

# Цифровые системы мобильной связи (2G)

**2G.** Технология 2G может быть разделена на FDMA/TDMA и CDMA в зависимости от используемого типа мультиплексирования. Основными стандартами 2G являются:

**GSM** (на основе FDMA/TDMA) - используется практически во всех странах мира. На сегодняшний день на этот стандарт приходится около 80 % всех абонентов в мире. Цифровой стандарт, поддерживает скорость передачи данных до 9.6 кбит/с.

**IS-95**, он же **CDMAOne** (на основе CDMA), используется в Северной и Южной Америке и некоторых частях Азии. На сегодняшний день на этот стандарт приходится около 17 % всех абонентов по всему миру.

## CDMA One (IS-95)

**CDMAOne (Code Division Multiple Access)** - полностью цифровой стандарт, использующий диапазон частот 824-849 МГц для приема и 874-899 МГц для передачи. Описывает законченную систему беспроводной связи, в которой используется радиointерфейс CDMA/IS-95.

**Стандарт cdmaOne**, существует в вариациях **IS-95a**, **IS-95b** (cellular по американской терминологии, 800 МГц) и **J-STD-008** (PCS, диапазон 1900).

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).

## CDMA One (IS-95)

**Стандарт IS-95 использует кодовый принцип разделения абонентов (CDMA).**

Идея использовать распределение энергии сигнала в заданном частотном диапазоне с помощью специальной расширяющей последовательности (DSSS - direct sequence spread spectrum) для множественного доступа в мобильных системах связи пришла от калифорнийской компании Qualcomm в 1980 годах.

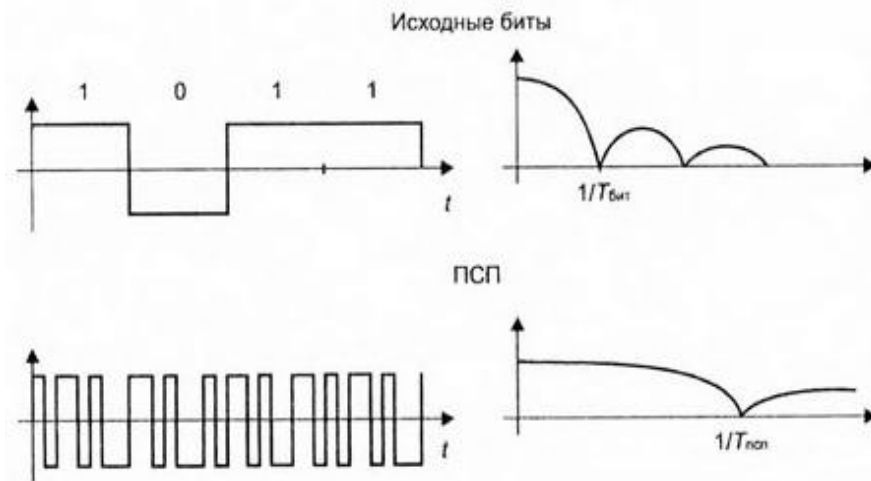


Рис. Примерный вид соотношения битовой последовательности и ПСП

DSSS–системы преимущественно используются в военных системах связи и для спецслужб (они обладают высокой устойчивостью к обнаружению факта передачи, нарушению связи и подслушиванию разговоров).

# CDMA One (IS-95)

## Принцип действия DSSS-систем:

- Система предполагает перемножение (одновременную передачу в радио эфире в одном частотном диапазоне) данных с различными скоростями.
- Специальная последовательность (расширяющий код), используется для распределения энергии сигнала в широком частотном диапазоне = 1,25 МГц.
- Исходная информация может быть восстановлена лишь с использованием исходной последовательности.

Таким образом, имея достаточное количество расширяющих кодов можно построить систему с множественным доступом.

