

УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

К защите
Заведующий кафедрой

« _____ » _____ 200__ г.

**Выпускная
квалификационная работа бакалавра**

на тему **«Сотовые системы 3-го поколения на основе стандарта CDMA в
Узбекистане»**

Выпускник _____ А.Ахмедов
(подпись) (Фамилия)

Руководитель _____ Х.Мадаминов
(подпись) (Фамилия)

Рецензент _____
(подпись) (Фамилия)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. СИСТЕМЫ СОТОВОЙ СВЯЗИ 3-ГО ПОКОЛЕНИЯ НА БАЗЕ СТАНДАРТА CDMA 2000

- 1.1. Особенности стандарта
- 1.2. Сравнение технологий множественного доступа
- 1.3. Предпосылки для создания систем сотовой связи 3-го поколения

2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ИХ ПРОЦЕССЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ СОТОВОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА CDMA

- 2.1. Базовые станции в стандарте CDMA
- 2.2. Мобильные терминалы в стандарте CDMA
- 2.3. Передача данных в стандарте CDMA
- 2.4. Обеспечение аутентификации и безопасности связи в стандарте CDMA 2000
- 2.5. Спектральная эффективность стандарта

3. РАСЧЕТ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ СИСТЕМЫ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА

- 3.1. Расчет зоны радиопокрытия
- 3.2. Расчет состава и структуры оборудования

4. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, наиболее прогрессивная часть человечества ныне стоит на пороге вступления в эру глобального информационного общества и соответствующего коренного улучшения телекоммуникационного обслуживания населения. И достигнуто это будет путем предоставления широкого пакета новых услуг сетей сотовой подвижной связи нового, вот уже третьего по счету, поколения, называемого иначе 3G (или просто Third Generation). К указанному набору услуг относится не только цифровая телефонная связь, но и высокоскоростной доступ в Интернет, и даже передача видеоизображения (доступна скорость передачи информации для высокоподвижных абонентов - до 384 Кбит/с, и скорости от 384 Кбит/с до 2 Мбит/с - для фиксированной связи в пределах микросот).

Технология многостанционного доступа с кодовым делением CDMA является радикально новой концепцией в радиосвязи. Она широко распространилась и стала популярна среди операторов сотовой связи благодаря кардинальному увеличению емкости сети и предоставляемого качества услуг.

CDMA представляет собой разновидность распределенного спектра, это - семейство технологий цифровой связи, используемых в военных приложениях многие годы. Корневым принципом распределенного спектра является использование шумоподобных несущих волн. Применение CDMA для целей гражданской мобильной связи является новым. Коммерческое применение технологии стало возможным благодаря двум факторам. С одной стороны, были созданы доступные по цене и весьма компактные цифровые интегральные схемы, что позволило уменьшить размер, вес и стоимость оборудования абонента. С другой стороны, появилось понимание того, что связь по технологии многостанционного доступа оптимальна в том случае, когда передающее оборудование абонентов устанавливает наименьшую

возможную мощность передачи, что позволяет достичь необходимого качества сигнала.

CDMA видоизменяет природу оборудования абонента от аналоговой к цифровой. Приемники, функционирующие по старым технологиям, разделяют станции или каналы фильтрацией соответствующего диапазона частот. Приемники CDMA не устраняют полностью аналоговую обработку сигнала, но они разделяют каналы связи посредством псевдослучайной модуляции, функционирующей на базе цифровой обработки сигнала и не связанной с анализом частот. Разные абоненты одновременно пользуются одними и теми же частотами. Такое универсальное использование частот имеет решающее значение для чрезвычайно высокой спектральной эффективности CDMA и является отличительной особенностью стандарта. Основным преимуществом шумоподобных несущих является устранение проблемы интерференции. Использование же шумоподобных несущих, когда все абоненты занимают один и тот же диапазон частот, создает некий эффективный эфирный шум, который является суммой всех шумоподобных несущих работающих в данный момент времени абонентов. Приемник оборудования абонента соотносит весь входящий шум (в котором, помимо искусственного, присутствует также и естественно-природный шум) с ожидаемой шумоподобной несущей, и детектор повышает соотношение сигнал/шум (ССШ). Производится это следующим образом. В передатчике волна исходящего сигнала умножается псевдошумовой двоичной последовательностью ± 1 . Повторное умножение сигнала той же самой последовательностью восстанавливает первоначальный сигнал. И шум, и интерференция, будучи некоррелированными с псевдошумовой двоичной последовательностью, становятся шумоподобными и более широкополосными по мере достижения детектора. Вследствие этого, ССШ может быть улучшено узкополосной фильтрацией при приеме, устраняющей основную часть интерференционных эффектов. Таким образом, система по своей сути намного менее чувствительна к интерференции.

На заключительном этапе кодирования радиосигнала, посылаемого базовой станцией терминалу абонента, CDMA добавляет специальный псевдослучайный код, постоянно повторяющийся через определенные промежутки времени. Базовые станции в системе связи различаются по передаче различных частей кода в данные моменты времени. Другими словами, базовые станции передают версии псевдослучайного кода, сдвинутые во времени. Для того чтобы эти временные сдвиги оставались уникальными для каждой из базовых станций, в системе используется синхронизация с привязкой к одному и тому же эталону времени. Очень точное эталонное время обеспечивается GPS (Global Positioning System), не имеющей ограничений по числу пользователей.

Технология CDMA рекомендована международным союзом электросвязи, как основа для разработки систем мобильной связи третьего поколения.

Стандарт CDMA 2000 создан специально для людей, ведущих мобильный образ жизни и использующих достижения научной и инженерной мысли в своих интересах «здесь и сейчас». Его преимущества в полной мере оценят бизнесмены, а также «продвинутые» пользователи. CDMA 2000 – для тех, кому скорость дает фору в развитии, и кто готов за это платить.

На сегодняшний день Узбекистан вступил на новый этап своего развития и становится актуальным дальнейшее внедрение новейших технологий, то есть переход к сетям нового поколения 3G.

Основными предпосылками создания сетей 3-го поколения в республике являются:

- развитие мирового процесса интеграции информационных и телекоммуникационных технологий и создание на этой основе новой инфокоммуникационной среды
- интеграция Узбекистана в мировое телекоммуникационное пространство, обеспечивающая общий доступ к единому сервисному пространству и услугам вне зависимости от границ конкретных сетей

- интенсивное развитие сотовых сетей в республике, появление мощных операторских компаний

- конкуренция между операторами сотовых сетей в предоставлении услуг.

Для Узбекистана неприемлем японский сценарий развития сетей 3-го поколения, при котором сети 3G рассматривались как замена сетей 2G с использованием одномодовых мобильных терминалов. Для привлечения абонентов операторам необходимо было обеспечить достаточно большую площадь покрытия сетей 3G. На первоначальном этапе, до того как пользователи приняли 3G, потребовались большие инвестиции.

В Узбекистане широко развиты сети GSM и сценарий постепенного перехода от сетей 2-го поколения к 3G наиболее приемлем, с обеспечением на первоначальном этапе предоставления услуг 3G в больших городах и использованием двухмодовых мобильных терминалов GSM и 3G.

Для создания условий для развертывания сетей 3G в республике в ближайшие два года необходимо решение следующих задач:

- разработка и утверждение положения о порядке и условиях лицензирования операторской деятельности в сетях связи третьего поколения на конкурсной основе

- частотное обеспечение создания и развития сетей 3G

- формирование требований к оборудованию сетей 3G как основы сертификации средств связи

- разработка концепции обеспечения информационной безопасности в сетях связи 3G

- создание условий для появления множества компаний-поставщиков новых услуг и контента для сетей связи

- разработка концепции управления качеством для операторов связи, поставщиков контента и услуг

1. СИСТЕМЫ СОТОВОЙ СВЯЗИ 3-ГО ПОКОЛЕНИЯ НА БАЗЕ СТАНДАРТА CDMA 2000

Технология CDMA была изначально разработана и использована для вооруженных сил СССР и США. Впервые эта технология была применена в 50-х годах в американской военной системе связи ARC-50. Система связи ARC-50 использовалась для организации обмена речевыми сообщениями между военным самолетом и наземными службами, а также для определения расстояния до самолета. Подобные системы получили распространение и в военных спутниковых системах связи. Долгое время технология CDMA применялась исключительно в военных целях.

К концу 70-х годов теория формирования и обработки сложных сигналов была проработана, был накоплен значительный опыт практической реализации таких систем. Свою роль сыграло и бурное развитие микросхемотехники.

Возможности цифровой сотовой системы связи на основе кодового разделения каналов были впервые продемонстрированы Американской компанией “Qualcomm” в ноябре 1989 г. в Сан-Диего. В последующий период с 1990 по 1992 г. были проведены показательные испытания оборудования в различных городах и регионах (Нью-Йорк, Вашингтон, и т.д.), которые подтвердили исключительно высокие характеристики системы, отличающие ее от систем других стандартов. Цифровая сотовая система связи CDMA (Code Division Multiple Access) — множественного доступа с кодовым разделением каналов, обеспечивающая повышенную емкость, была стандартизована в 1993 г. “Американской телекоммуникационной промышленной ассоциацией” (“U.S. Telecommunications Industry Association” (TIA) в виде стандарта IS-95 (“Mobile Station — Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System”). Впоследствии она была уточнена и перевыпущена: EIA/TIA Intertim Standard IS-95-A: mobile station - base station compatibility standard for dual-mode

wideband spread spectrum cellular system (1995) - стандарт, определяющий правила совместной работы подвижных и базовых станций широкополосной системы сотовой связи с расширением спектра. После выпуска стандарта IS-95 это наименование часто используется как синоним стандарта CDMA.

На сегодняшний день производство оборудования цифровых сотовых систем связи CDMA освоено различными производителями: Ericsson, Lucent Technologies, Motorola, NEC, Nortel, Samsung, Huawei Technologies и др. Абонентское оборудование выпускается еще большим количеством компаний, к списку которых, кроме вышеприведенных, необходимо добавить такие компании как LG, Nokia, Qualcomm, Sony и т.д.

Среди основных преимуществ цифровых сотовых систем связи с кодовым разделением каналов, отвечающих стандарту IS-95, можно выделить следующие:

Повышенная емкость системы, определяемая максимально возможным количеством активных пользователей системы на территории зоны ее обслуживания. Емкость систем CDMA значительно превышает емкость существующих аналоговых систем связи. Это связано с высокой спектральной эффективностью, то есть возможностью многократного использования одного частотного канала во всех сотах. Повышению емкости системы способствует применение механизма контроля мощности и речевой активности, что уменьшает взаимные помехи, влияющие на емкость системы и другие факторы. Потенциально высокая емкость системы выражается в отсутствии блокировки вызовов в часы наибольшей нагрузки.

Высокое качество обслуживания абонентов, обусловленное использованием усовершенствованных алгоритмов обработки сигналов. Цифровые сотовые системы связи на основе CDMA способны обеспечить надежное функционирование в условиях замираний сигнала. При этом используется многолучевое распространение сигнала для улучшения качества связи. На качество обслуживания в цифровых сотовых системах

связи CDMA также влияет использование механизма мягкой эстафетной передачи абонента между сотами или секторами одной соты в процессе разговора (“handoff”). При нахождении абонента на границе между двумя сотами обслуживание абонента не переходит скачкообразно от одной соты к другой, что привело бы к искажениям речи. При “мягком handoff” процедура перехода между сотами остается незаметной для пользователя. В отличие от других цифровых и аналоговых сотовых систем связи, осуществляющих временный разрыв соединения при переходе между сотами (“жесткий handoff”), в системах CDMA при появлении соединения с новой сотой поддерживается соединение с исходной. Кодированная форма сигналов в системе CDMA обеспечивает высокую степень защиты от подслушивания и делает цифровую сотовую систему более защищенной от помех, сканирующих приемников и различного мошенничества.

Экономичность системы. Излучаемая мобильными аппаратами средняя мощность в сотовых системах CDMA составляет менее 10 мВт, что на порядок ниже мощности, требуемой в системах с временным разделением каналов TDMA (Time — Division Multiple Access). Это обуславливает большой резерв аккумуляторов, а также намного меньшее биологическое воздействие на человека и окружающую среду.

Впервые цифровой стандарт CDMA (IS-95), разработанный фирмой Qualcomm (США), начал работать в Гонконге с конца 1995 года как сотовая система мобильной связи. На сегодняшний день это самая современная сотовая система.

Стандарт CDMA имеет диапазон 800 МГц. Он совместим с аналоговым AMPS, и все аппараты CDMA-800 поддерживают AMPS, но это совмещение реализуется иначе, чем для комбинации AMPS/DAMPS. Рабочая полоса частотного канала CDMA составляет 1,23 МГц, так что при замене системы AMPS системой CDMA группа частотных каналов первого замещается

одним частотным каналом второго, а всего в пределах одного блока размещается 10 частотных каналов CDMA.

Коммерческое использование стандарта CDMA-800 началось в 1995 г. На начало 2000 г. общее число его абонентов в мире составляло около 50 миллионов, из них более 20 миллионов - в Южной Корее. Практически одновременно с вводом CDMA-800 в конце 1995 г., в США началось коммерческое использование стандарта в диапазоне 1900 МГц. Стандарт CDMA имеет свою международную ассоциацию - Группу развития стандарта CDMA (CDMA Development Group - CDG), образованную в 1995 г. и объединяющую 101 компанию - производителей аппаратуры и операторов стандарта IS-95.

Стандарт CDMA, как и другие современные стандарты сотовой связи, продолжает развиваться, в частности, в направлениях повышения качества передачи информации и ввода новых видов услуг. С 1997 г. начал использоваться усовершенствованный кодер речи с увеличенной до 13 Кбит/с частотой кодирования. В том же 1997 г. начата разработка экспериментальной системы мобильной связи третьего поколения на основе широкополосной системы CDMA.

Стандарт CDMA внес ряд своих улучшений в сотовую связь. Примером может служить улучшение покрытия площадей. Размер соты системы CDMA больше размера типичной ячейки аналоговой системы или системы TDMA, поэтому для покрытия одной и той же площади в системе CDMA требуется меньше сот. В зависимости от загрузки системы и уровня помех их количество может быть снижено в два раза по сравнению с системами GSM. Кроме этого, точное управление уровнем сигнала приводит к тому, что мощность излучения мобильного телефона системы CDMA составляет лишь некоторую часть мощности телефонных аппаратов аналоговых систем и систем TDMA, поэтому такие телефоны имеют большее время разговора и ожидания вызова.

