

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**Реферат по дисциплине  
"Радиотелефонные и сотовые коммуникационные сети"**

**ТЕХНОЛОГИЯ CDMA**

Выполнил:  
студент группы 14-502  
Овчинникова О.А.

Проверил:  
Скородумов А.И.

Москва, 2011

## Содержание

Из истории CDMA .....	3
Об эффективности CDMA .....	5
Принципы функционирования CDMA .....	5
Основные характеристики .....	6
Прямые каналы в CDMA .....	8
Обратные каналы в CDMA .....	8
Порядок прохождения речевых данных в мобильной станции до момента отправки в эфир .....	9
Стандарт CDMA .....	11
Стандарт CDMAOne .....	11
Стандарт WCDMA .....	11
Стандарт CDMA2000 .....	12
Преимущества CDMA .....	13

## Из истории CDMA

История технологии CDMA (Code Division Multiple Access) берёт своё начало в далёкие 30-е годы прошлого (XX) столетия. В 1935 году в СССР академик Агеев Дмитрий Васильевич издал небольшим тиражом брошюру под странным названием "Кодовое разделение каналов". В ней были определены основы ортогонального разделения сигналов, разделения сигналов по форме. В то время реально существовал только один способ (или метод) разделения каналов связи – частотный. И относилось это, в основном, к каналам радиосвязи. При таком методе каждый канал занимает некоторую свою полосу в общем спектре частот. Эти полосы относительно узки и разделены между собой защитными интервалами. Частотный диапазон в те далёкие времена ещё не был так перегружен как сегодня, поэтому использование такого способа разделения каналов связи считалось достаточно простым и логичным, поскольку осуществлялась манипуляция только одним параметром сигнала – частотой. Однако учёные, работавшие в области разработок новейших систем связи, в общем, и радиосвязи, в частности, понимали, что такая идиллия не будет долгой. И вскоре придётся заниматься проблемой более экономичного использования частотного ресурса. Кроме того, узкополосные радиосигналы оказались очень чувствительны к селективным замираниям. Требовалось разработать методику, минимизирующую потери полезного сигнала за счёт селективных замираний и позволяющую бережнее относиться к используемому диапазону частот. Говоря иными словами, требовались новые способы разделения каналов связи и новые принципы формирования этих самых каналов, которые повысили бы помехозащищённость полезных сигналов и позволяли повторно использовать одни и те же полосы частот.

Несколько позже, примерно в одно и то же время, появляются работы «Математическая теория связи» Клода Шеннона (США) и «Теория потенциальной помехоустойчивости» Владимира Александровича Котельникова (СССР). А во время второй мировой войны голливудская актриса Хедди Ламарк оставила свою профессию и увлеклась частотным кодированием. Она одной из первых разработала принцип «frequency hopping» («перескок частоты»), который используется в настоящее время в стандарте GSM. В конце 40-х годов Филипп Годварт опубликовал работу «Принцип неопределенности в радиолокации», в которой показал, что можно создавать сигналы с базой (произведением длительности сигнала на полосу частот, которую он занимает) значительно больше единицы. По сути, это было первое описание сигналов, относящихся к разряду широкополосных (ШПС).

Таким образом, эти люди создавали научную базу для разработки интереснейших технологий в области радиосвязи. Однако в то время ни аппаратные, ни тем более программные средства ещё не позволяли реализовать на практике использование тех сложных математических алгоритмов, которые были необходимы для создания систем с кодовым разделением каналов.

Впервые радиооборудование, использующее кодовое разделение каналов, появилось в США где-то в конце 50-х годов. Технология CDMA нашла применение в военных системах, где успешно отработала более двух десятков лет. Однако, существующая на тот момент элементная база, несовершенное программное обеспечение, недостаточное финансирование закрытых разработок по CDMA и относительно невысокие емкости сетей с кодовым разделением каналов не позволяли в полном объеме использовать все преимущества нового метода доступа. Во второй половине 80-х годов военное ведомство США рассекретило данную технологию и разрешило ее использование в гражданских средствах радиосвязи (диапазон 800 МГц).

Своим появлением гражданская технология CDMA обязана инженеру, доктору технических наук, Ирвину Марку Джейкобсу. После более чем двадцатилетней работы над TDMA (временное разделение каналов) и спутниковыми системами он занялся CDMA. Метод широкополосной передачи сигналов и уникальная устойчивость к помехам

могли, по его мнению, дать значительный выигрыш в емкости и эффективности использования радиочастот.

