

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Базовая кафедра  
компьютерной физики и  
метаматериалов в  
Саратовском филиале ИРЭ  
им. В.А. Котельникова РАН

**СИСТЕМЫ С КОДОВЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ (CDMA) В  
РАДИОЧАСТОТНОЙ И ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 431 группы  
направления (специальности)  
физического факультета  
Прошкина Артёма Викторовича

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н.,  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_  
дата, подпись

Конюхов А.И.  
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_  
дата, подпись

Аникин В.М.  
инициалы, фамилия

Саратов 2016 год

## **ВВЕДЕНИЕ**

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается система с кодовым разделением каналов (CDMA) в радиочастотной и оптической связи. В работе мы напрямую рассмотрели: суть стандарта CDMA, технологию CDMA, ее особенности и преимущества, особенности построения сети CDMA, основные принципы системы беспроводной передачи CDMA, архитектуру системы подвижной связи CDMA, CDMA в оптических технологиях.

В наше время CDMA используется в довольно широком спектре услуг, к примеру мобильная или же радиосвязь. Мобильная связь - одно из современных направлений в области связи, получившее интенсивное развитие в течение последних десятилетий. Появление мобильной связи ознаменовало собой новую эру в технике связи и привело к созданию целого ряда уникальных сервисных услуг в сфере телекоммуникаций.

Системы сотовой связи - это системы с множественным доступом (многоканальные). Их основные параметры зависят от технологии распределения имеющегося частотно-временного ресурса между отдельными каналами.

Стандарты сотовой связи первого поколения предусматривают технологию частотного разделения каналов (FDMA), когда каждому рабочему каналу в системе выделяют свой частотный диапазон. В стандартах, относящихся ко второму поколению, используют метод временного разделения каналов (TDMA), когда каждому каналу выделяют свой временной интервал, либо частотно-временного (FD/TDMA).

На сегодняшний день системы FDMA и TDMA практически исчерпали свои возможности и не могут обеспечивать существенно большую пропускную способность. Технология кодового разделения каналов CDMA, благодаря высокой спектральной эффективности, является радикальным решением проблемы дальнейшей эволюции сотовых систем связи. При

CDMA технологии каждый из каналов системы полностью использует весь выделенный частотно-временной ресурс; радиоканалы систем CDMA перекрываются как по времени, так и по частоте. Разделение сигналов отдельных каналов осуществляют за счет того, что каждый канал имеет свою 'поднесущую' - адресную кодовую последовательность. В данной работе я буду рассматривать CDMA технологию, её суть и принцип работы.

## 1 Суть стандарта CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access) – цифровые системы, выполненные по технологии многостанционного доступа с кодовым разделением каналов (МДКР), которые используют шумоподобные сигналы с расширенным спектром, что подразумевает одновременную передачу информации через одно устройство многими пользователями в общем канале. При этом разделение общего канала может производиться по частоте (FDMA), времени (TDMA) и коду (CDMA), что можно проиллюстрировать так, как это показано на рисунке 1.1.

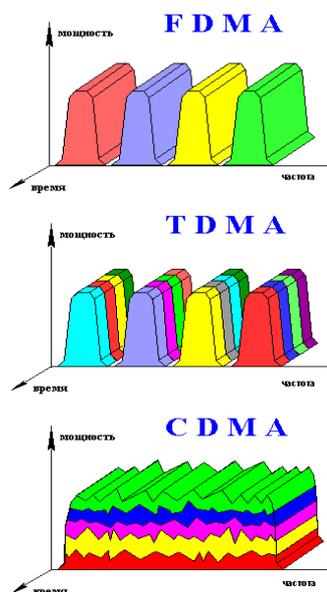


Рисунок 1.1 – Виды разделения канала

## 2 Технология CDMA, особенности и преимущества.

В выборе технологии сотовой телефонии на рубеже третьего тысячелетия по-видимому появилась определенность. К концу 1999 года в мире, по данным CDG (CDMA development group), технологию CDMA (Code Division Multiple Access) выбрали 50 млн. абонентов (рис. 2.1). В том числе, 28 млн. в Азии, 16,5 млн. в Северной Америке и 5 млн. в Латинской Америке. В Европе, Ближнем Востоке и Африке насчитывается полмиллиона абонентов.