CDMA2000 - это беспроводный радиодоступ, который, как определил ITU IMT-2000, поддерживает третье поколение услуг связи 3G. Изначально, при разработке cdma2000 закладывались следующие условия: полное соответствие объема и качества услуг связи требованиям ITU к 3G; уменьшение риска и защита капиталовложений операторских компаний; облегчение работы операторским компаниям по развертыванию сетей. Сети cdma2000 полностью совместимы с сетями cdmaOne (IS-95), что и обеспечивает простой и недорогой переход к новому поколению беспроводной связи и, тем самым, обеспечивает защиту капиталовложений операторских компаний. Сети cdma2000 предлагают значительное улучшение качества звука и увеличение емкости звуковых каналов при высокой скорости и мультимедийности передачи данных. Эволюционный переход к cdma2000 подразделяется на две фазы, известные как 1X и 3X. Чтобы реализовать эволюционный переход к IMT - 2000 в полосе частот 1,25 МГц рассматривается еще одна фаза развития стандарта 1XEV, которая позволяет расширить возможности cdma2000 свыше 1X.

1.1. Особенности стандарта

В стандарте CDMA существует целый ряд особенностей, связанных с мощностью передатчиков. Дело в том, что если бы все передатчики работали с одной и той же мощностью, то, вследствие того, что они находятся от приемника на различных расстояниях, приемник получал бы сигналы от них с различной приемной мощностью. Такая ситуация осложнила бы использование описанной выше технологии разделения сигналов, поскольку избирательность детектора приемника к различным шумоподобным несущим оказалась бы разной, он не смог бы идентифицировать более слабые сигналы на фоне более сильных. Ключ к решению проблемы заключается в том, что технология CDMA обеспечивает регулирование мощности передатчика

таким образом, чтобы приемник получил все сигналы одинаковой (или примерно одинаковой) входящей мощности.

Выравнивание входящей мощности сигналов порождает издержки, связанные с уменьшением зоны покрытия сети. Действительно, при удалении передатчика возникает необходимость резкого увеличения его мощности для обеспечения требуемых характеристик сигнала на приеме. Именно здесь появляются ограничения, связанные с техническими характеристиками передатчика - сотового телефона. Если в традиционных системах DAMPS, GSM или NMT слабейший сигнал улавливается и обрабатывается передатчиком, то в стандарте CDMA само испускание слабейшего сигнала теряет смысл. Таким образом, сотовое покрытие в стандарте CDMA зависит от того, как спроектирована конкретная система сотовой связи. Именно, три характеристики - покрытие, качество и емкость - находятся во взаимозависимости и позволяют улучшить каждую за счет двух других. Поэтому оператор сотовой связи не может достичь непревзойденных характеристик в каждом из этих аспектов и, к примеру, увеличить покрытие в 3 раза, емкость - в 40 раз и достичь CD-качества звука. Так, например, 13-бодовый вокодер обеспечивает лучшее качество звука, но снижает емкость сети по сравнению с 8-бодовым вокодером.

В основе CDMA-2000 лежит принцип эволюционного перехода от существующего стандарта IS-95 и его последующих модификаций к широкополосной CDMA системе. В проекте системы CDMA-2000 выполняются все требования, предъявляемые к перспективным системам третьего поколения, а также обеспечивается обратная совместимость с cdmaOne.

Архитектура системы CDMA-2000 предусматривает возможность гибкого изменения конфигурации в зависимости от требований оператора и выделено полосы частот. Полоса частот системы может изменяться от 1,25

МГц до 15 в зависимости от региона обслуживания и требований по частотной совместимости с другими сетями подвижной связи.

При выборе концепции построения системы CDMA-2000 одним из основных условий являлось обеспечение обратной совместимости с существующими сетями второго поколения. Это обстоятельство предопределило выбор в качестве чиповой скорости $R=1,2288$ Мчип/с и ширина спектра по уровню 3 Дб - 1,25 МГц.

Дальнейшее расширение спектра основано на N-кратном увеличении ширины спектра: 1X, 3X, 6X, 9X и 12X, где $X=1,25$ МГц.

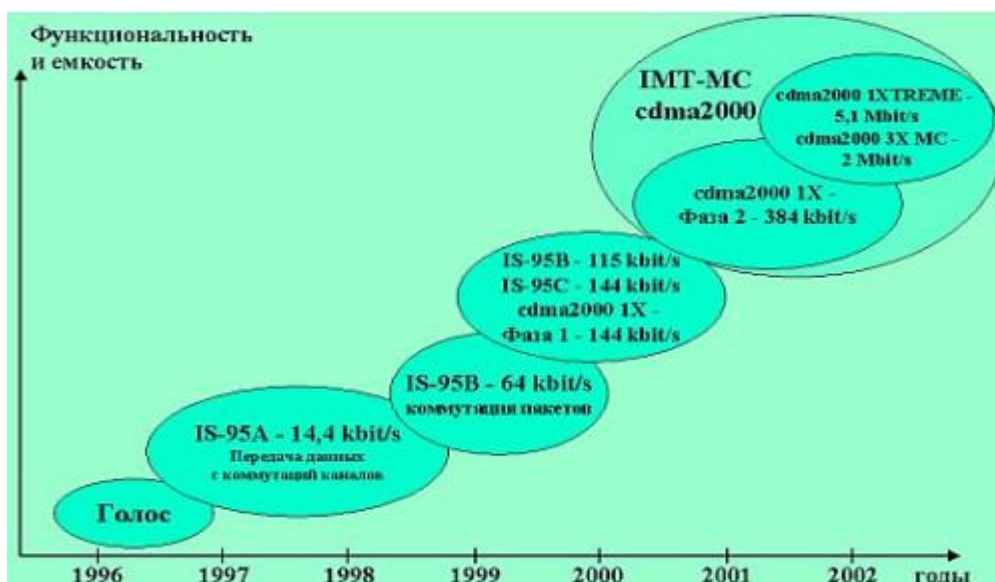


Рис. 1 Стандарт 3G в эволюционном развитии сетей cdmaOne

Стандартом 3G в эволюционном развитии сетей cdmaOne (основанных на IS-95) является cdma2000 (Рис. 1). Технология стандарта CDMA непрерывно развивается, при этом основные принципы (версия IS-95A) сохраняются неизменными. Новые возможности предоставляет версия стандарта IS-95B, в которой определены условия объединения нескольких каналов CDMA, организуемых в прямом направлении (от базовой станции к мобильной). Скорость передачи в IS-95B увеличивается до 64 кбит/с за счет объединения нескольких каналов, или в перспективе, до 115,2 кбит/с. Данная

версия стандарта позволяет еще до появления систем 3-го поколения предоставлять услуги Internet и других мультимедийных приложений с асимметричным графиком.

Более совершенная версия стандарта IS-95C направлена на повышение частотной эффективности и увеличения емкости телефонной сети в 2 раза. Данное предложение основано на введении квадратурного канала, по которому может передаваться такой же кодовый ансамбль сигналов (т.е. 64 кода Уолша), что и по синфазному каналу. Несмотря на эти изменения, система сохранит обратную совместимость со стандартами IS-95A и IS-95B, и занимает прежнюю полосу частот, равную 1,25 МГц. По сравнению с предыдущими версиями стандарта система позволяет увеличить скорость передачи до 144 кбит/с. Предлагаемые усовершенствования обеспечивают возможность сокращения энергопотребления терминала.

Помимо этого разрабатывается модификация стандарта IS-95-HDR, которая призвана расширить возможности существующего стандарта IS-95 по высокоскоростной передаче данных. Новая версия дает возможность организовать канал передачи данных со скоростью свыше 1 Мбит/с в прямом канале при значительно более низкой скорости в обратном канале. Возможности, которые предоставит IS-95-HDR, в первую очередь, ориентированы на асимметричный трафик сетей передачи данных. Совместное использование IS-95C и IS-95-HDR позволит сблизить характеристики существующих технологий с требованиями систем 3-го поколения. Несмотря на то, что предлагаемые усовершенствования продлят срок жизнеспособности cdmaOne, однако имеющиеся в радиointерфейсе IS-95 ограничения не позволят обеспечить предоставление новых видов услуг. Последующее развитие технологии CDMA происходит в рамках технологии cdma2000. Большинство фирм производителей CDMA оборудования отказались от производства оборудования IS-95C и IS-95-HDR, а начали выпускать оборудование по технологии cdma2000 1X.

При построении системы мобильной связи на основе технологии cdma2000 1X первая фаза обеспечивает передачу данных со скоростью 144 кбит/с, что позволит предоставлять услуги голосовой связи, передачу коротких сообщений, работу с электронной почтой, интернетом, базами данных, передачу данных и неподвижных изображений, а так же просмотр медленного видео. При этом будет возможность работы в системе терминалов поддерживающих только cdmaOne. Переход ко второй фазе cdma2000 1X происходит при использовании той же полосу частот и канал 1,23 МГц, скорость передачи будет 384 кбит/с, что даст возможность, наряду с ранее существующими, предоставлять услугу передачи полного видео. Дальнейшее увеличение скорости передачи и переход к системам мобильной связи 3G, может происходить путем использования нескольких несущих (cdma2000 3X – 2,4 Мбит/с) или с применением технологии cdma2000 1XTREME (в лабораторных условиях получена скорость передачи 5,1 Мбит/с). При применении любого из путей дальнейшего развития cdma2000, обратная совместимость терминального оборудования сохраняется, выделение дополнительного диапазона частот не требуется.

Основными компонентами коммерческого успеха системы cdma2000 будут: более широкая зона обслуживания, высокое качество речи (практически эквивалентное проводным системам), гибкость и дешевизна внедрения новых услуг. Данная технология обеспечивает высокую помехозащищенность, устойчивость канала связи от перехвата и прослушивания, что делает его привлекательным в использовании для всех категорий абонентов.

Отличительными особенностями архитектуры cdma2000 являются:

- широкий диапазон скоростей передачи информации от 1,2 кбит/с до 2,048 Мбит/с с возможностью гибкого изменения ширины спектра излучаемых сигналов, использование когерентного приема на мобильных и базовых станциях, введение быстродействующей схемы управления

мощностью в прямом и обратном каналах, а также работа с переменной длиной кадра 5 мс и 20 мс.

- универсальность в предоставлении широкого ассортимента услуг (передача речи, пакетной информации, коммутируемых данных и мультимедиа) с возможностью выполнения требований ИМТ-2000 к качеству обслуживания для различных категорий пользователей;

- эффективность в построении системы сигнализации за счет снижения затрат пропускной способности на ее реализацию при передаче различных видов информации (речь, данные или одновременно речь и данные);

- гибкость в обеспечении интерфейса с существующими и перспективными IP-сетями или сетями с коммутацией каналов ISDN;

- расширяемость в части введения новых видов услуг и протоколов без предъявления дополнительных требований к существующим сетям;

- наращиваемость пропускной способности сети за счет введения новых сот, секторных антенн и базовых станций;

- плавная деградируемость в случае отказа отдельных элементов сети;

- согласованность с иерархической структурой систем 3-го поколения, описанной в ре-комендации ITU M.1225;

эволюционный переход от существующих систем cdmaOne к перспективным сетям 3-го поколения.

Среди достоинств CDMA 2000 – чистое звучание речи и отсутствие посторонних шумов, доступ в интернет, получение и отправка электронной почты, передача данных с высокой скоростью. В сети интернет можно работать как непосредственно с мобильного телефона «СКАЙЛИНК», так и подключив его к карманному компьютеру или ноутбуку. Важно: скорость передачи данных в стандарте CDMA достигает 153 Кбит в секунду. Для сравнения: у GSM этот показатель составляет 9,6 Кбит/с, у GPRS – 14,3. Таким образом, CDMA 2000 «быстрее» в 11-16 раз.

CDMA занимает первое место среди современных сотовых стандартов как единственный, наиболее удовлетворяющий всем параметрам, необходимым для создания сотовой системы третьего поколения (ёмкость, покрытие, качество передачи речи, стоимость, отсутствие необходимости частотного планирования, малая мощность передаваемого сигнала и т.д.)

В системах с частотным разделением каналов (как в FDMA, так и в TDMA) существует проблема так называемого "многократного использования" (reuse) частотных каналов. Чтобы не мешать друг другу, соседние базовые станции должны использовать разные каналы. Таким образом, если у БС 6 соседей (наиболее часто рассматриваемый случай, при этом зону каждой БС можно представить как шестиугольник, а всё вместе выглядит как пчелиные соты :)) то количество каналов, которые может использовать эта БС в семь раз меньше чем общее количество каналов в отведённом для сети диапазоне. Это приводит к уменьшению ёмкости сети и необходимости увеличивать плотность установки БС в густонаселённых районах. Для CDMA такой проблемы вообще нет. Все БС работают на одном и том же канале. Таким образом, частотный ресурс используется более полно. Ёмкость CDMA сети обычно в несколько раз выше, чем TDMA, и на порядок выше чем FDMA сетей.

Для того, чтобы телефоны находящиеся близко к БС не забивали своим сигналом более отдалённых абонентов, в CDMA предусмотрена плавная регулировка мощности, что приводит к значительному сокращению энергопотребления телефона вблизи БС и, соответственно, увеличению времени работы телефона без подзарядки.

Одной из приятных особенностей CDMA сетей является возможность "мягкого" перехода от одной БС к другой (soft handoff). При этом, возможна ситуация когда одного абонента "ведут" сразу несколько БС. Абонент просто не заметит, что его "передали" другой БС. Естественно, чтобы такое стало возможным, необходима прецизионная синхронизация БС. В коммерческих системах это достигается использованием сигналов времени от GPS (Global

Positioning System) американской спутниковой системы определения координат.

CDMA это практически полностью цифровой стандарт. Обычно все преобразования информационного сигнала происходят в цифровой форме, и только радиочасть аппарата является аналоговой, причём гораздо более простой, чем для других групп стандартов. Это позволяет практически весь телефон выполнить в виде одной микросхемы с большой степенью интеграции, тем самым значительно снизив стоимость телефона.

Цифровая сущность CDMA весьма располагает к использованию этой технологии для беспроводной передачи данных. В рассмотренном выше примере мы задали не очень высокую скорость, однако существующие реализации CDMA позволяют многократно увеличивать скорость передачи данных, правда за счет сокращения ёмкости сети.

Стандарты CDMA используют более современный кодек для оцифровки речи, что субъективно повышает качество передачи аналогового сигнала по сравнению с действующими TDMA стандартами.

