

TDMA и Polling: особенности применения в беспроводных сетях



Успешно сдайте бесплатный сертификационный экзамен в Академии "Инфинет" и получите статус сертифицированного инженера Инфинет.

[Пройти сертификационный экзамен](#)

- [Сокращения и определения](#)
- [Введение](#)
- [Необходимое вступление о 802.11x](#)
 - [Полудуплексная передача](#)
 - [Коллизии](#)
- [Описание технологии Polling](#)
 - [Алгоритм CSMA/CA](#)
 - [Описание работы технологии Polling](#)
- [Описание технологии TDMA](#)
 - [Структура кадра TDMA](#)
 - [Процесс подключения к сети](#)
 - [Структура кадров технологии TDMA при топологии PtMP](#)
- [В каких ситуациях лучше работает TDMA](#)
 - [Использование одинакового номинала частот или смежных частотных каналов \(Frequency re-use\)](#)
 - [Решение проблемы «плохого» абонента](#)
 - [Выполнение SLA](#)
 - [Triple play PtMP](#)
 - [Работа в сложных условиях. Отсутствие прямой видимости \(nLoS\), каналы связи над водной поверхностью](#)
- [В каких ситуациях лучше работает Polling](#)
 - [Работа в условиях сильных помех \(Интерференция\)](#)
 - [Работа в узких полосах \(5 МГц и 10 МГц\)](#)
- [Заключение](#)
- [Ссылки](#)

Сокращения и определения

В данном документе используются следующие сокращения:

- БС - Базовая станция
- АС - Абонентская станция
- БШПД – Беспроводной широкополосный доступ
- ARQ - Automatic Repeat reQuest / Автоматический запрос повторной передачи
- CSMA/CA - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance / Множественный доступ с контролем несущей и избеганием коллизий
- MIMO - Multiple Input Multiple Output / Множественный ввод Множественный вывод
- NLOS - Non-Line of Sight / Отсутствие прямой видимости
- PtMP - Point to Multi Point / Точка-многоточка
- SLA – Service Level Agreement / Соглашение об уровне предоставления услуги
- TDMA - Time Division Multiple Access / Множественный Доступ с Разделением по Времени
- VoIP - Voice over IP

В данном документе приняты следующие определения:

- Downlink – Передача данных от базовой станции к абонентской станции
- Jitter – Вариация задержки при передаче пакетов
- Retry – Повторная передача пакетов
- Time frame – Временной кадр

- Triple Play – телекоммуникационный термин, когда пользователям по одному каналу широкополосного доступа предоставляется одновременно три сервиса — высокоскоростной доступ в Интернет, кабельное телевидение и телефонная связь
- Uplink – Передача данных от абонентской станции к базовой станции
- Subslot – Субслот. Временной кадр делится на слоты Uplink и Downlink. В свою очередь, слоты можно разбить на несколько равнозначных субслотов. Каждый субслот может быть предназначен для передачи данных от отдельного устройства. Назначение субслотов – позволить передавать данные от нескольких абонентских станций в одном Uplink слоте при топологии PtMP

Введение

Цель данного документа предоставить информацию о возможностях и особенностях технологий **TDMA** и **Polling** для устройств семейств InfiLINK 2x2 и InfiMAN 2x2 с поддержкой технологии MIMO.

Технология Polling используется с версией программного обеспечения «MINT», технология **TDMA** – «TDMA». Обе версии ПО доступны на официальном ftp-сервере компании «Инфинет»: <https://ftp.infinet.ru/pub/Firmware/>.

Версия ПО меняется при помощи обновления ПО полностью, при этом сохраняется текущая конфигурация устройства. Обновление ПО с технологии **Polling** на технологию **TDMA** и обратно, можно производить в любой свободный технологический интервал с кратковременным прерыванием оказания услуг связи (требуется перезагрузка).



ВНИМАНИЕ

Процесс перехода с версии программного «MINT» на «TDMA» описан в документе: [Переход с Polling на TDMA](#)

Необходимое вступление о 802.11x

Семейства InfiLINK 2x2 и InfiMAN 2x2 функционируют на основе стандартов 802.11x.

Полудуплексная передача

Устройства семейств InfiLINK 2x2 и InfiMAN 2x2 оснащены одним радиомодулем, поэтому в один и тот же момент времени они могут либо передавать данные, либо принимать. Иными словами, работают всегда в режиме полудуплексной схемы (**half-duplex**). Работа беспроводных сетей осуществляется строго в полудуплексном режиме.

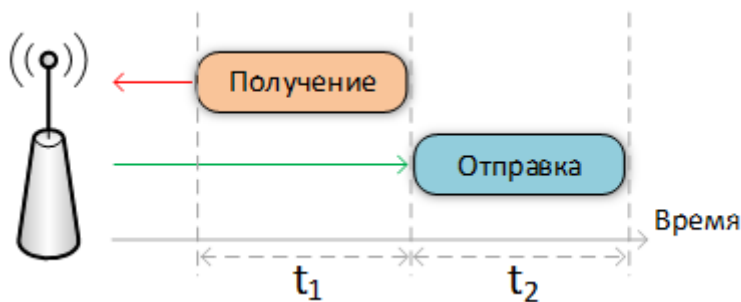


Рисунок - Схема приема и получения данных устройством

Коллизии

В топологии «точка-многоточка» (PtMP) происходит коллизия на приеме, если две абонентских станции (АС) одновременно начинают передавать данные на базовую станцию (БС).

Если происходит коллизия, то абонентские станции (данные которых создали коллизию) вынуждены повторить отправку данных ещё раз. В случае, если коллизии происходят постоянно, то происходит существенное снижение объёма передаваемого трафика, увеличиваются задержки между пакетами, вариация задержки пакетов (jitter) становится слишком большой, в службах реального времени (VoIP, видеоконференции) наблюдаются сильные искажения звука и видео.

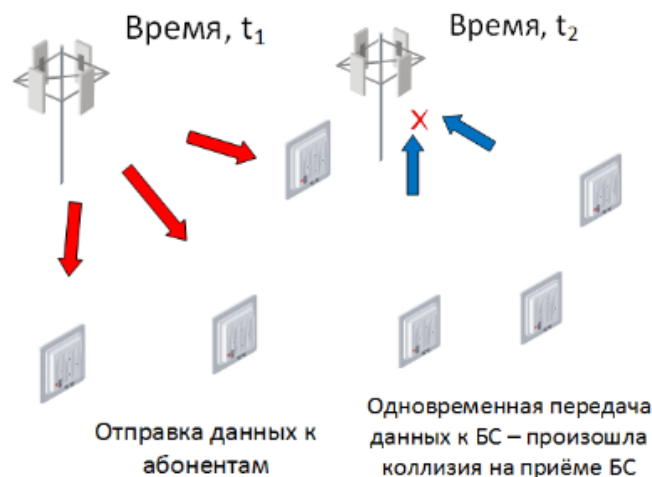


Рисунок – Коллизия на приёме при одновременной передаче

Описание технологии Polling

Алгоритм CSMA/CA

Технология **Polling** в качестве метода доступа к среде использует алгоритм **CSMA/CA**, описанный стандартами семейства 802.11x.