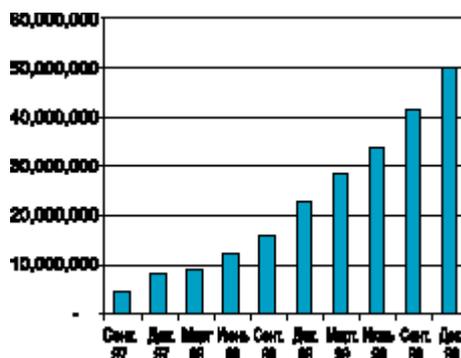


Рисунок 2 - Рост числа абонентов CDMA в мире

Такое стремительное развитие технологии доступа с кодовым разделением объясняется ожидаемым увеличением плотности абонентов, устойчивостью к помехам, высокой степенью защищенности передаваемых данных от несанкционированного доступа и лучшими энерго-экономическими показателями. Упрощенное моделирование показывает, что емкость базовых станций с технологией CDMA в несколько раз больше по сравнению с существующими стандартами сотовой телефонии, в которых используется частотное разделение каналов (NMT, AMPS, TACS). Реальность, конечно, значительно сложнее, чем идеализированные модели.

Коротко, преимущества CDMA перед другими системами следующие:

- емкость базовых станций увеличивается в 810 раз по сравнению с AMPS и в 45 раз по сравнению с GSM;
- улучшенное качество звука по сравнению с AMPS;
- отсутствие частотного планирования благодаря использованию тех же самых частот в смежных секторах каждой соты;
- улучшенная защищенность передаваемых данных;
- улучшенные характеристики покрытия, позволяющие использовать меньшее количество сот;
- большее время работы батарей до разрядки;
- возможность выделения требуемой полосы частот по потребности.

### **3 Особенности построения сети CDMA**

Одним из основоположников технологии CDMA является американская фирма QUALCOMM. В США цифровая сотовая система CDMA была стандартизована TIA (Telecom-munication Industry Association) и описана в стандарте IS-95. Наподобие IS-54, стандарт IS-95 предусматривает совместимость с существующей системой сотовой телефонии AMPS. Для систем, работающих по стандарту IS-95, выделена та же самая полоса частот, что и для AMPS. Другими словами, CDMA работает "поверх" существующей AMPS.

Система CDMA дает возможность каждому пользователю внутри соты использовать тот же самый радиоканал и всю выделенную полосу частот. Пользователь в смежной соте использует эту же полосу частот. Система абсолютно не нуждается в частотном планировании. Для уменьшения затрат операторов подвижной связи и облегчения перехода от AMPS к CDMA в системе CDMA предусмотрена ширина канала 1,25 МГц, такая же, как и у AMPS. В отличие от других сотовых систем, трафик одного канала не является постоянной величиной и зависит от голосовой активности и требований, предъявляемых к сети.

### **3.1 Прямой CDMA-канал**

Прямой канал CDMA состоит из пилотного сигнала, канала синхронизации, до семи пейджинговых каналов и до 63 каналов трафика. Пилотный сигнал дает возможность мобильному терминалу принимать временные метки, обеспечивая фазовую синхронизацию для когерентного детектирования. По пилотному сигналу мобильные терминалы получают возможность определять относительные уровни сигналов от каждой базовой станции и принимают решение, когда и к какой базовой станции лоцироваться. Канал синхронизации передает синхросигналы мобильным терминалам со скоростью 1200 бод. Пейджинговые каналы используются для передачи контрольной информации и других сообщений и работают со скоростью 9600, 4800, 2400 бод. Прямой канал трафика передает любые пользовательские данные со скоростью 9600, 4800, 2400, 1200 бод.

Данные в прямом канале трафика группируются в фрейм длительностью 20 мс. Пользовательские данные по-сле предварительного кодирования и форматирования перемежаются с целью регулирования текущей скорости передачи данных, которая может изменяться. Затем спектр сигнала расширяется путем свертки с функцией Уолша и псевдослучайной последовательностью до значения 1,2288 Мбит/с.