Из минусов CDMA можно отметить необходимость использования достаточно широкой и неразрывной полосы, что не всегда возможно в современной обстановке дефицита частотного ресурса и большую сложность реализации данной технологии в "железе"

Перечисленные свойства подводят нас еще к одному замечательному выводу: для связи мобильного телефонного аппарата с базовыми станциями достаточно очень незначительной мощности передатчика. Это "достижение" и широкополосного сигнала, позволяющего распределить мощность по всему спектру, и описанного выше разнесенного приема, с помощью которого телефон может выбрать наименее зашумленный канал и, следовательно, передавать с меньшей мощностью, регулируемой в процессе разговора. В самом наихудшем случае, эта мощность достигает 0.2 Вт (а в нормальных условиях она равна единицам милливатт!), в то время как в других стандартах она колеблется от 0.6Вт до 2 Вт. Особенно это актуально в свете

развернувшейся не так давно дискуссии о вреде излучения мобильных телефонов. Хотя одни исследования подтверждают наличие такого вреда, а другие отрицают, до выяснения истины лучше всего минимизировать влияние электромагнитного излучения на ваши органы и, в первую очередь, на головной мозг. В условиях современного бизнеса немаловажен и фактор конфиденциальности переговоров. Ведь теперь мобильный телефон - это универсальное средство связи, предоставляющего голосовой, факсимильный и даже интернет- каналы коммуникаций. Естественно, для большинства бизнес-пользователей конфиденциальность передачи данных стоит наравне с удобством использования средств связи. Возможности аппаратуры перехвата разговоров растут, пал даже GSM, объявленный некогда как стандарт, который невозможно прослушать. Стойкость CDMA тоже не безгранична, но из имеющихся на рынке сотовой связи стандартов самый защищенный. Мало кто знает, что первыми CDMA стали использовать военные для секретной связи почти 40 лет назад! Теперь же, достижения миниатюризации в электронике смогли предоставить такую связь каждому желающему! Чтобы представить себе затраты, необходимые для перехвата сигнала CDMA, можно подсчитать стоимость одной базовой станции сети, причем со всей инфраструктурой.

1.2. Сравнение технологий множественного доступа

FDMA - множественный доступ с частотным разделением. Стандарт FDMA широко используется как в традиционных аналоговых системах сотовой связи, так и в современных цифровых системах (как правило, в сочетании с другими методами). Из всего доступного диапазона каждому абоненту выделяется своя полоса частот, которую он может использовать все 100% времени. Таким образом, не временной фактор, а только лишь различия в частоте используются для разделения (дифференциации) абонентов. Подобный подход имеет заметное преимущество: вся информация

передается в "реальном времени", и абонент получает возможность использовать всю полосу пропускания, выделенного ему сегмента. Ширина полосы сегмента может варьироваться в зависимости от используемой системы связи.

CDMA - множественный доступ с кодовым разделением. Каналы трафика при таком способе разделения среды создаются присвоением каждому пользователю отдельного кода, который распространяется по всей ширине полосы. В данном случае не существует временного разделения, и все абоненты постоянно используют всю ширину канала. Нужно заметить, что полоса частот, выделяемая для организации одного канала, очень широка. Вещание абонентов накладываются друг на друга, но поскольку их коды отличаются, они могут быть легко дифференцированы.

В качестве иллюстрации этого метода можно представить комнату, в которой находятся несколько пар людей. Эти пары хотят общаться только друг с другом и не интересуются другими. Если каждая пара знает только один язык и его использует, а все языки различны, тогда воздух комнаты может быть "несущей частотой" для их голосов.

Аналогия заключается в том, что воздух в комнате является широкополосным каналом, а языки представляются в виде кодов. Если мы включим языковые "фильтры", то люди, говорящие на немецком, не услышат тех, кто говорит на испанском и т.д. Мы будем увеличивать количество абонентов до тех пор, пока общий "фоновый шум" (помехи от других абонентов) не будет нас ограничивать. Регулируя мощность сигнала всех абонентов, которая не должна быть выше необходимой при сохранении высокого качества речи, мы обеспечиваем связью большое количество абонентов. Максимальное количество пользователей, или каналов трафика зависит от интенсивности использования каждого канала трафика, и поэтому не является определенным. Это отражается в концепции "мягкой перегрузки" (soft overload), согласно которой дополнительный абонент (или пара по

нашей аналогии) может получить доступ, если необходимо, за счет несколько возрастающих помех для других абонентов.

Большинство операторов используют в каждой ячейке три независимых секторных антенны (трехсекторная модель, $N=7$). Или, другими словами, обычно одна седьмая всех частот, выделенных оператору сотовой связи, может использоваться в любой соте. Соты должны быть разнесены достаточно далеко друг от друга с тем, чтобы помехи были устранены или сведены к минимуму, и, соответственно, достигнуто приемлемое качество речи.

В случае использования стандарта CDMA сигнал может быть принят при наличии высокого уровня помех, но при этом сохраняется то же самое или более высокое качество передачи. Все абоненты совместно используют один и тот же частотный ресурс. В стандарте CDMA одна и та же полоса частот используется в каждой соте и в каждом секторе секторизованной соты. В данном случае модель повторного использования частот выглядит как $N=1$. Эта модель $N=1$ является тем условием, которое обеспечивает для стандарта CDMA более высокую пропускную способность (емкость) по сравнению с AMPS и другими технологиями. Помехи, создаваемые другими абонентами и другими базовыми станциями, представляют собой фактор, в конечном итоге определяющий верхний порог пропускной способности сети стандарта CDMA. При разработке первичной сети целью является сведение к минимуму общего уровня помех. В стандарте CDMA существует множество способов снизить уровень помех и довести до максимума емкость сети.

TDMA - множественный доступ с временным разделением. Стандарт TDMA активно используется современными цифровыми системами подвижной связи. В отличие от систем частотного разделения, все абоненты системы TDMA работают в одном и том же диапазоне частот, но при этом каждый имеет временные ограничения доступа. Каждому абоненту выделяется временной промежуток (кадр), в течении которого ему разрешается "вещание". После того, как один абонент завершает вещание,

разрешение передается другому, затем третьему и т.д. После того, как обслужены все абоненты, процесс начинается сначала. С точки зрения абонента его активность носит пульсирующий характер. Чем больше абонентов, тем реже каждому из них предоставляется возможность передать свои данные, тем, соответственно, меньше данных он сможет передать. Если ограничить потребности (возможности) абонента известной величиной, можно оценить количество пользователей, которых реально сможет обслужить система с таким способом разделения среды. Временное разделение, как правило, накладывается на частотное разделение и вещание ведется в выделенной полосе частот.

Емкость ячейки сети определяется тем, сколько частотных каналов "умещается" в частотном диапазоне, отведенном для данной ячейки. Величина этого диапазона обычно составляет одну седьмую часть от общего диапазона частот, отведенного для конкретной сотовой сети, что необходимо для "разнесения" по частотам соседних ячеек сети (рис.2).

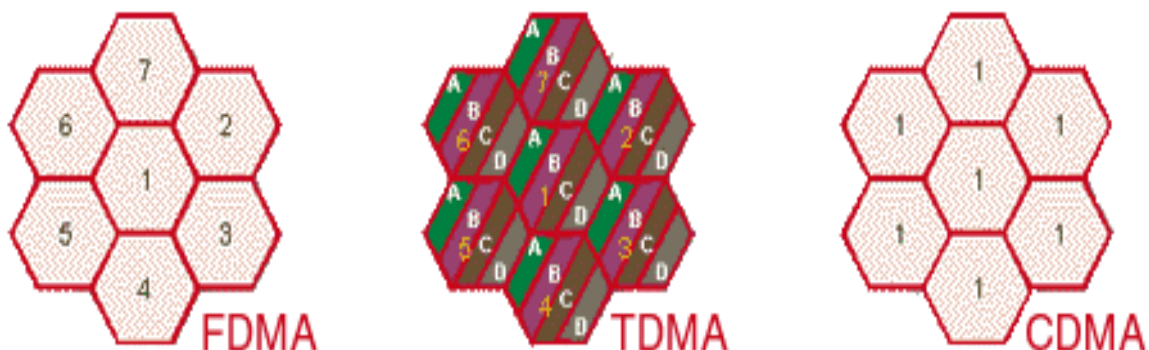


Рис.2

Основные характеристики CDMA показаны на табл. 1.

Таблица 1

Диапазон частот передачи MS	824,040 – 848, 860 МГц
Диапазон частот передачи BTS	869,040 – 893,970 мГц
Относительная нестабильность несущей частоты BTS	+/- 5×10^{-8}
Относительная нестабильность несущей частоты MS	+/- $2,5 \times 10^{-6}$
Вид модуляции несущей частоты	QPSK(BTS), O-QPSK(MS)

Ширина спектра излучаемого сигнала: по уровню минус 3 Дб по уровню минус 40 Дб	1,25 МГц 1,50 МГц
Тактовая частота ПСП М-функции	1,2288 МГц
Количество каналов BTS на 1 несущей частоте	1 пилот-канал 1 канал синхронизации 7 каналов (SMS) персонального вызова 55 каналов связи
Количество каналов MS	1 канал доступа 1 канал связи
Скорость передачи данных: В канале синхронизации В канале перс. вызова и доступа В каналах связи	1200 бит/с 9600, 4800 бит/с 9600, 4800, 2400, 1200 б/с
Кодирование в каналах передачи BTS	Сверточный код $R=1/2$, К=9
Кодирование в каналах передачи MS	Сверточный код $R=1/3$, К=9
Требуемое для приема отношение энергии бита информации	6-7 дБ
Максимальная эффективная излучаемая мощность BTS MS (3-го, 2-го и 1-го класса)	50 Вт 1,0; 2,5; 6,3 Вт
Максимально эффективная излучаемая мощность MS	6,3 – 1,0 Вт
Чувствительность приемника ДБм: MS BTS	-105 -117

Сравнительные характеристики систем стандартов CDMA, TDMA и GSM показаны на табл. А.

Таблица А

Стандарт	GSM	TDMA	cdmaOne
Назначение	мобил./фикс.	мобил./фикс.	мобил./фикс

Используемая технология	TDMA		TDMA		CDMA	
Ширина полосы частот, МГц	0,2	0,2	0,03	1,23	1,23	1,23
Скорость вокодера, кби	13	6,5	8	8	13	8
Число информационных каналов на несущую	8	16	3	23	12	35
Коэффициент использования частот при трехсекторных сотах	4	4	7	1/3	1/3	1/3
Число информационных каналов на соту в полосе 3 МГц	30	60	42	138	72	258
Емкость системы (число каналов на 1 МГц на соту)	10	20	14,3	56,1	29,6	86,2
Отношение сигнал/шум	9		16		6-7	

1.3. Предпосылки для создания систем сотовой связи 3-го поколения

Первым стандартом сотовой мобильной связи с кодовым разделением каналов стал стандарт IS-95A, который был опубликован в мае 1995 года как улучшенная и переработанная версия стандартов системы CDMA. В разработке IS-95A принимали активное участие американские фирмы Qualcomm, Motorola, Lucent Technologies, InterDigital, к которым в последствии подключились NEC, Samsung, LG и ряд других компаний. Эксплуатация первой коммерческой сети сотовой подвижной связи на базе технологии CDMA (IS-95) была начата компанией Hutchison Telephone (Гонконг) в сентябре 1995 года. До этого стандарт IS-95 получил одобрение в Международном Союзе электросвязи (ITU) и вошел в состав Рекомендации M.1073 ITU-R.

Основная цель разработки компанией Qualcomm системы сотовой подвижной связи с кодовым разделением каналов (CDMA) заключалась в необходимости увеличения пропускной способности сети сотовой связи стандарта IS-95 по сравнению с аналоговой системой AMPS (IS-19) не менее, чем на порядок в диапазоне 800 МГц. Эта цель была успешно достигнута, в результате чего стандарт IS-95 по своей спектральной эффективности превосходит все существующие в настоящее время стандарты цифровой сотовой связи второго поколения (2G) - GSM и D-AMPS (IS-136).

В стандарте IS-95, помимо традиционных услуг голосовой связи предусмотрена возможность передачи данных со скоростью 14,4 кбит/с в режиме коммутации каналов. В стандарте IS-95A при трехсекторной конфигурации базовых станций (БС) может быть организовано от 60 до 100 одновременно работающих каналов голосовой связи со скоростью 9,6 кбит/с в полосе частот радиоканала 1,25 МГц. Стандарт IS-95A также используется в диапазоне 1900 МГц, в котором работают американские цифровые сети персональной связи (PCS).

Компания Qualcomm в 1995 году предложила к внедрению несколько эволюционных технологий на базе стандарта IS-95, которые на основе объединения нескольких логических каналов CDMA позволяют увеличить в несколько раз скорость передачи данных в прямом направлении в прямом канале от базовой станции к мобильной.

Версия стандарта IS-95B позволяет:

- увеличить скорость до 76,8 кбит/с путем объединения 8 CDMA каналов по 9,6 кбит/с, 5-2 раза частотной эффективности (IS-95C) и скорости передачи данных выше 1 Мбит/с (IS-95-HDR) в прямом канале в той же полосе частот 1,25 МГц. 9,6 кбит/с (8x9,6 кбит/с) или получить скорость 115,2 кбит/с путем объединения 8 каналов по 14,4 кбит/с (8x14,4 кбит/с)
- повысить точность системы управления мощностью передатчика мобильной станции до 0,25 дБ (вместо 0,5 дБ в IS-95A)

- ввести дополнительные каналы приоритетного доступа и ряд других усовершенствований в стандарте IS-95B обеспечивается одновременная работа каналов передачи данных и голосового трафика.

С точки зрения нынешней классификации технологий сотовой подвижной связи, стандарт IS-95B относится к поколению 2,5G, т. е. по скорости передачи данных до 115 кбит/с он стоит выше, чем стандарты 2G, но не обеспечивает скорость передачи данных от 144 кбит/с, которая относится к системам сотовой связи третьего поколения (3G).

Первая сеть стандарта IS-95B была запущена в сентябре 1999 года в Южной Корее. Дальнейшее усовершенствование стандарта TIA/EIA-IS-95 предполагалось проводить в направлении повышения в 1 Такой вариант построения радиосети с асимметричным трафиком по линии вниз (BC-MS) до 1 Мбит/с и по линии вверх (MS-BC) до 14,4 кбит/с хорошо согласуется с требованиями сети Интернет и других сетей передачи данных. В конце 90-х годов прошлого столетия предполагалось, что развитие сетей сотовой связи второго поколения (2G) в направлении систем третьего поколения (3G) будет проходить через эволюционный период, как это показано на рис. 1

В настоящее время семейство технологий, основанных на стандартах CDMA TIA/EIA IS-95 получили название cdmaOne и включают стандарты IS-95A и IS-95B (cdmaOne = IS-95 + IS-95B).

В связи с бурным развитием семейства стандартов третьего поколения CDMA2000, стратегия перехода действующих сетей cdmaOne к сетям 3G предполагает их прямой переход к системам CDMA2000 1x с последующим переходом к высокоскоростным стандартам CDMA2000 1xEV-DO и CDMA2000 1xEV-DV. Причем перечисленные системы CDMA2000 требуют прежнюю ширину спектра частот 1,25 МГц и эти новые сети обратно совместимы с сетями cdmaOne. Это означает, что пользователи сетей cdmaOne будут обслуживаться и в новых системах CDMA2000, не меняя своего абонентского оборудования.

