

# Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25<sup>th</sup> Nov., 2023

ISSN: 2835-396X

Website: [econferenceseries.com](http://econferenceseries.com)

## ТЕХНОЛОГИИ ДОСТУПА К СРЕДЕ ПЕРЕДАЧИ В СОТОВЫХ СИСТЕМАХ

ст. пр. Короткова Лариса Александровна,  
ст. пр. Худойбергганов Шавкат Каримович,  
ст. пр. Жабборов Алибек Ботиркул угли.  
асс. Рахимов Жамшид Норбой угли.

Ташкентский Государственный Технический Университет,  
кафедра «Радиотехнические устройства и системы» +998 946905731.

**Аннотация:** эта статья посвящена различным методам разделения каналов в сотовых системах передачи.

**Ключевые слова:** производные методы множественного доступа, множественный доступ с временным разделением, множественного доступа с частотным разделением, мультиплексирование с кодовым разделением.

Одна из основных проблем построения беспроводных систем — это решение задачи доступа многих пользователей к ограниченному ресурсу среды передачи. Существует несколько базовых методов множественного доступа, основанных на разделении между станциями таких параметров, как пространство, время, частота и код. Задача множественного доступа — выделить каждому каналу связи пространство, время, частоту и/или код с минимумом взаимных помех и максимальным использованием характеристик передающей среды.

**Множественный доступ с пространственным разделением** основан на разделении сигналов в пространстве, когда каждое беспроводное устройство может вести передачу данных только в границах одной определенной территории (пространственной области), на которой любому другому устройству запрещено передавать свои сообщения. Самый простой способ пространственного разделения — это ограничение мощности передатчиков.

С появлением аппаратуры (и соответствующих стандартов), обеспечивающей адаптивную перестройку мощности передатчиков абонентских и базовых станций, а также систем на основе антенн с перестраиваемой диаграммой направленности, данный метод получил широкое распространение.



## Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25<sup>th</sup> Nov., 2023

ISSN: 2835-396X

Website: [econferenceseries.com](http://econferenceseries.com)

**Множественный доступ с частотным разделением (Frequency Division Multiplexing — FDM)** каждое устройство работает на строго определенной частоте, благодаря чему несколько устройств могут вести передачу данных на одной территории. Характерный пример схемы FDM — работа нескольких радиостанций на одной территории, но на разных частотах. При этом их рабочие частоты должны быть разделены защитным частотным интервалом, позволяющим исключить взаимные помехи. Эта технология, хотя и позволяет использовать множество устройств на определенной территории, сама по себе приводит к неоправданному расточительству обычно скудных частотных ресурсов, поскольку требует выделения отдельной частоты для каждого беспроводного устройства.

Более гибким является **множественный доступ с временным разделением (Time Division Multiplexing — TDM)**. В данной технологии каналы распределяются по времени, т. е. каждый передатчик транслирует сигнал на одной и той же частоте, но в различные промежутки времени (как правило, циклически повторяющиеся) при строгой синхронизации процесса передачи. Подобная технология достаточно удобна, так как временные интервалы могут динамично перераспределяться между устройствами сети. Устройствам с большим трафиком назначаются более длительные интервалы, чем устройствам с меньшим объемом трафика.

Метод временного уплотнения не может использоваться в чисто аналоговых сетях даже если исходные данные аналоговые (например, речь), он требует их оцифровки и разбиения на пакеты.

Основной недостаток систем с временным уплотнением — это мгновенная потеря информации при срыве синхронизации в канале, например, из-за сильных помех, случайных или преднамеренных. Однако успешный опыт эксплуатации сети стандарта GSM свидетельствует о достаточной надежности механизма временного уплотнения.

Еще один тип множественного доступа — это **мультиплексирование с кодовым разделением (Code Division Multiplexing - CDM)**. Первоначально, из-за сложности реализации, данная технология использовалась в военных целях, но со временем прочно заняла свое место в гражданских системах. В данной схеме все передатчики передают сигналы на одной и той же частоте, но с разными базовыми кодами.



# Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25<sup>th</sup> Nov., 2023

ISSN: 2835-396X

Website: [econferenceseries.com](http://econferenceseries.com)

В технологии CDM каждый передатчик заменяет каждый бит исходного потока данных на CDM-символ — кодовую последовательность длиной в 11, 16, 32, 64 и т.п. бит (их называют чипами). Как правило, если для замены 1 в исходном потоке данных используют некий CDM-код, то для замены 0 применяют тот же код, но инвертированный.

