

## Лекция 6. Методы множественного доступа

**Цель лекции** – ознакомить студентов с основными методами множественного доступа в системах связи, их принципами работы, преимуществами и недостатками.

### Введение

Современные телекоммуникационные системы требуют эффективного управления радиочастотным спектром для обеспечения связи между множеством пользователей. В условиях ограниченности этого ресурса возникает необходимость в разработке методов множественного доступа, которые позволяют нескольким пользователям одновременно использовать общий канал связи. Понятие множественного доступа связано с организацией совместного использования ограниченного участка спектра многими пользователями. Рассмотрим три базовых метода многостанционного доступа: FDMA или множественный доступ с частотным разделением, TDMA или множественный доступ с временным разделением, CDMA или множественный доступ с кодовым разделением каналов.

### Множественный доступ с временным разделением (TDMA)

TDMA (Time Division Multiple Access) – множественный доступ с временным разделением. Это один из трех основных методов множественного доступа, т.е. способов разделения общего ресурса канала связи между участниками информационного обмена. TDMA широко применяется в стандартах второго поколения сотовой связи таких как, например, GSM (Global System for Mobile Communications).

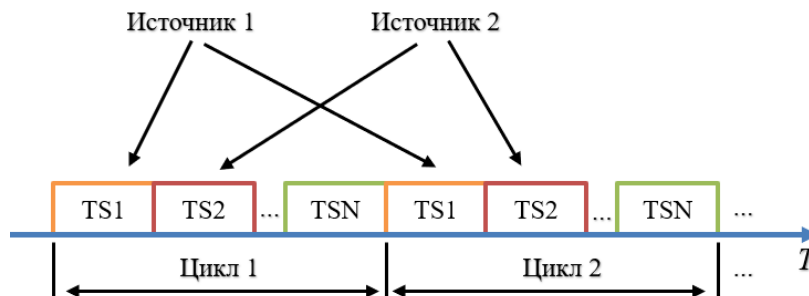


Рисунок 6.1. Структура цикла TDMA

Основной принцип TDMA заключается в том, что имеющийся ресурс разделяется между участниками информационного обмена на циклически повторяющиеся промежутки времени. Промежутки времени получили название «таймслот» (timeslot, TS). При этом абонент может использовать всю ширину пропускания канала, но только в определенные временные отрезки. В такой ситуации главное, чтобы сигналы соседних таймслотов не накладывались друг на друга. Это может быть вызвано как слишком высокой мощностью передачи, так и помехами в канале, несовершенством используемого оборудования. Чтобы избежать подобных межслотовых помех часто вводят специальный защитный временной интервал. Таким образом, если часть энергии одного передатчика просочится за пределы отведенного ему таймслота, то она будет оказывать воздействие лишь на не несущий информацию защитный интервал. Введение такого интервала снижает общую пропускную способность

канала связи, но необходимо для поддержания заданных характеристик качества обслуживания.

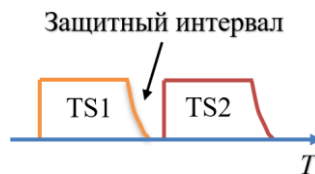


Рисунок 6.2. Защитные интервалы в цикле TDMA

Метод TDMA нашел широкое распространение после появления цифровых систем передачи, в частности PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy – плезиохронная цифровая иерархия) и SDH (Synchronous Digital Hierarchy – синхронная цифровая иерархия). TDMA больше подходит для передачи цифрового потока, нежели FDMA (Frequency Division Multiple Access), т.к. для его передачи как раз характерны особенности TDMA: широкополосность и небольшое время передачи.

В стандарте GSM одновременно используются TDMA и FDMA. Весь частотный диапазон разделяется на частотные каналы по 200 кГц каждый, которые в свою очередь состоят из 8 таймслотов. Также TDMA наряду с другими методами множественного доступа используется в стандартах UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) и LTE (Long Term Evolution).

