.3. Отчет

1. Название и цель работы.
2. Информация об истории системы мобильной связи.
3. Графическое изображение модели повторного использования частоты для двух BTS и модель повторного использования частоты для 7 сот и модель повторного использования частоты для секторизованных сот.

1.4. Краткая информация

Сотовый принцип организации систем мобильной радиосвязи был предложен в 1947 году Дугласом Рингом и Рэем Янгом, сотрудниками Bell Laboratories (США), основанной изобретателем телефона Александром Грэммом Беллом. Такая сеть будет состоять из отдельных базовых станций (БС) - зон покрытия или обслуживания, ширина которых будет зависеть от региональной плотности абонентов сети. Частотные каналы, используемые одной БС, должны были повторно использоваться другими БС в пределах той же сети в определенном региональном диапазоне. Это позволит повторно использовать одну и ту же частоту в разных областях (сотax) без помех. К сожалению, эта идея была принята только 20 лет спустя, а внедрение сетей сотовой связи общего пользования началось только в конце 70-х годов прошлого века.

В 1989 году по инициативе группы Special for Mobile (GSM) по инициативе института ETSI был разработан цифровой стандарт сотовой связи под названием GSM, который изначально был разработан для работы в N диапазоне 900 МГц. Первая коммерческая сеть на базе GSM была запущена в 1992 году в Германии. Этот стандарт продолжает развиваться и

совершенствоваться и стал широко использоваться во всем мире. В результате аббревиатура GSM стала известна как «Глобальная система мобильной связи». В настоящее время стандарт GSM адаптирован для работы в дополнительных полосах частот 1800MG (GSM-1800) и 450MG (GSM-400) в Европе и 1900MG (PCS) в Соединенных Штатах.

Стандарт IS-54 (торговое название D-AMPS) заложил основу для развития цифровых технологий в США. Он был разработан для увеличения пропускной способности аналоговых систем AMPS, работающих в США, и был одобрен TIA Association в 1989 году. Стандарт D-AMPS представляет новые технические решения, которые позволяют использовать 3 речевых канала на одном частотном канале (ширина канала 30 кГц): Первые сети, основанные на этом стандарте, были запущены в 1992 году. В Соединенных Штатах стандарт D-AMPS (наряду с AMPS) долгое время был основной системой. В 2000 году количество абонентов этих стандартов в стране достигло 50 миллионов.

Следует отметить, что распространение стандарта D-AMPS не ограничивается Северной Америкой, но также распространяется на другие части мира, особенно на Южную Америку, Юго-Восточную Азию и Ближний Восток. В частности, стандарты AMPS / D-AMPS были широко популярны в странах СНГ, особенно в нашей стране.

В развитии цифровых технологий сотовой связи Япония не отстала от Европы и США и разработала собственный цифровой стандарт под названием PDC (Personal Digital Cellular). Этот японский стандарт был утвержден в 1994 году. Сети на основе PDC в основном использовались по всей стране и не оказали существенного влияния на мировой рынок.

Принципы построения цифровых сотовых систем связи

Цифровые сотовые системы связи позволяют использовать более эффективную модель повторного использования частот, чем традиционные сети при организации сотовых сетей. В результате количество каналов в час значительно увеличится без увеличения общей полосы частот системы связи. В первую очередь фраза относится к стандарту GSM. Тип модуляции, принимаемой в GSM, методы кодирования и формирования сигналов в канале связи гарантируют, что отношение сигнал/помеха принимает сигнал 9 дБ. В аналоговых системах этот показатель составляет 17-18 дБ. Таким образом, можно установить BTS, работающие на совместимых частотах, без потери качества приема на ближайших станциях. Первыми моделями повторного использования частот, использованными в аналоговых HSAT, были антенны с круговой диаграммой направленности (DD) на базовых станциях. Для цифровых сетей HSAT с круговыми антеннами YD используется модель повторного использования частот, которая включает 7 или 9 сот. На рисунке 1.1. показана модель повторного использования частоты для 7 сот. Эта модель предполагает использование круглых антенн YD, в которых излучение сигнала BTS одинаково во всех направлениях. В свою очередь, абонент равносилен приему помех со всех сторон для станции. Секторные антенны используются для уменьшения помех на совместимых

частотных каналах. В секторе направленной антенны сигнал излучается в одном направлении, а уровень излучения в противоположном направлении снижается до минимума. Сегментация сот не только снижает уровень помех, но также позволяет более частое повторение частот в сотах.

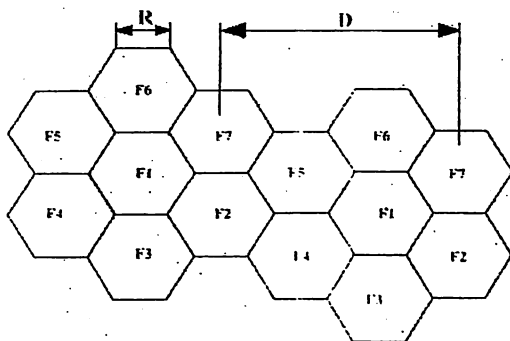


Рис. 1.1. Модель повторного использования частоты на 7 сот

Известная модель повторного использования частот включает три сектора в сотовой ячейки базовой станции (BTS). В этом случае используются три антенны BTS под углом 120 градусов, которые образуют 9 частотных групп, показанных на рисунке 1.2.

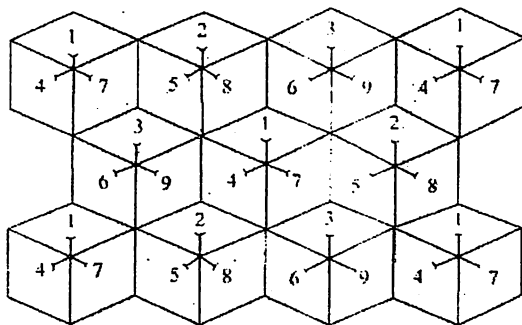
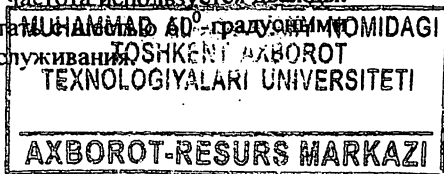


Рис. 1.2. Модель повторного использования частот в секторах

Модель повторного использования частот, разработанная Motorola (США), включает две BTS и обеспечивает наивысшую эффективность использования полосы частот, то есть максимальное количество абонентов в выделенной полосе пропускания сети. Согласно схеме распределения каналов в случае четырех моделей BTS каждая частота используется дважды. В свою очередь, каждая из 4 BTS может работать на 12 полосах частот в масштабе обслуживания.



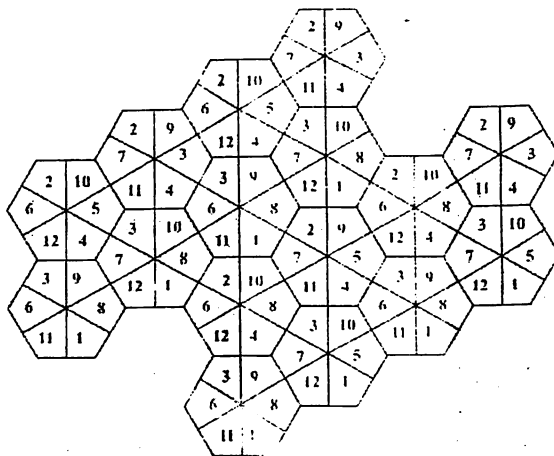


Рис. 1.3. Повторите модель с двухкратным повторением частот

Например, две модели BTS с повторно используемыми частотами в сети GSM с общей полосой пропускания 7,2 МГц (36 частот) могут работать одновременно на 18 частотах в одной BTS (количество таких частот всего 12 в трех моделях BTS). Емкость сети увеличится на 50%, но этот показатель следует уменьшить (уменьшить) на 40%, чтобы обеспечить прежнее значение вероятности блокировки канала связи.

Существующая структура соты и схемы повторного использования частот основаны на условиях, которые делают трудным и непредсказуемым прогнозирование местоположения и местоположения мобильных абонентов в движении.

В настоящее время развивается новое направление в мобильной связи, основанное на использовании интеллектуальных антенных систем. Такие антенны автоматически подстраивают свою схему маршрутизации к источнику излучаемого сигнала в зависимости от команд сигнальных процессоров.

Есть два способа построить интеллектуальную антенную систему, основанную на переключении лучей и адаптации диаграммы направленности. Оба метода основаны на увеличении усиления антенны в направлении абонентской станции. Здесь только адаптивные антенны обеспечивают максимальное усиление и минимальные помехи в канале.

Интеллектуальная антенна состоит из антенн, объединенных с электронными схемами анализирующих устройств, которые анализируют несколько фаз и амплитуд. Оптимальное направление приема - это анализ принятого сигнала, принимаемого различными элементами антенны. С учетом частоты принимаемого сигнала и некоторых других параметров сигнальный процессор в реальном времени формирует сводную диаграмму направления антенны.

Внедрение интеллектуальных антенных систем сотовой связи считается перспективным, кроме стандартов GSM, DECT и т.д. Их использование не требует уменьшения размеров ячеек по мере увеличения нагрузки. В этом случае увеличение емкости сотовой сети может быть достигнуто за счет внедрения новых аппаратных средств и соответствующего программирования. Один из способов сделать это - перейти в микросеть.

Внедрение и принятие цифровых стандартов (GSM, DECT и т.д.) позволит перейти от макросети к микросети. При радиусе действия в несколько сотен метров их мощность можно увеличить в 5-10 раз по сравнению с макро. Помимо портативных радиостанций, являющихся основой персонального общения, могут использоваться абонентские радиостанции существующих цифровых стандартов сотовой связи.

Структура микросовместимости цифровых сотовых систем связи совместима с макросотом. Маломощные BTS используются для микро-магазинов на улицах, обслуживающих здания и помещения (магазины, аэропорты, вокзалы и т.д.).

Микросотовая система - это модернизация макробазовой станции, которая управляется общим контроллером и соединена друг с другом линией, работающей на скорости 60 кбит/с.

Основной нагрузкой в микросое составляет медленно движущиеся абоненты, например пешеходы и неподвижные транспортные средства.

Отличие принципов построения микроспутниковых радиосетей от существующих макросетей заключается в отсутствии частотного планирования и механизма «хэндовера» в общем понимании.

Частотное планирование нецелесообразно в микромире, так как трудно предсказать условия распространения радиоволн и оценить уровень помех. Кроме того, эффективность использования частотного спектра в назначенном распределении каналов невысока. По этой причине в сетях микросвязи используется автоматическое адаптивное распределение каналов связи (АТС). Например, в европейском стандарте DECT такое распределение осуществляется в цифровых системах беспроводной телефонной связи общего пользования. Одним из важных преимуществ АТС является увеличение пропускной способности сети связи, так как в этом случае не происходит потери эффективности при использовании соединительных линий, а повторное использование канала зависит от среднего уровня помех, а не от уровня помех. максимум.

По мере уменьшения размера ячеек алгоритм принудительного обмена, который принадлежит к новому классу алгоритмов передачи обслуживания, работает намного быстрее, чем централизованный алгоритм сотовых системах связи. В микроскопических (структурных) системах уровень радиоканала, необходимого для соединения, измеряется мобильной станцией. Мобильная станция передает результаты измерений в BTS. Центр коммутации мобильной связи не будет работать до тех пор, пока обменные соединения не будут выполнены на практике.

Первая микросхема сети была реализована в беспроводных телефонных системах. В настоящее время эта система используется при реализации сетей

в рамках концепции персональной связи (PCN), основанной на европейском стандарте DCS-1800, который обеспечивает совместимость с радиointерфейсом стандарта GSM. Пикасота с радиусом 10-60 м включен в сетевую структуру для личного общения. Пикосотовая структура предназначена для обслуживания абонентов в густонаселенных городских районах и внутри помещений (офисы, квартиры, подземные гаражи и т.д.). Пикосота - это еще одна дополнительная возможность увеличения емкости в сети мобильной связи.