Первого июля 1985 года доктор Джейкобс учредил и возглавил фирму «QUALCOMM» (Сан-Диего, штат Калифорния), которая сразу же стала осваивать международный рынок мобильной спутниковой связи, цифровых сотовых систем и телефонии. В 1989 году эта компания буквально взорвала рынок, заявив, что использование технологии CDMA может в 20 раз увеличить емкость аналоговых сотовых сетей. Поначалу возможность коммерческого использования новой технологии оспаривалась сторонниками TDMA, которые видели слишком много технических препятствий для ее реализации. Однако уже в 1991 году сомнения развеялись после успешно проведенных полевых испытаний. Рекомендации IS-95 были приняты Ассоциацией телекоммуникационной промышленности (TIA) и уже в 1992 году превратились в стандарт цифровой сотовой радиотелефонной связи. Коммерческие права на пакет технологий CDMA у QUALCOMM приобрели 39 азиатских, европейских и американских производителей, среди которых такие известные компании, как MOTOROLA, LUCENT TECHNOLOGIES, NORTEL, LG, SAMSUNG, SONY, NEC, ERICSSON и другие.

В сентябре 1995 года в Гонконге фирма HUTCHISON начала развертывание первой в мире коммерческой сети CDMA, используя базовое оборудование Motorola (базовые станции SC 9600 и коммутирующее оборудование EMX 2500) и мобильные телефоны Qualcomm. На конец 1996 года эта сеть насчитывала 113 сот, работала на одном частотном канале с полосой 1,25 МГц и обслуживала более 40 000 абонентов. Правда, соты CDMA были наложены на существующую сеть AMPS (Advanced Mobile Phone Service — усовершенствованная подвижная телефонная служба — аналоговый стандарт мобильной связи в диапазоне частот от 825 до 890 МГц) и мобильные терминалы работали в дуалмодовом режиме, т.е. при сбое в CDMA-сети абонентский терминал автоматически переключался в сеть AMPS (FDMA).

В Корею в январе 1996 года фирма KMT, используя оборудование Gold Star, начала коммерческую эксплуатацию CDMA-сети. А в апреле Shinsengi Telecom начала создавать новую сеть на базе оборудования Samsung, Sony, Qualcomm. На конец 1996 года эти сети обслуживали более 200 000 клиентов. Корея приняла IS-95 в качестве национального стандарта сотовой связи.

В США развертыванием CDMA-сетей занимаются такие фирмы, как Air Touch (Сан-Диего, Лос-Анджелес), VANM (Трентон, Нью-Джерси), 360-Communications (Лас-Вегас, Невада). Они используют базовое оборудование Qualcomm, Lucent Technologies, Motorola, а также абонентские терминалы фирм Qualcomm, Sony, Nortel. В Австралии, в канун Олимпийских игр, были построены сети сотовой мобильной радиотелефонной связи в Сиднее и Мельбурне на базе оборудования CDMA-one (IS-95) производства фирмы Samsung.

Всего же системы CDMA были развернуты в 34 странах мира, в том числе в Аргентине, Бразилии, Германии, Египте, Израиле, Индии, Канаде, Китае, Южной Корее, Перу, Польше, США, Таиланде, Украине, Филиппинах, Чили и т.д.

Кроме вышеназванного стандарта (IS-95) в 1999 году был разработан и широкополосный вариант - W-CDMA (Ericsson, Швеция), функционирующий в диапазоне 1800 МГц. Он предназначался для использования в районах с высокой плотностью населения, так как обладал ещё большей пропускной способностью.

А к концу XX века для Европы стала актуальной проблема «цифровизации» существующих аналоговых сетей сотовой связи, действующих в диапазоне 450 МГц (NMT-450, C-450...). Спрос, как известно, порождает предложение. И вот к концу 2000 года появляется ещё одна разновидность технологии CDMA – CDMA-450 (или CDMA-2000), презентованная американской компанией Lucent Technologies. Это оборудование

соединило в себе все достоинства CDMA-800 и «дальнобойность» аналоговых стандартов диапазона 450 МГц.

Однако, продвижение технологии CDMA на рынке услуг сотовой мобильной радиотелефонной связи нельзя назвать лёгким. У оборудования нового поколения нашлись серьёзные оппоненты, прилагавшие немало усилий для того, чтобы доказать несостоятельность и неэффективность нового метода разделения каналов связи. Среди них такой монстр, как Ericsson (Швеция), потративший значительные средства на заказные газетно-журнальные публикации против внедрения CDMA и судебные иски к конкурирующей компании Qualcomm и в то же время занимавшийся разработкой широкополосного варианта CDMA!