Приемник знает CDM-код передатчика, сигналы которого должен воспринимать. Он постоянно принимает все сигналы, оцифровывает их. Затем в специальном устройстве (корреляторе) производит операцию свертки (умножения с накоплением) входного оцифрованного сигнала с известным ему CDM-кодом и его инверсией. Если сигнал на выходе коррелятора превышает некий установленный пороговый уровень, приемник считает, что принял 1 или 0. Для увеличения вероятности приема передатчик может повторять посылку каждого бита несколько раз. При этом сигналы других передатчиков с другими CDM-кодами приемник воспринимает как аддитивный шум. Похожести CDM-сигналов на случайный (гауссов) шум добиваются, используя CDM-коды, порожденные генератором псевдослучайных последовательностей. Такие кодовые последовательности называют шумоподобными, соответственно модулированные ими сигналы — шумоподобными сигналами сигналов (ШПС).

Наиболее сильная сторона данного уплотнения заключается в повышенной защищенности и скрытности передачи данных: не зная кода, невозможно получить сигнал, а в ряде случаев — и обнаружить его присутствие. Кроме того, кодовое пространство несравненно более значительно по сравнению с частотным уплотнением, что позволяет без особых проблем присваивать каждому передатчику свой индивидуальный код.

Уплотнение с кодовым разделением — метод синтетический, т. е. он базируется на частотном либо временном методе уплотнения. Кодовые последовательности выбирают так, чтобы минимизировать вероятность одновременной работы двух передатчиков. Тем самым обеспечивается определенная защита от прослушивания и помех.

Еще одна важная производная методов кодового и частотного уплотнения — механизм **мультиплексирования посредством ортогональных несущих (OFDM — Orthogonal Frequency Division Multiplexing)**. Его суть: весь доступный частотный диапазон разбивается на достаточно много поднесущих (от нескольких сот до тысяч). Одному каналу



# Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25<sup>th</sup> Nov., 2023

ISSN: 2835-396X

Website: [econferenceseries.com](http://econferenceseries.com)

связи (приемнику и передатчику) назначают для передачи несколько таких несущих, выбранных из всего множества по определенному закону. Передача ведется одновременно по всем поднесущим, т.е. в каждом передатчике исходящий поток данных разбивается на  $N$  субпоток, где  $N$  — число поднесущих, назначенных данному передатчику. Распределение поднесущих в ходе работы может динамически изменяться, что делает данный механизм не менее гибким, чем метод временного уплотнения. Метод OFDM используется в системах связи таких стандартов, как IEEE 802.11 a/g и DVB, а также является одним из основных механизмов стандарта широкополосных региональных БСПИ IEEE 802.16-2004.

Рассмотренные выше механизмы — это способы разделения единого ресурса на каналы передачи. Однако эти каналы надо еще назначить конкретным устройствам. Рассмотрим несколько наиболее популярных схем распределения канальных ресурсов на базе технологии TDM (аналогичные механизмы возможны и при других методах уплотнения).[1]

Простейший алгоритм для технологии уплотнения TDM — это **фиксированное распределение временных интервалов** между различными устройствами. Распределением занимается базовая станция (центральное устройство), которая сообщает каждому абонентскому устройству время начала передачи. Подобная схема идеально подходит для беспроводных сетей, которые имеют фиксированную пропускную способность.

Противоположностью данного механизма является полностью случайный доступ или **классическая Aloha**. В ней при передаче данных мобильным устройством не используется какой-либо алгоритм, который позволял бы избежать одновременной работы двух передатчиков в одно время на одной частоте. Это означает, что любое устройство может передавать данные в любое время и нет никакой гарантии, что эти данные будут успешно доставлены получателю.

Усовершенствованием Aloha явился метод **множественного доступа с детектированием несущей (Carrier Sense Multiple Access — CSMA)**. Детектирование несущей частоты означает лишь то, что канал прослушивается устройством. Если он занят, т.е. другое устройство передает данные, то передатчик переходит в ждущий режим до того момента, когда канал станет свободным. Поскольку фактически доступ к среде получает та



# Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25<sup>th</sup> Nov., 2023

ISSN: 2835-396X

Website: [econferenceseries.com](http://econferenceseries.com)

станция, которая первой начала передачу, данный механизм еще называют методом конкурентного доступа.

