Преимущества кодового разделения множественного доступа в системах сотовой связи.

Система сотовой связи - радиотехническая система передачи данных между двумя и более мобильными абонентами в дуплексном режиме. Данные в нашем случае - любая информация, преобразованная (закодированная) в форму, удобную для дальнейшей обработки и передачи в канал связи. Данными может быть речь, цифровые потоки, формируемые компьютером, некоторая служебная информация и др.

   Исторически первой системой связи была радиотелефонная сеть с ручным переключением каналов, начавшая свое функционирование в 1946 г. в городе Сент-Луис (США). Аппаратура была очень громоздкой и неудобной, да и качество связи оставляло желать лучшего. C течением времени совершенствовалась аппаратура, наблюдалась тенденция к переходу на более высокие рабочие частоты, где уровень помех значительно меньше, и как следствие появилась радиотелефонная сеть с функцией автоматического определения незанятого канала, т.н. транкинговая сеть. Но с ростом популярности этого вида связи появилась существенная проблема - ограниченность частотного ресурса. Эта проблема и привела ученых и инженеров к идее разбиения зоны обслуживания на небольшие участки - соты. Каждая сота должна была обслуживаться приемо-передатчиком со своим строго определенным набором частот, несовпадающим с частотами передатчиков всех соседних сот. Это позволило использовать без ограничений одинаковый набор частот в сотах, не являющихся соседними. Но, к сожалению, прошло более тридцати лет, прежде данный метод организации подвижной связи был реализован на аппаратном уровне.

   Исторически первой системой сотовой связи (система первого поколения) была сеть на основе стандарта NMT (Nordic Mobile Telephone), разработанная тремя странами Скандинавского полуострова, Исландией и Данией. Этот стандарт относится к FDMA-системам. FDMA (Frequency Division Multiple Access - множественный доступ с частотным разделением каналов) - метод доступа к сети, при котором каждому каналу ставилась в соответствие определенная частота для передачи и еще одна - для приема. Т.е. в мобильном телефоне "свой" сигнал выделялся из смеси сигналов частотным фильтром, а модуляция несущей осуществлялась аналоговым сигналом по частоте.

   Развитие цифровой обработки сигнала предопределило появление второго поколения систем сотовой связи. Европейскими странами была создана группа ученых (Group Special Mobile) с целью разработки нового стандарта цифровой связи. Результатом их работы было создание системы GSM (1990 г.), которая позже стала расшифровываться как Global System for Mobile communications. Это - TDMA-сеть. TDMA - Time Division Multiple Access (множественный доступ с временным разделением каналов) - протокол, в котором цифровой поток разбивается на пакеты и каждый пакет передается с постоянным периодом в определенном временном окне. В остальных временных окнах передаются сигналы других абонентов сети. Основное достоинство таких сетей - большая помехоустойчивость по сравнению с FDMA-системами, хотя такое сравнение не совсем уместно для систем с аналоговой и цифровой передачей.

   С появлением цифровых систем связи американская фирма Qualcomm начала разработку принципиально нового стандарта с кодовым разделением каналов (CDMA - Code Division Multiple Access). В отечественных трудах этот метод называется также уплотнение каналов по форме или широкополосная передача с помощью ШПС.

Сам принцип CDMA заключается в расширении спектра исходного информационного сигнала (в нашем случае речевого), которое может производиться двумя различными методами, которые называются следующим образом: «скачки по частоте» и «прямая последовательность».

Так называемые «скачки по частоте» (или FH - Frequency Hopping) реализуются следующим образом: несущая частота в передатчике постоянно меняет свое значение в некоторых заданных пределах по псевдослучайному закону (коду), индивидуальному для каждого разговорного канала, через сравнительно небольшие интервалы времени. Приемник системы ведет себя аналогично, изменяя частоту гетеродина по точно такому же алгоритму, обеспечивая выделение и дальнейшую обработку только нужного канала. С помощью FH сейчас производятся попытки улучшения технических характеристик узкополосных цифровых систем сотовой связи, в частности, GSM.

Второй метод «прямой последовательности» (или DS - Direct Sequence), который основан на использовании шумоподобных сигналах и применяется в большинстве работающих и перспективных системах CDMA. Он предусматривает модуляцию информационного сигнала каждого абонента единственным и уникальным в своем роде псевдослучайным шумоподобным сигналом (он-то и является в данном случае кодом), который и расширяет спектр исходного информационного сигнала. Тут сразу следует отметить, что число вариантов таких кодов достигает нескольких миллиардов, что позволило бы создать персональную связь в масштабах нашей планеты. В результате проведения описываемого процесса узкополосный информационный сигнал каждого пользователя расширяется во всю ширину частотного спектра, выделенного для пользователей сети. В приемнике сигнал восстанавливается с помощью идентичного кода, в результате чего восстанавливается исходный информационный сигнал. В то же самое время сигналы остальных пользователей для данного приемника продолжают оставаться расширенными и воспринимаются им лишь как «белый шум», который является наиболее «мягкой» помехой, в наименьшей степени мешающей нормальной работе приемника.