## **Об эффективности CDMA**

Представьте комнату, в которой одновременно разговаривает друг с другом много пар людей, причем на разных языках. Каждый из них хорошо понимает своего собеседника, а все посторонние разговоры воспринимаются как некий фон и не особенно мешают разговору. При этом обеспечивается высокая степень защиты от активных и пассивных помех, что позволяет работать при низких значениях отношения сигнал-шум (3 - 5 дБ) со значительно меньшей мощностью передаваемого сигнала.

Таким образом, в одном и том же радиочастотном канале одновременно передаются информационные сигналы большой группы пользователей.

Следует также сказать, что CDMA не зря широко используется в военных системах связи, поскольку расширение спектра сигналов позволяет противодействовать преднамеренным искусственным помехам. Если расширить базу радиосигнала до очень больших величин, то можно сделать его ниже уровня шумов, которые и сможет наблюдать потенциальный противник. На приемной же стороне исходный сигнал будет восстановлен.

Таким образом, подобные системы можно было бы использовать (и такие системы существуют), не мешая работе других радиосредств, использующих тот же диапазон радиочастот. Однако это не используется в существующих коммерческих сотовых системах CDMA.

## **Принципы функционирования CDMA**

Принцип работы систем сотовой связи (ССС) с кодовым разделением каналов можно пояснить на следующем примере.

Предположим, что вы сидите в ресторане. За каждым столиком находится два человека. Одна пара разговаривает между собой на английском языке, другая на русском, третья на немецком и т.д. Получается так, что в ресторане все разговаривают в одно и то же время на одном диапазоне частот (речь от 3 кГц до 20 кГц), при этом вы, разговаривая со своим оппонентом, понимаете только его, но слышите всех.

Так же и в стандарте CDMA передаваемая в эфире информация от базовой станции к мобильной или наоборот попадает ко всем абонентам сети, но каждый абонент понимает только ту информацию, которая предназначена для него, т.е. русский понимает только русского, немец только немца, а остальная информация отсеивается. Язык общения в данный момент является кодом. В CDMA это организовано за счет применения кодирования передаваемых данных, если точнее, то за это отвечает блок умножения на функцию Уолша.

В отличие от стандарта GSM, который использует TDMA (Time Division Multiple Access - многостанционный доступ с кодовым разделением канала, т.е. несколько абонентов могут разговаривать на одной и той же частоте, как и в CDMA, но в отличие от CDMA, в разное время), стандарт IS-95 диапазон частот использует более экономично.

CDMA называют широкополосной системой и сигналы идущие в эфире шумоподобными. Широкополосная - потому, что занимает широкую полосу частот. Шумоподобные сигналы - потому, что когда в эфире на одной частоте, в одно и то же время работают несколько абонентов, сигналы накладываются друг на друга (можно представить шум в ресторане, когда все одновременно говорят). Помехоустойчивая - потому, что при возникновении в широкой полосе частот (1,23 МГц) сигнала-помехи, узкого диапазона (<150кГц), сигнал приметя почти неискаженный. За счет помехоустойчивого кодирования потерянные данные система восстановит (рис 1), где показан полезный сигнал и помеха (СЗС - селективная помеха).

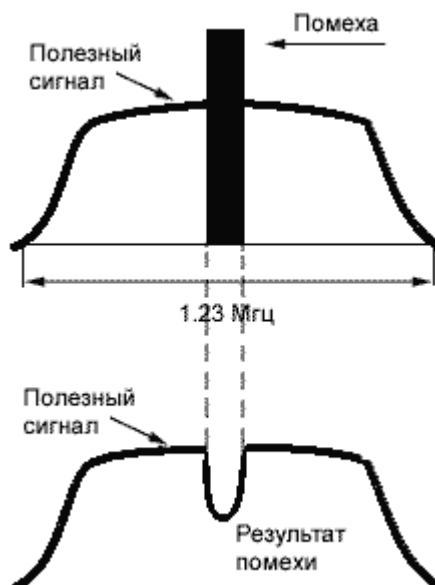


Рис. 1

А в стандарте GSM такое не получится. Из-за того, что GSM изначально сам узкополосный. Ширина полосы, которая используется, равна 200 кГц.

Система CDMA фирмы Qualcomm рассчитана на работу в диапазоне частот 800 МГц. Система CDMA построена по методу прямого расширения спектра частот на основе использования 64 видов последовательностей, сформированных по закону функций Уолша. Для передачи речевых сообщений выбрано речепреобразующее устройство с алгоритмом CELP со скоростью преобразования 8000 бит/с (9600 бит/с в канале). Возможны режимы работы на скоростях 4800, 2400, 1200 бит/с.