Другой вариацией данного метода является CSMA/CA (CA — Collision Avoidance, с предотвращением конфликтов), используемая в беспроводных ЛВС стандарта IEEE 802.11. Здесь после определения занятости канала время ожидания выбирается случайно в некотором временном промежутке.

**Технология с цифровым детектированием (DSMA Digital Sense Multiple Access)** использует схожий с CSMA/CA принцип работы. Этот метод также называют **множественным доступом с детектированием подавления (Inhibit Sense Multiple Access — ISMA)**. Различие заключается в том, что занятость канала определяется не путем прослушивания, а посредством посылки базовой станцией пакета, в котором определяется статус канала. В данной технологии базовая станция должна быть синхронизирована с передатчиками так, чтобы передатчики не передавали данные во время передачи статуса канала. Если канал занят, то станции ждут случайного промежутка времени для последующей передачи. Поскольку несколько станций могут одновременно передать данные, центральная станция посылает пакет с подтверждением о получении пакета данных.[2]

Примером подобного механизма является **технология множественного доступа с распределением по запросу (Demand Assigned Multiple Access DAMA)**, называемая также Aloha с резервированием. Она, в частности, применяется в спутниковых системах связи. В течение определенного временного интервала, разбитого на мини-интервалы, все станции пытаются зарезервировать для себя будущие временные интервалы для передачи данных. Поскольку на стадии резервирования происходят конфликты, некоторым станциям не удастся зарезервировать каналный ресурс. Если станции удалось зарезервировать временной интервал, то ни одна другая станция не сможет в это время осуществлять передачу. Таким образом, базовая станция собирает все успешные запросы (остальные игнорируются) и посылает назад список с указанием прав доступа к последующим временным интервалам. Этому списку подчиняются все станции. DAMA относится к технологиям с явным резервированием, когда каждый интервал для передачи резервируется явно.

**Технология TDMA с резервированием** отличается от предыдущей схемы тем, что этап резервирования происходит не на основании конкурентного



# Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25<sup>th</sup> Nov., 2023

ISSN: 2835-396X

Website: [econferenceseries.com](http://econferenceseries.com)

доступа, а по обычной фиксированной схеме TDMA. Каждому устройству назначается временной мини-интервал, в течение которого оно сообщает, будет ли передавать данные. Поэтому в начале каждого цикла передачи базовая станция передает пакет, разбитый на  $N$  интервалов, в каждом из которых указано, зарезервирован канал или нет. Затем следуют  $N \cdot k$  интервалов для данных. Данный метод гарантирует каждой зарезервировавшей канал станции определенную пропускную способность. Остальные станции могут пересылать данные в течение интервалов, которые никто не зарезервировал, но уже на принципах конкурентного доступа и без гарантии доставки пакетов.

**Технология с резервированием пакетов (PRMA — Packet Reservation Multiple Access)** является примером со скрытым резервированием, поскольку интервалы резервируются неявно. Центральное устройство в начале каждого цикла рассылает список с распределением временных интервалов. Само же резервирование происходит по другому принципу. Представим, что какому-либо устройству необходимо передать данные, но при этом он не зарезервировал временной интервал. Это устройство регулярно получает список с зарезервированными интервалами. К примеру, в полученном списке указано, что третий, пятый и восьмой интервалы не зарезервированы, т.е. свободны. Устройство случайным образом принимает решение о том, в каком интервале можно попытаться передавать данные. Например, устройство передает сообщение в пятый интервал. Если передача прошла успешно, устройство получает об этом подтверждение. Базовая станция резервирует этот канал для нового устройства и включает его в свой список. Если запрос не дошел до базовой станции, устройство должно попробовать вновь послать данные в один из свободных интервалов.[3]

## Список литературы

- 1 Карташевский В.Г. и др. Сети подвижной связи – М.: ЭКО ТРЕНДЗ, 2003.
- 2 Коньшин С.В., Сабдыкеева Г.Г. Теоретические основы систем связи с подвижными объектами: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2007.
- 3 Клочковская Л.П., Коньшин С.В. Технология беспроводной связи. Расчет параметров мобильной связи. Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2007.