На основе радиointерфейса cdmaOne разработан новый стандарт сотовой связи третьего поколения CDMA2000 1x (IS-2000). Этот стандарт является первой фазой (1x) развития систем 3G в системе стандартов cdma2000 и позволяет удвоить количество активных каналов голосовой связи по сравнению с сетями cdmaOne и одновременно обеспечивает пакетную передачу данных со скоростью 153,6 кбит/с (редакция 0) и 307 кбит/с (редакция 1) на одном стандартном радиоканале с шириной полосы 1,25 МГц. CDMA 1x поддерживает передовые услуги, такие как e-mail, игры, передачу цветных изображений и фотографий, и многое другое.

2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ИХ ПРОЦЕССЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ СОТОВОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА CDMA

2.1. Базовая станция стандарта CDMA 2000

В системах связи CDMA используются соты с круговой диаграммой направленности антенн или секторные соты (обычно 120-градусные)

На рис.3 будет показана структурная схема базовой станции (BTS) для соты с круговой диаграммой направленности антенны с цифровым оборудованием, в состав которого входят каналные блоки.

Каждый каналный блок может быть сконфигурирован как информационный канал или как служебный канал. Для синхронизации работы сети используется приемник GPS (глобальная система местопределения).

Отсек приемоотдатчика преобразует сигналы промежуточной частоты, сформированные в отсеке цифрового блока, в радиочастотный сигнал на несущей частоте и обеспечивает обратное преобразование принимаемого сигнала на промежуточную частоту. В направлении передачи сигнал проходит от приемопередатчика через усилитель мощности и фильтр к передающей антенне. В обратном направлении тракт приема начинается с

приемных антенн, фильтра, усилителя с низким коэффициентом шума. Затем в приемопередатчике сигнал преобразуется на промежуточную частоту и поступает в отсек цифрового оборудования. Следует отметить, что передающий и приемные тракты подключаются непосредственно к своим антеннам.



Рис.3. Структурная схема CDMA базовой станции.

Управление режимами работы цифрового оборудования и приемопередатчика осуществляется контроллером соты (СС)

Особо следует подчеркнуть требование стандарта об обратной совместимости с IS-95. Все мобильные станции cdma2000 должны работать в

сетях IS-95, и соответственно все базовые станции cdma2000 должны обслуживать мобильные станции IS-95. Более того, имеется требование обеспечения handoff'a (перехода от одной соты к другой) между cdma2000 и IS-95.

Однако даже в cdma2000 сохранена возможность работы мобильных и базовых станций в аналоговом режиме. Этот режим практически идентичен стандарту AMPS с A-Key идентификацией и предназначен для обеспечения связи там, где использование цифрового режима по тем или иным причинам невозможно.

Базовые станции контролируют и передают сигналы радиовызова на соответствующие абонентские приемники. Применение нескольких БС в пределах зоны действия СПРВ позволяет обеспечить более надежную связь с абонентами.

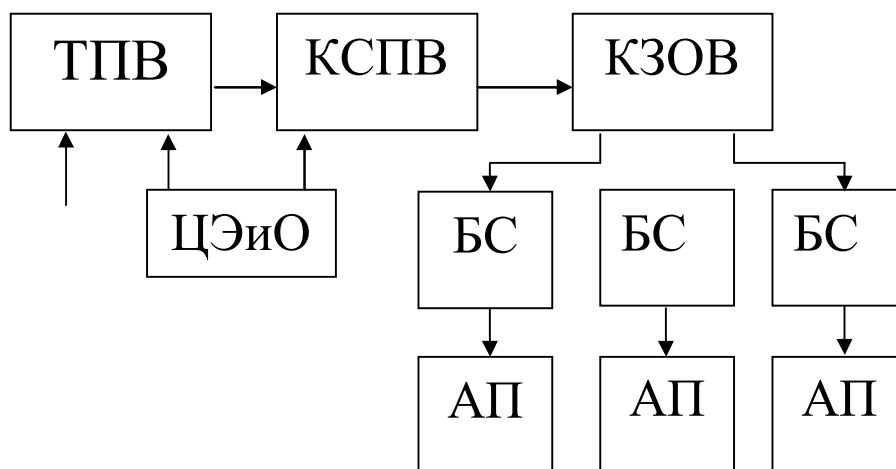


Рис. 3.1. Обобщенная структурная схема системы персонального радиовызова

Базовые станции сопряжения ВБ, обеспечивают интерфейс радио канальной части комплекса со стационарными сетями телефонной связи (ТФОП), телефакса и передачи данных.

Все базовые станции (БС) используют идентичные по структуре короткие коды, но с разным циклическим сдвигом, кратным 64, т.е. всего в

сети могут функционировать не более 511 базовых станций. Правильная работа БС в cdma2000 гарантируется только в том случае, если их сигналы не накладываются друг на друга. Чтобы выполнить это условие, необходима жесткая синхронизация, которая в настоящее время обеспечивается с помощью спутниковой навигационной системы GPS.

Расчет энергетики радиолиний проводился для случая, когда базовые станции оснащены двумя передающими и двумя приемными антеннами.

Тип базовой станции	Базовая станция				Мобильная станция	
	PI	SYNC	PCH	TCH	ACH	TCH
Тип канала						
Число одновременно передаваемых каналов	1	1	7	55	1	1
Входная скорость, кбит/с	—	1,2	2,4 4,8 9,6	1,2 2,4 4,8 9,6	4,8	1,2 2,4 4,8 9,6
Скорость кодирования	—	1/2	1/2	1/2	1/3	1/3
Скорость на выходе сверточного кодера, кбит/с	—	4,8	4,8 9,6 19,2	2,4 4,8 9,6 19,2	14,4	3,6 7,2 14,4 28,8
Выходная скорость кодированного потока, кбит/с	—	4,8	19,2	19,2	28,8	28,8
Скорость после кодового преобразователя, кбит/с	—	—	—	—	307,2	307,2
Метод модуляции	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	OQPSK	OQPSK

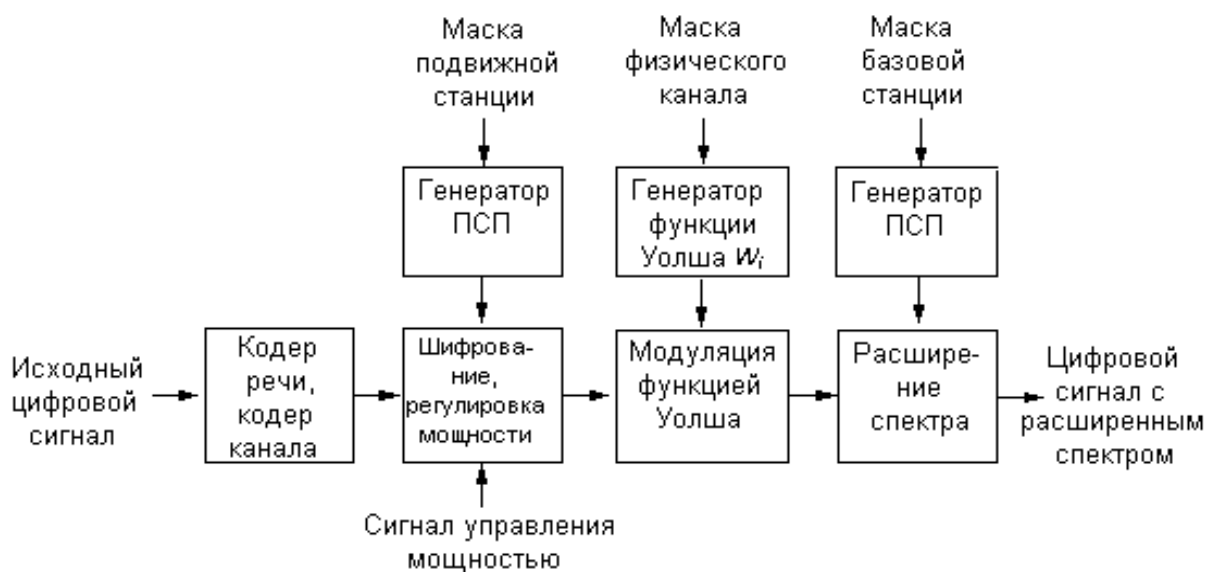


Рис.3.2 Схема обработки сигналов в передающем тракте базовой станции

Базовая станция, управляемая контроллером и соединенная с ТфОП при помощи интерфейса, в качестве которого обычно используется так называемый центр коммутации подвижной связи, может одновременно использовать 64 канала передачи, из которых один канал – пилотный, один – для синхронизации, семь каналов – для персонального вызова, остальные 55 – для передачи речевых сообщений. В направлении «вниз» каналы называют прямыми. Пилотный канал используется для начальной синхронизации абонентский терминал АТ с сетью и для контроля за сигналами БС по времени, частоте и фазе. Канал синхронизации обеспечивает идентификацию БС, контроль уровня излучения пилотного сигнала, а также фазу ПСП БС. Канал вызова используется для вызова АТ и для назначения после установления соединения канала связи. Канал прямого трафика служит для передачи речевых сообщений и данных. В нем организован также непрерывный субканал управления мощностью путем замещения нескольких бит речевых данных со скоростью 800 бит/с. Передача «0» означает, что абонентская станция должна увеличить уровень своей выходной мощности на 1 дБ, а передача «1» – уменьшить на 1 дБ. Максимально возможная скорость изменения мощности составляет 16 дБ (в 40 раз) в течение 20 мс. Динамический диапазон регулировки – 84 дБ. Такая регулировка позволяет АТ работать с минимально необходимой мощностью излучения, давая возможность БС принимать сигналы абонентских терминалов с практически одинаковым уровнем мощности независимо от удаления. Это обеспечивает как минимизацию взаимных помех в сети и увеличение ее емкости, так и более высокую экологическую безопасность АТ для пользователя. Однако при планировании сети необходимо учитывать, что размер сот должен быть примерно одинаков. В противном случае возникают помехи от АТ, находящихся в соседних сотах. Радиус соты в городе может достигать 4–5

км, в сельской местности – от 7–8 до 25–30 км, в зависимости от рельефа местности и высоты расположения антенн.

В направлении от АТ к БС каналы называют обратными. В их число входят канал доступа и канал обратного трафика. Канал доступа используется для установления вызовов и ответов на сообщения, передаваемые по каналу вызова, и для передачи команд и запросов на регистрацию в сети.

В каждом канале БС при передаче используется одна из 64 последовательностей Уолша. Изменению знака бита информации соответствует поворот на 180 градусов фазы используемой последовательности. Вследствие ортогональности последовательностей помехи между каналами передачи отсутствуют. Они возникают только от соседних БС, работающих на той же несущей и использующих ту же последовательность, но с другим циклическим сдвигом. В абонентском терминале ортогональные сигналы используются для повышения помехоустойчивости каналов. При этом каждой группе из 6 бит информационного сообщения соответствует одна из 64 последовательностей Уолша. Различные циклические сдвиги ПСП в абонентских терминалах позволяют БС при приеме разделить сигналы от АТ.

Абонентский терминал может находиться в одном из четырех состояний: инициализации, дежурном, доступа, активном. В состоянии инициализации АТ ведет поиск пилотного канала на нулевой функции Уолша. Обнаружив его, он находит на 32-й функции Уолша канал синхронизации. Из сообщения, передаваемого по каналу синхронизации, АТ получает данные о конфигурации системы и ее временной структуре. На следующем этапе АТ входит в режим дежурного состояния, обнаруживает канал персонального вызова и ведет непрерывный контроль за поступающими сообщениями. Эти сообщения от БС могут содержать все необходимые данные, чтобы инициировать вызов либо принять его от

другого абонента. В случае прохождения вызова АТ переходит в состояние доступа. При успешной попытке доступа АТ входит в активное состояние.

Структура каналов передачи базовой станции показана на рис:



Каждому логическому каналу назначается свой код Уолша. Всего в одном физическом канале логических каналов может быть 64, т.к. последовательностей Уолша, которым в соответствие ставятся логические каналы, всего 64, каждая из которых имеет длину по 64 бита. Из всех 64 каналов на 1-й канал назначается первый код Уолша (W0) которому соответствует "Пилотный канал", на следующий канал назначается тридцать второй код Уолша (W32), следующим 7-ми каналам так же назначаются свои коды Уолша (W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7) которым соответствуют каналы вызова, и оставшиеся 55 каналов предназначены для передачи данных по "Каналу прямого трафика".

При изменении знака бита информационного сообщения фаза используемой последовательности Уолша изменяется на 180 градусов. Так как эти последовательности взаимно ортогональны, то взаимные помехи между каналами передачи одной базовой станции отсутствуют. Помехи по каналам передачи базовой станции создают лишь соседние базовые станции,

которые работают в той же полосе радиочастот и используют ту же самую ПСП, но с другим циклическим сдвигом.

2.2. Мобильные терминалы в стандарте

В системах третьего поколения в связи с возложением на мобильные терминалы функций связи с сетью Internet. В течение подобного контакта трафик на линии "вниз", как правило, гораздо насыщеннее, чем в обратном направлении. При этом можно поступить, как показано на рис. 5.7, представляющем схематично переход от симметричного (рис. 5.7, а) распределения временного ресурса между линиями "вниз" и "вверх" к асимметричному (рис. 5.7, б), на которых стрелка "вниз" отвечает приему информации МС, а "вверх" — передаче.

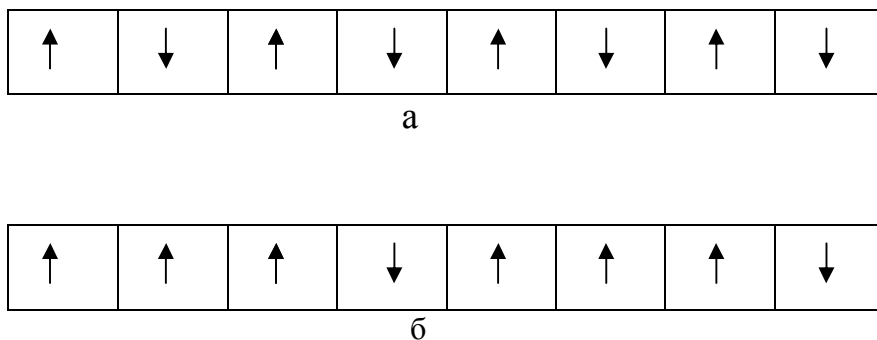


Рис. 4. Симметричное (а) и асимметричное (б) распределение временного ресурса между линиями "вниз" и "вверх" в канале связи

Наземная инфраструктура системы включает станции сопряжения' (наземные базовые станции БСД), центры управления системой (ЦУС), терминалы общего пользования и мобильные терминалы персональной связи (МС). Базовые станции сопряжения ВБ,,обеспечивают интерфейс радио канальной части комплекса со стационарными сетями телефонной связи (ТФОП), телефакса и передачи данных. Терминалы общего пользования

наземной аппаратуры являются средствами коллективной телефонной связи, используемой по принципу «телефон-автомат». Они устанавливаются в местах не оборудованных стационарной телефонной сетью, а также в труднодоступных участках местности (горных районах, островах, пустынях, тундре и т. д.). Мобильные терминалы персональной связи (MS) являются средствами индивидуального пользования по принципу «трубка в ручек». Для обеспечения факсимильной связи и передачи данных (ПД) абонентской терминал дополняется модемом. Терминалы общего пользования и мобильные терминалы обеспечивают глобальную радиосвязь с абонентами через бортовые ретрансляторы спутников связи. Мобильные терминалы могут использоваться абонентами, находящимися в подвижных объектах сухопутного, морского и воздушного транспорта.