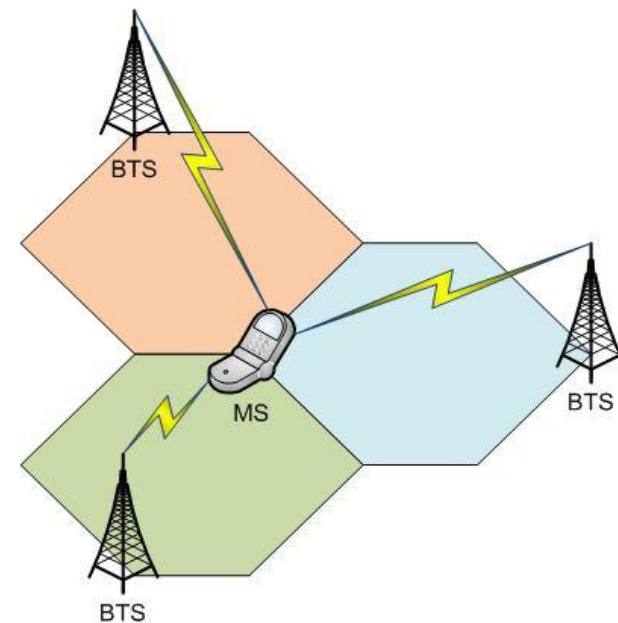
Система CDMA в дальнейшем была улучшена и преобразована в систему стандарта третьего поколения (под названием **CDMA2000**), которая предусматривала более высокие скорости передачи данных и новые услуги для абонентов.

Последующие стандарты CDMA 2000 1x и CDMA 2000 1x ev-do (evolution data only or data optimised) предоставляют абонентам еще более высокие возможности, особенно в области передачи данных.

# Особенности стандарта CDMA One (IS-95)

## Особенности стандарта:

**1. Мягкая передача (Soft handoff).** В каждой соте используются одинаковые частоты, а отличие между пользовательскими каналами заключается в используемой расширяющей последовательности. Поэтому, при переходе абонента из одной соты в другую нет перехода между частотами. При этом мобильный терминал может получать сигнал от двух, трех и более сот.