### **3.2 Подканал контроля мощности**

Для минимизации количества ошибок IS-95 предусматривает контроль выходной мощности каждой трубки. Базовая станция по обратному каналу принимает и оценивает напряженность поля от каждой трубки и информирует мобильный терминал о необходимости уменьшить/увеличить мощность.

Поскольку мощность, принимаемая базовой станцией определяется и расстоянием до мобильной, и интерференцией в канале связи (а нули и

пучности располагаются на близком расстоянии в интерференционной картине), то базовая станция посылает сигналы контроля мощности через каждые 1,25 мс. Сигнал управления мощностью посылается мобильному терминалу в прямом подканале контроля. Этим сигналом предписывается увеличить или уменьшить мощность на 1 дБ. Если уровень сигнала мал, то в прямом подканале контроля передается "0", предписывая тем самым увеличить мощность, и наоборот. Биты контроля мощности вставляются после скремблированных данных.

В интервале 1,25 мс передаются 24 символа данных, и IS-95 позволяет использовать 16 возможных позиций для передачи бита контроля мощности. Эти позиции расположены в начале, и любой из первых 16 бит может быть битом контроля мощности. 24 бит для дециматора длинного кода используются для скремблирования данных в интервале 1,25 мс. И последние 4 бита из 24 определяют позицию бита контроля мощности.

### **3.3 Обратный CDMA-канал**

Пользовательские данные в обратном канале сгруппированы в фреймы длительностью 20 мс. Все данные в обратном канале кодируются сворачивающим кодеком, перемежаются и кодируются 64-значной ортогональной последовательностью. До передачи происходит расширение спектра. Процедуры перемежения, ортогональной модуляции, расширения спектра похожи на аналогичные для прямого канала, поэтому их описание опущено.

## **4 Архитектура системы подвижной связи CDMA**

Как показано на рисунке 5, в структуру системы CDMA входит система цифровой подвижной связи CDMA и связанные с ней другие сети связи. Система CDMA состоит из трех независимых подсистем: терминал подвижной связи (MS), подсистема базовой станции (BSS) и подсистема

сетевой коммутации (NSS). На рисунке 5 символами А, Abis, Um, В, С, D, E, H, М, N, О, Р представлены интерфейсы между функциональными объектами. В зависимости от конфигурации функциональных объектов в физических блоках, некоторые интерфейсы выполняют функции внутренних интерфейсов, и не требуется их соответствие унифицированным стандартам на интерфейсы. Ai, Di и Pi - это интерфейсы, обеспечивающие соединение цифровой сети подвижной связи CDMA с другими сетями связи.

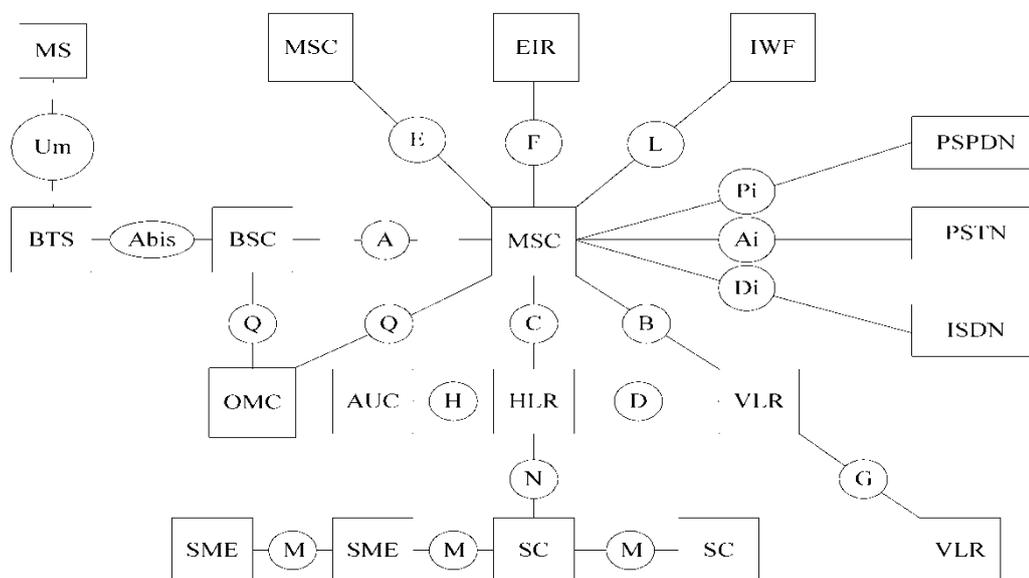


Рисунок 5 – Архитектура системы сотовой подвижной связи CDMA.