CSMA/CA был создан как метод борьбы с коллизиями при множественном доступе в топологиях «точка-многоточка».

Этот метод предусматривает обязательное прослушивание эфира перед началом передачи, с целью убедиться в отсутствии других источников излучения. Соответственно, одна АС может начать передачу только тогда, когда остальные абоненты ожидают прием данных. Кроме того, во время передачи принимающая сторона отправляет обязательное подтверждение получения данных с помощью специального пакета-квитанции (ACK). Корректная работа алгоритма **CSMA/CA** требует выполнения важного условия – все АС должны иметь возможность "слышать" сигналы друг друга. В случае, если радиоизлучение некоторых АС не может быть обнаружено другими АС (например, используются только узконаправленные антенны с большим коэффициентом усиления в ограниченном секторе излучения), то станции могут передавать одновременно, это и приводит к коллизиям на приёме БС.

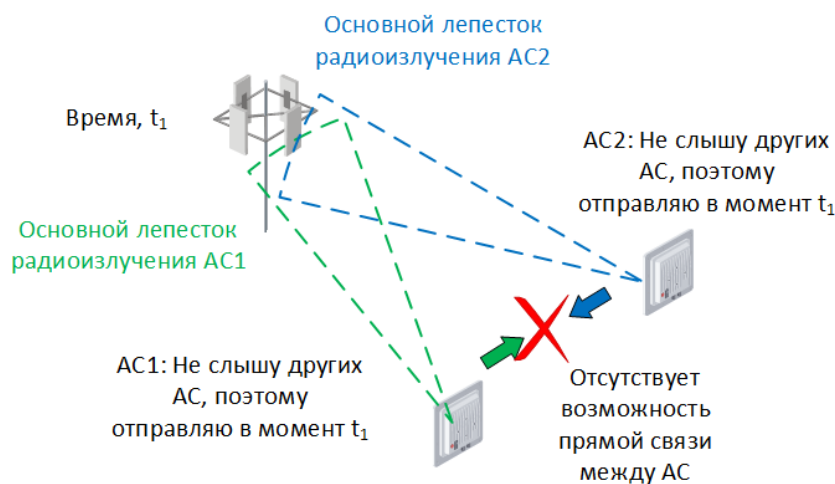


Рисунок – Коллизии в топологии PtMP при использовании узконаправленных антенн

Обнаружение коллизий за счёт «прослушки» перед передачей перестаёт работать: эфир всегда будет свободным, за исключением случая, когда БС отправляет данные (Downlink).

Кроме того, необходимость прослушивания эфира вносит дополнительную задержку, величина которой может случайным образом меняться в довольно больших пределах (особенно при наличии помех), что приводит к увеличению вариации задержки пакетов (jitter). Подтверждающая пакет-квитанция (ACK) отправляется принимающей стороной сразу после завершения приёма пакета данных, поэтому отправка осуществляется максимально быстро. В случае, если целостность данных на приёме не подтверждается ACK, тогда весь пакет данных запрашивается повторно. Передача пакетов повторно называется переповтором (Retry).

Преимуществом использования алгоритма **CSMA/CA** является то, что для передачи пакета определённого размера расходуется ровно столько времени, сколько нужно для его распространения в эфире. Данное преимущество используется и в технологии **Polling**.

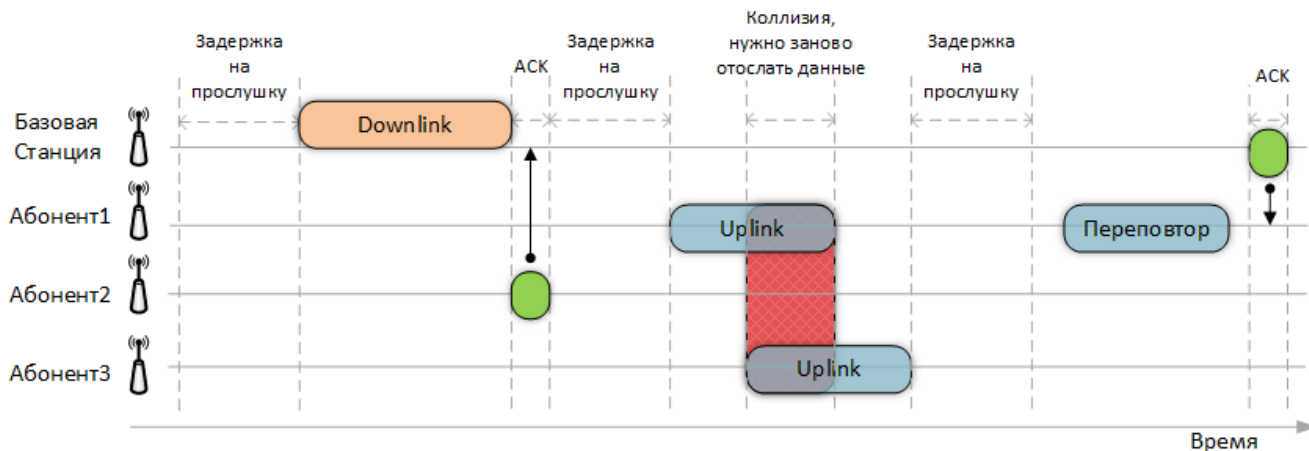


Рисунок – Коллизии при CSMA/CA

В связи с тем, что размер пакетов постоянно варьируется и зависит от типа трафика, генерируемого пользователями, при использовании маленьких пакетов (Интернет, IP телефония) задержки и времени отклика получаются довольно маленькими. Соответственно, при использовании трафика с большим размером пакетов (передача видео, архивов) – задержки и время отклика возрастают.

Смешанная передача, когда передаются данные разных сервисов, например, видео и веб-трафик одновременно – сильно возрастает вариация задержки между пакетами (jitter).

Уровень задержки может быть выше вследствие работы механизма повторной отправки потерянных пакетов (ARQ). Задержка увеличится кратно количеству необходимых повторных передач, поскольку повторные пакеты отправляются непрерывно до тех пор, пока пакет не будет доставлен (подтверждён) или отброшен явно.