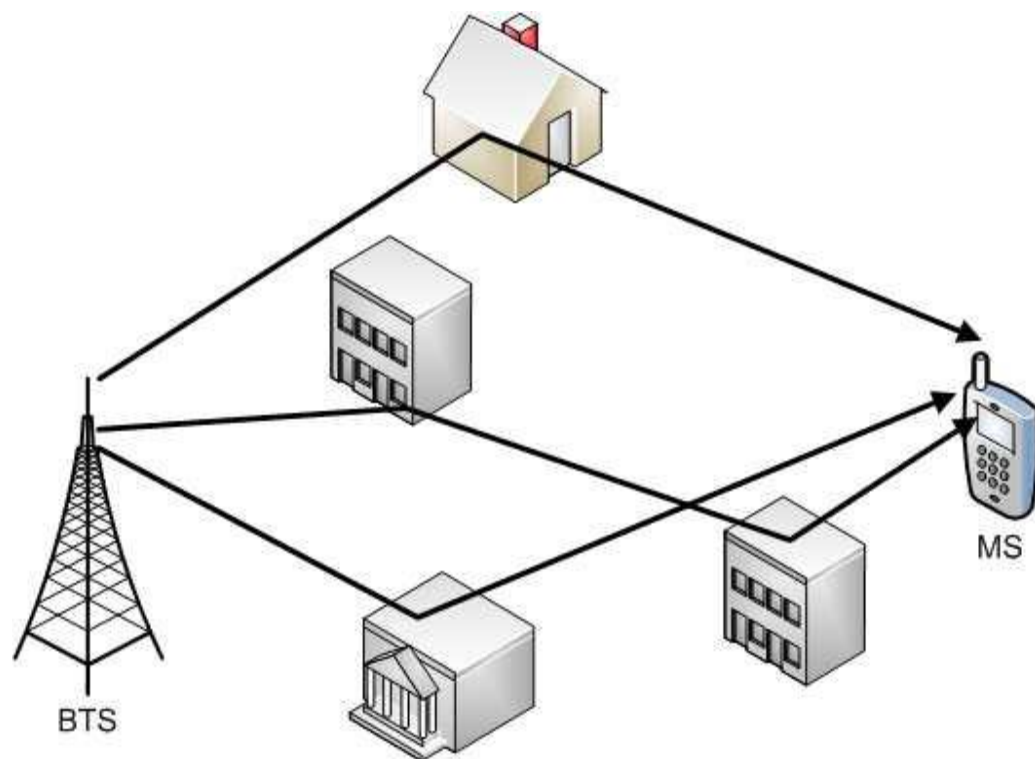


**2. Гибкая емкость сети.** В системах с временным и частотным разделением строго определено количество доступных для абонентов каналов. В CDMA все абоненты разделены с помощью кодов. Поэтому дополнительные пользователи могут быть добавлены за счет незначительного снижения качества соединений (емкость CDMA-систем может варьироваться).

# Особенности стандарта CDMA One (IS-95)

**3. Терпимость к многолучевому распространению.** Расширение спектра эффективно в борьбе с частотно-селективными замираниями, которые могут возникать при многолучевом распространении сигналов. В случае использования CDMA, энергия полезного сигнала распределяется в широкой полосе пропускания, а замирания сосредоточиваются в узком частотном канале и не могут нанести существенных искажений для всего сигнала.

Кроме того, в CDMA One, прием всех переотраженных лучей сигнала специальным Rake-приемником позволяет выявить ошибки и устранить их, тем самым улучшить качество связи.



# Особенности стандарта CDMA One (IS-95)



**4. Нет необходимости использовать эквалайзер.** Когда скорость передачи намного превышает 10 кбит/сек в FDMA и TDMA системах, необходимо использовать эквалайзер для снижения межсимвольной интерференции. При этом происходит уменьшение межсимвольных интервалов, поэтому энергия последующих символов может быть наложена одна на другую. В CDMA One, за счет того что энергия каждого символа передается в широкой полосе, межсимвольная интерференция не так опасна.

**5. Высокая скрытность и устойчивость к воздействиям извне.** Важная особенность расширенных сигналов заключается в том, что они становятся шумоподобными или псевдослучайными. Поэтому в эфире такой сигнал оказывается замаскирован в покрывающих его внешних помехах и становится достаточно тяжело определить наличие сигнала, и тем более попытаться оказать на него воздействие, подслушать или подменить.

# CDMA One (IS-95)

## Недостатки:

- 1. Системы CDMA являются само интерферирующими.** Это означают, что работающие в эфире устройства оказывают влияние на работу других устройств, создавая им помехи. Это связано с тем, что в системе используются не совсем ортогональные (независимые) коды. Поэтому АС различных абонентов могут создавать влияние друг на друга. И чем больше мобильных терминалов работает в сети, тем большее влияние они оказывают друг на друга.
- 2. Проблема «ближней - дальней» зон** возникает из-за того, что сигнал от АС, находящийся ближе к базовой станции претерпевает меньшее затухание, чем мобильный телефон, который находится на краю соты. Такая ситуация возникает из-за того, что энергия всех сигналов передается в общем частотном диапазоне. Это приводит к тому, что ближние мобильные терминалы могут заглушить дальних и сократить тем самым зону покрытия соты. Основным способом борьбы с этой проблемой является управление мощностью.



# Системы микросотовой связи

В отличие от мобильной и спутниковой, **системы микросотовой связи** предназначены для организации беспроводной связи на ограниченной территории.

## Области применения:

- Микросотовые корпоративные системы. Оборудование DECT подходит для организации мобильной связи там, где на небольшой площади сосредоточено много абонентов. Например, беспроводные учрежденческие АТС для средних и крупных организаций, распределенных производств, заводов и т.п.
- Устройства абонентского доступа к телефонной сети общего пользования как альтернатива стандартному проводному подключению. Может оказаться экономически эффективнее стандартного кабельного подключения, а в некоторых случаях - единственно возможным.
- Односотовые радиотелефоны / радио АТС для дома и малых офисов, обеспечивающие пользователю мобильность в пределах одной базовой станции (соты).