Контрольные вопросы

1. История развития мобильной связи.
2. Этапы внедрения стандарта GSM.
3. Аналоговые стандарты систем мобильной сотовой связи.
4. Цифровые стандарты систем мобильной сотовой связи.
5. Модель двухкратного использования частот.
6. Модель повторного использования частот в секторальных областях и их преимущество.
7. Опишите стандарты GSM и DECT.
8. Объясните преимущества повторного использования частот.
9. Что такое кластер?
10. Типы модуляции, используемые в системах мобильной связи.

4. Содержание отчета

1. Назначение и цель работы.
2. Привести характеристики основных стандартов (по заданию преподавателя).

5. Контрольные вопросы

1. Дайте понятие частотно-территориального плана.
2. Что называется кластером?
3. Как влияет коэффициент повторного использования частот на емкость сети?
4. Поясните понятие интеллектуальная антенная система.
5. В чем отличие микросотовых сетей подвижной связи от макросотовых сетей?
6. Поясните процедуру «ведение абонента», «роуминг».
7. Назначение каналов трафика и управления.
8. Поясните назначение центра коммутации.
9. Назначение интерфейсов в сетях сотовой связи.

Практическая работа №2

Изучение общей схемы сети стандарта GSM

1. Цель работы

Изучение основных технических характеристик, структуры и интерфейсов цифровой сотовой системы радиосвязи в стандарте GSM

2. Задание

1. Ознакомление с общими характеристиками стандарта GSM.
2. Изучение функциональной схемы и характеристики оборудования.
3. Ознакомление с данными, хранящимися в регистрах HLR и VLR.
4. Процедура ознакомления с подлинностью абонента сети.
5. Составления отчета.

3. Отчет

1. Название и цель работы.
2. Отобразите принципиальную схему цифровой сотовой системы радиосвязи в стандарте GSM.
3. Нарисуйте блок-схему мобильного телефона в движении.

4. Краткая информация

Стандарт GSM (Глобальная система мобильной связи) - одна из современных цифровых сетей, которая в первую очередь относится к ISDN и IN (Intelligent Network). Основные функциональные элементы GSM будут включены в международный стандарт UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). В 1990 году была опубликована первая фаза спецификации GSM. К середине 1991 г. коммерческие услуги GSM были поддержаны, к 1993 г. действовало 36 сетей GSM в 22 странах, и 25 стран выбрали или приняли направление GSM. В июне 1992 года стандарт GSM был принят в России в качестве федерального стандарта для мобильной цифровой сотовой системы.

В январе 1996 года была запущена коммерческая сеть стандарта GSM (900 МГц) в Москве и области. Оператор сети GSM в Москве - Мобильные ТелеСистемы (МТС). В первые дни коммерческой эксплуатации МТС, впервые в России, автоматический роуминг абонентов с абонентами MAST стандарта GSM своих сетей был открыт в Германии, Швейцарии, Финляндии и Великобритании. МТС вместе с операторами сетей GSM в других регионах создали федеральную сеть GSM и интегрировали ее с глобальной сетью сотовой связи, охватывающей Европу, Азию, Австралию и Африку.

Сеть GSM определяется ИТУ-Т (Международный союз электросвязи - сектор стандартизации электросвязи) следующим образом:

- услуги на предъявителя;
- услуги связи (телесервисы);
- может предоставлять дополнительные услуги.

Система GSM - это система передачи цифровых данных, которая кодируется и передается в виде цифрового потока. Он также предоставляет различные услуги по передаче данных. Абоненты GSM могут обмениваться информацией с сетями с коммутацией пакетов и сетями связи с коммутацией каналов, используя различные методы и протоколы доступа обычных телефонных сетей с абонентами ISDN, например, X.25 или X.32. Факсимильные сообщения можно передавать с помощью соответствующего адаптера для факсимильного аппарата. Уникальной особенностью GSM, недоступной в аналоговых системах, является двусторонняя передача SMS (служба коротких сообщений) (до 160 байт) в режиме хранения данных. SMS может быть отправлено адресату, который является подписчиком, а затем отправлено подтверждение о получении. Короткие сообщения можно использовать в режиме широкого вещания, например, для уведомления абонентов об изменениях условий движения в этом районе. В виде дополнительных функций текущие функции описывают услуги передачи информации и связи (например, переадресация звонков при невозможности подключения к активному абоненту). Ожидается, что появятся новые функции, такие как идентификация звонков, постановка звонков в очередь, одновременное общение с несколькими абонентами и многое другое.

Стандарт GSM использует узкополосный многостанционный доступ (NB-TDMA) с временным разделением каналов. Структура TDMA кадра включает 8 временных позиций на каждой из 124 несущих.

Для передачи информационных сообщений используется блочное и пакетное кодирование для защиты их от ошибок на радиоканалах. При малых скоростях перемещения мобильной станции эффективное кодирование и увеличение смещения достигается за счет медленного перепоключения рабочих частот (SFH) во время сеанса связи со скоростью 217 скачков в секунду.

Чтобы справиться с подавлением помех принимаемых сигналов, вызванных многолучевым распространением радиоволн в городских условиях, необходимо настроить импульсные сигналы со стандартным отклонением времени задержки до 16 мкс в оборудовании связи. Используются минимизирующие эквалайзеры.

Система синхронизации предназначена для заполнения абсолютной временной задержки сигналов до 233 мкс, что соответствует максимальной дальности связи или максимальному радиусу соты (соты) 35 км.

Гауссовская манипуляция (GMSK) с минимальным отклонением от стандарта GSM; индекс манипуляции - выбран 0,3. Обработка речи выполняется в рамках принятой системы прерывистой передачи речи (DTX), которая позволяет включать и выключать передатчик при наличии речевого сигнала в перерывах или в конце речи.

В качестве модификатора речи был выбран речевой кодек (RPE / LTP - LPC - codec) с линейным предикативным кодированием с регулярным импульсным возбуждением/долгосрочным прогнозированием и прогнозированием. Общая скорость преобразования речевого сигнала составляет 13 кбит/с.

Достигнут высокий уровень безопасности передачи сообщений в стандарте GSM; сообщения были зашифрованы с использованием алгоритма шифрования с открытым ключом.

Таблица 2.1

Основные характеристики стандарта GSM

Частота передачи мобильной станции и приема базовой станции, МГц	890...915
Частота приема мобильной станции и передачи базовой станции, МГц	935...960
Дуплексное распределение частоты приема и передачи, МГц	45
Скорость передачи по радиоканалу, кбит / с	270, 833
Скорость преобразования кодека, кбит / с	13
Пропускная способность канала связи, кГц	200
Максимальное количество каналов	124
Максимальное количество каналов связи, устанавливаемых на базовых станциях	16...20
Тип модуляции	MSK
Индекс модуляции ВТ	0,3
Ширина полосы фильтра Гаусова до модуляции, кГц	82,2
Скачки частоты в секунду	217
Временное распределение по интервалам	2
Тип речевого кодека	RPE LTP
Максимальный радиус соты, км	35
Схема организации канала (смешанная)	TDMA/FDMA

Функциональная структура и интерфейсы, принятые в стандарте GSM

На рисунке 2.1. представлена принципиальная схема: MSC (Mobile Switching Center) - центр коммутации мобильной связи; BSS (Base Station System) - оборудование базовой станции; OMS (Operations and Maintenance Centre) - центр управления и обслуживания; MS (Mobile Stations) - мобильные станции.

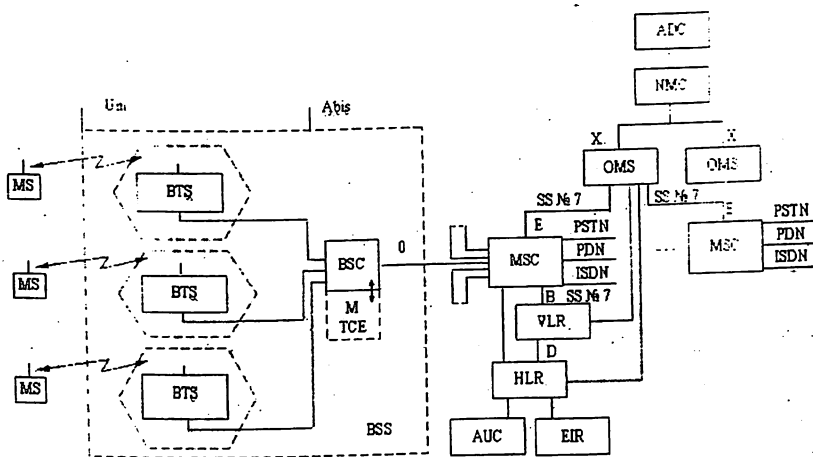


Рис. 2.1. Структурная схема стандарта GSM

Функциональная интеграция системы происходит перед интерфейсами. Все функциональные компоненты сети стандарта GSM взаимодействуют с системой сигнализации МККТТ N7 (SSIT SS N7). SS N7 стандартизирован на международном уровне и предназначен для обмена сигнальной информацией в цифровой сети связи с цифровыми станциями управления. Система оптимизирована для работы на цифровом канале со скоростью 64 кбит/с и позволяет контролировать процесс подключения, а также передачу информации по обслуживанию и эксплуатации. Его также можно использовать в качестве надежной транспортной системы для передачи других типов информации между станциями и специализированными центрами в телекоммуникационных сетях. SSN7 использует метод передачи сигнальной информации по специальному каналу, который является общим для одного или нескольких звеньев информационных каналов. Информация о сигнале должна передаваться в правильной последовательности без потерь, чтобы наземные и спутниковые каналы могли взаимодействовать. Сеть SS N7 является предпосылкой для создания сети стандарта GSM.

Центр коммутации мобильной связи обслуживает отдел продаж и обеспечивает все виды соединений, которые необходимы мобильной станции. Коммутационная станция MSC аналогична ISDN и включает интерфейс между указанными сетями (PSTN, PDN, ISDN и т.д.) и мобильной сетью. Он обеспечивает функции маршрутизации вызовов и управления вызовами. Помимо выполнения обычных функций ISDN коммутационной станции, радиоканалы MSC загружаются в функции коммутации. К ним относятся ретрансляционная передача в процессе изменения положения мобильной станции от ячейки к ячейке и в процессе повторного подключения рабочих каналов в ячейке в случае прерывания или неисправности. Каждый MSC предоставляет услуги мобильным абонентам, находящимся в определенной географической зоне (например. Москва и

область). MSC управляет процедурами установки и маршрутизации вызовов. Для телефонной сети общего пользования (PSTN) сигнализация MSC SS N7 обеспечивает функцию передачи вызова или другие типы интерфейсов в соответствии с требованиями конкретного проекта.

MSC генерирует информацию, необходимую для записи учетных записей для услуг, предоставляемых сетью связи, собирает данные о состоявшихся разговорах и передает их в биллинговый центр (биллинговый центр). MSC содержит статистику, необходимую для мониторинга и оптимизации производительности сети.

MSC предоставляет процедуры безопасности, используемые для управления доступом к радиоканалам.

MSC участвует в управлении вызовами, но также управляет процедурами: передачи управления в дополнение к регистрации местоположения и передаче управления в подсистеме базовой станции (BSS). Регистрация местоположения мобильных станций необходима для обеспечения переадресации вызовов от абонентов телефонной связи общего пользования или других абонентов мобильной связи к абонентам мобильной связи. Процедура переадресации вызовов способна поддерживать соединение и позволяет мобильным станциям связываться при перемещении из одной зоны обслуживания в другую. В сотовых станциях, которые управляются одним контроллером базовой станции (BSC), вызовы передаются этим BSC. Когда вызовы маршрутизируются между двумя сетями, управляемыми разными BSC, первичное управление выполняется на MSC. Стандарт GSM предусматривает процедуры переадресации вызовов между сетями (контроллерами), принадлежащими разным MSC. Мобильные станции постоянно контролируются с помощью регистров статуса коммутационного центра (HLR) и перемещения (VLR). HLR хранит часть информации о местоположении любой мобильной станции, которая позволяет станции отправлять вызов в центр коммутации. Реестр HLR содержит текущий международный идентификационный номер абонента (IMSI).