## 5 CDMA в оптических технологиях

CDMA как распространение спектра доказало свою самостоятельность и эффективность в радиосвязи. Применение CDMA в оптических коммуникациях оказалось также довольно успешным. Исследование в этой области началось около двух десятилетий назад и все еще процветает. В оптических сетях Wavelength Division Multiplexing (WDM) и его плотной версии (DWDM) основная цель в увеличении способности оптического волокна и в решении различных сетевых задач. Технология WDM/DWDM и национальные сети WDM работают в нескольких частях мира; также - это

горячая тема в исследовании телекоммуникации, в результате чего технология становится всё более и более развитой.

Среда передачи в оптической CDMA - оптоволокно. Как хорошо известно, у оптоволокна очень низкая потеря данных и очень широкая группа передачи. На рисунке 6.1 показана схема оптической CDMA. Преимуществом этой схемы является то, что она не требует какого-либо центрального управления.

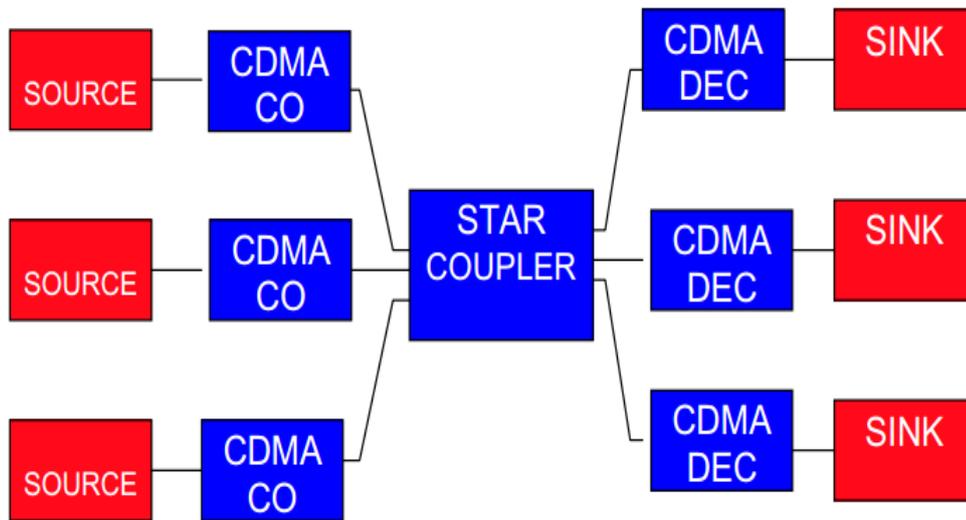


Рисунок 6.1 - Система OCDMA

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы с прямым расширением спектра, или еще говорят, шумоподобными сигналами, придуманы не сегодня и даже не вчера. Такие системы связи давно применяются в военной и специальной технике. И тот факт, что сегодня эта техника постепенно переходит в разряд public production, во многом обусловлен огромными успехами в микроэлектронике: цифровой и аналоговой, пассивных устройствах обработки информации. Ряд важных и полезных разработок выполнен Российскими учеными: Воронежским НИИ Радиосвязи, Московским НИИ Радиосвязи, НПО "Алмаз" и др. Для украшения материала стоит привести результаты разработок, имеющие коммерческое применение в CDMA.

При выполнении дипломной работы я рассмотрел различные виды связи, в частности CDMA. Мы разобрали принцип кодирования информации в сетях CDMA, суть стандарта и основные характеристики технологии. Также рассмотрели особенности организации CDMA в радио и оптической связи. И на примере практического задания показали как изменяется спектр волн при нелинейном самовоздействии сигнала.