Описание работы технологии Polling

Одно из решений контроля коллизий, это **Polling** – строгий контроль всей передачи данных от абонентов со стороны БС путём введения специальных разрешений на передачу данных (Uplink) для АС. БС рассылает специальные служебные пакеты «маркеры» (poll), которые разрешают передачу трафика Uplink абонентами. До тех пор, пока абонентское устройство не получит «маркер» от БС, передача данных не начнется, это приводит к увеличению задержки.

Распределение базовой станцией специальных «маркеров» упорядочивает работу абонентов, так как абонент начинает передачу только после получения «маркера». Таким образом, только одно абонентское устройство передает данные в один момент времени, что позволяет избежать коллизий. При этом сам обмен данными осуществляется стандартным способом, как описано выше.

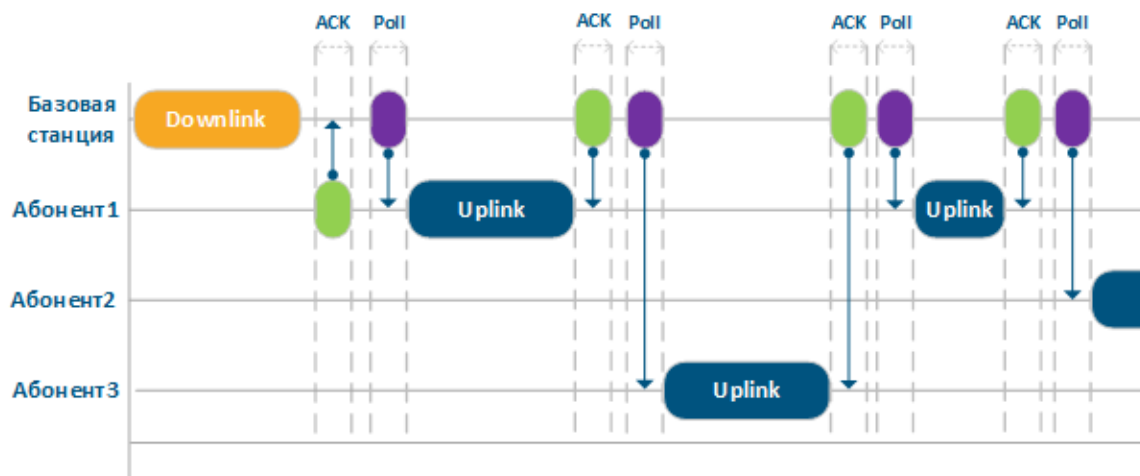


Рисунок – Принцип работы Polling

Механизм подтверждений и повторов в целом повышает надёжность и уменьшает количество потерь данных. В то же время для системы «точка-многоточка» это может создать проблему, поскольку один «плохой» абонент с неблагоприятной помеховой обстановкой увеличивает задержку для тех абонентов, у которых проблемы с помехами отсутствуют и которые могли бы передавать больше данных. В результате, общая пропускная способность базовой станции в значительной степени зависит от наличия «плохих» абонентов.



ВНИМАНИЕ

Настройка оборудования в сетях с маркерным доступом выполняется в соответствии с рекомендациями, приведенными в документации: [Настройка линка](#).

Описание технологии TDMA

Еще одним способом предотвращения коллизий является технология **TDMA**.

TDMA делит каждый сеанс передачи данных на два потока временных кадров (time frames) от одного устройства, например, от БС к АС, и в обратном направлении. Каждый временной кадр имеет одинаковый размер, который определяется временем передачи (например, 10 мс), а также зависит от ширины канала, схемы модуляции и других параметров.

Периодически, по определённому алгоритму, каждому устройству выделяется один временной кадр для передачи накопленных данных. При этом гарантируется, что передача начнётся строго в определённый момент и будет осуществляться в течение разрешенного фиксированного отрезка времени. Это справедливо и для служебной информации, квитанций и повторных передач (если они потребуются).

Каждый временной кадр разделяется на слоты Uplink и Downlink в соответствии с заданным в конфигурации соотношением.

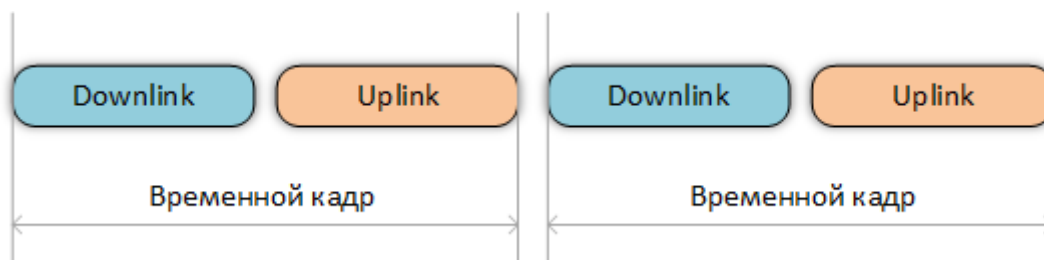


Рисунок – Структура временных кадров TDMA

TDMA, в отличие от технологии **Polling**, обеспечивает синхронизацию между базовой станцией и абонентскими устройствами.

Каждое устройство, подключенное к сектору базовой станции, синхронизируется с ним таким образом, что время на всех устройствах начинает идти синхронно, с точностью до микросекунды. Затем каждый сеанс связи отдельного устройства происходит в течение временных интервалов фиксированной длительности (временные кадры).

Соответственно, каждый абонент будет передавать данные только во время своего, отведенного базовой станцией, временного кадра.

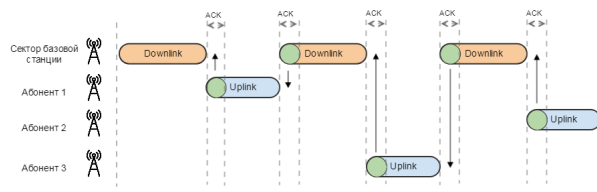


Рисунок – Принцип работы TDMA

Для того, чтобы максимально полно использовать отведенное время, в **TDMA** используется не пакетная передача данных, а непрерывный байтовый поток, который "нарезается" на порции подходящего размера по времени, а не по длине. Но, поскольку размер временного кадра фиксирован, то при нехватке данных для его заполнения часть времени на передачу будет потрачена впустую. Использование более короткого размера временного кадра помогает исправить этот недостаток и уменьшает задержку, но ведёт к уменьшению доли полезных данных внутри временного кадра и снижению максимальной пропускной способности.

Ограничение **TDMA** заключается в том, что пропускная способность для Uplink и Downlink (при фиксированном соотношении) статична. В связи с этим справедливы следующие утверждения:

- Если данных на отправку больше, чем может быть отправлено во временном кадре – будет увеличиваться размер очереди на отправку и данные будут доставляться дольше.