Он используется для идентификации мобильной станции в центре аутентификации (AUC) (таблицы 2.2, 2.3).

Таблица 2.2

Содержимое долгосрочных данных, хранящихся в HLR и VLR	
Содержимое долгосрочных данных, хранящихся в HLR и VLR	
HLR	VLR
1	IMSI - международный идентификационный номер мобильного абонента.
2	ISDN - номер мобильной станции в международной сети.
3	Категория мобильной станции
4	Ключ аутентификации
5	Тип службы поддержки
6	Индекс закрытой группы пользователей

7	Код блокировки закрытой группы пользователей
8	Содержание основных вызовов, которые можно переадресовать
9	Уведомление о звонящем абоненте
10	Идентификационный номер звонящего абонента
11	Рабочий график
12	Уведомление о вызываемом абоненте
13	Контроль сигнализации при подключении абонентов
14	Возможности (инструменты) закрытой группы пользователей
15	Привилегии закрытой группы пользователей
16	Запрещенные исходящие звонки в закрытой группе пользователей
17	Максимальное количество подписчиков
18	Используемый пароль
HLR	
19	Класс приоритетного доступа
20	Входящие звонки запрещены в закрытой группе пользователей

На практике HLR включает в себя базу данных абонентов, которые постоянно подписаны на сеть. В нем указаны выбранные номера и адреса, а также исходные параметры абонентов, содержание услуг связи, специальная информация о маршрутизации. Записывается информация о роуминге абонента (ошибка), включая информацию об активных абонентах и связанный с VLR идентификационный номер времени (TMSI).

Если в сети несколько HLR, все MSC и VLR сети имеют удаленный доступ к данным в HLR, в базе данных будет одна запись подписчика, поэтому каждый подписчик HLR содержит определенную часть общей базы данных сети. Доступ к базе абонентов осуществляется по IMSI или MSISDN (номер абонента сети ISDN). База данных может использоваться MSC или VLR, принадлежащим другим сетям, для обеспечения межсетевых роумингов абонентов.

Таблица 2.3

Содержание временных данных, хранящихся в HLR и VLR	
HLR	VLR
Настройки аутентификации и шифрования	TMSI - это международный идентификационный номер пользователя по времени.
Временной номер мобильной станции, которой назначен VLR	Идентификатор зоны расположения
Адрес миграционного регистра	Инструкция по

VLR	использованию базовых сервисов
Зона перемещения мобильной станции	В режиме «Эстафетной передачи»
Число сота в релейной передаче	Настройки аутентификации и шифрования
Статус регистрации	
Если нет ответа, таймер (при удалении соединения) будет удален	
Содержание пароля, используемого в данный момент	
Коммуникационная деятельность	

Вторым основным устройством, контролирующим перемещение мобильной станции из зоны в зону, является регистр миграции VLR. С его помощью достигаются функциональные возможности мобильных станций за пределами контролируемых HLR зон. Когда базовая станция BSC, которая управляет группой базовых станций, перемещается из одной зоны обработки контроллера в другую зону обработки BSC, она регистрируется новым BSC и вводится номер области связи, где вызовы мобильной станции доставляются в информацию VLR. Эти регистры защищены запоминающим устройством в случае прерывания из-за хранения данных в HLR и VLR.

VLR выключает такую информацию, как HLR, но эта информация остается в VLR, пока абонент не окажется в зоне управления VLR.

GSM группируется в географическую зону (LA) в сети мобильной связи, которой присваивается собственный идентификационный номер (LAC). Каждый VLR содержит информацию о нескольких абонентах LA. Когда мобильный абонент перемещается из одного LA в другой, информация о его местоположении автоматически обновляется в VLR. Если старый и новый LA находятся под разными элементами управления VLR, данные в старом VLR будут удалены после копирования нового VLR. Текущий адрес VLR абонента в HLR также будет обновлен.

VLR позволяет прикрепить "потерянный" (MSRN) номер мобильной станции. Когда мобильная станция принимает входящий вызов, VLR выбирает его как MSRN и передает его в MSC, который направляет этот вызов на базовые станции, следующие за движущимся абонентом.

VLR подтверждает номер передачи управления при передаче соединений от одного MSC к другому. Кроме того, VLR управляет новыми распределениями TMSI и передает их в MSC. Он управляет процедурами аутентификации во время обработки вызовов. По усмотрению оператора TMSI он может время от времени изменяться, чтобы усложнить процедуру идентификации абонентов. VLR может предоставлять доступ к базе данных через IMSI, TMSI или MSRN. Как правило, VLR включает в себя локальную

базу данных мобильных абонентов для зоны, где находится абонент, что позволяет HLR отключать постоянные запросы и сокращать время, необходимое для обслуживания вызовов.

Для предотвращения несанкционированного использования ресурсов системы связи будут внедрены механизмы аутентификации - сертификат подлинности абонента. Центр аутентификации содержит несколько блоков и форм ключей и алгоритмов аутентификации. Он проверяет учетные данные абонента и использует его / ее сеть связи. AUS принимает решение о параметрах процесса аутентификации и определяет ключ шифрования абонентских станций на основе базы данных, расположенной в регистре идентификации оборудования (EIR).

Каждый раз, когда абонент использует систему связи, абонент получает стандартный модуль аутентификации (SIM), состоящий из международного идентификационного номера (IMSI), аутентификации с собственным индивидуальным ключом (Ki), алгоритма аутентификации (A3).

В результате обмена данными между мобильной станцией и сетью выполняется полный цикл аутентификации с использованием информации, введенной в SIM-карту, и абоненту разрешается использовать сеть.

Процедура проверки подлинности абонента сети следующая. Сеть передает на мобильную станцию случайное число (RAND). В нем значение ответа (SRES) с использованием Ki и алгоритма аутентификации A3, т.е. определяемый как

$$SRES = Ki * [RAND]$$

Мобильная станция отправляет значение SRES, вычисленное в сети, которое сравнивает значение SRES со значением SRES, вычисленным сетью. Если два значения совпадают, мобильная станция начнет передачу сообщений. В противном случае соединение будет потеряно, и индикатор мобильной связи не будет показывать задержки. Расчет SRES выполняется для обеспечения конфиденциальности SIM-карты. Неконфиденциальная информация (например, Ki) не будет обрабатываться в SIM-модуле.

Процедура аутентификации показана на рисунке 2.2.

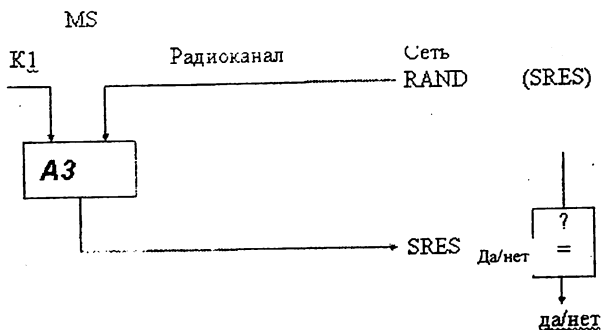


рис. 2.2. Принцип аутентификации

Регистр EIR - идентификации устройства содержит централизованную базу данных для проверки подлинности международного идентификационного номера оборудования мобильной станции (IMEI). Эта база данных предназначена исключительно для оборудования мобильных станций. База данных EIR состоит из списка номеров IMEI, организованных следующим образом.

БЕЛЫЙ СПИСОК - содержит номер IMEI данных, прикрепленных к авторизованным мобильным станциям.

ЧЕРНЫЙ СПИСОК - содержит номер IMEI мобильных станций, которые были украдены или отклонены по другим причинам во время обслуживания.

СЕРЫЙ СПИСОК - Если это не считается основанием для внесения в черный список, программное обеспечение будет включать номер IMEI мобильной станции, на которой были обнаружены проблемы с данными.

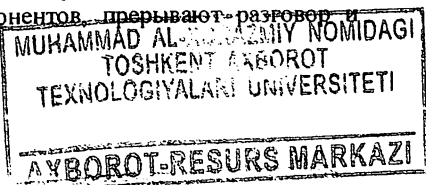
К базе данных EIR можно получить удаленный доступ через MSC этой сети, а также через MSC из других мобильных сетей.

Как и в режиме HLR, в сети может быть несколько EIR, при этом каждая EIR управляет определенными группами IMEI. MSC включает в себя передатчик, который возвращает адрес EIR, когда вы получаете номер IMEI, и управляет соответствующей частью базы данных устройства.

IWF - межсетевое функциональное соединение - одна из составляющих MSC. Это позволяет абонентам использовать средства для изменения протоколов и скорости передачи данных, которые могут передаваться между окончательным оборудованием сети GSM (DIE) и обычным окончательным оборудованием зарегистрированной сети. Функциональное соединение «отключает» модем от собственного банка устройства для подключения к соответствующему модему указанной сети. IWF предоставляет прямые интерфейсы типа соединения для оборудования, предоставляемого с оборудованием, такого как пакет данных протокола X.25 PAD.

ESC - MSC используется PSTN для всех телефонных каналов (независимо от их длины), включая радиоканал сетей GSM, из-за физических задержек в маршрутах распространения подавления эха. Типичный резонансный принтер может обеспечить интервал 68 миллисекунд на участке между выходом ES и записанным телефоном телефонной сети.

Общая задержка, вызванная обработкой сигнала, кодированием/декодированием речи, кодированием канала и т. д. В канале GSM для прямого и обратного распространения, составляет около 180 мс. Эта задержка может быть незаметна для движущегося абонента, если не включен гибридный трансформатор с четырехпроводным трактом переключения из двухпроводного режима, который должен быть установлен в MSC, поскольку стандартное соединение на телефонном канале - двухпроводное. -проводной PSTN. При подключении двух абонентов указанной сети эхо отсутствует. Задержки в передаче сигналов по GSM-тракту без включения ЭС раздражают абонентов, прерывают разговор и отвлекают внимание.



OMS - центр эксплуатации и обслуживания является центральным элементом сети GSM, который обеспечивает контроль и управление другими компонентами сети, а также контроль качества. OMS X.25 интегрируется с другими компонентами сети GSM через каналы передачи данных. OMS предоставляет функцию обработки аварийных сигналов, предназначенную для уведомления обслуживающего персонала и записи информации об аварийных ситуациях в других компонентах сети.

В зависимости от характера проблемы OMS может исправить ее автоматически или при активном вмешательстве сотрудника. OMS может отслеживать состояние сетевого оборудования и ход вызова мобильной станции. OMS имеет возможность управлять нагрузкой в сети. Эффективное управление включает в себя сбор статистики нагрузки от компонентов сети GSM, запись их в файлы на диск и отображение их для визуального анализа. OMS обеспечивает управление базой данных изменений программного обеспечения и конфигураций сетевых элементов. Загрузка программного обеспечения в память выполняется из OMS в другие элементы сети или из них в OMS.

NMC - Центр управления сетью GSM имеет возможность обеспечивать рациональное иерархическое управление сетью. Он обеспечивает эксплуатацию и обслуживание на всех уровнях сети при поддержке центров OMS, отвечающих за управление региональными сетями. ПСУ обеспечивает графическое управление всей сетью и обеспечивает диспетчерское управление сетью в случае сложной чрезвычайной ситуации, такой как отказ или перегрузка узлов. Кроме того, он отслеживает состояние устройства автоматического управления, работающего на сетевом оборудовании, и отображает состояние сети для операторов NMC на дисплее. Это позволяет операторам контролировать региональные проблемы и, при необходимости, OMS, которая отвечает за конкретную область. Таким образом, сотрудник NMC знает состояние всей сети и инструктирует сотрудника OMS изменить стратегию для решения региональной проблемы.