### Основные характеристики

Диапазон частот передачи MS	824,040 – 848,860 МГц
Диапазон частот передачи BTS	869,040 – 893,970 МГц
Относительная нестабильность несущей частоты BTS	+/- $5 \cdot 10^{-8}$
Относительная нестабильность несущей частоты MS	+/- $2,5 \cdot 10^{-6}$
Вид модуляции несущей частоты	QPSK(BTS), O-QPSK(MS)
Ширина спектра излучаемого сигнала:	- 3 Дб 1,25 МГц - 40 Дб 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 персонально вызова 55 каналов связи
Количество каналов MS	1 канал доступа 1 канал связи
Скорость передачи данных:	
- в канале синхронизации	1200 бит/с
- в канале перс.вызова и доступа	9600, 4800 бит/с
- в каналах связи	9600, 4800, 2400, 1200 бит/с
Кодирование в каналах передачи BTS	Сверточный код $R=1/2$ , $K=9$
Кодирование в каналах передачи MS	Сверточный код $R=1/3$ , $K=9$
Требуемое для приема отношение энергии бита информации	6-7 дБ
Максимальная эффективная излучаемая мощность BTS	50 Вт
Максимально эффективная излучаемая мощность MS	6,3 – 1,0 Вт

В стандарте используется отдельная обработка отраженных сигналов, поступающих с различными задержками, и последующее их весовое сложение, что значительно снижает отрицательное влияние эффекта многолучевости. При отдельной обработке лучей в каждом канале приема на базовой используется 4 параллельно работающих коррелятора, а на подвижной станции 3 коррелятора. Наличие параллельно работающих корреляторов позволяет осуществить мягкий режим "эстафетной передачи" при переходе из соты в соту.

Мягкий режим "эстафетной передачи" происходит за счет управления подвижной станцией двумя или более базовыми станциями. Транскодер, входящий в состав основного оборудования, проводит оценку качества приема сигналов от двух базовых станций последовательно кадр за кадром. Процесс выбора лучшего кадра приводит к тому, что результирующий сигнал может быть сформирован в процессе непрерывной коммутации и последующего "склеивания" кадров, принимаемых разными базовыми станциями, участвующими в "эстафетной передаче".

Протоколы установления связи в CDMA, так же как в стандартах AMPS основаны на использовании логических каналов.

В CDMA каналы для передачи с базовой станции называются прямыми (Forward), для приема базовой станцией - обратными (Reverse). Структура каналов в CDMA в стандарте IS-95 показана на рис. 2:



#### Прямые каналы в CDMA

*Пилотный канал* - используется подвижной станцией для начальной синхронизации с сетью и контроля за сигналами базовой станции по времени, частоте и фазе.

*Канал синхронизации* - обеспечивает идентификацию базовой станции, уровень излучения пилотного сигнала, а так же фазу псевдослучайной последовательности базовой станции. После завершения указанных этапов синхронизации начинаются процессы установления соединения.

*Канал вызова* - используется для вызова подвижной станции. После приема сигнала вызова подвижная станция передает сигнал подтверждения на базовую станцию, после чего по каналу вызова на подвижную станцию передается информация об установлении соединения и назначения канала связи. Канал персонального вызова начинает работать после того, как подвижная станция получит всю системную информацию (частота несущей, тактовая частота, задержка сигнала по каналу синхронизации).

*Канал прямого доступа* - предназначен для передачи речевых сообщений и данных, а так же управляющей информации с базовой станции на подвижную.

#### Обратные каналы в CDMA

*Канал доступа* - обеспечивает связь подвижной станции с базовой станцией, когда подвижная станция еще не использует канал трафика. Канал доступа используется для установления вызовов и ответов на сообщения, передаваемые по каналу вызова, команды и запросы на регистрацию в сети. Каналы доступа совмещаются (объединяются) каналами вызова.

*Канал обратного трафика* - обеспечивает передачу речевых сообщений и управляющей информации с подвижной станции на базовую станцию.

Структура каналов передачи базовой станции показана на рис. 3:



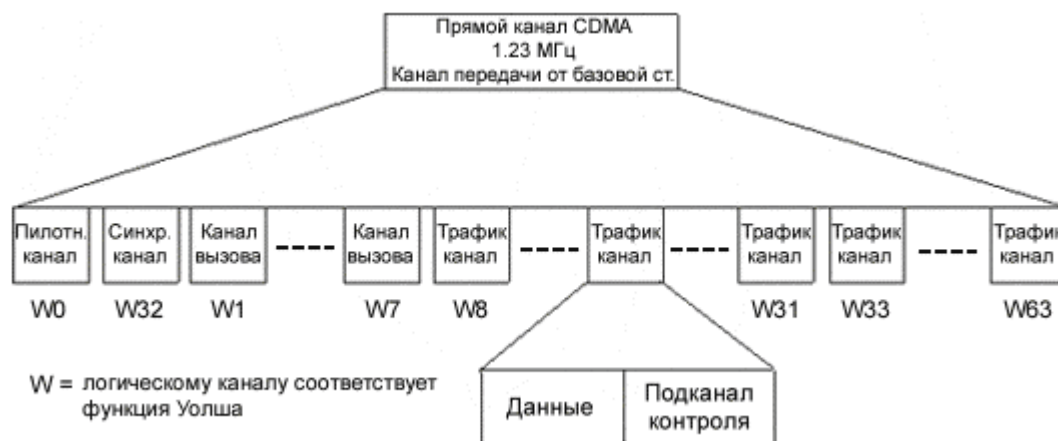


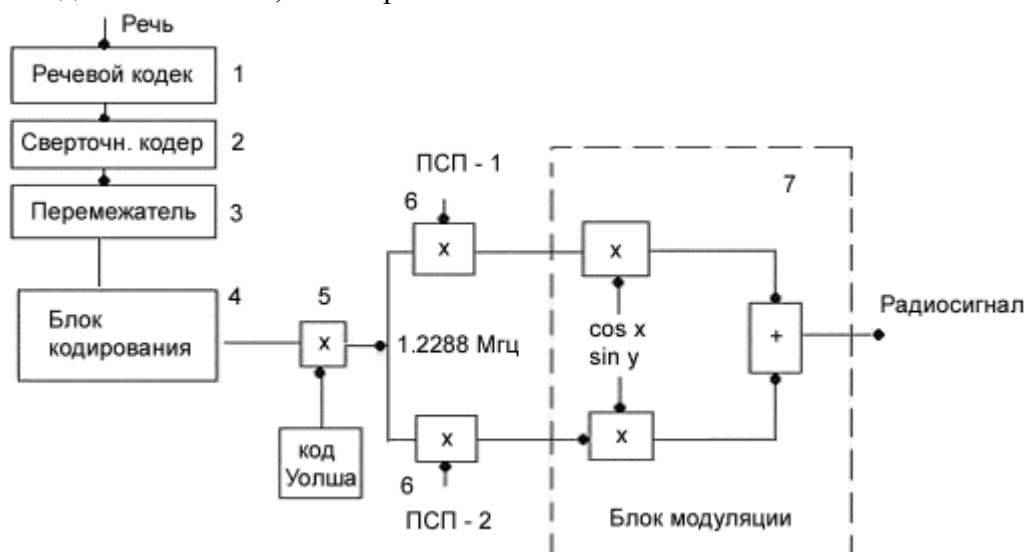
Рис. 3

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.

Порядок прохождения речевых данных в мобильной станции до момента отправки в эфир

Давайте подробнее рассмотрим структурную схему обратного канала трафика. В прямом и обратном канале эта схема повторяется; в зависимости от того, какой канал используется в данный момент, некоторые блоки этой схемы исключаются.



1. Речевой сигнал поступает на речевой кодек - на этом этапе речевой сигнал оцифровывается и сжимается по алгоритму CELP.

2. Далее сигнал поступает на блок помехоустойчивого кодирования, который может исправлять до 3-х ошибок в пакете данных.

3. Далее сигнал поступает в блок перемежения сигнала - блок предназначен для борьбы с пачками ошибок в эфире. Пачки ошибок - искажение нескольких бит информации подряд.

Принцип такой. Поток данных записывается в матрицу по строкам. Как только матрица заполнена, начинаем с нее передавать информацию по столбцам. Следовательно, когда в эфире искажаются подряд несколько бит информации, при приеме пачка ошибок, пройдя через обратную матрицу, преобразуется в одиночные ошибки.

4. Далее сигнал поступает в блок кодирования (от подслушивания) - на информацию накладывается маска (последовательность) длиной 42 бита. Эта маска является секретной. При несанкционированном перехвате данных в эфире невозможно декодировать сигнал, не зная маски. Метод перебора всевозможных значений не эффективен т.к. при генерации этой маски, перебирая всевозможные значения, придется генерировать 8,7 триллиона масок длиной 42 бита.

5. Блок перемножения на код Уолша - цифровой поток данных перемножается на последовательность бит, сгенерированных по функции Уолша.

На этом этапе кодирования сигнала происходит расширение спектра частот, т.е. каждый бит информации кодируется последовательностью, построенной по функции Уолша, длиной 64 бита. Таким образом, скорость потока данных в канале увеличивается в 64 раза. Следовательно, в блоке модуляции сигнала скорость манипуляции сигнала возрастает, отсюда и расширение спектра частот.