- Если данных на отправку будет меньше, чем может быть отправлено во временном кадре – часть пропускной способности беспроводного канала связи не будет использоваться. Данная ситуация проиллюстрирована ниже.

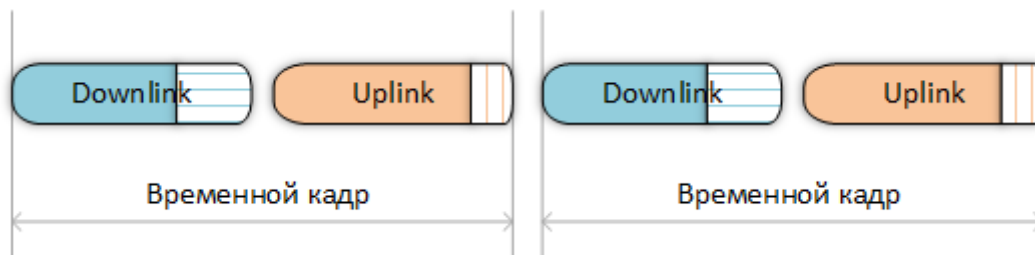


Рисунок – Схема отправки с неполным временным кадром

Структура кадра TDMA

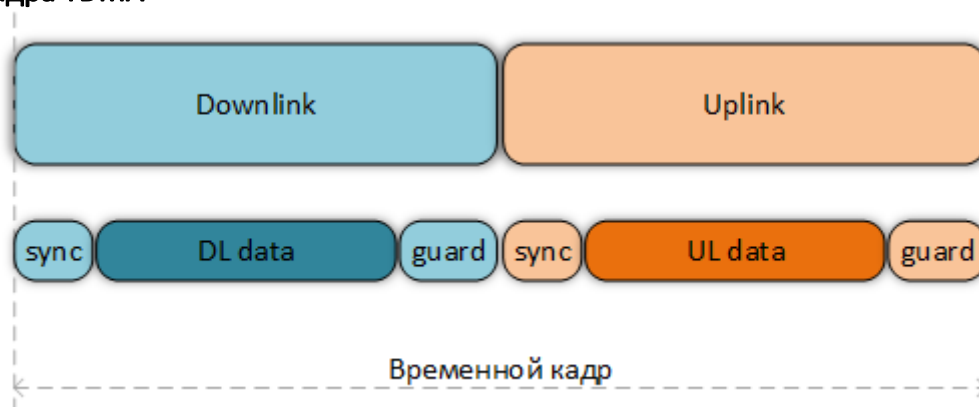


Рисунок – Структура кадра TDMA

- **Sync** - служебная информация, необходимая для поддержки синхронизации беспроводного канала связи и работы механизма ARQ. Имеет фиксированную длительность, зависит только от используемой полосы и не зависит от размера временного кадра.
- **Guard** - защитный интервал для предотвращения коллизий. Длительность защитного интервала зависит только от расстояния между объектами (примерно 3 мкс на 1 км).

Общий объем служебной информации (Sync+Guard) относительно постоянен (для выбранной полосы и расстояния), и не зависит от длины временного кадра. Поэтому изменение размера временного кадра приводит к изменению доли полезных данных (Downlink Data / Uplink Data).

Как видно из схемы ниже, при уменьшении длительности временного кадра в два раза (с 5 мс до 2.5 мс), доля полезных данных уменьшится значительно сильнее (больше чем в два раза).

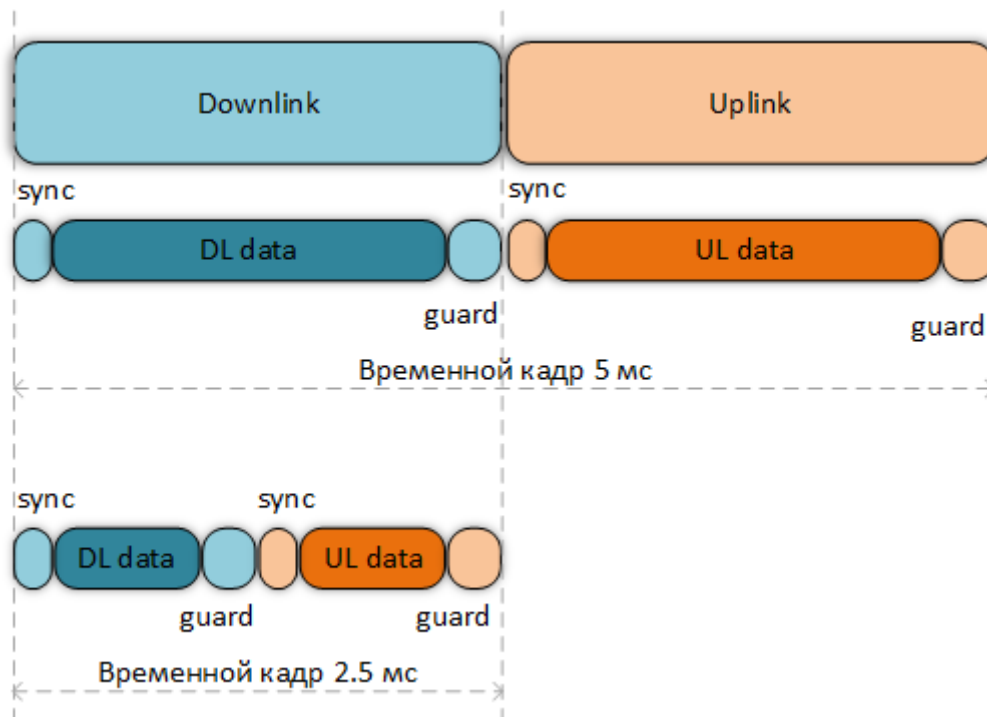


Рисунок – Схема сравнения при уменьшении временного кадра в два раза

За одно и то же время при коротком временном кадре будет передано меньше полезных данных, чем при длинном временном кадре. Однако и задержка при коротком временном кадре будет в два раза меньше.

Процесс подключения к сети

Процесс подключения к сети отличается от технологии **Polling**. При использовании технологии **TDMA** абонентская станция **ничего не излучает в эфир** до тех пор, пока не подключится к базовой станции. В процессе поиска абонентская станция только сканирует эфир, «слушает» сигналы базовых станций и составляет карту потенциальных кандидатов для подключения. Затем абонентская станция ожидает специального сигнала от выбранной базовой станции для отправки запроса на подключение. Такой сигнал рассылается периодически каждой базовой станцией и позволяет новым устройствам подключаться к сети, не создавая помех уже подключенным абонентским станциям. При этом весь процесс поиска и подключения к сети выполняется значительно быстрее, чем при использовании технологии **Polling**.