NMC фокусируется на маршрутах сигнализации и соединениях между узлами, поскольку не допускает перегрузки сети. Маршрутизация соединений GSM и PSTN контролируется для предотвращения распространения перегрузки сети. При этом сотрудник NMC согласовывает вопросы управления сетью с другим сотрудником NMC. NMC обеспечивает графическое управление сетевым оборудованием подсистемы базовой станции (BSS). Когда абоненты имеют доступ к системе с высоким приоритетом (службы экстренной помощи), процедуры управления, такие как «приоритетное использование», могут быть включены в экспериментальных ситуациях операторов NMC.

Если локальная OMS считается не обслуживаемой, NMC может взять на себя ответственность в любой области, где OMS действует как транзитная точка между NVC сети и оборудованием. NMC предоставляет операторам функции, аналогичные функциям OMS.

NMC является важным инструментом для планирования сети, поскольку NMC контролирует сеть и ее производительность на сетевом уровне, в

частности, обеспечивая планирование сети данными, которые определяют ее оптимальное развитие.

BSS - это оборудование базовой станции, которое включает в себя контроллеры базовых станций (**BSC**) и базовые станции приемопередатчиков (**BTS**). Контроллеры базовых станций могут управлять несколькими блоками приемник-передатчик. **BSS** управляет распределением радиоканалов, контролирует соединения, регулирует их последовательность, регулирует режим перемены частоты, модуляцию и демодуляцию сигнала, кодирование и декодирование сообщений, кодирование речи, адаптацию речи, данных и скорости вызова. Определяет порядок, в котором персональный вызов сообщения отправлены.

BSS выполняет некоторые функции в работе **MSC**, **HLR**, **VLR**, например: освобождение канала под управлением **MSC**. но **MSC** может запросить базовую станцию предоставить освобождение канала, если вызов не выполняется из-за радиопомех. **BSS** и **MSC** совместно реализуют приоритетную передачу данных для определенных категорий мобильных станций.

TSE - транскодер, преобразующий выходные сигналы канала передачи речи и данных **MSC** (64 кбит / с **IKM**) в появление соответствующих рекомендаций **GSM** (рекомендаций **GSM 04.08**) на радиointерфейсе.

Скорость передачи речи в цифровом виде согласно этим требованиям составляет 13 кбит/с. Этот канал цифрового речевого сигнала называется «полная скорость». Стандарт предусматривает использование в будущем полускоростного речевого канала (скорость передачи 6,5 кбит/с).

Снижение скорости передачи обеспечивается за счет использования специального устройства преобразования речи, которое использует кодирование с линейным предикатом (**LPC**), долгосрочное прогнозирование (**LTP**) и остаточное импульсное возбуждение (**RPE** - иногда называемое **RELTP**).

Транскодер обычно ставится в связке с **MSS**, в котором передача цифровых сообщений в направлении базовых станций - контроллеров **BSC** добавляется в поток со скоростью передачи 13 кбит/с путем добавления дополнительных битов (стаффинга) в поток. скорость передачи данных составляет 16 кбит/с. Затем он сжимается 4 раза до стандартного канала 64 кбит/с. Таким образом, будет сформирована 30-канальная линия **ICM**, которая будет передавать 120 речевых каналов, определенных рекомендациями **GSM**.

Шестнадцатый канал (64 кбит / с) зарезервирован для передачи информации сигнализации «временного окна» и обычно включает в себя графику **SS N7** или **LAPD**. Другой канал (64 кбит/с) может передавать пакет данных, совместимый с протоколом **МКСТ X.25**.

Таким образом, результирующая скорость передачи на этом интерфейсе составляет $30 \times 64 \text{ кбит/с} + 64 \text{ кбит/с} + 64 \text{ кбит/с} = 2048 \text{ кбит/с}$.

МС - мобильная станция, в состав которой входит оборудование, служащее для организации доступа абонентов сетей **GSM** к существующим фиксированным сетям телекоммуникаций. В соответствии со стандартом

GSM приняты 5 классов мобильных станций: от модели класса 1 с выходной мощностью 20 Вт, установленной в транспортной модели, до портативной модели класса 5 с максимальной мощностью 0,8 Вт. Имеется адаптивная регулировка мощности передатчика для обеспечения необходимого качества связи при передаче сообщений.

Мобильная станция и мобильный абонент не подключены. У каждого абонента есть международный идентификационный номер (IMSI), который записан на его интеллектуальной карте. Такой подход позволяет устанавливать радиоприемники в арендованных такси и автомобилях. Каждой мобильной станции присваивается международный идентификационный номер (IMEI). Этот номер используется для предотвращения доступа украденной или неавторизованной станции к сети GSM.

Контрольные вопросы

1. Основные технические характеристики стандарта GSM.
2. Структурная схема стандарта GSM.
3. Опишите задачи и функции, которые выполняет центр коммутации мобильной связи MSC.
4. Перечислите содержимое долговременных данных, хранящихся в регистрах HLR и VLR.
5. Как выполнить процедуру проверки подлинности абонента в сети?
6. Объясните функцию функционального соединения межсоединения. IWF и резонатора ES.
7. Функции, выполняемые центром эксплуатации и обслуживания OMS.
8. Объясните термин «приоритетное использование». Какой блок выполняет эту процедуру?
9. Объясните состав оборудования BSS базовой станции и его функции.
10. Функция транскодера TSE.
11. Объясните структурную схему станции в цифровом движении.
12. Объясните содержание долгосрочных данных, хранящихся в HLR и VLR.

Практическая работа №3

Изучение общей сетевой схемы стандарта CDMA

1. Цель работы

Изучение основных технических характеристик, структур и интерфейсов цифровой сотовой системы радиосвязи стандарта CDMA

2. Задание

1. Ознакомление с общими характеристиками стандарта CDMA.
2. Исследование функциональной схемы и характеристик оборудования.
3. Сбор информации о блоках в общей структуре.
4. Составление отчета.

3. Структура отчета

1. Название и цель работы.
2. Начертите структурную схему системы цифровой радиосвязи в стандарте CDMA и запишите характеристики устройств.

4. Краткая информация

В основе стандарта CDMA (Code Division Multiple Access) лежит технология мультистанционного доступа с кодовым разделением каналов. В системах CDMA каждый звуковой поток обозначается своим уникальным кодом и передается по одному каналу одновременно со многими другими закодированными звуковыми потоками. Принимающая сторона использует именно этот код, чтобы отделить сигнал от шума. Единственная разница между многими голосовыми потоками - это уникальный код.

Как правило, ширина канала очень большая, и каждый звуковой поток занимает весь спектр диапазона. Данная система использует набор каналов шириной 1,23 МГц. Звук кодируется со скоростью 8,55 Кбит/с, но процесс определения звуковой активности и различных скоростей кодирования может уменьшить поток данных до 1200 бит/с. В системах CDMA устанавливаются очень прочные и защищенные стабильные соединения, несмотря на то, что уровень мощности сигнала чрезвычайно низок. Теоретически размер сигнала может быть слабее, чем уровень шума.

В технологии кодированного доступа, основанной на использовании сигналов расширенного спектра, обычно используются фазовые манипулированные сигналы, организованные на основе кодированных псевдослучайных последовательностей (ПТС), обладающих взаимно «хорошими» корректирующими свойствами. Возможность использования различных ПТС позволяет абонентам системы CDMA работать в общей полосе частот и использовать любой канал.

К основным преимуществам стандартной технологии CDMA относятся: высокая устойчивость к галакитам по сравнению с узкополосными галакитами, которые преобразуются в обычные помехи в процессе преобразования сигнала в упаковку, высокая спектральная эффективность в каналах с многолучевым излучением радиоволн, возможность подключения каналов с плавным переключением при переходе абонента из одной зоны в другую (hand over - handover). Все базовые станции в сети работают на одной частоте. поэтому нет необходимости в частотном планировании. Высокая чувствительность к рассеиванию мощности абонентских станций (мобильных станций) и необходимость синхронизации базовых станций (стандарт IS-95) являются основными трудностями при внедрении данной технологии. При синхронизации базовых станций используется GPS (Global position system – глобальная система определения географического положения с помощью искусственных спутников Земли). Система подвижной радиосвязи с каналом CDMA, кодовым разделением абонентов общего пользования. была впервые разработана фирмой Qualcomm (США) и успешно разрабатывается фирмой MOTOROLA.

В США был принят стандарт системы CDMA под названием IS-95. Коммерческая система с кодовым разделением каналов была впервые введена в мире компанией Hutchison Telephone в 1995 году. Данная сеть состоит из оборудования фирмы MOTOROLA и построена на базе станций SC9600 и коммутационных станций EMX 2500. При создании стандарта CDMA основной целью было увеличение емкости системы радиосвязи не менее чем в десять раз по сравнению с аналоговой и повышение до этого уровня эффективности использования выделенного частотного спектра.

Принцип CDMA основан на использовании широкополосных сигналов, полоса пропускания которых значительно шире, чем полоса частот, используемых при обычной передаче сообщений. В основе этого лежит метод модуляции, применявшийся в военной радиосвязи с довольно давних времен с использованием помехоустойчивого или широкополосного сигнала (SHSS, CPS) (SHSS или CPS: англ. spread spectrum в литературе термин spread означает «расширенный» или «расширенный» спектр, т. е. полезная информация «распространяется» по значительно расширенному частотному диапазону по сравнению с обычной узкополосной. Это делается путем умножения полезной последовательности битов информации на импульсы псевдослучайных последовательностей, которые намного короче. В результате образуется сигнал с гораздо большим частотным диапазоном и меньшей интенсивностью по сравнению с узкополосной модуляцией. Мультистанционный доступ с кодовым разделением каналов в стандарте CDMA используется такой прием, как модуляция DSSSS (direct-sequence spread spectrum – «правильная последовательность расширенного спектра»), то есть шумовых сигналов.

Основной проблемой при создании HSAT-систем стандарта CDMA является изготовление малогабаритных, маломощных и многофункциональных CPS - «сжимающих» устройств. До сих пор эта проблема успешно решалась различными фирмами, в том числе по

рекомендации Американской фирмы Qualcomm в США был принят стандарт IS-95 для системы CDMA HSAT. В Европе в различных приложениях Race был разработан проект CODIT (code division testted), основной целью которого является возможность использования UMTS/Fplmts третьего поколения в стандарте CDMA.

Основные характеристики стандарта IS-95. Основной целью разработки этого стандарта является увеличение емкости HSAT по сравнению с аналоговыми. Технические требования к системе CDMA сформулированы Ассоциацией индустрии связи (TIA) в следующих стандартах:

- Радиоинтерфейс IS-95-CDMA
- IS-96-CDMA разговорные услуги
- IS-97-CDMA подвижная станция
- Базовая станция IS-98-CDMA
- IS-99-служба передачи данных CDMA

Система рассчитана на работу в диапазоне 800 МГц, выделенном для сетей HSAT стандартами AMPS/DAMPS. Одним из технологических преимуществ CDMA является секретность (конфиденциальность) связи, поэтому шифрование сообщений не требуется.

Стандарт IS-95 использует правильное расширение частотного спектра на основе 64 последовательностей функций Уолша. Разговорные сообщения преобразуются по алгоритму SELP со скоростью преобразования 8000 бит/с, в то время как в каналах они передаются до 9600 бит / с с учетом дополнительного символа для повышения устойчивости к галакцинациям. Система обеспечивает режим работы на скоростях 4800, 2400 и 1200 бит/с. При передаче "вниз" в системе используется пакетное кодирование со скоростью 1/2, а "вверх" - 1/3. Кроме того, в передаче используется чередование сообщений, а в приеме-декодер Витерби с «мягким» решением.

Канал связи стандарта Qualcomm CDMA занимает полосу 1.25 МГц, при этом основные характеристики и технические параметры приведены в таблице 3.1.

В результате отражения на приеме сигналы, поступающие с различной задержкой, обрабатываются отдельно, затем производится прибавка по весу. Такое соблюдение режима приема в достаточной степени снижает негативное влияние эффекта многолучевости.

Таблица 3.1.