Так же функция Уолша отвечает за отсеив ненужной информации от других абонентов. В момент начала сеанса связи абоненту назначается частота, на которой он будет работать и один (из 64 возможных) логический канал, который определяет функция Уолша. В момент принятия сигнал по схеме проходит в обратную сторону. Принятый сигнал умножается на кодовую последовательность Уолша. По результату умножения вычисляется корреляционный интеграл.

Если  $Z$  пороговая удовлетворяет предельному значению, значит, сигнал наш. Последовательность функции Уолша ортогональны и обладают хорошими корреляционными и автокорреляционными свойствами, поэтому вероятность спутать свой сигнал с чужим равна 0.01 %.

6. Блок перемножения сигнала на две M-функции (M1 - длиной 15 бит, M2 - длиной 42 бита) или еще их называют ПСП- псевдослучайными последовательностями - блок предназначен для перемешивания сигнала для блока модуляции. Каждой назначенной частоте назначаются разные M - функции.

7. Блок модуляции сигнала - в стандарте CDMA используется фазовая модуляция ФМ4, ОФМ4.

В настоящее время оборудование стандарта CDMA является самым новым и самым дорогим, но в то же время самым надежным и самым защищенным. Европейским Сообществом в рамках исследовательской программы RACE разрабатывается проект CODIT по созданию одного из вариантов Универсальной системы подвижной связи (UMTS) на принципе кодового разделения каналов с использованием широкополосных сигналов с прямым расширением спектра (DS-CDMA).

Основным отличием концепции CODIT будет эффективное и гибкое использование частотного ресурса. Как мы раньше пояснили, на широкополосный сигнал CDMA влияние узкополосной помехи практически не сказывается. За счет этого свойства в стандарте CODIT для передачи данных дополнительно будут использоваться защитные интервалы между несущими частотами.

## **Стандарт CDMA**

Code Division Multiple Access - множественный доступ с кодовым разделением. В CDMA системах каждый голосовой поток отмечен своим уникальным кодом и передается на одном канале одновременно со многими другими кодированными голосовыми потоками. Принимающая сторона использует тот же код для выделения сигнала из шума. Единственное отличие между множественными голосовыми потоками это уникальный код. Канал, как правило, очень широк и каждый голосовой поток занимает целиком всю ширину диапазона. Эта система использует наборы каналов шириной 1.23МГц. Голос кодируется на скорости 8.55кбит/с, но определение голосовой активности и различные скорости кодирования могут урезать поток данных до 1200бит/с. В системах CDMA могут устанавливаться очень прочные и защищенные соединения, несмотря на экстремально низкую величину мощности сигнала, теоретически - сигнал может быть слабее, чем уровень шума.

## **Стандарт CDMAOne**

Стандарт cdmaOne, существует в вариациях IS-95a, IS-95b (cellular по американской терминологии, 800 МГц) и J-STD-008 (PCS, диапазон 1900). Аббревиатура IS (interim standard - временной стандарт) используется для учета в Ассоциации телекоммуникационной промышленности TIA (Telecommunications Industry Association). Как правило, в сетях cdmaOne используется IS-95a, он обеспечивают передачу сигнала со скоростью 9,6 кбит/с (с кодированием) и 14,4 кбит/с (без кодирования). Версия IS-95b основана на объединении нескольких каналов CDMA, организуемых в прямом направлении (от базовой станции к мобильной). Скорость может увеличиваться до 28,8 кбит/с (при объединении двух каналов по 14,4 кбит/с) или до 115,2 кбит/с (8 каналов по 14,4 кбит/с). Собственно, кроме IS-95 сети cdmaOne используют еще целый набор протоколов и стандартов, их список можно найти в любой достаточно глубокой статье по этой теме.

Коммерческие сети cdmaOne появились в 1995 году и пользуются заслуженной популярностью как на своей родине, в Америке, так и в Азии. Именно cdmaOne подразумевают под терминами "CDMA" и "CDMA-800" (наибольшее распространение получил именно 800-мегагерцовый вариант, IS-95). Прямой и обратный каналы располагаются соответственно в диапазонах 869,040-893,970 и 824,040-848,860 МГц. Используются 64 кода Уолша и несущие в 1.25 МГц.