# DECT

Наиболее распространенными представителями данного класса систем являются системы на основе стандарта DECT.

**Цифровой стандарт DECT** (*Digital European Cordless Telecommunications*) разрабатывался для Европы и был утвержден в 1992 году Европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ETSI).

К 2006 г. в 112 странах на всех континентах DECT принят в качестве одного из стандартов радиосвязи. Глобальное распространение DECT послужило основанием для изменения названия на «международное» - теперь это Digital Enhanced Cordless Telecommunications.

Для построения систем DECT выделен диапазон частот **1880–1900 МГц**.

При этом, если система удовлетворяет требованиям соответствующих нормативных документов, то ее можно развертывать без разработки проекта. А ее эксплуатации не требует разрешения на использование отдельных частот либо всего указанного диапазона.

# Технические особенности

DECT-телефоны, изначально разработанные для дома и офиса, не создают никаких помех для другой электроники вследствие ограниченной мощности передатчика - 10 мВт (для сравнения GSM – максимально допустимые значения 2Вт в 900МГц, 1Вт - в 1800МГц; минимальные – 20 мВт).

Микросотовая ТКС DECT, как правило, является «**надстройкой**» существующей корпоративной АТС традиционной фиксированной связи.

Технически система состоит из:

- **центрального модуля (контроллера)**, который обрабатывает сигналы мобильных абонентов и обеспечивает интерфейс стыковки с корпоративной АТС традиционного типа по аналоговым или цифровым линиям;
- **базовых станций («маячков»);**
- **мобильных телефонов (трубок).**

## Технические особенности

Зона радиообслуживания создается сетью БС, каждая из которых имеет свою зону действия (микросоту – размер до 100 м). Перекрывая друг друга, они могут обеспечить полный охват здания, включая подвальные и полуподвальные помещения, где телефоны GSM обычно не работают. Уверенный прием в помещении гарантируется на расстоянии до 50 м от базы.

Передача мобильного соединения от одной БС к другой при переходе из одной микросоты в другую во время разговора («хэндовер» или «эстафетная передача») абсолютно незаметна для абонента.

**Емкость DECT-систем** (*показатель, учитывающий напряженность абонентского трафика, ширину используемого частотного диапазона и площадь покрытия*) выше, чем у систем мобильной связи стандарта GSM. Теоретически одна базовая DECT-станция может одновременно предоставлять 120 каналов передачи речи/данных для беспроводных абонентов.

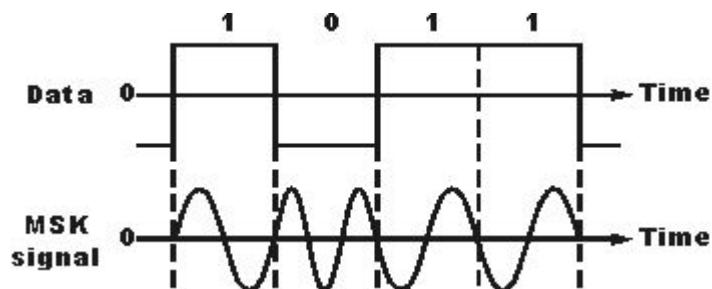
# Организация радиоканала

Стандарт базируется на цифровой радиопередаче данных между базовыми радиостанциями и радиотелефонами по технологии множественного доступа с временным разделением, TDMA (Time-Division Multiple Access).

Полностью дуплексная связь обеспечивается с помощью временного дуплексирования TDD (Time-Division Duplexing).

Диапазон радиочастот, используемых для приема / передачи - 1880-1900МГц. Рабочий диапазон (20МГц) разделен на 10 радиоканалов, каждый по 1,728МГц.