Основная интерпретация и технические параметры стандарта Qualcomm CDMA

Диапазон частот передачи MS	824,040 – 848,970 MHz
Диапазон частот передачи BTS	869.040 – 893.970 MHz
Относительная дисперсия несущей частоты MS	$\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$
Относительная дисперсия несущей частоты BTS	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
Относительная дисперсия типа модуляции	QPSK (BTS), O-QPSK (MS)
Ширина спектра передаваемого сигнала на 3 дБ	1,25 MHz

на 40 дБ Тактовая частота ПТК	1,50 MHz 1,2288 MHz
Количество элементов в ПТК для BTS для MS	32768 bit $2^{42} - 1$ bit
Количество каналов в 1 носителе BTS	1 пилотный канал 1 сигнальный канал 7. личные каналы вызовов 55 каналов связи
Количество каналов MS	1 канал использования 1 канал связи
Скорость передачи данных - в канале синхронизации - в личном канале вызова и использования - в канале связи	1200 bit/s 9600,4800 bit/s 9600,4800,2400,1200 bit/s
Кодирование в каналах передачи BTS (Синх. Канал. личный звонок, биография)	0'та аниклик биллан кодлаш $r = \frac{1}{2}, K = 9$
Кодирование в каналах передачи MS	64-битное кодирование с $U = 1/3, c = 9$ сигнала Уолша
Отношение энергии информационного бита в приемнике к спектральной плотности шума (E_b/N_0)	6 - 7 dB
Максимальная эффективная мощность передачи BTS	До 50 Wt
Максимальная эффективная мощность передачи MS	6,3 W
1 класс	2,5 W
2 класс	1,0 W
3 класс	
Точность управления питанием передатчика MS	+/- 0,5 dB

Для раздельной цифровой обработки сигналов на каждом приемном канале параллельно работают 4 коррелятора в BTS и 3 коррелятора в MS.

Кроме того, параллельные корреляторы дают возможность реализовать режим плавного переключения «передачи эстафеты» (Soft Handoff) при пересечении границ. Это происходит из-за того, что MS управляется двумя или более BTS. Транскодер, входящий в состав основного оборудования, оценивает качество приема сигналов, поступающих от двух BTS, посредством последовательных кадров информации. (Рис. 3.1)

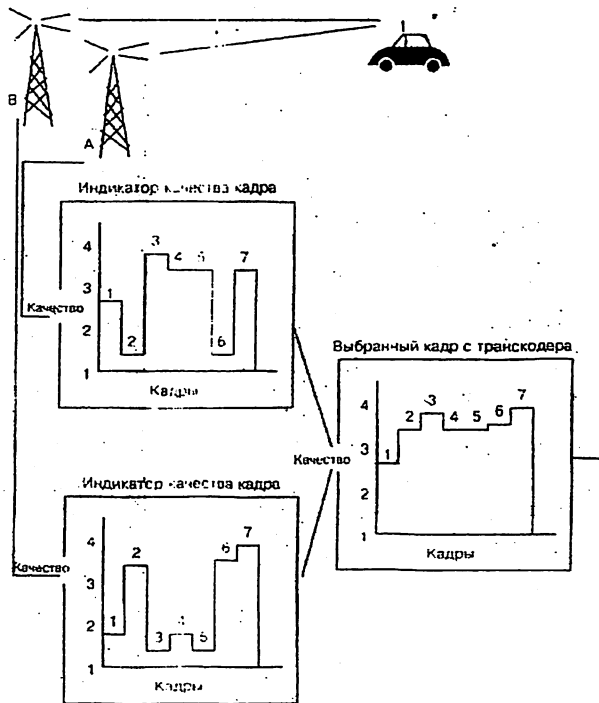


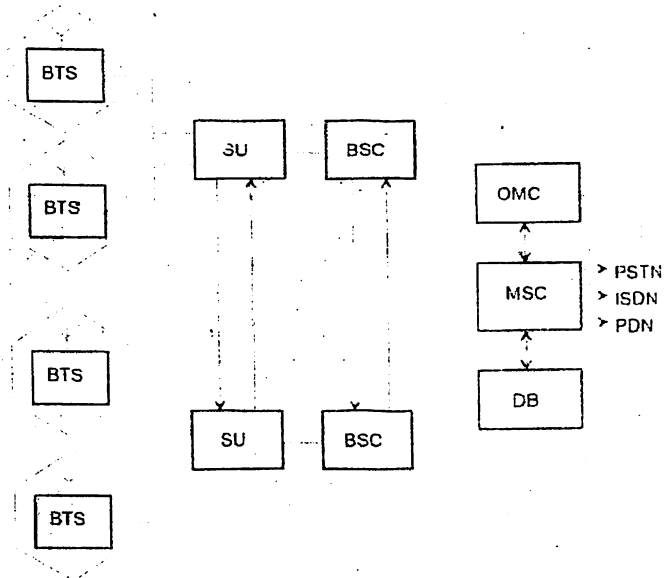
Рис. 3.1. Принцип «склеивания» в одно лучшее принимаемых кадров с разными базовыми станциями

Процесс определения наилучшего кадра-это выбор последнего результирующего сигнала, который формируется путем приема и последующего склеивания кадра с различными базовыми станциями, участвующими в «эстафетной передаче», обеспечивающей непрерывное переключение и плавный режим. При этом обеспечивается высокий уровень качества приема речевых сообщений и исключаются перебои в сеансах связи, которые встречаются в сетях с другими стандартными каналами связи.

Обобщенная структурная схема стандарта CDMA приведена на рисунке 2. Как видим, основные элементы представленной схемы аналогичны тем, что используются в аналоговых и цифровых стандартах Hsat. Разница заключается только в применении устройства, которое оценивает качество и выбирает кадр (Su-Selection Unit). Кроме того, для реализации бесшумного режима» передачи эстафеты " между БТС, управляемыми различными контроллерами (БСК).

Протоколы установления связи используют логические каналы в CDMA, которые делятся на прямые (forward), обратные (reverse), «восходящие» передачи. Структура таких каналов стандарта IS-95 представлена на рисунке 3.2.

Прямой пилотный канал служит для синхронизации MS с сетью и управления сигналами BTS по времени, частоте и фазе.
 Канал синхронизации используется для идентификации BTS, уровней облучения пилотного сигнала, фаз ТКК в BTS.



BTS (Base Transceiver Station) - базовая приемопередаточная станция
 BSC (Base Station Controller) - контроллер базовых станций
 OMC (Operation and Maintenance Centre) - центр управления и обслуживания
 SU (Selector Unit) - устройство выбора кадра
 DB (Data Base) - база данных об абонентах и оборудовании
 MSC (Mobile Switching Centre) - центр коммутации подвижной связи

Рис. 3.2. Структурная схема сети подвижной радиосвязи канала CDMA

Контрольные вопросы

1. Объясните задачу BTS.
2. Объясните задачу BSC.
3. Объясните задачу OMC.
4. Объясните функцию SU.
5. Объясните задачу DB.
6. Объясните задачу MSC.
7. Объясните функцию Soft Handoff.
8. Объясните основные характеристики стандарта IS-95.
9. Укажите рабочую частоту стандарта CDMA и тип модуляции.
10. Объясните функцию Hand over.
11. Приведите общую структурную схему и блоков стандарта CDMA

Практическая работа №4

Изучение межстанционной связи

1. Цель работы

Исследование технических характеристик соединений между BTS, BSC, TE и MSC в системах мобильной связи.

2. Задание

1. Ознакомиться с общими характеристиками стандартов GSM и CDMA.
2. Изучить связи между BTS, BSC, TE и MSC.
3. Ознакомиться с содержанием долгосрочных данных, хранящихся в регистрах.
4. Ознакомиться с процедурой подлинности абонента сети.
5. Отчетность.

3. Структура отчета

1. Название и цель работы.
2. Структура базовой станции.
3. Принципиальная схема коммутационного центра.
4. Диапазоны частот и длины волн стандарта GSM.

4. Краткая информация

Структурная схема базовой станции представлена на рисунке 4.1. Одна из особенностей BTS - раздельный прием сигнала, т.е. базовая станция имеет две приемные антенны. Кроме того, BTS может иметь отдельные передающие и приемные антенны (на рисунке 4.1 показана соответствующая структурная схема). Еще одна важная особенность - наличие нескольких приемников и столько же передатчиков. Это позволяет работать одновременно на нескольких каналах с разными частотами.

Одноименные приемники и передатчики имеют общие регулируемые базовые генераторы. Они позволяют сбросить настроенную частоту с одного канала на другой. N приемников подключены к одной приемной антенне, а N передатчиков подключены к одной передающей антенне. Между приемной антенной и приемником установлен делитель входной мощности с N входами, а между передатчиком и передающей антенной - сумматор мощности (накопитель) с N входами.

Приемник и передатчик имеют ту же структуру, что и в MS, с той лишь разницей, что RAO и ARO не установлены, поскольку входные сигналы передатчика и выходные сигналы приемника являются цифровыми. Хотя кодеки (речевой кодек или речевой кодек с речевым кодеком) остаются функциональными элементами передатчика-передатчика. они размещаются в

структуре MSC, а не в передатчике-передатчике BTS.

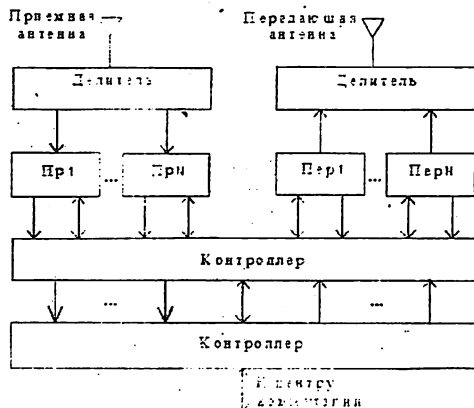


Рис. 4.1. Блок-схема базовой станции

Соединительный блок, который подключается к линии связи, сначала размещает информацию, отправляемую в MSC через линию связи, и раскрывает информацию, исходящую от него.

Обычно для подключения BTS к MSC используется радиорелейная или оптоволоконная линия связи. Если они расположены рядом, используются проводные кабели. Управление станцией, а также исправность всех блоков и частей базовой станции осуществляется контроллером BTS (компьютером).

Для обеспечения надежности многие узлы и электронные части BTS имеют резервное копирование (дублирование), а станция включает автономные источники бесперебойного питания (аккумуляторы).

Стандарт GSM относится к концепции системы базовых станций, которая включает в себя контроллер базовых станций BSC, а также несколько (например, до шестнадцати) базовых приемных и передающих станций (рисунок 4.2).

В частности, каждая из трех базовых приемных и передающих станций, установленных в одном месте и подключенных к общему контроллеру базовых станций, может обслуживать свой собственный сектор размером 1200 градусов в масштабе sata. Или шесть базовых приемных и передающих станций с одним контроллером одной станции, обслуживающим шесть секторов по 600 градусов. Аналогичная ситуация

Три или шесть независимых BTS могут работать на выделенных секторных антеннах, каждая с контроллером, установленным на ее рабочем месте.

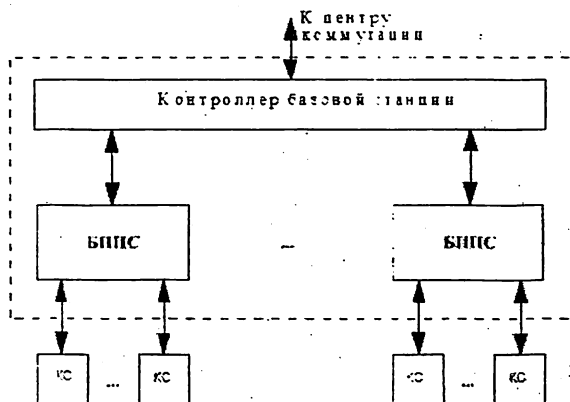


Рис. 4.2. Система базовой станции

Коммутационный центр - это АТС, выполняющая все функции управления сетью. Контроллер базовой станции всегда контролирует MS, передавая их из одной ячейки в другую в реле. Этот процесс обеспечивает непрерывность связи во время передачи MS из одной ячейки в другую, а в случае перебоев или сбоев MSC переключает рабочие каналы.