В России стандарт сразу попал в опалу - в отличие от федеральных стандартов NMT и GSM был разрешен только для фиксированного применения. Кроме того, используемый им диапазон частот 800 МГц по требованиям Минсвязи необходимо освободить для цифрового телевидения. В этом диапазоне работают также сети "американских" стандартов N-AMPS, D-AMPS и CDMA. Однако, МАП признало это решение незаконным, а члены Ассоциации-800 уже договорились с Минсвязи об "обмене" лицензий x-AMPS на GSM 1800. Операторы же CDMA IS-95 подобного соглашения не заключали, официально они по-прежнему имеют право предоставлять услуги только фиксированной связи.

## **Стандарт WCDMA**

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access - широкополосный CDMA) - технология радиointерфейса избранная большинством операторов сотовой связи Японии и (в январе 1998 года) институтом ETSI (European Telecommunications Standards Institute) для обеспечения широкополосного радиодоступа с целью поддержки услуг третьего поколения.

Технология оптимизирована для предоставления высокоскоростных мультимедийных услуг типа видео, доступа в Интернет и видеоконференций; обеспечивает скорости доступа вплоть до 2 Мбит/с на коротких расстояниях и 384 Кбит/с на больших с полной мобильностью. Такие величины скорости передачи данных требуют широкую полосу частот, поэтому ширина полосы WCDMA составляет 5 МГц. Технология может быть добавлена к существующим сетям GSM и PDC, что делает стандарт WCDMA наиболее перспективным с точки зрения использования сетевых ресурсов и глобальной совместимости.

WCDMA (широкополосный множественный доступ с кодовым разделением каналов) представляет собой технологию, использующую расширенную полосу пропускания и разновидность принципа CDMA. Это технология мобильной радиосвязи третьего поколения, обеспечивающая значительно более высокие скорости передачи данных, чем стандарт GSM. WCDMA поддерживает передачу голоса, изображений, данных и видео в сетях мобильной связи на скорости до 2 Мбит/с (локальный доступ) или 384 кбит/с (глобальный доступ). WCDMA используется в основном в Европе при переходе от стандарта GSM к стандарту UMTS.

## **Стандарт CDMA2000**

Стандарт cdma2000 является дальнейшим развитием стандарта 2 поколения cdmaOne. Дальнейшим развитием cdmaOne должен был стать IS-95c, и именно это обозначение очень часто используется производителями.

Официальным обновлением стандарта, разработанным компанией Qualcomm и утвержденным ITU (Международный союз электросвязи, International Telecommunication Union), является cdma2000. В документах Lucent Technologies встречается обозначение IS-2000. Наконец, международный союз электросвязи (МСЭ) отобрал из десяти предложенных проектов пять радиоинтерфейсов третьего поколения IMT-2000 (International Mobile Telecommunications System - 2000 - Международная система мобильной связи - 2000), в их числе - IMT-MC (Multi Carrier), который представляет собой модификацию многочастотной системы cdma2000, в которой обеспечивается обратная совместимость с оборудованием стандарта cdmaOne (IS-95).

Еще один из пяти стандартов IMT-2000 - IMT-DS (Direct Spread) - построен на базе проектов W-CDMA и взят за основу европейской системы UMTS.

На начало 2003г. из 127 миллионов пользователей CDMA почти 15 миллионов использовали технологию cdma2000. В течение первых семи месяцев 2002 года, в Азии и Америке было запущено 11 сетей CDMA2000 и общее количество этих сетей составляло 18. Это - 99% рынка 3G, на IMT-MC приходилось 14.8 миллионов абонентов, на UMTS - 0.13 миллиона.

Однако, стоит отметить, что реализованная фаза cdma2000 1X все же не является полноценным 3G, ибо не дотягивает до обязательных двух мегабит. Поэтому ее чаще называют 2.5G.

Изначально cdma2000 (IMT-MC) разделили на две фазы - 1X и 3X. Именно к первой фазе применяется название IS-95C. А вторую позже назвали 1X-EV (evolution), разделив ее на две фазы - cdma2000 1X EV-DO (data only) и cdma2000 1X EV-DV (data & voice).

И именно стандарт cdma2000 1X EV-DO подразумевается под 3G IMT-MC. Стандарт 1x-EV-DO был принят TTA в октябре 2000 года и предусматривает следующую схему функционирования: аппарат одновременно производит поиск сети 1x и 1xEV, передачу данных осуществляет с помощью 1xEV, голоса - с помощью 1x.

Стандарт 1xEV-DV полностью соответствует всем требованиям 3G. Его практическая реализация планируется в 2003-2004 годах.

Теперь о CDMA-450. Следует отметить, что стандарты семейства cdma2000 не требуют организации отдельной полосы частот и в ходе их эволюционного развития от cdmaOne могут быть реализованы во всех частотных диапазонах используемых системами сотовой подвижной связи (450, 700, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100 МГц).