Структура кадров технологии TDMA при топологии PtMP

В режиме «точка-многоточка» в целях уменьшения задержки и повышения общей эффективности система может использовать несколько временных субслотов в каждом направлении, если текущий размер временного кадра позволяет это сделать.

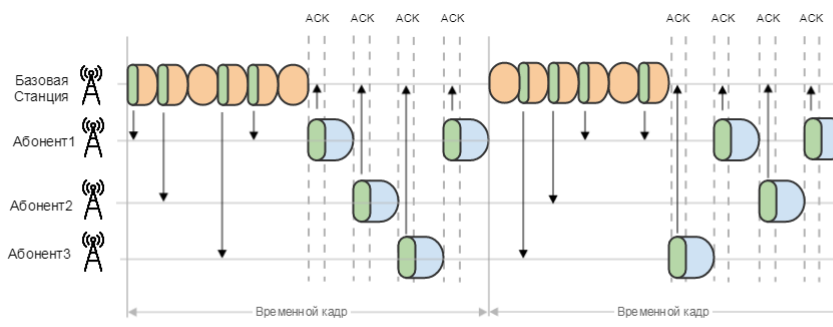


Рисунок – Структура кадров TDMA при PtMP с использованием субслотов

В таком случае за один временной кадр система может отправлять и получать данные сразу от нескольких абонентских станций, что существенно снижает время отклика при большом количестве подключенных устройств, но снижает пропускную способность из-за уменьшения доли полезных данных и увеличения объема служебной информации. Если использовать только один субслот в каждом направлении, то средняя задержка при обслуживании абонентов (в случае Round-Trip, при условии, что все абоненты одинаково активны) будет равна количеству абонентских станций, умноженному на размер временного кадра и коэффициент "2.5". Использование нескольких субслотов снижает задержку ровно во столько же раз. Однако, чем больше количество субслотов, тем меньше доля полезных данных в части временного кадра, отводимой для передачи данных в Uplink. Поэтому при соотношении DL/UL равном 50%, пропускная способность в Uplink получается значительно меньше, чем в Downlink. В самом деле Downlink выделен под отправку данных только от базовой станции, а Uplink распределяется между всеми абонентскими станциями, соответственно, чем больше абонентских станций, тем меньше доля Uplink выделяемая на каждую абонентскую станцию. Следовательно, если требуется получить симметричную загрузку сектора, то соотношение DL/UL должно быть меньше (например, 45%). Более того, при большом количестве клиентов, соотношение DL/UL больше 60% практически не приводит к увеличению пропускной способности в Downlink, поскольку уменьшение количества субслотов резко увеличивает задержку (поскольку снижается пропускная способность и возрастает размер очереди на отправку у каждого абонентского устройства), как следствие, не позволяет эффективно работать системе ARQ, для подтверждения доставки данных требуется слишком много времени.



ВНИМАНИЕ

Настройка оборудования в сетях с разделением по времени выполняется в соответствии с рекомендациями, приведенными в документации: [Настройки линка](#).

В каких ситуациях лучше работает TDMA

Использование одинакового номинала частот или смежных частотных каналов (Frequency reuse)

Создание многосекторной базовой станции подразумевает обязательное решение проблемы взаимной интерференции, возникающей между разными секторами в случае, если они работают на смежных или даже на одинаковых частотах. Именно решение этой задачи и являлось основной целью разработки технологии **TDMA**.

Смежные частоты или даже одинаковые могут быть выбраны по следующим причинам:

- Регулирующий орган ограничивает использование частот
- Все остальные частоты перегружены помехами

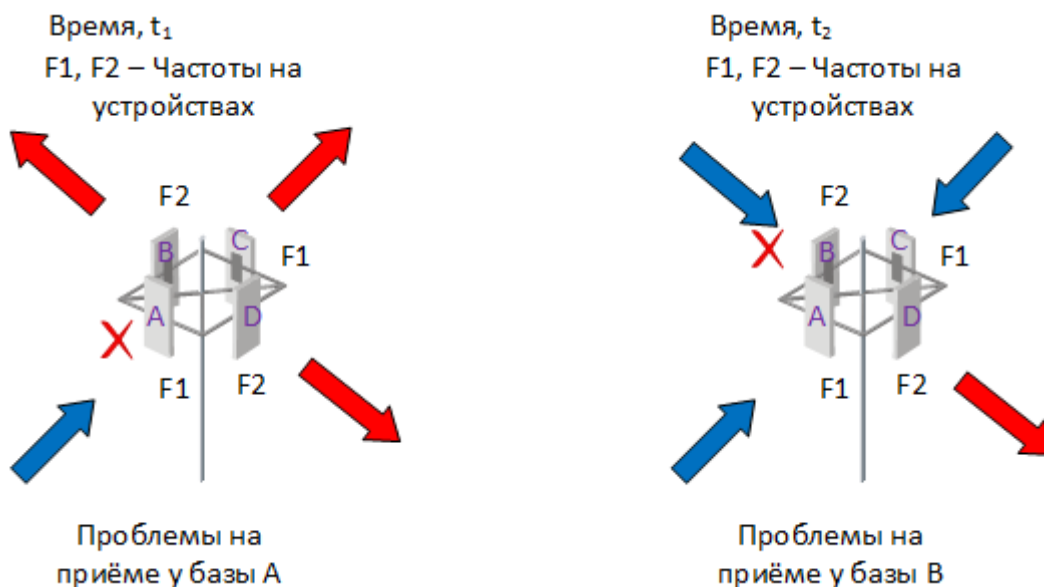


Рисунок – Схема работы секторов независимо от других

Межсекторную интерференцию можно исключить, если все сектора будут передавать и принимать одновременно. Задавая одинаковые параметры временного кадра и одинаковое соотношение Uplink и Downlink, мы получим одинаковое время передачи и приема для всех секторов.

Тем не менее, размер временных кадров и одинаковое время на Uplink/Downlink не гарантирует отсутствия коллизий, поскольку крайне важно, чтобы начало передачи всех секторов, а также начало передачи всех абонентских станций было одним и тем же. Внутренние часы каждого отдельного устройства могут отличаться друг от друга и чем больший период времени мы выберем, тем сильнее будут различия. Следовательно, требуется постоянно согласовывать время на всех устройствах. Технология **TDMA** включает согласование времени абонентских станций со временем базовой станции, иначе возникало бы большое количество переповторов в Downlink, и даже коллизии при отправке в Uplink.

Синхронизация секторов при помощи AUX-ODU-SYNC

Осталось согласовывать постоянно время на всех секторах многосекторной базовой станции. Для этого используется отдельное специальное устройство AUX-ODU-SYNC, которое синхронизирует свое внутреннее время со временем, получаемым со спутника, а затем предоставляет опорный синхронизирующий сигнал для секторов.