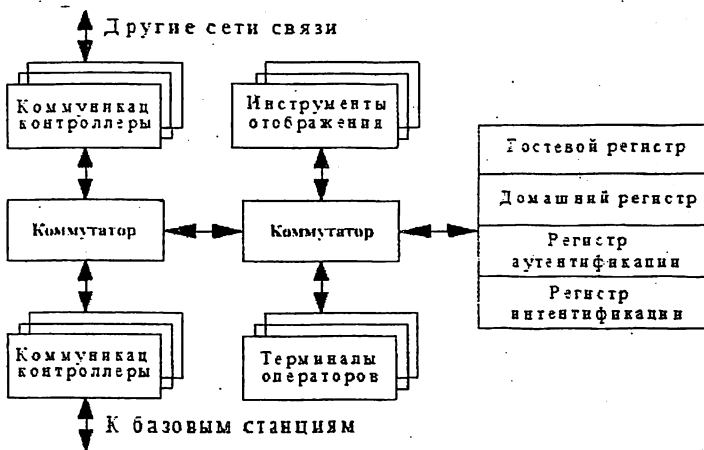


Рис. 4.3. Принципиальная схема центра коммутации

Коммутаторы подключаются к линиям связи через контроллеры связи. Коммуникационные контроллеры обрабатывают промежуточные информационные потоки (начальное размещение, открытие дескриптора, буферное хранилище). Операторы участвуют в управлении ЦК, поэтому центр включает в себя соответствующие терминалы, а также средства отображения и записи (документирования) информации. В частности,

операторы вводят предварительные данные о режиме работы информационной системы об абонентах и условиях предоставления им услуг. При необходимости необходимые команды также даются в процессе работы.

Важными элементами системы являются HLR - регистр местонахождения абонента «квартирный регистр», VLR - регистр местонахождения абонента «гостевой регистр», центр аутентификации, регистр оборудования. В реестре местонахождения абонентов хранится информация обо всех абонентах, зарегистрированных в этой системе, и о типах услуг, которые им могут быть предоставлены. HLR записывает (фиксирует) местоположение абонента и фактические предоставляемые услуги, чтобы организовать звонок и подключиться к системе. Реестр, в котором находится активный абонент, также называется «гостевым реестром» и содержит информацию о гостях (маршрутизаторах), то есть информацию об абонентах, зарегистрированных в другой системе. Центр аутентификации предоставляет процедуру аутентификации подписчиков и шифрования сообщения. Регистр идентификации оборудования, если он присутствует в системе, содержит информацию о том, что используемые MS не повреждены и разрешены.

В частности, этот реестр может включать украденные устройства, а также устройства с техническими дефектами, такие как устройства, создающие недопустимые помехи высокого уровня.

Как и в случае с BTS, КМ обеспечивает резервное копирование ключевых аппаратных компонентов, включая источник питания, процессор и наборы данных (базы данных). Наборы данных часто не являются частью MSC, а состоят из отдельных элементов. Устройство MSC может изготавливаться разных типов и разными компаниями.

Интерфейсы сотовой связи. Каждый стандарт сотовой связи использует несколько интерфейсов, которые, как правило, могут быть разных типов и стандартов. MS и BTS имеют свои собственные интерфейсы для соединения BTS и MSC (стандарт GSM использует отдельный интерфейс для подключения передатчика приемника BTS к контроллерам BSC). Коммутационный центр связывается с «домашним» регистром, «гостевым» регистром, регистром оборудования, стационарной телефонной сетью и другими через свои интерфейсы.

Необходимо стандартизировать все интерфейсы, чтобы обеспечить совместимость оборудования, производимого разными компаниями, но запрещено использовать разные интерфейсы разных стандартов для создания одного и того же типа информационных соединений. В некоторых случаях используются давно существующие стандартные интерфейсы, например, совместимые с протоколами обмена цифровой информацией.

Интерфейс обмена между MS и BTS называется эфирным интерфейсом или радиоинтерфейсом, и в рамках двух основных стандартов цифровой сотовой связи (D-AMPS и GSM), хотя и организован по-разному, он обычно определяется как Dm-. Широковещательный интерфейс - это, конечно, единственная функция, которая может использоваться в любом HSAT в его различных конфигурациях и во всех стандартах сотовой связи. Это позволяет

MS, производимой любой компанией. легко взаимодействовать с BTS, созданной любой компанией, которая необходима компании - оператору и организации роуминга. Чтобы обеспечить эффективное использование полосы частот, выделенной радиоканалу, стандарты интерфейса вещания должны разрабатываться как можно тщательнее. В таблице 4.1 используются диапазоны частот, перечисленные в стандарте GSM.

Таблица 4.1.

Полоса частот, используемая в стандарте GSM

Стандарт	Частота, MHz		Длина волны, см	
	Обратный канал	Прямой канал	Обратный канал	Прямой канал
GSM - 900	890 - 915	935 - 960	32,8 - 33,7	31,2 - 32,1
GSM - 1800	1710 - 1785	1805 - 1880	16,8 - 17,6	16,0 - 16,6
GSM - 1900	1850 - 1910	1930 - 1990	15,7 - 16,2	15,1 - 15,6

Другой особенностью является то, что выделенная полоса частот, которая включает в себя небольшое количество частотных каналов, строго ограничена. Это требует, чтобы выделенный диапазон использовался как можно более рационально, чтобы его использование было оптимизировано и чтобы пропускная способность системы связи была увеличена.

Еще одна особенность заключается в том, что полосы частот, используемые в сотовой связи, относятся к дециметровому диапазону. Радиоволны дециметрового диапазона распространяются по прямой линии зрения, и хотя дифракция на этих частотах слабая, молекулярное поглощение и поглощение в аэрометрах (снег, дождь) практически отсутствует. Однако близость земной коры, а особенно наличие преград (построек) в городских условиях, приводит к появлению отраженного сигнала и их интерференции. Это явление называется многолучевым распространением. Отражение от внешнего слоя земли приводит к уменьшению силы принимаемого сигнала пропорционально второму уровню расстояния между передатчиком и приемником (при распространении в свободном пространстве), т. е. Напряженность поля уменьшается до квадрата расстояния пропорционально уменьшено. Помехи нескольких сигналов, проходящих по разным путям, приводят к паузе генерируемого сигнала, в результате чего интенсивность принимаемого сигнала колеблется в пределах больших значений в пределах смещения движущейся станции. Кроме того, наложение сигналов нескольких интенсивностей, близких друг к другу и сдвигающихся во времени, может привести к искажению сообщения и ошибкам в полученной информации. Из-за удаленности от базовой станции коэффициент многолучевого рассеяния затрудняет расчет интенсивности сигнала. Этот вид расчета очень важен для правильного проектирования системы.

Самый распространенный стандарт GSM находится в диапазоне 800–900 МГц. Полоса 890–915 МГц используется для передачи сообщений

движущимся станциям (линия «вниз»), а 935–960 МГц используется для передачи сообщений на базовые станции (линия «вверх»). В связи с тем, что сети GSM разрабатывались совместно со стандартными системами NMT-900, TACS, ETACS, частотные планы разрабатывались с учетом их свойств.

В стандарте GSM разница частот между каналами составляет 200 кГц, количество частотных каналов в выделенной полосе - 124. Для формирования дуплексного канала частоты группируются по парам, а разница между частотами «низкой» и «высокой» линий составляет 45 МГц. В этой паре частот сохраняется разность частот. Каждой ячейке назначается определенное количество пар частот. Если номер несущей частоты в диапазоне 890–915 МГц равен $F1(n)$, а номер несущей частоты в диапазоне 938–960 МГц равен $F2(n)$, то частота канала определяется следующим образом.

$$F1(n) = 890.2 + 0.2(n - 1), \text{MHz}$$

$$F2(n) = F1(n) + 45 \text{MHz}$$

Каждая несущая частота сжимается 8 физическими каналами, которые помещаются в окна в 8 раз больше частоты кадров TDMA и последовательности кадров. Однако каждый физический канал использует только одно окно для каждого предыдущего момента в кадре TDMA.

Перед формированием физического канала все оцифрованные сообщения и данные группируются и объединяются в два разных логических канала:

- каналы связи предназначены для передачи закодированной речи или данных;
- Каналы управления предназначены для передачи сигналов управления и синхронизации (SSN).

Несколько типов логических каналов могут передаваться через один физический канал, только если они правильно скомбинированы.

Одна из функций HSAT - расширить сферу действия сотовой связи за пределы единой («домашней») системы.

Роуминг - это процедура обслуживания абонента одного оператора в системе другого оператора. Термин «роуминг» происходит от английского слова «роуминг», что означает роуминг, что означает, что роуминг-абонент называется роумингом («роуминг» на английском языке). Роуминг требует технического допущения, которое позволяет его генерировать. То есть в простейшем случае обе пользовательские системы должны иметь одинаковое стандартное сотовое соединение, и между компаниями-операторами должно быть взаимное соглашение о предоставлении роуминговых услуг. В связи с развитием мобильной связи существует возможность роуминга между системами.

Для настройки роуминга HSAT должны работать по одному стандарту, быть подключенными к коммутационным центрам мобильной связи и специальным каналам связи для административного обмена местоположением абонента. Для обеспечения роуминга должны быть выполнены следующие три условия:

- наличие HSAT адаптированного к стандарту компании, у которой был приобретен радиотелефон, в требуемых регионах;
- наличие для абонентов организационно-экономических соглашений об услугах роуминга;
- Наличие каналов связи между системами, которые предоставляют голосовую и другую информацию абонентам в роуминге.
Между собой различаются три типа роуминга:
 - автомат;
 - полуавтоматический - абонент должен заранее уведомить своего оператора, чтобы воспользоваться региональной услугой;
 - вручную, т.е. переключить радиотелефон на соединение HSAT другого оператора.

Идеальная и очень упрощенная схема роуминга может быть следующей. Например, абонент переходит на территорию другой «чужой» системы, которая может предоставлять услуги роуминга, и просто отправляет звонок на тот же номер, как если бы система находится на «своей» территории.

Коммутационный центр определяет, что его нет в списке абонентов в квартирном реестре, и входит в «гостевой» регистр как маршрутизатор. Одновременно (или с некоторой задержкой) квартира в «своей» системе запрашивает у регистратора роутера информацию о ней и реализации услуги (пароль, подтвержденные контракты) и одновременно сообщает о том, в какой системе находится роутер, так что Новый информационный маршрутизатор записывается в исходный домашний регистр. Затем маршрутизатор использует сотовую связь, как дома. Как обычно для звонков от него, информация о нем находится не в квартирном реестре, а в гостевом реестре, а входящие звонки на его номер перенаправляются в систему того места, где роутер находится в гостях. Когда маршрутизатор возвращается на свою территорию, адрес предыдущей системы в домашнем регистре удаляется, а данные, хранящиеся на маршрутизаторе в этой системе, удаляются. Плату за услугу роуминга вносит абонент за свою систему. Оператор компании, в свою очередь, переводит платеж в другую региональную систему, которая обслуживается на договорной основе.

Описанная схема относится к автоматическому роумингу. Для этого схема должна быть дополнена автоматизированной системой внутрифирменных расчетов. Этот вопрос решить гораздо сложнее, поскольку взаиморасчеты между компаниями-операторами часто меняются в связи с изменением договоров. Противоположностью автоматического роуминга является то, что это можно сделать вручную или административно.

В случае ручного роуминга абонент звонит в свою компанию и заранее уведомляет об уходе в другую зону системы, а по прибытии в другую зону уведомляет о своем прибытии местную компанию - оператора. Необходимая информация будет внесена новыми операторами в гостевой и квартирный реестры соответствующего коммутационного центра.

Также доступны промежуточные варианты, но только с новой отдельной процедурой регистрации.