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.

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 3G1X с последующим переходом к высокоскоростным стандартам cdma2000 1X EV-DO и cdma2000 1X EV-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.

## **Преимущества CDMA**

Сегодня поставщики услуг CDMA-связи используют систему CDMA2000. А это:

1. Качество голосовой связи. Благодаря использованию более современных систем кодирования и высокой помехоустойчивости, CDMA имеет наилучшее качество передачи голоса по сравнению с другими технологиями сотовой связи. Качество речи в системе CDMA очень близко к качеству речи в проводном канале. 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.

2. Широкий охват местности. Использование новейших технологий и алгоритмов обработки сигналов позволяет обеспечивать значительно более широкую зону покрытия по сравнению с другими стандартами.

3. Устойчивая работа в зданиях и туннелях. В городах с высокой плотностью застройки и в гористой местности зона покрытия и качество обслуживания могут ухудшаться из-за эффекта переотражения радиоволн. Технология CDMA разработана таким образом, что принимаемый сигнал складывается из нескольких распространяющихся сигналов, что позволяет без потери качества работать в зданиях и туннелях.

4. В сотни раз меньшее значение выходной мощности в отличие от других, используемых в настоящее время стандартов, отличает качество технологии CDMA при рассмотрении двух немаловажных факторов: воздействия на организм человека; продолжительности работы без подзарядки аккумулятора.

5. 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.

6. Система CDMA обеспечивает меньшую задержку в передаче голосового сообщения, чем другие системы подвижной связи. При использовании CDMA не приходится применять изошренные 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.

7. Высокая конфиденциальность передаваемых данных. За счет использования технологии CDMA достигается высокая энергетическая скрытность систем с шумоподобным сигналом. Суть сказанного состоит в том, что широкополосный сигнал не только трудно раскодировать - его трудно просто обнаружить, т.е. выявить сам факт работы абонентской станции.

8. Высокая скорость соединения с Интернетом. Сейчас средняя скорость работы обычных компьютерных модемов - 56 Кбит/с, а сотовые телефоны без использования GPRS связываются с Интернетом еще медленнее. Технология CDMA последних поколений позволяет поддерживать скорость до 153 Кбит/с. А в принципе может обеспечивать прием информации со скоростью 2,4 Мбит/с. Это дает возможность просмотра Интернет-страниц в формате HTML непосредственно на экране телефона, а также получения и отправки электронной почты на сотовый телефон.

Что касается недостатков, то их у CDMA немного, хотя на решение некоторых проблем понадобился не один десяток лет. Главным сдерживающим фактором ее практического применения долгое время была (и остается) сложность оборудования. И хотя появление специальных DSP-процессоров привело к некоторому его упрощению, круг производителей, которым по плечу создавать такую аппаратуру (особенно базовые станции), не назовешь широким.

Другой недостаток — возникновение взаимных помех, ухудшающих условия приема при возрастании числа активных абонентов, что сказывается на связи периферийных удаленных абонентских станций. Так, по мере увеличения загрузки системы, могут уменьшаться размеры зоны обслуживания и ухудшаться помеховая обстановка («дыхание» соты, cell breathing).

Главные же камни преткновения на пути внедрения технологии CDMA — высокая чувствительность к разбросу мощностей абонентских станций и сложность синхронизации базовых станций. Первая из этих проблем была решена за счет создания

уникальной высокоточной системы управления мощностью (шаг 0,5—1 дБ, скорость 0,8 или 1,6 кбит/с), а вторая — с помощью сигналов GPS.

В настоящее время модно рассуждать о том, что лучше: сети GSM или сети CDMA. Следует отметить, что хотя и то, и другое предоставляет нам связь, попытка сравнить данные системы не совсем уместна с технической точки зрения — они работают по совершенно разным принципам. Об этом можно рассуждать только на бытовом уровне: когда-то была хороша сеть NMT, была хороша, пока не появилась сеть GSM; до недавних пор была хороша сеть GSM, но появился еще лучший для потребителей стандарт - CDMA. Если же абстрагироваться и рассматривать системы GSM и CDMA как некие "черные ящики" со своими наборами входных и выходных параметров, то очевидно, что "ящик" CDMA работает намного эффективнее, чем его конкурент по цифре GSM. Дело тут даже не в том, что качество речи выше, его можно сравнить, а скорее в понимании, что когда едешь на большой скорости, связь, скорее всего, не прервется, подслушивать никто не сможет, наконец, 10 мВт у головы более приятно, чем 0,8...2 Вт при пользовании телефоном GSM.