### **Множественный доступ с частотным разделением (FDMA)**

FDMA (Frequency Division Multiple Access) – множественный доступ с частотным разделением. Это один из самых распространенных методов множественного доступа, применяемых не только в сотовой связи, но и в других системах радиосвязи. Сам термин «множественный доступ» предусматривает разделение общего ресурса линии связи между информационными источниками. Принцип FDMA заключается в том, что весь частотный спектр разделяется между пользователями на равные или не равные частотные полосы. Причем каналы могут быть как симметричными в обоих направлениях, так и асимметричными. Источники информации могут использовать выделенный им частотный ресурс неограниченно по времени, но при этом не должны создавать помехи соседним каналам. Чтобы избежать переходных помех вводят специальный защитный частотный интервал между соседними каналами. Это так называемая полоса расфилтровки. Она не используется для передачи информации и поэтому снижает общую пропускную способность имеющегося канала связи.

Метод FDMA используется как в аналоговых системах связи, так и в цифровых обычно наряду вместе с другими методами множественного доступа TDMA (Time Division Multiple Access) и CDMA. В сотовой связи FDMA применяется во всех стандартах: NMT (Nordic Mobile Telephone), GSM (Global System for Mobile Communications), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), LTE (Long Term Evolution), Mobile WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access). Такое широкое распространение FDMA в первую очередь обусловлено тем, что все системы сотовой связи используют радио соединение на участке между мобильной станцией и базовой, а частота – это самый важный и ценный ресурс такого соединения. Дело в том, что в отличие от проводных соединений, доступ к которым имеют лишь абоненты данной сети, в радио соединениях доступ к эфиру имеют одновременно несколько абонентов/операторов/систем сотовой связи и они не могут работать на одной

частоте в одной точке пространства. В связи с этим появляется необходимость в разделении всего имеющегося ресурса на частотные полосы.

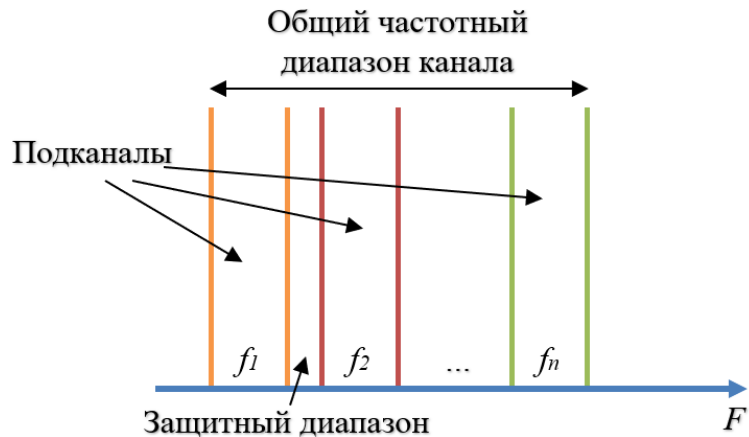


Рисунок 6.3. Принцип организации FDMA

### Метод множественного доступа с кодовым разделением (CDMA)

CDMA (Code Division Multiple Access) – метод множественного доступа с кодовым разделением. Этот метод отличается от двух других наиболее распространенных методов разделения каналов FDMA (Frequency Division Multiple Access) и TDMA (Time Division Multiple Access) тем, что коды в отличие от времени и частоты не являются явным ресурсом канала связи. Несмотря на сложность реализации данный метод используется в радиосвязи уже довольно давно, т.к. обладает очень заманчивыми преимуществами, которых не имеют другие методы множественного доступа.