Мобильные терминалы персональной связи являются средствами индивидуального пользования.

Мобильные терминалы используют остронаправленные антенны, работающие в режиме автосопровождения.

Система СИГНАЛ реализует частотно-кодированное (FDMA-CDMA) разделение каналов в сочетании с пространственной поляризацией. Каждый бортовой ретранслятор формирует несколько каналов различного назначения:

- информационные;
- системы сигнализации SS N<7 (канал запросов);
- технического управления;
- односторонний канал космос-земля МАЯК (маркер опознавания ретранслятора);
- односторонний канал земля-космос (для включения ретранслятора при входе в зону радио видимости BSD).

При передаче цифровой информации используются четырехпозиционные сигналы с относительно фазовой манипуляцией (ОФМ) и сглаживанием фазы. Кроме того, цифровой поток каждого ретранслятора

модулируется индивидуальной псевдошумовой последовательностью (ПСП) длительностью $p = 3224$ бит.

В каждом луче формируется 10 дуплексных каналов связи с шагом сетки частот $\Delta f_s = 25$ кГц. Для доступа к служебному каналу при организации пакетной радиосвязи используется метод временного разделения каналов с формированием цифровых кадров (протоколыALOHA). Для работы в информационном канале используются протоколы много стационарного доступа с прослушиванием несущей и обнаружением конфликтов (МДПН/ОК).

При организации связи BS6 с ВБн создается фиксированная схема коммутации, при которой каждой линии

земля-космос строго соответствует определенная линия космос-земля в каждом луче. При организа

ции линий космос-земля ретранслятор использует три луча для обеспечения одновременной связи с тремя BSD.

Мобильные терминалы персональной связи (MS) системы ODYSSEY-имеют выходные мощности 0,5 Вт и являются средствами индивидуального пользования по принципу «трубка в руке». Бортовые наземные терминалы имеют выходную мощность 5 Вт. Антенны MS типа четырехзаходная спираль имеют коэффициент усиления 2,5 дБ. Это обеспечивает энергетический параметр линии земля-космос не менее 6...10 дБ. Скорость цифрового потока в режиме передачи речи составляет 4,8 кбит/с и в режиме передачи данных 9,6 кбит/с. Один КА формирует цифровой поток эквивалентный 2800 каналам ТЧ.

Таким образом, несмотря на использование тяжелых КА и достаточно высокие орбиты вращения система ODYSSEY успешно конкурирует с системой GLOBALSNAR на рынке информационных услуг.

2.3. Передача данных в стандарте

Для начала передача данных должна превратиться в развитую услугу беспроводной мобильной связи на основе коммутации каналов. Чтобы обеспечить ее эффективность в радио (беспроводных) и мобильных средах, необходимы специальные разработки и стандарты, такие как Mobitex, CDPD и GPRS. Вслед за этими технологиями появятся стандарты третьего поколения, в частности EDGE и WCDMA.

Передача данных и факсимильных сообщений в CDMA. В системе CDMA поддерживается одновременная передача речи и данных. Два цифровых потока информации мультиплексируются на покадровой основе, причем речь имеет приоритет над данными, что позволяет поддерживать надлежащее качество ее передачи. Достоверность передачи данных, обеспечиваемая технологией CDMA, выше, чем в аналоговых системах или системах TDMA. Одной из отличительных особенностей передачи данных по технологии CDMA является применение двух протоколов для коррекции и передачи сигнала: радиолинии (Radio Link Protocol - RLP) и управления передачей (Transmission Control Protocol - TCP). Это значительно повышает безошибочность работы системы. Использование технологии CDMA для передачи данных обеспечивает абоненту значительно более высокую мобильность по сравнению с аналоговыми системами. Испытания с участием поставщиков абонентского оборудования показали, что абонент может позвонить по телефону из того же места, откуда посылает факс, выйти в сеть Интернет и т.д.

Служба пакетной передачи данных. Пакетная передача данных обеспечивает абонентам возможность непосредственного подключения к сети Интернет и другим сетям. Последнее будет устанавливаться через IP-адреса, которые посылаются как часть сообщения с пакетными данными. Во многих случаях для этого типа соединений не требуется никакого взаимодействия модемов. Одно из главных достоинств пакетного режима передачи данных - это возможность аппарата абонента связываться со множеством точек во время одного и того же сеанса. Другое преимущество

заключается в том, что радиочастотные ресурсы сети не заняты, когда аппарат абонента не передает никаких пакетов, - таким образом, они становятся доступными другим пользователям. На больших скоростях, т.е. превышающих 14,4 Кбит/с, пакетная передача данных будет более эффективной, чем коммутация каналов (передача речи одним абонентом). Это возможно за счет разделения спектрального диапазона между большим числом пользователей. Пакетный режим передачи данных и передача данных по коммутируемым линиям дополняют друг друга.

2.4. обеспечение аутентификации и безопасности связи в стандарте CDMA 2000

Аутентификация – это процедура, проверяющая, имеет ли пользователь с предъявленным идентификатором право на доступ к ресурсу.

Протоколы, обеспечивающие безопасность передачи информации в CDMA-IS-41 сетях, являются одними из лучших в индустрии. Кроме того сам CDMA стандарт по своему построению делает перехват сигнала и его расшифрование очень сложной и дорогостоящей задачей доступной, фактически, только государственным спецслужбам.

Криптографические протоколы стандарта CDMA основываются на 64-битном аутентификационном ключе (A-key) и серийном номере мобильного телефона - Electronic Serial Number (ESN). A-key запрограммирован в мобильном телефоне и хранится в аутентификационном центре сети.

Цифровая аутентификация абонента CDMA основана на протоколе запрос-ответ (challenge-response): для получения услуг сети мобильный терминал абонента в цифровом виде вычисляет ответ на запрос, созданный и переданный ему сетью. Ответ вычисляется с использованием уникального 64-битного ключа, хранимого в мобильном телефоне и в сети. Секретный ключ, невидимый для пользователя, никогда не передается в эфир. Проверка

сетью правильности ответа мобильного устройства и составляет сущность аутентификации.

Таким образом, практическая эффективность защиты CDMA позволяет не допустить технического мошенничества в виде клонирования телефона, а использование шумоподобного, не явного сигнала, который из общего эфирного фона просто невозможно вычлениить без раскодирования, практически исключает возможность злоумышленного подслушивания.

Когда в сети CDMA раздается звонок с мобильного телефона, VLR аутентифицирует пользователя этого телефона. CDMA-сети также используют алгоритм шифрования под названием CAVE (Cellular Authentication and Voice Encryption — сотовая аутентификация и шифрование голоса).

Чтобы свести к минимуму риск перехвата индивидуального А-ключа «по воздуху», терминалы CDMA вычисляют динамическую величину для аутентификации, основанную на А-ключе. Эта динамическая величина называется SSD (Shared Secret Data — секретные данные общего владения) и вычисляется на основе трех параметров:

- А-ключ индивидуального абонента;
- ESN индивидуального терминала;
- случайное число.

Все три величины объединяются с помощью CAVE-алгоритма. В процессе этой операции генерируются две 64-битные величины — SSD_A и SSD_B. Первая предназначена для аутентификации, вторая — для алгоритмов шифрования. SSD_A— это эквивалент SRES в GSM-сетях, а SSD_B — аналог KC в GSM (рис. 5).

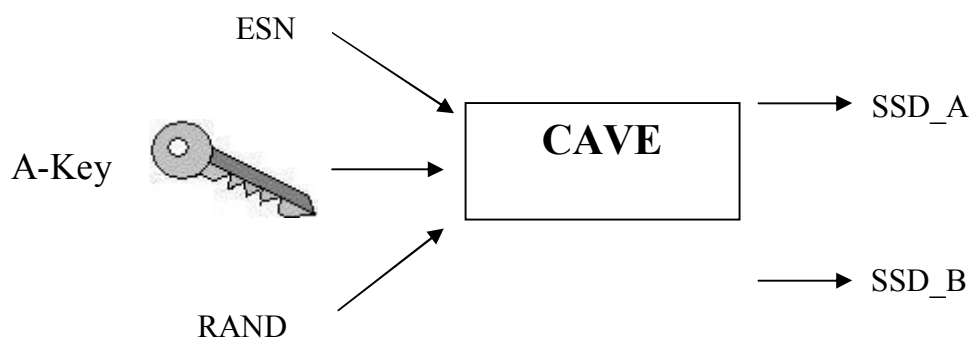
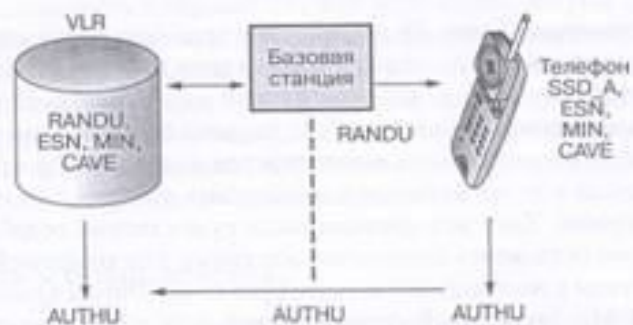


Рис.5 Операции с ключами при CDMA-аутентификации

В процессе роуминга SSD_A и SSD_B передаются другой мобильной сети незашифрованными. Это представляет некоторую угрозу безопасности, поскольку хакеры могут восстановить величины SSD и применить их в целях клонирования телефонов. Во избежание такого риска и телефон, и сеть используют синхронный счетчик звонков, который обновляется с каждым новым звонком. Это помогает определить клонированные SSD, у которых величины счетчиков не совпадают (см. Sami Tabane, Handbook of Mobile Radio Network. — Boston, Artech House, 2000, p. 197).

Процесс аутентификации CDMA возможно проводить при помощи локального MSC или AuC. Если MSC не может завершить CAVE-вычисления (к примеру, нет оборудования, содержащего CAVE), то аутентификация осуществляется через AuC (рис. 5.14). Вот какие события происходят при CDMA-аутентификации:



Совпадают ли вычисления AUTHU?

Рис. 5.14. Процесс CDMA-аутентификации.

Источник: сайт www.nccn.com/industry/industry_faqitem2frame.html

1. Передается звонок с мобильного телефона.
2. MSC извлекает информацию о пользователе из HLR.
3. MSC генерирует случайный 24-битный номер для уникальности контакта (RANDU).
4. RANDU передается в телефон.

5. Телефон получает RANDU, комбинирует его с SSD A, ESN и MIN, а затем смешивает результат с CAVE, в результате чего появляется 18-битная величина под названием AUTHU.

6. Одновременно MSC вычисляет свое собственное значение AUTHU на основе SSD_A, MIN, ESN и CAVE.

7. AUTHU передается на MSC.

8. Если величины AUTHU совпадают, то звонок проходит.

9. Если AUTHU не соответствуют друг другу, то звонок не проходит.

Процесс аутентификации CDMA обеспечивает те же преимущества, что и GSM:

- А-ключ остается локальным. А-ключ никогда не передается «по воздуху» и поэтому не подвержен перехвату. Однако, так как у CDMA-терминалов нет механизма противодействия вторжению наподобие SIM-карты в GSM-телефонах для хранения А-ключа, телефоны должны быть сконструированы так, чтобы А-ключ не был доступен посторонним;

- защита от атак по методу грубой силы. 128-битный RAND означает выбор из 21 или $3,4 \times 10^38$ возможных комбинаций. Это значительно снижает вероятность подбора пары RAND/AUTHU.

Безопасность связи обеспечивается также применением процедур аутентификации и шифрования сообщений. Шифрование сообщений, передаваемых по каналу связи (TCH), осуществляется также с использованием процедур стандарта IS-54B. В стандарте IS-95 используется также режим "частый характер связи", обеспечиваемый с помощью секретной маски в виде длинного кода. Как и для GSM, аутентификация является самым важным элементом обеспечения безопасности в CDMA-сети. Без аутентификации телефона невозможно шифрование голоса или данных, а риск клонирования существенно возрастает.

При передаче в GSM-сетях по связям SS7 важной информации, такой как ключи аутентификации, не исключен перехват данных.

Группа 3GPP сразу же сосредоточилась на улучшении протокола АКА (Authentication and Key Agreement — соглашение о ключах и об аутентификации). В АКА содержатся следующие требования:

- необходима взаимная аутентификация телефона в сети и сети в телефоне;
- большие размеры ключа (современные ключи должны быть увеличены с 64 до 128 бит);
- поддержка уникальности ключей шифрования (не допускается повторное использование ключей шифрования);
- для упрощения роуминга между разными сетями должны использоваться стандартные алгоритмы, которые легко и свободно экспортируются.

Итоговая архитектура 3G-аутентификации показана на рис. 5.15.

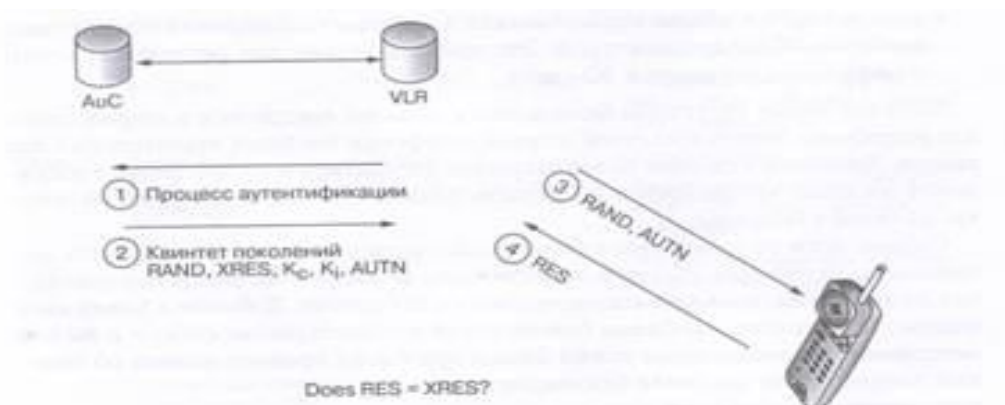


Рис. 5.15. Протокол АКА от группы 3GPP

Главное различие заключается в том, что вычислены дополнительные параметры безопасности, которые могут использоваться для аутентификации сети пользователем.