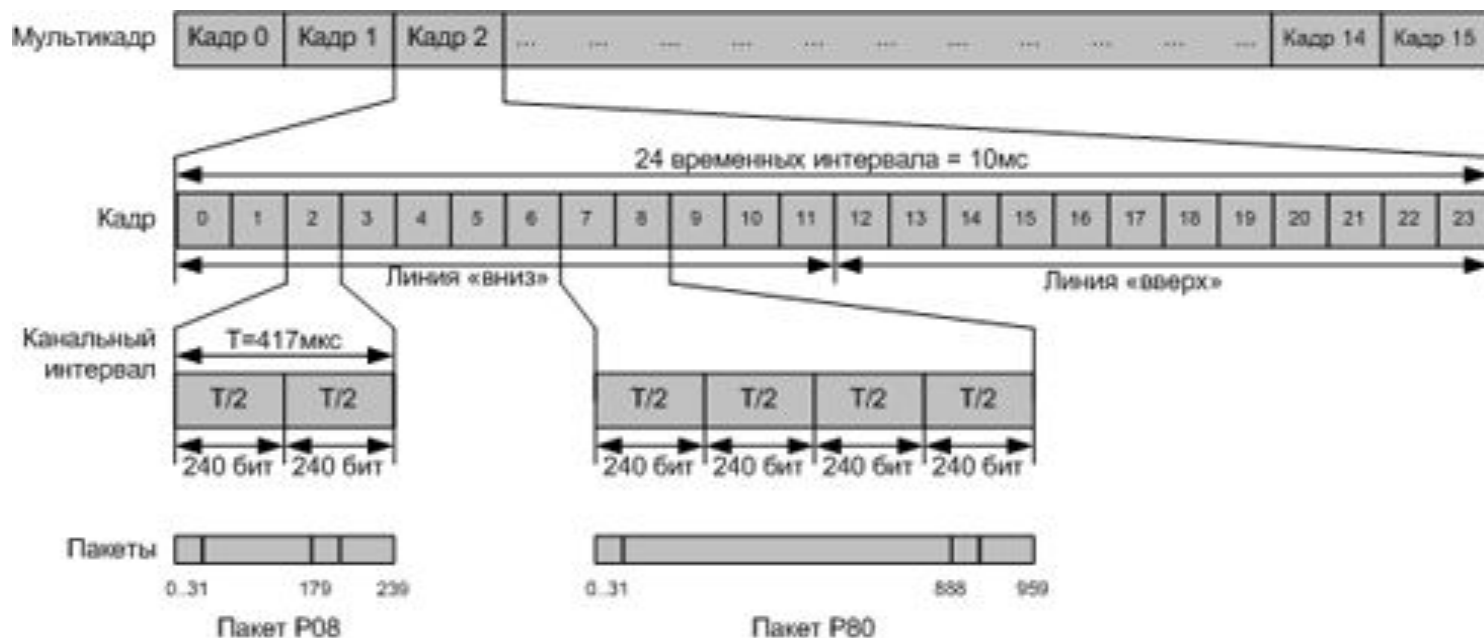
Для модуляции сигнала используется гауссовская частотная манипуляция (GFSK — Gaussian Frequency Shift Keying).



# Организация радиоканала

Обмен информацией производится кадрами; с помощью временного разделения в каждом кадре создаются 24 временных слота; 24 слота обеспечивают 12 дуплексных каналов для приема / передачи голоса.

При установлении соединения для разговора используются 2 из 24 временных слота в каждом кадре: один для передачи голоса, другой для приема.



# Организация радиоканала

DECT-радиотелефон постоянно опрашивает базовые радиостанции, выбирая наилучший из доступных каналов для связи (т. н. процесс непрерывного динамического выбора каналов, Continuous Dynamic Channel Selection, CDCS).

Благодаря CDCS мобильный абонент не замечает перехода из зоны действия одной базовой радиостанции в другую; такой переход осуществляется без потери качества передачи речи.

Поиск наилучшего канала происходит не только в момент установления соединения, а продолжается и во время разговора.