Рисунок – Устройство AUX-ODU-SYNC

Внешний источник синхронизации позволяет синхронизировать время (начало каждой секунды) на нескольких устройствах (до 7) с точностью менее микросекунды так, что все подключенные устройства могут включать передатчики в один и тот-же момент времени. Это полностью исключает взаимное влияние соседних секторов, когда одно передающее устройство своим мощным сигналом мешает соседнему устройству принимать слабые сигналы своих клиентов. Синхронизатор оснащён приёмником GPS/GLONASS, но может использоваться и вне зоны приёма спутниковых сигналов (например, в помещении). В этом случае используется встроенный тактовый генератор, который вырабатывает единый синхроимпульс для всех подключенных устройств. Однако, при необходимости устранения межсайтовой интерференции (две независимые базовые станции, расположенные на некотором расстоянии друг от друга), наличие спутникового сигнала обязательно. Это позволяет использовать в качестве единого синхроимпульса сигнал от спутниковой системы глобального позиционирования.

Характеристики AUX-ODU-SYNC

- Совместимость с секторами базовых станций InfiMAN 2x2 и устройствами InfiLINK 2x2 PRO
- Встроенный приемник GPS/ГЛОНАСС и активная антенна
- Предоставление опорного синхросигнала от ГНСС
- Синхронизация устройств в пределах площадки и между площадками
- Предоставление информации о геопозиционировании и об универсальном синхронизированном времени (UTC)
- 7 портов синхронизации для подключения секторов

Для подключения AUX-ODU-SYNC к устройствам должны использоваться специализированные кабели синхронизации CAB – SYNC, обеспечивающие преобразование интерфейса и грозозащиту.

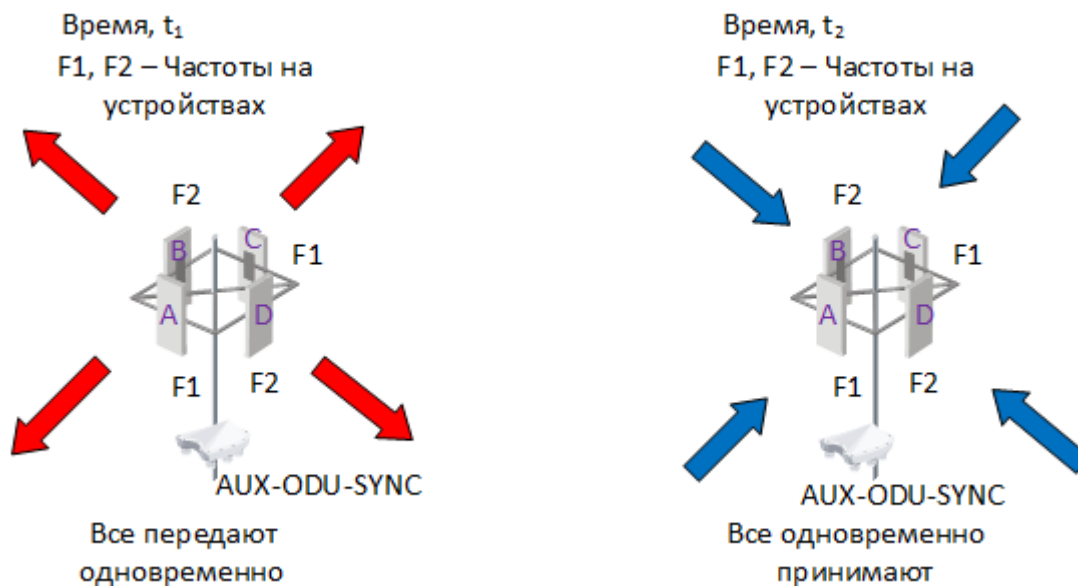


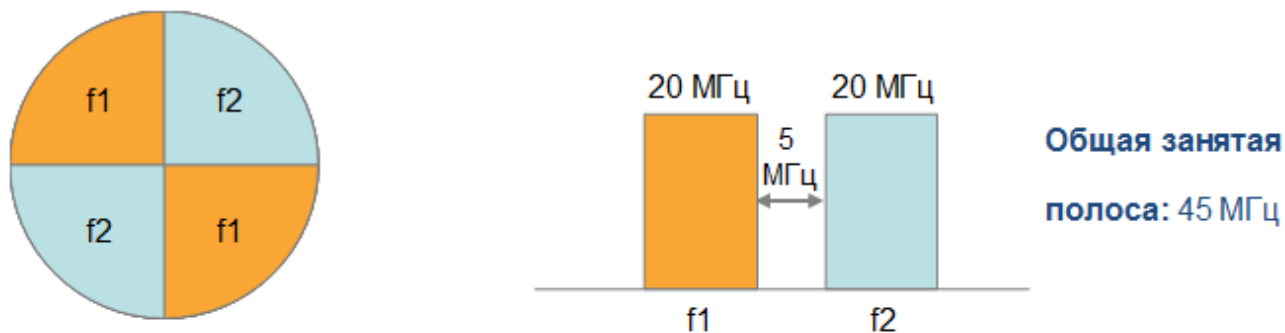
Рисунок – Схема одновременной передачи и получения данных

Для успешной работы выше описанной схемы необходимо, чтобы выполнялось два основных условия:

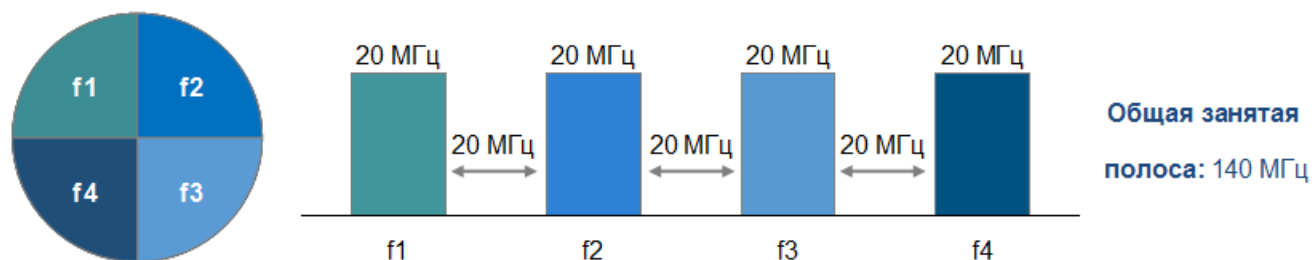
1. Сектор базовой станции не должен “слышать” абонентов другого сектора.
2. Абонентские устройства не должны “слышать” сигналы других секторов, кроме своего.