Группа 3GPP также существенно продвинулась в разработке и обзорах алгоритмов. Вместо того чтобы создавать алгоритмы самостоятельно, она выбрала существующий японский блок шифрования под названием MISTY, модифицировала его и назвала Kasumi. Этот алгоритм послужил основой для

замены A5/1 и A5/2. Новые алгоритмы называются f8 и причем они обнародованы для обсуждения. Это обеспечивает большую уверенность в будущем архитектуры безопасности 3G- сетей. Можно сказать, что предварительное обсуждение новых спецификаций до их реального внедрения стало главным достижением GSM-сообщества и может только улучшить общую ситуацию с безопасностью.

Основные преимущества CDMA2000:

Широкий спектр услуг Цифровой стандарт IMT-MS-450 предусматривает наличие следующих дополнительных услуг, многие из которых невозможно реализовать в аналоговых и некоторых цифровых сотовых сетях (на данный момент не все данные услуги реализованы в действующей сети Белсел): -режим пониженного потребления мощности аккумуляторной батареи. В этом режиме телефон периодически реагирует на получение коротких сообщений, абонент сам решает, получать ли ему короткие сообщения, или нет. Эта функция позволяет увеличить и так очень продолжительный в сети IMT-MS-450 цикл жизни аккумуляторной батареи до нескольких дней; - активация радиотелефона через радиointерфейс, то есть возможность автоматического, "удаленного" программирования номера и присвоения ключа аутентификации без посещения сервисных центров или технических служб; - изменение профиля услуг через радиointерфейс; - передача данных (возможность инициации передачи данных в любой момент от начала разговора); - пакетная передача данных; - одновременная передача голосовых сообщений и данных/пакетов данных; - передача цифровых факсимильных сообщений (цифровой факс), одновременная передача голоса и факса по одному каналу; - видеослужбы с высоким разрешением в дополнение к речи/факсу; - услуги, связанные с определением координат на местности; - режим ожидания вызова; - переадресация вызова в случае его неуспешного завершения; - сокращенный набор номера; - интерактивные

игры; - получение и прослушивание высококачественных музыкальных записей; - передача фотографий и видеоизображений. Защищённость и конфиденциальность За счет использования технологии CDMA достигается высокая энергетическая скрытность систем с шумоподобным сигналом и, как следствие, высокая конфиденциальность передаваемых данных. Суть сказанного состоит в том, что широкополосный сигнал не только трудно декодировать - его трудно просто обнаружить, т.е. выявить сам факт работы абонентской станции. Низкая излучаемая мощность Мобильные терминалы cdma2000 работают при уровне мощности: в 3-4 раза меньше по сравнению с телефонами стандарта GSM; в 10 раз меньше по сравнению с мобильными телефонами аналоговых стандартов. Максимальная мощность мобильных терминалов cdma2000 не превышает 200 мВт (средняя излучаемая мощность 10 мВт). Это позволяет поддерживать аккумуляторные батареи в заряженном состоянии в течение продолжительного времени и обеспечивает высокую экологичность и большую безопасность для здоровья. Меньшее количество разъединенных вызовов За счет использования принципиально иного метода прохождения сигнала между сотами практически исключается возможность срыва или помех при перемещении абонента. Высокая надежность связи в движении за счет "мягкой" передачи канала связи от одной базовой станции к другой ("мягкий", устойчивый "hand-off"). В отличных от ИМТ-МС-450 системах связи, например в NMT-450i или GSM, используется так называемый "жесткий hand-off", когда в момент перемещения абонента из соты в соту происходит моментальный обрыв и восстановление связи, воспринимаемое абонентом как щелчок в трубке или даже временное прерывание разговора. Иногда в такой момент связь с трубкой может быть потеряна, так как соединение с радиотелефоном одномоментно поддерживает только одна базовая станция. В ИМТ-МС-450, напротив, трубку постоянно "отслеживают" две или более базовых станций, радиотелефон одномоментно "говорит" сразу с двумя базовыми станциями пока уровень сигнала от одной из них не станет таким, что она сможет обслужить данного

абонента эксклюзивно. Так реализуется принцип "мягкого hand-off". Более высокая емкость сети Стандарт cdma2000 увеличивает емкость сети в 10-20 раз по сравнению с аналоговыми беспроводными технологиями и более чем в 3 раза по сравнению с цифровой технологией GSM. Сети, построенные на ее основе, эффективно используют радиочастотный ресурс, благодаря возможности многократного использования одних и тех же частот в сети. Повышается надежность связи в густонаселенных районах, появляется возможность передачи данных с высокой скоростью. Это позволяет, несмотря на известные проблемы с дефицитом радиочастот, строить сети данного типа, уже на первом этапе рассчитанные на обслуживание до миллиона абонентов. Высокая помехоустойчивость (технология создавалась как военная система связи, с высокой степенью защиты как от пассивных, так и от активных помех). Благодаря тому, что широкополосный сигнал "проглатывает" узкополосные помехи, не меняя своей формы, обеспечивается высокое качество передачи речи и данных. Все абоненты системы CDMA работают в одной и той же полосе частот (ширина этой полосы составляет 1,25 МГц), не мешая друг другу, так как число вариантов модулирующих шумоподобных сигналов составляет несколько миллиардов. Отличное качество речевой связи В системе CDMA для преобразования аналогового речевого сигнала в цифровой используется вокодер (Voice Coder - кодер голоса) с переменной скоростью кодирования, в основу работы которого положен алгоритм с линейным предсказанием кода - CELP (Code Excited Linear Predictive). Этот алгоритм лучше учитывает особенности человеческой речи, чем другие. Вокодер перекодирует цифровой поток, имеющий скорость 64 кбит/с (8000 отсчетов речевого сигнала в секунду, умноженные на восьмибитный код каждого отсчета), в поток со скоростью 8,55 кбит/с или 13 кбит/с. В ходе этого преобразования информационный поток делится на кадры, и содержащие паузы интервалы удаляются. Результирующий поток имеет скорость 1...8 кбит/с. Вокодер приемной стороны объединяет кадры в единый поток и делает обратное

преобразование. Другой важной особенностью вокодера с переменной скоростью кодирования является использование адаптивного порога для определения требуемой скорости кодирования данных. Уровень порога изменяется в соответствии с фоновым шумом. Результатом этого является подавление фона и улучшение качества речи даже в шумной обстановке. Вокодер позволяет подмешивать в речевой канал вторичный трафик, т. е. служебную информацию. Качество речи в системе CDMA, использующей вокодер QCELP со скоростью кодирования 13 кбит/с, очень близко к качеству речи в проводном канале. По сравнению с другими системами мобильной связи обеспечивается меньшая задержка передачи голоса, отсутствие фоновых шумов и эффекта эха. Совершенный метод коррекции ошибок позволяет эффективно бороться с многолучевым распространением сигнала. Это свойство дает дополнительные преимущества CDMA в условиях городов с высотными застройками. Применяемый "код", служит не только для идентификации разговора того или иного пользователя, но и является своеобразным фильтром, устраняющим искажения и фоновые помехи. Полноценный доступ в Интернет через мобильный терминал, Мобильные устройства IMT-MS-450 подключаются к компьютерным устройствам через последовательный или USB порты и выполняют функцию высокоскоростных модемов для передачи данных. Сейчас средняя скорость работы обычных компьютерных модемов - 56 Кбит/с, а сотовые телефоны без использования GPRS связываются с Интернетом еще медленнее. Новая технология позволит поддерживать скорость до 153 Кбит/с! А в принципе, IMT-MS может обеспечивать прием информации со скоростью 2,4 Мбит/с! Возможность просмотра Интернет в формате HTML непосредственно на экране телефона, а также получение и отправка электронной почты на сотовый телефон. Привлечет к себе внимание и такие свойства новой технологии, как и потенциально более низкая себестоимость передачи одного бита информации – по сравнению с другими сотовыми стандартами, а также ее пригодность к более “справедливой” тарификации услуг – не по времени,

а по объему переданных данных. В этом случае подобная связь может оказаться более удобной не только для мобильных пользователей, но и для владельцев обычных домашних компьютеров. а также целый ряд традиционных услуг: - определение номера звонящего абонента, - блокировка, фильтрация и переадресация вызовов, - SMS - передача коротких сообщений (обмен буквенно-цифровыми сообщениями между пользователями и посылка сообщений по схеме сеть - пользователь). - трехсторонняя конференц-связь, - цифровая голосовая почта.

Преимущества CDMA для пользователя

- Большая абонентская емкость (в 10-20 раз большая, чем у аналоговых систем, и в 3-6 раз большая, чем у других цифровых систем).

- "Цифровое" качество передачи речи, самое высокое из существующих в настоящее время в сотовых стандартах.

Высокая скорость передачи данных.

- Высокая помехоустойчивость.

- Способность взаимодействовать с другими радиосистемами, в том числе с низкоорбитальными спутниковыми системами связи, обратная совместимость с аналоговыми сетями.

- Высокая надежность связи в движении за счет "мягкой" передачи канала связи от одной базовой станции к другой.

- Более надежная, по сравнению со всеми остальными стандартами, защита от несанкционированного доступа.

- Конфиденциальность переговоров.

- В 1,5-2 раза большее время работы радиотелефонов в автономном режиме.

- Уменьшение воздействия электромагнитного излучения на организм человека

- количество отказов в 10 - 15 раз меньше, нежели в кабельной телефонной сети (в сети просто нет проводов!);

- терминалы работают, используя сигнал мощностью на уровне шума. Благодаря этому обеспечивается высокая экологическая безопасность для пользователя и долгий срок службы аккумуляторной батареи.

2.5. спектральная эффективность стандарта

Технология распределения спектра прошла в своем развитии несколько этапов, начиная от случайного (неупорядоченного) распределения частот, и современного, связанного с «переделом» спектра. Бесследно прошли те времена, когда частоты выбирались оптимальным образом, обеспечивая, с одной стороны, максимальную дальность связи или пропускную способность, а с другой стороны, приемлемые массогабаритные характеристики приемопередающей аппаратуры и антенн.

Сегодня в мире принята упорядоченная процедура распределения спектра, который поделен между службами телерадиовещания, связи, радионавигации, астрономии и т.п. Внутри каждой службы также существует свой иерархический принцип разделения частотного ресурса по видам связи: мобильная наземная радиосвязь, радиорелейная, тропосферная, мобильная спутниковая связь и т.п. На мировом уровне такое деление закреплено в Регламенте радиосвязи, содержащем таблицу распределения полос частот между службами в пределах от 9 кГц до 275 ГГц.

Частотный ресурс не безграничен, и сегодня он в дефиците. Если в фиксированной связи и сетях беспроводного доступа возможен переход в более высокочастотные диапазоны, то в мобильной связи поднимать верхнюю «частотную планку» выше 3 ГГц нецелесообразно.

На сегодняшний день спектр, выделенный для мобильной коммерческой связи, составляет 40% от общего ресурса (в полосах частот до 2,5 ГГц). Анализ распределения полос показывает, что большую часть

спектра занимают сотовые системы (25%), а доля спутниковых систем (служба М58) не превышает 9%.

Подход к распределению частотного ресурса, реализованный в концепции ИМТ-2000, основывается на следующих принципах:

- создание единого частотного пространства шириной 230 МГц для систем беспроводного доступа, сотовой и спутниковой связи;

- сочетание разных стратегий внедрения услуг 3-го поколения (революционной и эволюционной);

- гибкость в распределении спектра, предусматривающая возможность реализации разных сценариев использования полос частот в разных географических районах;

- выделение парных полос частот для дуплексной связи с частотным разделением и непарных полос для дуплексной связи с временным разделением.

В условиях острого дефицита частотного ресурса свободных участков с требуемой шириной полосы частот 230 МГц в наиболее «привлекательных» для мобильной связи полосах частот (450-960 МГц) просто не существовало.

Компромиссное решение было найдено в 1992 г. на Всемирной административной радиоконференции WARS-92, где на всемирной основе были выделены два участка спектра: 1885-2025 и 2110-2200 МГц для систем ИМТ-2000, планируемых к развертыванию после 2000 г

Соответствующие изменения, хотя и с оговорками, были внесены в Регламент радиосвязи (примечание № S5.388 к таблице распределения частот). Реально это означало передел спектра между службами мобильной и фиксированной связи.

Вскоре после этого была выпущена рекомендация WCR-95 (рез.716), согласно которой члены [Т1] должны принять меры к постепенному высвобождению полос частот 1885-2200 МГц от работающих в них радиосредств. Хотя такое решение в какой-то мере носило дискриминационный характер, т.к. в ряде стран, в том числе и в **Узбекистане**, в

этих участках спектра традиционно работали РРЛ и другие радиосредства, однако передел спектра стал одним из немногих способов высвободить частотный ресурс для ИМТ-2000 [27].

В решении этой проблемы каждая из стран пошла своим путем, предпринимая усиленные попытки освободить эти диапазоны частот к 2001 году, когда потребуется лицензировать спектр с тем, чтобы с 2002 года сделать его коммерчески доступным.

Гибкость распределения спектра характеризуется возможностью использования разных режимов работы и параметров каналов, устанавливаемых в процессе радиообмена, а также различных вариантов предоставления частотных полос операторам.

В ИМТ-2000 реализованы два режима работы: в парных (режим FDD) и непарных (TDD) полосах частот. Для реализации FDD требуется минимальная полоса 2x5 МГц в корневых полосах частот 1920-1980/2110-2170 МГц, а для TDD - 5 МГц в полосах 1900-1920 и 2010-2025 МГц. Режим FDD обладает преимуществом при больших размерах сот и высокой скорости передвижения абонентов. Режим TDD, напротив, предназначен для применения в пи-ко- и микросотах, т.е. там, где абонент передвигается с невысокой скоростью.