Роуминг-центр был бы неполным, если бы не упоминались некоторые проблемы с роумингом и исторические моменты. Во время подключения Sota не было концепции роуминга, поэтому не было никаких проблем, никто не мог предположить, что подключение Sata будет настолько развито и широко распространено. Таким образом, развитие систем роуминга постепенно привело к внедрению различных технических и организационных решений в разных стандартах, странах и регионах.

Значительные улучшения в роуминге были обнаружены в аналоговых стандартах AMPS (Северная Америка) и NMT (Скандинавия), но появление цифровых стандартов потребовало пересмотра многих принятых в них решений. Решение проблемы роуминга в цифровом стандарте D-AMPS основано на отдельном стандарте IS-41, который определяет межсистемные операции. Стандарт GSM имеет гораздо более удобный вариант, поскольку он изначально был разработан и произведен в общеевропейском стиле, в котором процедура роуминга является обязательным элементом. Существует также вариант роуминга, называемый SIM-картой стандарта GSM или пластиковым роумингом. Можно использовать SIM-карту между различными версиями стандартов GSM (GSM900, GSM1800 GSM1900), поскольку все три версии стандарта GSM используют унифицированные SIM-карты. С появлением двухрежимных, а в будущем и трехрежимных абонентских терминалов (GSM 900/GSM1800/GSM1900) процедура роуминга в стандарте GSM становится более удобной. Следует отметить, что стандарт GSM еще не реализовал весь свой потенциал, в частности, заложенные в него фундаментальные технические решения.

Следует указать на некоторые технические и организационные проблемы на пути развития роуминга. К ним относятся: проблема аутентификации абонента (из-за неизбежности инициативности и даже агрессивного поведения); организация оплаты услуг роуминга усложняется с расширением географии роуминга и его масштабов; протекционизм (например, в некоторых странах запрещено использование оборудования иностранного производства).

В заключение отметим, что быстрый рост межрегиональных и международных связей и налаживание автоматического полного роуминга мобильной связи станет одним из наиболее актуальных вопросов в организации деловых контактов, и для их решения потребуются дополнительная работа.

Контрольные вопросы

1. Объясните структурную схему базовой станции.
2. Как частотное планирование реализовано в сотовых системах связи?
3. Объясните структурную схему базовой станции.
4. Как частотное планирование реализовано в сотовых системах связи?
5. Каковы основные характеристики цифрового стандарта?
6. Объясните структурную схему коммутационного центра.
7. Объясните условия организации роуминга.

Практическая работа №5

Расчет бюджета потерь и зоны покрытия сетей GSM и LTE

1. Цель работы

Проведение расчета бюджета потерь и зоны покрытия сетей GSM и LTE

2. Задание

1. Ознакомиться с общими характеристиками стандартов GSM и LTE.
2. Изучить взаимосвязь между GSM и LTE.
3. Ознакомиться с исходными данными, согласно варианта задания.
4. провести расчета бюджета потерь и зоны покрытия сетей GSM и LTE
5. Отчетность.

3. Структура отчета

1. Название и цель работы.
2. Этапы проведения расчета.

4. Краткая информация

Для проведения соответствующего расчета необходимо задаться исходными значениями: тип передаваемых данных – VoIP, скорость передачи: 39,7 кбит/с, Δf системы: 10 МГц.

Высоты подъема антенны абонентских станций 1.5 м, а базовых станций 30 и 50 м в городской и пригородной зоне соответственно.

В работе производится оценка зоны покрытия сети по моделям распространения Okumura-Hata и COST 231 – Hata.

4.1. Определить радиус зоны покрытия в городе для сети сотовой связи GSM, если известны значения потерь $L=125$ дБ, высоты базовой станции $H_{БС}=50$ м и абонетской станции $H_{МС}=1,5$ м.

Пример расчета:

Для GSM 1800 и LTE 1800 (город):

$$R = 10^{\frac{L - 45,5 + 13,82 \lg H_{МС} - 35,4 \lg F + (1,1 \lg F - 0,7) H_{МС}}{(44,9 - 6,55 \lg H_{БС})}} \quad (1)$$

$$R = 10^{\frac{125 - 45,5 + 13,82 \lg 50 - 35,4 \lg 1800 + (1,1 \lg 1800 - 0,7) 1,5}{(44,9 - 6,55 \lg 50)}} = 0,58 \text{ км}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Исходные значения				
Вариант	L, дБ	H _{МС} , м	H _{БС} , м	тип сети
1	127	1,4	40	GSM-1800
2	129	1,6	45	LTE1800
3	130	1,65	50	GSM-1800
4	135	1,5	45	LTE1800
5	128	1,7	56	GSM-1800
6	131	1,5	47	LTE1800
7	129	1,4	50	GSM-1800
8	126	1,5	45	LTE1800
9	127	1,4	40	GSM-1800
10	140	1,5	47	LTE1800

4.2. Для сети сотовой связи LTE 900 определить радиус зоны покрытия, если известны значения потерь L=140 дБ, высоты базовой станции H_{БС}=43м и абонетской станции H_{МС}=1,5м.

Пример расчета:

Для GSM 900 и LTE 900 (пригород):

$$R = 10^{\frac{L - 45,5 + 13,82 \lg H_{БС} - 35,4 \lg F + (1,1 \lg F - 0,7) H_{БС}}{(44,9 - 6,55 \lg H_{БС})}} \quad (2)$$

$$R = 10^{\frac{140 - 45,5 - 13,82 \lg 43 - 35,4 \lg 900 + (1,1 \lg 900 - 0,7) \cdot 43}{(44,9 - 6,55 \lg 43)}} = 1,5 \text{ км}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Исходные значения				
Вариант	L, дБ	H _{МС} , м	H _{БС} , м	тип сети
1	128	1,4	45	GSM 900
2	129	1,5	47	LTE 900
3	130	1,6	51	GSM 900
4	135	1,5	45	LTE 900
5	128	1,7	56	GSM 900
6	131	1,5	47	LTE 900
7	129	1,4	50	GSM 900
8	126	1,5	45	LTE 900
9	127	1,4	40	GSM 900
10	140	1,5	47	LTE 900

4.3. Рассчитать потери для LTE если известны радиус зоны покрытия $R=1,7$ км, высота подвеса антенны базовой $H_{BC}=55$ м и абонентской станций $H_{MC}=1,5$ м. Сделать вывод об устойчивости связи.

Пример расчета:

Для GSM 900 и LTE 900 (город):

$$L = 74,52 - 13,82H_{BC} + 26,16 \lg F - 3,2[\lg(1,75 \cdot H_{MC})] + (44,9 - 6,55 \lg H_{BC}) \cdot \lg R, \quad (1.3)$$

$$L = 74,52 - 13,82 \lg 55 + 26,16 \lg 900 - 3,2[\lg(1,75 \cdot 1,5)] + (44,9 - 6,55 \lg 55) \cdot \lg 1,7 = 131,55 \text{ дБ}.$$

Допустимые потери для LTE 155,5 дБ > 131,55 дБ, значит, связь будет устойчивой.

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Исходные значения				
Вариант	$R, \text{ км}$	$H_{MC}, \text{ м}$	$H_{BC}, \text{ м}$	тип сети
1	1,7	1,4	45	GSM 900
2	1,8	1,5	47	LTE 900
3	1,6	1,6	51	GSM 900
4	1,7	1,5	45	LTE 900
5	1,5	1,7	56	GSM 900
6	1,4	1,5	47	LTE 900
7	1,7	1,4	50	GSM 900
8	1,8	1,5	45	LTE 900
9	1,5	1,4	40	GSM 900
10	1,6	1,5	47	LTE 900

4.4. Определить потери для GSM 1800, если известны радиус зоны покрытия $R=1,8$ км, высота подвеса антенны базовой $H_{BC}=45$ м и абонентской станций $H_{MC}=1,5$ м. Сделать вывод об устойчивости связи.

Пример расчета:

Для GSM 1800 (город):

$$L = 45,5 - 13,82H_{BC} + 35,4 \lg F - (1,1 \lg F - 0,7)H_{MC} + (44,9 - 6,55 \lg H_{BC}) \cdot \lg R, \quad (1.4)$$

$$L = 45,5 - 13,82 \lg 45 + 35,4 \lg 1800 - (1,1 \cdot \lg 1800 - 0,7) \cdot 1,5 + (44,9 - 6,55 \lg 45) \cdot \lg 1,8 = 142,22 \text{ дБ}.$$

Так как $L = 142,22$ дБ < $L_{crit} = 149,2$ дБ, значит, связь устойчива.

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Исходные значения				
Вариант	$R, \text{ км}$	$H_{MC}, \text{ м}$	$H_{BC}, \text{ м}$	тип сети
1	1,7	1,4	45	GSM-1800
2	1,8	1,5	47	LTE1800

3	1,6	1,6	51	GSM-1800
4	1,7	1,5	45	LTE1800
5	1,5	1,7	56	GSM-1800
6	1,4	1,5	47	LTE1800
7	1,7	1,4	50	GSM-1800
8	1,8	1,5	45	LTE1800
9	1,5	1,4	40	GSM-1800
10	1,6	1,5	47	LTE1800

Контрольные вопросы

1. Общие характеристики стандарта GSM.
2. Общие характеристики стандарта LTE.
3. Метод определения радиуса зоны покрытия в городе для сети сотовой связи GSM.
4. Метод определения радиуса зоны покрытия в городе для сети сотовой связи LTE 900.
5. Методика расчета потерь для GSM 1800.
6. Методика расчета потерь для LTE 900.

Практическая работа №6

Оценка допустимой скорости передачи в канале сети LTE для «близких» и «далеких» пользователей

1. Цель работы

Проведение оценки допустимой скорости передачи в канале сети LTE для «близких» и «далеких» пользователей

2. Задание

1. Ознакомиться с общими характеристиками стандартов LTE.
2. Ознакомиться с исходными данными, согласна варианта задания.
3. Проведение оценки допустимой скорости передачи в канале сети LTE для «близких» и «далеких» пользователей.
4. Отчетность.

3. Структура отчета

1. Название и цель работы.
2. Этапы проведения расчета.

4. Краткая информация

Скорость передачи в канале LTE для «близких» (в центре соты) пользователей (Мбит/с) можно определить как:

$$R1(u) = \frac{4}{7} W \log_2(1 + \eta1(u)), \quad (3)$$

для «далеких» (на границе соты) пользователей

$$R2(u) = \frac{3}{7} W \log_2(1 + \eta2(u)), \quad (4)$$

где W – полоса системы, МГц, η – SINR.

4.1. Рассчитать скорость передачи в канале для пользователей, расположенных в центре и на границе соты для DL, если известны полоса системы $W=10$ МГц, $\eta1(u)=4$ – SINR для центра соты, $\eta2(u)=0,3$ – SINR для границы соты.

Расчет:

По формуле 1.5 определим скорость передачи для пользователей в центре соты

$$R1(u) = \frac{4}{7} \cdot 10 \log_2(1 + 4) = \frac{4}{7} \cdot 10 \cdot 2,32 = 13,26 \text{ Мбит/с},$$

скорость передачи для пользователей на границе соты определим по формуле 1.6

$$R2(u) = \frac{3}{7} 10 \log_2(1 + 0.3) = 1,63 \text{ Мбит/с.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Исходные значения			
Вариант	W, МГц	$\eta1(u)$	$\eta2(u)$
1	10	5	0,3
2	11	4	0,25
3	12	5	0,27
4	10	3	0,4
5	13	4	0,24
6	11	5	0,26
7	13	4	0,31
8	10	6	0,28
9	12	3	0,26
10	14	4	0,32

4.2. Рассчитать скорость передачи в канале для пользователей, расположенных в центре и на границе соты для UL, если известны полоса системы $W=10\text{МГц}$, $\eta1(u)=4 - \text{SINR}$ для центра соты, $\eta2(u)=0,4 - \text{SINR}$ для границы соты.