Основная задача синхронизации между секторами – обеспечить стабильную и гарантированную работу базовой станции в условиях ограниченного частотного ресурса. Например, на 4-х секторной базовой станции вместо 4-х частот по 20 МГц (с защитными интервалами) с помощью синхронизации секторов можно использовать 2 частоты по 20 МГц. В этом случае возможно увеличение производительности за счет более эффективного использования частотного ресурса. Для достижения таких же показателей при использовании технологии Polling, потребуется 4 диапазона частот по 20 МГц и дополнительный защитный интервал в 20 МГц (равный ширине канала) между смежными диапазонами.

Пример 1: БС из 4 секторов TDMA, оснащенных устройством синхронизации AUX-ODU-SYNC



Пример 2: БС из 4 секторов, работающих по технологии Polling.



Решение проблемы «плохого» абонента

В беспроводных сетях с топологией «точка-многоточка» очень редко абонентские устройства находятся в одинаковых условиях по отношению к базовой станции. Отличается расстояние до базовой станции, величина перекрытия зоны Френеля, уровни принимаемых сигналов, количество помех и так далее. Таким образом, каждый абонент работает с базовой станцией на разных модуляциях и с разным количеством переповторов. Однако, в случае пакетного режима передачи данных, время необходимое для отправки данных зависит от их объёма, скорости передачи и количества повторных попыток. Чем длиннее пакет, чем меньше скорость передачи и чем больше было сделано повторных попыток, тем больше на это понадобится времени. Так работает **Polling** и с разным количеством переповторов.

Соответственно, один «плохой» абонент, работающий на медленной скорости или имеющий проблемы с помехами, может оттянуть на себя большую часть времени работы базовой станции, что приведет к существенному снижению пропускной способности беспроводной сети в целом.

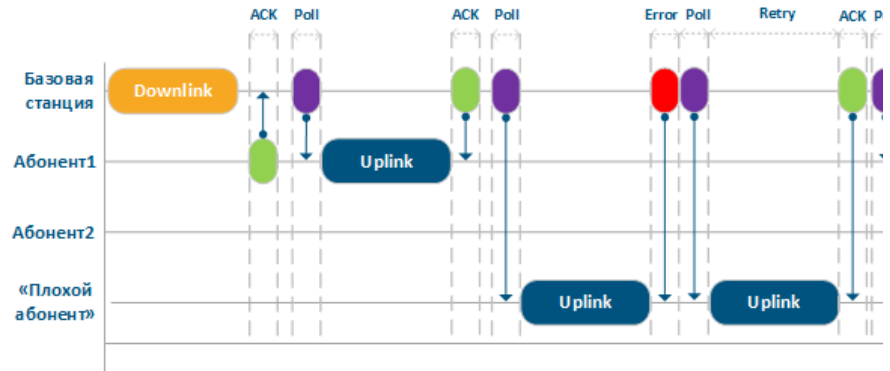


Рисунок – Принцип работы в случае наличия «плохого» абонента

Одно из решений проблемы «плохого» абонента – использование технологии **TDMA**. Даже при больших количествах переповторов у удалённого абонента, для каждого переповтора ему будет выделен новый (отдельный) временной кадр. При этом эффективность взаимодействия с другими абонентами снижена не будет, а, следовательно, не будет происходить деградация пропускной способности беспроводной сети в целом.

Выполнение SLA

Технология **TDMA** позволяет операторам предоставлять каналы с гарантированной полосой пропускания для каждого абонента, обеспечивая выполнение требований соглашений об уровне обслуживания (SLA).

На практике, SLA ориентированы на качественную передачу данных приложений реального времени: IP-телефония и видеоконференцсвязь. Ключевыми параметрами, влияющими на качество работы приложений реального времени, являются: потеря пакетов; задержка пакетов; вариация задержки пакетов (jitter).



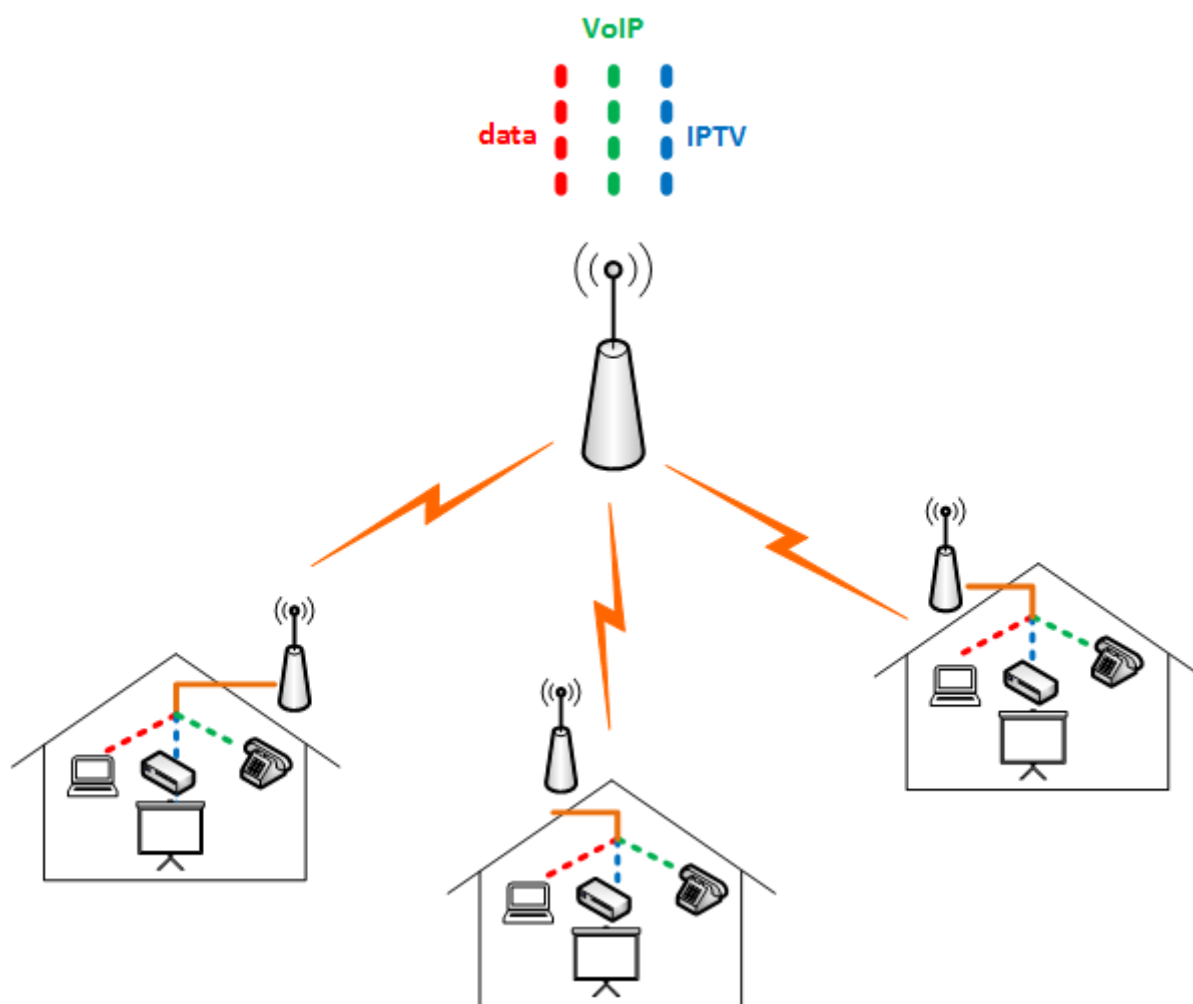
Рисунок – Пример вариации задержки в разных условиях