Чтобы популярно пояснить принцип работы такой системы, воспользуемся одной очень удачной аллегорией, которую, объясняя основы технологии CDMA, обычно предлагает компания Motorola «для экспертов и не очень». 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.

Что выгодно отличает CDMA от других цифровых технологий?

Регулировка мощности. Динамическая регулировка мощности передачи абонентских терминалов и базовых станций - одна из принципиальных особенностей систем IMT-MC, без которой было бы невозможно реализовать их основные преимущества и, прежде всего, обеспечить высокую спектральную эффективность. В системах CDMA используется весьма сложная и эффективная система регулировки мощности с параметрами, которые существенно превосходят аналогичные параметры в системе GSM. Это позволяет передатчикам абонентских и базовых станций работать на минимально возможной мощности и тем самым максимизировать емкость системы. Максимальная мощность, излучаемая телефоном CDMA, составляет около 200 мВт (в системах GSM эта величина равна 2 Вт). С учетом регулировки мощности среднее значение мощности, излучаемое передатчиками абонентских и базовых станций стандарта IMT-MC, значительно меньше максимальных значений.

В десятки 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 практически полное 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.

В системах с КРК в эстафетной передаче МС могут участвовать не-

сколько БС. В результате такого пространственного разнесения каче-

ство связи при переходе МС из одной соты в другую практически не

ухудшается – системы с КРК обеспечивают “мягкую” эстафетную пере-

дачу (soft handover). Режим мягкой эстафетной передачи возможен и в

ССС других типов, но в сотовых сетях на основе КРК он не вызывает

перегрузок БС вследствие свойства эластичности.

Помехоустойчивость метода - по отношению как к узкополо­сным, так и широкополосным помехам - может быть пояснена следующим образом. Модуляция сигнала псевдослучайной после­довательностью при передаче требует его повторной модуляции той же последовательностью при приеме (что эквивалентно демо­дуляции сигнала), в результате чего восстанавливается исходный узкополосный сигнал. При этом подбор задержки демодулирующей последовательности производится экспериментально с точностью до дискрета последовательности, и правильному значению задержки соответствует максимальный отклик на выходе фильтра-демодулятора; описанная схема обработки соответствует так на­зываемому корреляционному приему [18]. Если помеха узкополос­ная, то демодулирующая псевдослучайная последовательность при приеме воздействует на нее как модулирующая, т.е. «разма­зывает» ее спектр по широкой полосе Wss, в результате чего в уз­кую полосу сигнала Ws попадает лишь 1/G часть мощности помехи, так что узкополосная помеха будет ослаблена в G раз, где G = Wss/Ws - выигрыш обработки (processing gain), равный отноше­нию полосы расширенного спектра Wss к полосе Ws исходного сигнала. Например, при Wss = 1.23 МГц и Ws = 19,2 кГц выигрыш обработки составляет G = 65. Если же помеха широкополосная - с полосой порядка Wss или шире, то демодуляция не изменяет ши­рины ее спектра, и в полосу сигнала помеха попадает ослаблен­ной во столько раз, во сколько ее полоса шире полосы Ws исход­ного сигнала.

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.

Одно из замечательных свойств систем CDMA- эффективная работа в условиях многолучевого распространения сигналов, особенно ярко проявляющегося в условиях плотной городской застройки.

Многолучевое распространение сигналов резко отрицательно сказывается на работе сотовых систем первого и второго поколений, которые используют сигнал только одного из лучей, а остальные лучи создают помехи и могут приводить к значительным замираниям сигнала (федингу). В системах CDMA многолучевое распространение не ведет к ухудшению связи благодаря использованию rake-приемников, которые имеют несколько каналов корреляционного приема. Rake-приемники обрабатывают сигналы, прошедшие разными путями (лучами), выравнивая их по фазе и складывая по амплитуде, что позволяет использовать практически всю мощность принимаемого сигнала. Rake-приемники позволяют складывать мощности не только разных лучей от одной ячейки базовой станции (БС), но и от разных ячеек одной БС, а также от разных БС, что позволяет снизить мощность излучения БС и повысить емкость системы.