Расчет:

По формуле 1.5 определим скорость передачи для пользователей в центре соты

$$R1(u) = \frac{4}{7} 10 \log_2(1 + 4) = \frac{4}{7} \cdot 10 \cdot 2,32 = 13,26 \text{ Мбит/с.}$$

скорость передачи для пользователей на границе соты определим по формуле 1.6

$$R2(u) = \frac{3}{7} 10 \log_2(1 + 0,4) = 2,06 \text{ Мбит/с.}$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Исходные значения			
Вариант	W, МГц	$\eta1(u)$	$\eta2(u)$
1	10	5	0,4
2	11	4	0,36
3	12	5	0,29
4	10	3	0,39

5	13	4	0,37
6	11	5	0,38
7	13	4	0,39
8	10	6	0,36
9	12	3	0,29
10	14	4	0,37

Сделать оценку допустимой скорости передачи в соте R_c , Мбит/с при исходных значениях.

Контрольные вопросы

1. Общие характеристики стандарта LTE.
2. Методика расчета скорости передачи в канале для пользователей, расположенных в центре и на границе соты для DL.
3. Методика расчета скорости передачи в канале для пользователей, расположенных в центре и на границе соты для UL.

Практическая работа №7

Определение пространственных параметров сети WCDMA

1. Цель работы

Определение пространственных параметров сети WCDMA

2. Задание

1. Ознакомиться с общими характеристиками стандартов LTE.
2. Ознакомиться с исходными данными, согласно варианта задания.
3. Проведение оценки допустимой скорости передачи в канале сети LTE для «близких» и «далеких» пользователей.
4. Отчетность.

3. Структура отчета

1. Название и цель работы.
2. Этапы проведения расчета.

4. Краткая информация

Сеть сотовой связи строят, повторяя одни и те же частотные кластеры в пределах однородных фрагментов зоны обслуживания сети. Это позволяет снизить дефицит радиочастот за счет их повторного использования. Исходя из числа рабочих частот, выделенных оператору – nf и размерности кластера – C , находим число каналов, используемых для управления и сигнализации – N_y , и число трафика каналов, приходящихся на одну несущую.

Исходные данные для расчета пространственных параметров сети с точки зрения абонентской емкости:

- число каналов трафика на соту $N_{a.net}$;
- вероятностью блокировки вызова P_{bl} ;
- активность одного абонента в ЧНН $A_a = 0,03 - 0,04$ Эрл;
- активность абонентов в системе в ЧНН $A_s = 42$ Эрл;
- число абонентов сети M_s ;
- число секторов на БС – DD;
- площадь зоны обслуживания S_{zoni} .

Максимально возможное число абонентов, которое может обслужить сектор БС $N_{a.sec}$

$$N_{a.sec} = \frac{A_s}{A_a}, \quad (5)$$

Число секторов в сети

$$N_{sect} = \frac{N_{a\ net}}{N_{a\ sect}}, \quad (6)$$

Число БС в сети

$$N_{BS\ net} = \frac{N_{sect}}{D}, \quad (7)$$

где D – число секторов на БС.

Площадь БС

$$S_{BS} = \frac{S_{net}}{N_{BS}}, \quad (8)$$

Дальность связи (радиус соты с точки зрения абонентской нагрузки):

$$R = k \sqrt{\frac{S_{BS}}{\pi}}, \quad (9)$$

где k = 1.25 – коэффициент, учитывающий необходимость взаимного перекрытия сот для обеспечения хэндовера.

Для среднего и малого города с высотой антенны $H_{bc}=30$ м, высотой антенны $H_{mc}=1,5$ м и несущей частотой $F=1950$ МГц допустимые потери на трассе с помощью модели COST231-Hata:

$$L_p = 137,4 + 35,2 \cdot \lg(R). \quad (10)$$

Тогда радиус соты с точки зрения бюджета потерь:

$$R = 10^{\frac{L_p - 137,4}{35,2}}, \text{ км}. \quad (11)$$

Если R (по потерям) \approx R (по абонентской емкости), то выполняются требования по покрытию и емкости сети и ресурсы используются наиболее рационально, а если данное требование не выполняется, то надо произвести расчет заново для улучшения ситуации, изменяя определенные параметры.

Таким образом, на этом этапе планирования находится число базовых станций и максимальный радиус сот, исходя из абонентской плотности (нагрузки).

4.1. Произведем расчет абонентской емкости для тотальной услуги – VoIP. Каждой соте при мягком повторном использовании частот выделяется вся полоса системы. В качестве исходных данных выберем активность абонента $A_A=0,025$, число каналов трафика $N_A=33$, число секторов на БС $D=6$, площадь зоны обслуживания $S_{net}=1600$ км².

Расчет:

Посчитаем количество абонентов, которым будет предоставлена услуга VoIP в ЧНН:

$$N_{\text{с}} = \frac{A_s}{A_0} = \frac{42,2}{0,025} = 1688.$$

Число секторов в сети

$$N_{\text{sect}} = \frac{N_{\text{с net}}}{N_{\text{с сект}}} = \frac{1688}{55} = 30,7.$$

Число БС в сети

$$N_{\text{БС net}} = \frac{N_{\text{sect}}}{D} = \frac{30,7}{6} = 5,12,$$

Площадь зоны БС

$$S_{\text{БС}} = \frac{S_{\text{net}}}{N_{\text{БС}}} = \frac{1600}{5,12} = 312,5 \text{ км}^2.$$

Дальность связи

$$R = k \sqrt{\frac{S_{\text{БС}}}{\pi}} = 1,25 \sqrt{\frac{312,5}{3,14}} = 12,47 \text{ км}.$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Исходные значения

Вариант	A_A	N_A	D	$S_{\text{net}} \text{ км}^2$
1	0,026	34	6	1700
2	0,025	35	3	1650
3	0,027	37	6	1740
4	0,025	39	4	1600
5	0,028	40	6	1700
6	0,026	34	6	1700
7	0,025	35	3	1650
8	0,027	37	6	1740
9	0,025	39	4	1600
10	0,028	40	6	1700

4.2. Рассчитать радиус соты с точки зрения абонентской нагрузки и с точки зрения бюджета потерь. Определить выполняются ли требования по покрытию и емкости сети. Если нет то, произвести расчет заново для улучшения ситуации, изменяя определенные параметры. В качестве исходных данных выберем: потери на трассе $L=151\text{дБ}$, площадь зоны обслуживания $S_{\text{net}}=260 \text{ км}^2$, число БС в сети $N_{\text{БС net}}=23$.

Расчет:

Площадь зоны БС

$$S_{\text{БС}} = \frac{S_{\text{net}}}{N_{\text{БС}}} = \frac{260}{23} = 11,3 \text{ км}^2.$$

Дальность связи (радиус соты с точки зрения абонентской нагрузки)

$$R = k \sqrt{\frac{S_{RC}}{\pi}} = 1,25 \sqrt{\frac{11,3}{3,14}} = 2,37 \text{ км.}$$

Радиус соты с точки зрения бюджета потерь:

$$R = 10^{\frac{151-137,4}{35,2}} = 2,43 \text{ км}$$

R (по потерям) \approx R (по абонентской емкости), значит, выполняются требования по покрытию и емкости сети и ресурсы используются наиболее рационально.

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 7.2.

Таблица 7.2

Исходные значения			
Вариант	L	S _{нет}	N _{ид. усл.}
1	152	260	24
2	154	265	25
3	160	256	24
4	153	264	27
5	152	260	24
6	154	265	25
7	160	256	24
8	153	264	27
9	152	260	24
10	154	265	25

Контрольные вопросы

1. Общие характеристики стандарта LTE.
2. Методика проведения расчета абонентской емкости для тональной услуги VoIP.
3. Методика расчета радиуса соты с точки зрения абонентской нагрузки и с точки зрения бюджета потерь.

Практическая работа №8

Распределение кодовых сдвигов по секторам (сотам) сети WCDMA

1. Цель работы

Проведение распределения кодовых сдвигов по секторам (сотам) сети WCDMA

2. Задание

1. Ознакомиться с общими характеристиками стандартов WCDMA.
2. Ознакомиться с исходными данными, согласно варианта задания.
3. Проведение распределения кодовых сдвигов по секторам (сотам) сети WCDMA
4. Отчетность.

3. Структура отчета

1. Название и цель работы.
2. Этапы проведения расчета.

4. Краткая информация

Все BS в сети используют один короткий код, но с разными циклическими сдвигами. По циклическому сдвигу короткого кода можно выделять и различать сигналы, излучаемые BS в разных сотах и секторах.

Средний радиус кластера равен:

$$R_{clust} = R_{cell} \sqrt{\text{int}\left(\frac{512}{m}\right)}, \quad (12)$$

Соты и сектора с идентичными кодовыми сдвигами будут разнесены на расстояние:

$$R_{clust} \cong 2R_{cell} \sqrt{\text{int}\left(\frac{512}{m}\right)}. \quad (13)$$

Расчитать размерность кластера, средний его радиус, а также расстояние между секторами с идентичными кодовыми сдвигами. В качестве исходных данных выберем циклический сдвиг $m=6$, радиус соты $R_{cell}=5$.

Расчет:

Радиус кластера равен:

$$R_{clust} = 5 \sqrt{\text{int}\left(\frac{512}{6}\right)} = 46,09$$

Соты и сектора с идентичными кодовыми сдвигами будут разнесены на расстояние:

$$R_{cluster} \cong 2 \cdot 5 \cdot \sqrt{\text{int}\left(\frac{512}{6}\right)} = 92.2$$

Необходимо провести самостоятельный расчет согласно варианта задания, представленного в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Исходные значения		
Вариант	m	R _{cell}
1	6	5
2	8	7
3	10	6
4	6	8
5	4	6
6	5	6
7	4	8
8	6	5
9	6	5
10	8	7

Составить отчет по изученному материалу.

Контрольные вопросы

1. Общие характеристики стандарта WCDMA.
2. Принцип организации связи в стандарте WCDMA.
3. Методика проведения расчета среднего радиуса кластера в стандарте WCDMA.
4. Методика расчета размерности кластера и расстояния между секторами с идентичными кодовыми сдвигами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Под ред. Проф. О.В.Головина. Радиосвязь. – Москва. Горячая линия – Телеком. 2001г.
2. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. М.:Эко - Трендз Ко, 1997 г.
3. Андрианов В.И., Соколов А.В. Средства мобильной связи. ВНУ- Санкт- Петербург, 1998 г..
4. Пышкин И.М. и др. Системы подвижной радиосвязи. М.: Радио и связь, 1986 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ



Практическая работа №1 Система сотовой связи стандарта GSM 900.....	3
Практическая работа №2 Изучение общей схемы сети стандарта GSM.....	9
Практическая работа №3 Изучение общей сетевой схемы стандарта CDMA.....	21
Практическая работа №4 Изучение межстанционной связи.....	27
Практическая работа №5 Расчет бюджета потерь и зоны покрытия сетей GSM и LTE.....	35
Практическая работа №6 Оценка допустимой скорости передачи в канале сети LTE для «близких» и «далеких» пользователей.....	39
Практическая работа №7 Определение пространственных параметров сети WCDMA.....	42
Практическая работа №8 Распределение кодовых сдвигов по секторам (сотам) сети WCDMA.....	46

Методическое пособие
по выполнению
практических работ
по дисциплине
«Мобильная связь»
для студентов по направлению
5350100-телекоммуникационные технологии
(мобильные системы)

Рассмотрено на заседании кафедры «ТМС»
«__» _____ 2022 года (протокол №__)

Рассмотрено на заседании факультета «РиМС»
«__» _____ 2022 года (протокол №__)

Рассмотрено и одобрено на
научно-методическом совете ТУИТ
«__» _____ 2022 года (протокол №__)

Составители:  Хатамов А.П.
Мадаминов Х.Х.
 Алимджанов Х.Ф.
Файзуллаева Б.Б.
Гафуров А.Ш.

Редактор: Мадаминов Х.Х.

Формат 60x84 1/16. Печ. лист 3,25.
Заказ № 45. Тираж 10.
Отпечатано в «Редакционно издательском»
отделе при ТУИТ.
Ташкент ул. Амир Темур, 108.