При использовании **TDMA** задержка пакетов постоянна и почти не зависит от загрузки канала (при отсутствии переповторов). При наличии переповторов задержка будет увеличиваться, поскольку каждый повторный пакет отправляется в новом временном кадре и занимает такое же время, как и первый пакет. Однако, эта задержка никак не скажется на тех клиентах, у которых нет проблем с передачей данных.

Triple play PtMP

Использование БШПД для предоставления мультисервисных услуг является самым быстрым и, возможно, наиболее доступным.

Обеспечение высокого качества таких услуг возможно только за счет применения технологии **TDMA**.



При использовании технологии **Polling** пропускная способность беспроводной сети с топологией “точка-многоточка”, скорее всего, будет даже больше чем с технологией **TDMA**, однако вариация задержки пакетов (jitter) будет иметь стабильный уровень только в **TDMA**. Именно нестабильный jitter приводит к резкому ухудшению качества работы приложений реального времени, прежде всего IP-телефонии (VoIP).

Работа в сложных условиях. Отсутствие прямой видимости (nLoS), каналы связи над водной поверхностью

Технология **TDMA** обеспечивает устойчивую работу беспроводной сети при отсутствии или ограничении прямой видимости между устройствами (в условиях городской застройки, леса, над водной поверхностью и т.д.). Нарушение условий прямой видимости (перекрытие зоны Френеля) приводит к возникновению множественных отражений сигнала от препятствий. Часть отражённых сигналов рассеивается в пространстве, другая может достичь цели по более длинному пути или вернуться назад к отправителю с некоторой задержкой (на протяженных каналах связи может достигать десятков микросекунд). В этом случае, отражённый сигнал может смешаться с полезным сигналом (например, с квитанцией ACK, которая отправляется максимально быстро после получения пакета) и вызвать интерференцию или искажение сигнала.

TDMA решает эту проблему введением защитного интервала(guard) в конце каждого кадра, который позволяет отложить начало передачи до тех пор, пока все отраженные сигналы не затухнут. Величиной защитного интервала можно управлять с помощью конфигурации базовой станции.

В каких ситуациях лучше работает Polling

Работа в условиях сильных помех (Интерференция)

При использовании технологии **TDMA**, а также в условиях сильных помех ошибка при передаче данных приводит к повторам. К сожалению, каждое абонентское устройство не может сразу повторить отправку данных, они могут быть отправлены только в следующем временном кадре. Следствием этого является увеличение задержки.

В отличие от **TDMA**, при работе по технологии с централизованной раздачей «маркеров» **Polling**, данные, которые нужно перепослать, могут быть отправлены практически сразу после обнаружения ошибки предыдущей попытки передачи.

Работа в узких полосах (5 МГц и 10 МГц)

Применение **TDMA** для систем с топологией «точка-многоточка» при ширине канала 10 МГц или, тем более, 5 МГц может привести к снижению производительности. Связано это с тем, что размер служебной информации (Sync, guard) увеличивается пропорционально уменьшению полосы, что уменьшает количество передаваемых полезных данных.

Размер временного кадра может устанавливаться в пределах от 1 до 10 мс с шагом 0.2 мс. Очевидно, что этот размер нельзя уменьшать бесконечно, поскольку доля служебной информации остаётся постоянной и для полезных данных может просто не остаться места. Для контроля этого параметра в статистике радиointерфейса показывается текущий размер доли полезных данных (Tx Time Limit / Rx Time Limit), в микросекундах. Эта величина не должна быть меньше нуля, иначе работа беспроводного канала связи будет невозможна.

Более того, при большом количестве абонентов, соотношение DL/UL больше 60% практически не приводит к увеличению пропускной способности в Downlink, поскольку уменьшение количества субслотов резко увеличивает задержку и, как следствие, не позволяет эффективно работать системе ARQ, для подтверждения доставки данных требуется слишком много времени. В случае же, когда трафик Uplink преобладает, например, в системах видеонаблюдения, соотношение DL/UL можно смело уменьшать до возможного минимума, создавая максимальное количество UL субслотов. Важно помнить, что чем выше модуляция и шире полоса, тем эффективнее работает **TDMA**.

Соответственно, при работе на ширинах канала 5 и 10 MHz, в топологиях «точка-многоточка» целесообразней использовать технологию **Polling**. **TDMA** имеет смысл применять в таких полосах только если объём передаваемых данных небольшой, а требования SLA достаточно строгие, например, передаётся много данных VoIP.

Заключение

Технология **TDMA** позволяет строить многосекторные базовые станции с высокой плотностью использования доступных частот. Иными словами, в случае перехода на **TDMA** текущий доступный частотный ресурс в некоторых случаях может быть использован с большей эффективностью. К тому же, **TDMA** позволяет создавать более устойчивые (чем **Polling**) каналы связи в условиях ограниченной видимости (nearLoS) и над водной поверхностью.

Тем не менее, **TDMA** дополняет технологию **Polling**, не заменяя её. В условиях сильных помех и особенно в узких полосах, **Polling** остаётся разумным решением.

Обе технологии призваны обеспечить максимально эффективное использование продукции компании «Инфинет» для решения разнообразных задач.

Ссылки

Ниже приведены ссылки на документацию, в которой описан процесс перехода с программного обеспечения Polling на TDMA, параметры настройки радиоканала и процедура подключения к устройству синхронизации (в случае его использования):

- [Переход с Polling на TDMA.](#)
- [Настройка радиоканала в сетях с маркерным доступом \(технология Polling\).](#)
- [Настройка радиоканала в сетях с разделением по времени \(технология TDMA\).](#)
- [Подключение к устройству синхронизации.](#)

Скачать программное обеспечение можно по следующим ссылкам:

- [TDMA](#)
- [Polling.](#)