Передача соединения мобильного абонента от одной базовой радиостанции к другой при переходе из одной микросоты в другую во время разговора абсолютно незаметна для абонента. Ввиду небольших размеров микросот переходов между сотами во время одного разговора может быть несколько.

CDSC-процесс позволяет использовать одинаковые временные слоты на одинаковых несущих частотах для соединения разных абонентов в неперекрывающихся микросотах.

# Прописка

Использование технологии радиодоступа, предоставляющей мобильность, подразумевает значительный риск в отношении защищенности.

Стандарт DECT предусматривает меры противодействия естественным дефектам защищенности, свойственным беспроводной связи.

Для предотвращения несанкционированного доступа введены эффективные протоколы **прописки** и **аутентификации**, а концепция усовершенствованного кодирования обеспечивает защиту от прослушивания.

**Прописка** - это процесс, благодаря которому система допускает мобильную трубку к обслуживанию на базовой станции (дает право доступа). При получении права доступа происходит обмен идентификационной информацией, и обе стороны получают секретный ключ, который в дальнейшем используется для опознания при каждом установлении связи.

Мобильная DECT-трубка может быть прописана на нескольких базовых станциях.



# Аутентификация

Аутентификация трубки может осуществляться как стандартная процедура при каждом установлении связи.

Во время сеанса аутентификации базовая станция проверяет аутентификационный ключ, не передавая его по эфиру.

Принцип действия:

1. БС посылает трубке случайное число ("запрос")
2. Трубка кодирует данное число с помощью ключа аутентификации по сложному алгоритму и передает полученное число на БС ("ответ").
3. БС на своей стороне данным ключом также вычисляет число и сравнивает его с полученным "ответом". В результате сравнения происходит либо продолжение установления связи либо разъединение.

Этот же принцип может быть применен для шифрования данных пользователя (например, для передачи речи).

## Передача данных

Помимо приложений по передаче голоса, как новый сегмент рассматриваются приложения по передаче данных.

Структурой TDMA обеспечивается до 12 одновременных голосовых соединений DECT (полный дуплекс) на каждый трансивер со скоростью 32 кбит/с каждое.

Благодаря усовершенствованному радиопrotocolу, DECT может предлагать полосы частот различной ширины, соединяя несколько каналов в одну несущую. Для целей передачи данных достигаются защищенные от ошибок чистые скорости в  $n \times 24$  кбит/с максимально до 552 кбит/с.

Новые методы модуляции позволяют увеличить скорость до 2 Мбит/с.

# Достоинства и недостатки

## Основные достоинства DECT:

- хорошая (в сравнении с аналоговыми системами) помехоустойчивость канала связи, благодаря цифровой передаче сигнала; вследствие этого — отсутствие множества помех во время разговора, которые присутствовали в аналоговых системах;
- хорошая интеграция с системами стационарной корпоративной телефонии;
- меньшее по сравнению с мобильными телефонами облучение абонента — уровень сигнала радиотелефона в соответствии со стандартом составляет 10 мВт (из-за многократно меньшей мощности передатчика (как трубки, так и базы));
- высокая емкость сети DECT (выше, чем у стандарта GSM).

## Основные недостатки DECT:

- относительно небольшая дальность связи (из-за ограничения мощности самим стандартом);
- невысокая (относительно WiFi) скорость передачи данных.

# Перспективы развития

DECT разрабатывался как средство обеспечения доступа к телекоммуникационной сети любого типа, и, таким образом, поддерживает разнообразные приложения и услуги.

Среди приложений DECT:

- системы для дома и малого офиса,
- микросотовые корпоративные системы,
- системы абонентского радиодоступа (WLL),
- системы доступа к сети GSM,
- микросотовые системы общего пользования (СТМ),
- системы доступа к локальной сети.

Стандарт DECT является одной из основных составляющих систем связи 3G (в 1999 году Международный союз электросвязи утвердил DECT в качестве одного из радиointерфейсов для системы мобильной связи 3G).

**По функциональным возможностям современные DECT-телефоны все больше приближаются к мобильным GSM-терминалам.**