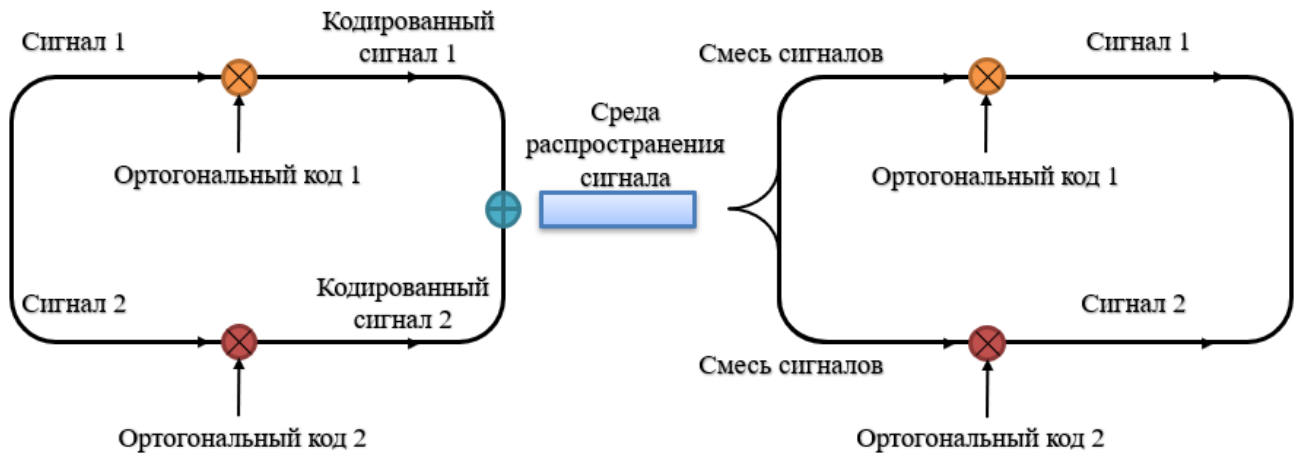


Рисунок 6.4. Принцип организации CDMA

Принцип CDMA заключается в том, что каждому источнику информации назначается индивидуальный код, при помощи которого он кодирует передаваемое сообщение. Приемник информации также знает этот код и его задача в том, чтобы выделить закодированное сообщение нужного отправителя из всего потока других сообщений. В этом и заключается вся сложность, т.к. коды должны быть как можно меньше похожи друг на друга, даже при

временном смещении сообщений. На математическом языке свойство "похожести" называется корреляцией. Таким образом, закодированные сообщения должны обладать как можно меньшей корреляцией. Этим свойством обладают ортогональные коды, взаимное скалярное произведение которых равно 0. На практике удается получить не полностью ортогональные коды, а почти ортогональные. Это означает, что ортогональное произведение стремится к 0, но не достигает его, чего вполне достаточно для устойчивой работы системы, но, в свою очередь, накладывает определенные ограничения. В теории если бы можно было сгенерировать бесконечное число полностью ортогональных кодов, то в одном канале связи смогут одновременно работать бесконечное число абонентов. Из-за неполной ортогональности кодов сигналы различных источников могут создавать помехи друг на друга. Причем чем выше мощности сигналов, тем ощутимее может оказаться влияние. Поэтому число одновременно работающих абонентов и максимально возможная передаваемая мощность в системе с CDMA ограничены.

Метод CDMA используется в основном в системах радиодоступа, т.к. в проводных системах его нецелесообразно использовать из-за высокой сложности и стоимости приемопередающих устройств. В сотовой связи принцип CDMA нашел применение в стандартах 2G и 3G. В частности стандарт CDMA 2000 включает этот метод множественного доступа на участке между базовой станцией (BTS) и мобильным оборудованием (MS). В UMTS используется модифицированный метод – WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access – широкополосный метод множественного доступа с кодовым разделением), главное отличие которого от CDMA заключается в том, что сигнал перед передачей в радиоканале дополнительно расширяется. Это в свою очередь, позволяет добиться лучшей помехоустойчивости, безопасности и снижения потребляемой мощности.

Метод CDMA обладает сравнительно высокой помехоустойчивостью и хорошо работает в условиях многолучевого распространения. Кроме того, он отличается высокой скрытностью, не использует частотного планирования, допускает «мягкую передачу обслуживания», но все это требует обязательного использования достаточно сложных технических решений. Такими решениями являются аккуратная регулировка уровня сигналов, применение секторных антенн и обработка «речевой активности», точная синхронизация БС (например, при помощи спутниковой геодезической системы GPS), при этом возможна потеря автономности системы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое множественный доступ и зачем он необходим в системах связи?
2. В чем заключается принцип работы TDMA и как он реализуется в стандарте GSM?
3. Как организуется доступ в системах FDMA и какие основные характеристики этого метода?
4. В чем состоят преимущества и недостатки CDMA по сравнению с другими методами множественного доступа?
5. Какие проблемы могут возникать при использовании различных методов множественного доступа?
6. Как защищаются таймслоты в TDMA от межслотовых помех?
7. Какие технологии используют адаптивные подходы для улучшения качества связи в системах CDMA?
8. Как метод множественного доступа влияет на пропускную способность и качество связи?