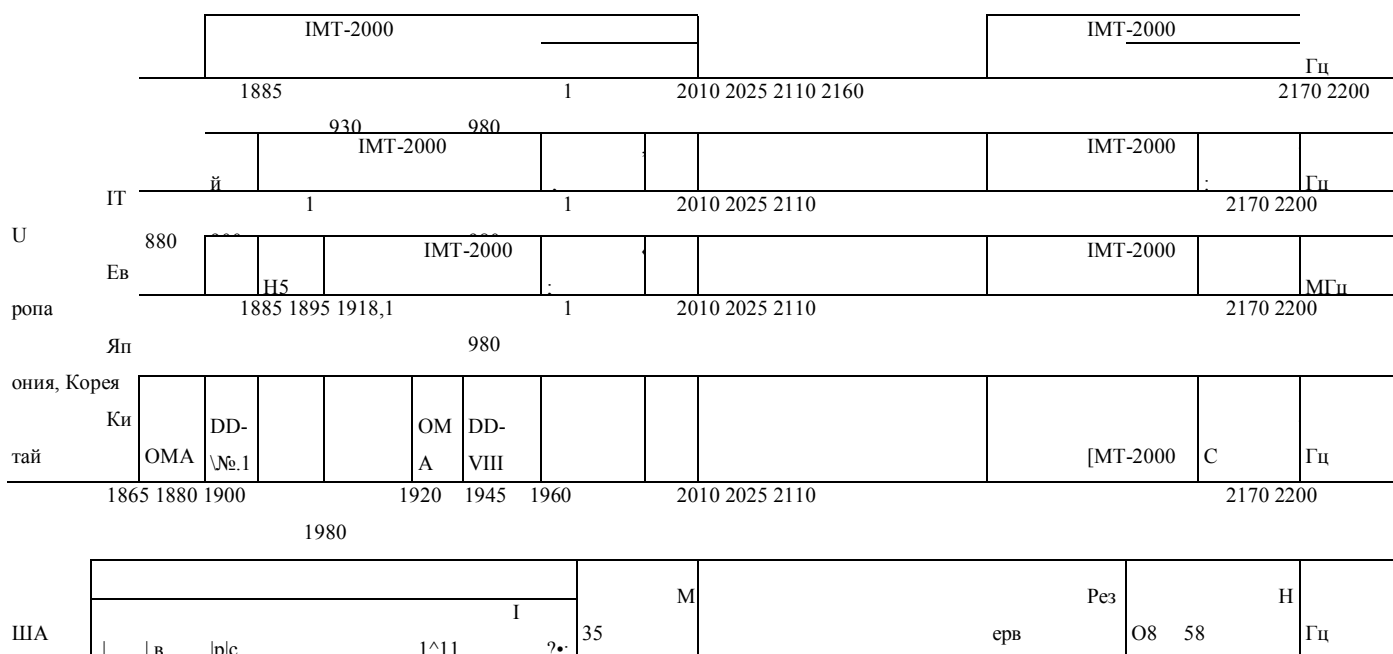
Гибкое распределение спектра позволяет устранить искусственные барьеры на пути выхода операторов на рынок, предоставляя им возможность быстро реагировать на изменения спроса на услуги, т.е. на предоставление новых и разнообразных услуг в том же диапазоне без создания новой сетевой инфраструктуры.

Технологии 3G обеспечат нескольким операторам (имеющим ответственные лицензии) возможность совместного использования одной и той же полосы частот без взаимных помех и снижения качества связи. Никакой частотной координации между операторами в этом случае не потребуется. Благодаря гибкой сетевой архитектуре оператор может создавать сети разной конфигурации (макросоты, микросоты и пикосоты) при

экономном использовании радиоресурсов.

Распределение спектра в различных регионах мира выглядит следующим образом. Создание глобальной телекоммуникационной инфраструктуры IMT-2000 немислимо без выделения единых для всех регионов полос частот. Особенно это важно в спутниковом сегменте S-IMT-2000 (Satellite IMT-2000), где в силу глобального характера предоставляемых услуг спутниковой службы MSS (Mobile Satellite Service) распределение спектра производится «на всемирной основе» (рис. 3.1).

Рис. 3.1. Распределение частотного ресурса в разных регионах мира



* -для региона 2 (Северная и Южная Америка)

Что же касается наземных сетей, то там частотный спектр представляет собой национальный природный ресурс и его распределение между операторами осуществляют национальные или региональные частотные органы. В результате в наземном сегменте T-IMT-2000 (Тегтезйча! IMT-2000) допускаются различные стратегии использования полос частот не только в отдельных регионах и государствах, но даже в пределах одной страны, если в ней предоставление услуг осуществляют несколько

независимых операторских компаний.

Европейский подход. В 1997 Европейский комитет радиосвязи ERC (European Radiocommunications Committee), входящий в состав СЕРТ, принял решение о резервировании частотных полос для начала коммерческой эксплуатации UMTS с 2002 года в следующих полосах частот:

- 1920-1980 и 2110-2170 МГц - для наземных сетей иМТ8, работающих с частотнымдуплексным разносом (FDD);

- 1900-1920 и 2010-2025МГц - для наземных сетей UMTS, работающих с временнымдуплексным разносом (TDD);

- 1980-2010 и 2170-2200 МГц для спутниковых сетей UMTS

Европейский подход к распределению полос частот практически совпадает с тем, которое предлагает ИТУ в рамках концепции ИМТ-2000, кроме 15 МГц, ранее выделенных для DECT Суммарный частотный ресурс иМТ8 составляет 155 МГц для наземных сетей и 60 МГц - для спутниковых.

Кроме освоения новых полос частот в Европе рассматривается возможность эволюционного пути развития, который, прежде всего, связывают с новыми технологиями GPRS и EDGE, внедряемыми в существующую наземную инфраструктуру сетей GSM-900 и GSM-1800. Существующий в настоящее время в Европе спектр шириной 240 МГц отведен для систем 2-го поколения GSM-900, GSM-1800 и DECT

Для мобильной спутниковой службы MSS (Mobile Satellite Service) в UMTS отведены те же диапазоны частот 1980-2010 и 2170-2200 МГц, что и в предложении ИТУ.

Сложная помеховая обстановка сложилась в диапазоне частот 1,5-1,6 ГГц, в котором совместно с отечественной спутниковой навигационной системой «Глонасс» функционирует служба MSS. Наличие взаимных помех между этими службами стало причиной «мигрирования» по спектру системы

«Глонасс» на 4 МГц вниз. «Урезание» и смещение полос частот предполагается осуществить поэтапно с 1998 по 2005 годы.

Аналогичная судьба в ближайшем будущем ожидает и радиорелейные станции (РРС), которые будут вынуждены освободить полосы частот 1980-2010 и 2170-2200 МГц. Согласно решению ГКРЧ, планирование частотных присвоений для РЭС фиксированной -службы в этих полосах частот прекращено.

Малоканальные тропосферные РРС, хотя и остались в прежних полосах частот, но отправлены в места «не столь отдаленные», т.е. в районы Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири, где внедрение систем 3-го поколения в ближайшее время не планируется.

Очевидно, что вынужденная «миграция по спектру» потребует не только определенного времени, но и значительных материальных расходов, связанных с заменой уже работающего оборудования.

4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА

4.1. Как облучают абонента

Экологичность абонентского терминала - это то, чем наконец-то серьезно озаботилось в последние годы человечество. Наверное, как это уже бывало ранее (с радиацией, с различной химией и пр.), реальные результаты массового "знакомства" человечества с сотовой связью будут известны еще нескоро. Поэтому наименьшая степень облучения всегда более приятна, чем та, что побольше, хотя и в пределах существующих норм. Как известно, проводимые в течении 6 лет медицинские исследования выявили факт тройного увеличения риска опасных заболеваний мозга при использовании сотового телефона с повышенной мощностью излучения. Американским Институтом электро- и радиоинженеров разработал стандарт 802.11, устанавливающий нормы на характеристики сетей глобальной подвижной

связи. В соответствии с этим стандартом мощность излучения портативного абонентского терминала из соображений охраны здоровья не должна превышать 10мВт.

Как известно, паспортная максимальная мощность абонентских терминалов, используемых в сотовых сетях стандартов NMT, GSM, AMPS/DAMPS, cdmaOne составляет соответственно 3Вт; до 2Вт; 0,6Вт и более; 0,2Вт .

Приведенный ряд максимальных мощностей потенциально отражает наивысшую чувствительность приемников CDMA за счет использования самых эффективных методов обработки сигналов (когерентный прием многолучевых сигналов). Правда, для случая стандарта GSM, нужно ввести поправку на более высокую скорость передачи информации по радиоинтерфейсу.

Однако указанная выше максимальная величина мощности излучения абонентского терминала cdmaOne в 200мВт могла бы иметь место (за счет действия автоматической регулировки мощности абонентского терминала по поддержанию энергетического баланса между прямым и обратным каналами базовой станции) только в случае максимальной разрешенной мощности на передатчике базовой станции (20 Вт), при отсутствии разнесенного приема на базовой станции и без учета энергетического выигрыша за счет механизма hand-off для абонентов на краю зоны обслуживания. Вместе с тем, согласно разрешительным документам Главгоссвязьнадзора **Узбекистана**, допустимая мощность излучения базовых станций технологии CDMA снижена относительно максимально-возможной в 2,5 - 10 раз по разным регионам **Узбекистана**. В результате, с учетом применения в **Узбекистана** на всех базовых станциях сетей технологии CDMA разнесенного приема (что в "релеевском" канале дает выигрыш в 3-5 раз по мощности и что, к примеру, подтверждено экспериментально на московской сети cdmaOne "Сонет"), а также, принимая во внимание дополнительный энергетический выигрыш в 4дБ(2,5 раза) для абонентов на краю зоны обслуживания (у них-то как раз

мощность передачи максимальна) за счет действия механизма hand-off , получаем, что даже максимально возможная мощность излучения абонентского терминала технологии CDMA при любой зоне обслуживания не превышает допустимой медицинской нормы 10 мВт, а именно: $200 \text{ мВт} : 2,5 : 4 : 2,5 = 8 \text{ мВт}$. Как известно, наибольшее облучение абонента будет наблюдаться на краю зоны обслуживания, поскольку при приближении к базовой станции мощность излучения абонентских терминалов автоматически снижается (правда, в разных пределах и с разным шагом).

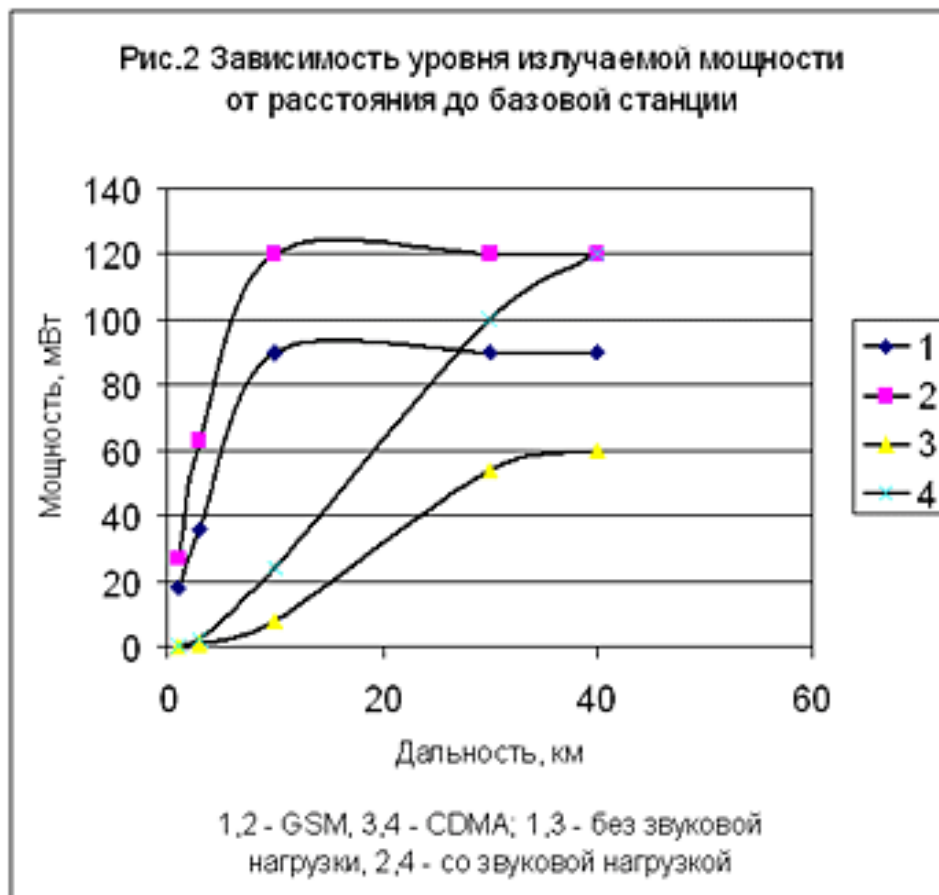
Вместе с тем, из известно, что требуемое для качественной работы системы типовое отношение сигнал/шум на приеме базовой станции составляет 6 дБ, 9 дБ и 16 дБ соответственно для стандартов cdmaOne, GSM, DAMPS. В результате, принимая во внимание, что стандарты GSM и DAMPS не поддерживают режим soft hand-off и следовательно не имеют выигрыша в 4 дБ для абонентов, находящихся на краю зоны обслуживания, а на их базовых станциях применяется разнесенный прием, максимальные мощности абонентских терминалов для этих стандартов будут соответственно в 5 и 25 раз больше, чем у абонентских терминалов cdmaOne. Отметим, что при этом еще не учтено возрастание максимальной мощности абонентских терминалов этих стандартов из-за работы базовых станций с максимальной штатной мощностью, а не пониженной в 2,5 раза, как это имеет место в cdmaOne. Что уж говорить, что по сравнению с абонентскими терминалами стандарта NMT выигрыш еще более впечатляющий.

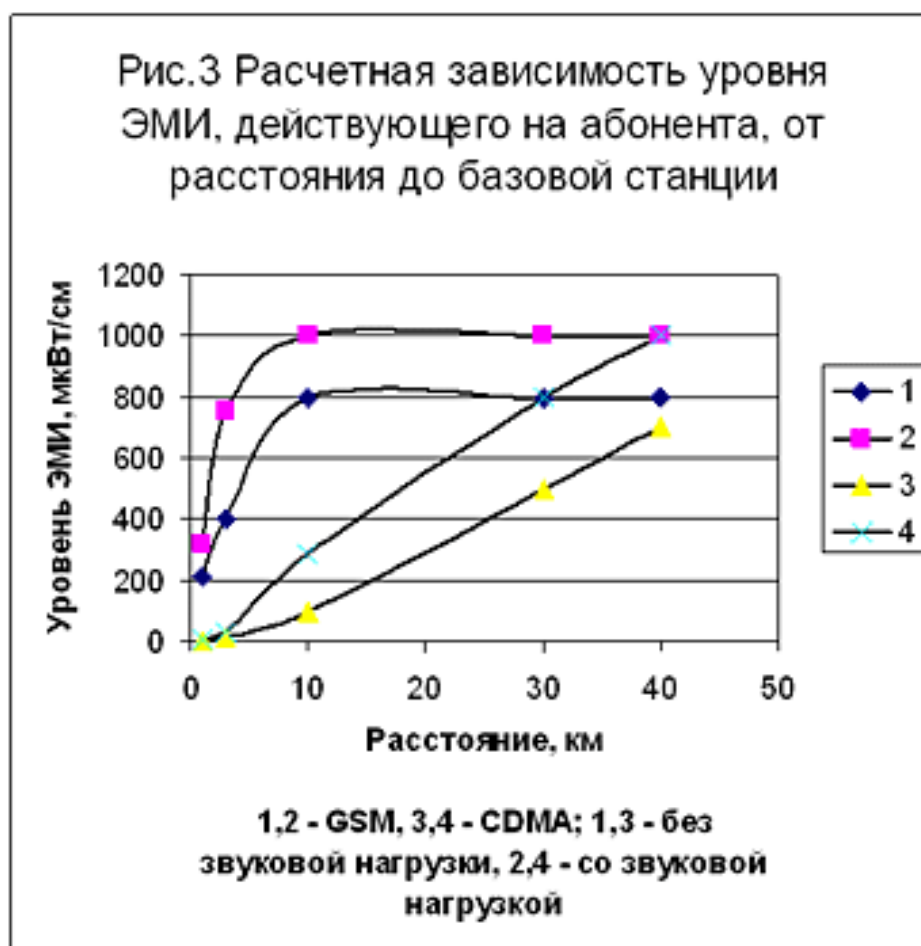
Таким образом, получается, что только абонентские терминалы технологии CDMA (в нашем случае это cdmaOne) обеспечивают выполнение требуемых медицинских норм по максимально-допустимой мощности излучения вне зависимости (!!!) от радиуса зоны обслуживания базовых станций сотовой сети связи. Если перевести вышесказанное в шутку, то превзойти этот результат абонентский терминал, выполненный по другой технологии, может только в выключенном состоянии.

2.2. Есть ли помехи другим РЭС

В каждой стране существуют установленные нормы по электромагнитной совместимости РЭС, используемых в одном частотно-территориальном пространстве. В Узбекистане также определены нормы частотно-территориального разнеса (ЧТР), при которых обеспечивается ЭМС между указанными средствами. В соответствии с разработанными нормами ЧТР операторам сетей технологии cdmaOne выдаются Разрешения ЦЭМС УзАСИ на строительство сетей. В ходе проведения рассмотренных НИР были проведены исследования возможности ЭМС подвижных терминалов технологии cdmaOne с РЭС силовых структур и сотовыми сетями технологии AMPS-DAMPS. Исследования показали полную ЭМС данных РЭС.

2.3. Электромагнитного излучения (ЭМИ)





Следует отметить, что проведенные в рамках работы измерения уровня ЭМИ абонентских аппаратов количественно и качественно совпадают с результатами измерений Центра электромагнитной безопасности.

В процессе выполнения работы проведены измерения уровней электромагнитного излучения около 700 абонентских станций. Статистическая обработка результатов представлена в табл. 1.

Таблица 1.

Значения	Значение плотности потока электромагнитной энергии, мкВт/см ²		
	CDMA	GSM-900	GSM-1800
Среднее	2,4	58	34
Минимальное	2,2	25	12,6
Максимальное	5,6	105	48

Результаты инструментальных измерений уровня ЭМИ абонентских станций в зависимости от расстояния до базовой станции приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Расстояние до базовой станции	Уровень электромагнитного излучения, мкВт/см ²	
	Стандарт GSM	Стандарт CDMA
0,5	22—25	1—1.5
1	28—30	1,5—2
2	50—55	4—5
3	100—110	12—14
5	210—220	25—30
7	400—500	60—70
10	500—600	80—100
15	500—600	200—220
20	500—600	400—450
25	500—600	400—450

Обобщенные результаты выполненных Центром электромагнитной безопасности при ГНЦ «Биофизика» измерений плотности потока электромагнитной энергии, создаваемой базовыми станциями сотовой связи всех стандартов, приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Значения	Значение плотности потока электромагнитной энергии, мкВт/см ²				
	По всем точкам измерения	Помещения зданий	Прилегающая селитебная территория	У антенн (до 2 м)	На крышах зданий
Среднее ($p < 0,05$)	1,44±0,10	0,32±0,06	0,65±0,04	3,45±1,04	1,34±0,16
Минимальное	< 0,17	< 0,17	< 0,17	0,60	< 0,17
Максимальное	31,20	3,21	4,63	31,20	5,20

Обобщенные данные результатов измерений ЭМП прочих источников радиочастотного диапазона показывают, что тенденция наличия максимальных интенсивностей ЭМП у средств мощных теле- и радиопередатчиков и РЛС остается неизменной по сравнению с результатами тридцатилетней давности. Однако, как было показано, сотовая связь является наиболее массовым по распространению и охвату населения источником ЭМП в радиочастотном диапазоне, при этом воздействие оказывается относительно невысокими уровнями ЭМП, но в хроническом многолетнем режиме. Для достижения функциональных задач сотовой связи имеет место устойчивая тенденция увеличения зоны «радиопокрытия» и максимального приближения излучающих антенн к пользователю, что является ничем иным, как глобальным увеличением электромагнитного фона в окружающей среде в соответствующих радиочастотных диапазонах.

Рассматривая эколого-технические характеристики базовых станций, следует отметить значительные различия работы одиночной базовой станции и базовой станции в сети для стандартов CDMA и GSM. Отдельно расположенный сектор базовой станции GSM-900 способен одновременно обслуживать 7 абонентов. Отдельно расположенный сектор базовой станции IS-95 в полосе 1,23 МГц может передаваться до 61 информационных канала (плюс 3 канала служебных). Реально реализуется 20 — 25 разговорных каналов. Если сравнить эти показатели с любой реальной сетью какого-нибудь другого стандарта, где нельзя использовать одинаковые частоты в соседних ячейках сети и надо заниматься частотным планированием, то при всех прочих равных условиях абонентская емкость сети CDMA получается выше.

Все вышеупомянутые свойства определяют основные экономические выгоды от использования CDMA — увеличение перекрытия, обеспечиваемого ячейками при начале обслуживания и увеличение емкости сети и ячеек при запланированном уровне проникновения на рынок. Так, например, «мягкое переключение» по меньшей мере вдвое уменьшает

количество базовых станций, которые необходимо развернуть в момент на начало обслуживания, а емкость сети при технологии CDMA (IS-95) увеличивается в 3—5 раз по сравнению с TDMA (D-AMPS, GSM, DCS) и в 10—20 раз по сравнению с аналоговым FDMA (AMPS, NMT).

Но здесь следует сказать, что нельзя однозначно говорить о том, что у технологии CDMA выше и абонентская емкость, и помехоустойчивость. Строго говоря, это взаимоисключающие характеристики. Выше одно — ниже другое. И наоборот. Тем не менее, эксперименты показали, что (повторим это еще раз) при всех прочих равных условиях (размер зоны обслуживания, количество ячеек, популяция и распределение абонентов) указанные характеристики системы стандарта CDMA (IS-95) все же превосходят существующие стандарты технологии TDMA.

В таблице 4 представлены сравнительные эколого-технические характеристики сетей сотовой связи оператора «Мегафон» (на первое полугодие 2002 г.) и ЗАО «НТС» (на второе полугодие 2003 г.). Для сравнения взята территория городов Саратова и Энгельса с пригородами.

Таблица 4.

Наименование характеристики	GSM	CDMA
Количество абонентов	50000	50000
Площадь обслуживаемой территории, км ²	490	490
Количество секторов	57	30
Суммарная мощность передатчиков базовых станций? Вт	890	75
Удельная мощность передатчиков базовых станций (в пересчете на одного абонента), мВт	17,8	1,5
Территориальная плотность мощности базовых станций, Вт/км ²	1,82	0,15
Средняя суммарная мощность передатчиков абонентский станций, Вт	1250	100
Суммарная мощность передатчиков базовых и абонентских станций	2140	175
Удельная мощность передатчиков базовых и	42,8	3,5

абонентских станций (в пересчете на одного абонента), мВт		
Территориальная плотность мощности базовых и абонентских станций, Вт/км ²	4,4	0,36

Эколого-технические характеристики базовых станций технологий GSM и CDMA

Наименование характеристики	GSM	CDMA
Количество абонентов	50000	50000
Площадь обслуживаемой территории, км ²	490	490
Количество секторов	57	30
Суммарная мощность передатчиков базовых станций? Вт	890	75
Удельная мощность передатчиков базовых станций (в пересчете на одного абонента), мВт	17,8	1,5
Территориальная плотность мощности базовых станций, Вт/км ²	1,82	0,15
Средняя суммарная мощность передатчиков абонентский станций, Вт	1250	100
Суммарная мощность передатчиков базовых и абонентских станций	2140	175
Удельная мощность передатчиков базовых и абонентских станций (в пересчете на одного абонента), мВт	42,8	3,5
Территориальная плотность мощности базовых и абонентских станций, Вт/км ²	4,4	0,36

Полученные результаты показывают, что в зоне уверенного приема уровень ЭМИ абонентских аппаратов CDMA на 10—15 дБ меньше, чем у

абонентских аппаратов стандарта GSM. Столь значительное различие эколого-технических характеристик радиотелефонов стандартов GSM и CDMA частично могут быть объяснены техническими характеристиками абонентских и базовых станций (3—4 дБ), а также технологией передачи сигнала. Во многом же это объясняется тем, что технология CDMA протокола IS-95 предполагают жесткую, не зависящую от оператора, связь уровня мощности и принимаемого сигнала радиотелефона. Технические требования к абонентскому аппарату стандарта GSM (РД 45.187-2001 Минсвязи) регламентируют лишь качественные требования к системе регулировки мощности и даже допускают возможность отключения. Некоторые операторы пытаются компенсировать недостатки частотно-территориального планирования сети сотовой радиосвязи (особенно на первом этапе ее развертывания) изменением параметров системы регулирования мощности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективы развития систем сотовой связи стандарта CDMA 2000 в Узбекистане

Что выгодно отличает CDMA от других цифровых технологий?

В технологии CDMA возможно обеспечение высокого качества речи при одновременном снижении излучаемой мощности и уровне шумов. Результатом является постоянное высокое качество передачи речи и данных с минимальной средней выходной мощностью. В сотни раз меньшее значение выходной мощности в отличие от других, используемых в настоящее время стандартов — отличительное качество технологии CDMA при рассмотрении двух немаловажных факторов:

- воздействия на организм человека,
- продолжительности работы без подзарядки аккумулятора.

Емкость CDMA от десяти до двадцати раз выше, чем у аналоговых систем, и в три-шесть раз превышает емкость других цифровых систем. Сети, построенные на ее основе, эффективно используют радиочастотный ресурс, благодаря возможности многократного использования одних тех же частот в сети.

По характеристикам качества передачи речи параметры CDMA сопоставимы с качеством проводных каналов. Поскольку по каналам CDMA передается не только голос, но и любая другая информация, особую ценность имеет отсутствие помех. Если рядовой пользователь, по большому счету, безразличен к тому, звучит его голос при телефонном разговоре с безупречной чистотой или с небольшими помехами, то ошибки, допущенные при передаче файлов, могут нарушить целостность, например, корпоративной базы данных. Применяемый “код” служит не только для идентификации разговора того или иного пользователя, но и является одновременно своеобразным фильтром, устраняющим искажения и фоновые помехи. Встроенный алгоритм кодирования обеспечивает высокую степень конфиденциальности, обеспечивая защиту от несанкционированного доступа и прослушивания.

Система CDMA обеспечивает меньшую задержку в передаче голосового сообщения, чем другие системы подвижной связи. При использовании CDMA не приходится применять изощренные средства для подавления эхо-сигнала. Совершенный метод коррекции ошибок позволяет эффективно бороться с многолучевым распространением сигнала. Это свойство дает дополнительные преимущества CDMA в условиях городов с высотными застройками.

Абонент не хочет оставаться без связи при пересылке факса, когда телефон длительное время занят. CDMA предоставляет дополнительный сервис, обеспечивающий одновременную передачу голоса и факса по одному каналу. В технологии CDMA реализованы оригинальные алгоритмы упаковки данных для большей скорости их передачи.

Перспективы CDMA

В мире, развитие CDMA идет нарастающими темпами. Наибольшее распространение получили стандарты IS-95 (800 MHz) и CDMA PCS (1900 MHz). На май 2000г в 43 странах использующих CDMA насчитывалось более 57 миллионов абонентов, причём с мая 1999 количество пользователей удвоилось. Исторически сложилось так, что CDMA наиболее распространён в Северной и Южной Америке и Юго-Восточной Азии. С принятием Китаем CDMA как федерального стандарта сомнений в том, что этот стандарт станет основным на нашей планете, практически не осталось.

Стандарты CDMA изначально включали в себя функцию передачи данных и на сегодня, почти все современные CDMA телефоны способны предоставлять пользователю 14.4 Kbps цифровой канал. А сама сеть использует IP протокол для передачи данных. Таким образом, CDMA уже сейчас полностью Internet-совместима. Нет проблем и с более высокими скоростями. Некоторые операторы CDMA в US уже предоставляют услуги передачи данных со скоростями до 144 Kbps. Кроме того, система используемая этими операторами позволяет динамически изменять пропускную способность канала в зависимости от активности клиента и загрузки сети, тем самым оптимизируя использование ресурсов сети. По заявлениям CDMA Development Group уже сейчас достижима скорость 300 Kbps, что вплотную приближает существующие CDMA стандарты к 3-му поколению.

У CDMA гораздо меньше проблем с переходом к 3-му поколению по сравнению с TDMA системами. TIA/EIA (Telecommunication Industry Association / Electronic Industries Alliance) продолжила группу стандартов cdma2000 (IS-2000) которые являются развитием ныне действующего IS-95. Основные отличия cdma2000 от своего предшественника - большее количество диапазонов для использования в организации мобильной связи и увеличение скорости передачи данных до 1Mbps на физическом уровне.

Также добавлены новые протоколы для обеспечения всевозможных сервисов. Особо следует подчеркнуть требование стандарта об обратной совместимости с IS-95. Все мобильные станции cdma2000 должны работать в сетях IS-95, и соответственно все базовые станции cdma2000 должны обслуживать мобильные станции IS-95. Более того, имеется требование обеспечения handoff'a (перехода от одной соты к другой) между cdma2000 и IS-95. Таким образом, возможна незаметная для пользователя миграция сети от IS-95 к cdma2000. Также примечателен факт, что стандартом предусмотрено использование некоторых диапазонов используемых ныне старыми аналоговыми стандартами (например Band Class 5 (NMT-450)) что даёт возможность операторам этих стандартов перейти от 1-го поколения сразу к 3-ему, постепенно отдавая участки своего диапазона под cdma2000, по мере увеличения количества абонентов пользующихся новым оборудованием. Однако даже в cdma2000 сохранена возможность работы мобильных и базовых станций в аналоговом режиме. Этот режим практически идентичен стандарту AMPS с A-Key идентификацией и предназначен для обеспечения связи там, где использование цифрового режима по тем или иным причинам невозможно. cdma2000 был принят в группу IMT-2000, которая определяет глобальное виденье организацией ITU (International Telecommunication Union) систем 3-го поколения, в качестве одного из основных радиointерфейсов, что позволяет предполагать его дальнейшее распространение. Причём из-за преимуществ перед TDMA технологиями (стандарт UWC-136 также предлагается в качестве одного из возможных радиointерфейсов в IMT-2000) вполне возможно распространение CDMA и в Европе, которая на данный момент является вотчиной TDMA стандарта GSM.