

# Управление доступом к среде 3. (medium access control MAC)

4 июня 2026 г.

В 1995 был создан стандарт 802.3u. Многие называют его "Fast Ethernet".

# Основные виды кабелей для fast ethernet

Название	Тип	Длина сегмента, м	Преимущества
100Base-T4	Витая пара	100	Использование неэкранированной витой пары категории 3
100Base-TX	Витая пара	100	Полный дуплекс при 100 Мбит/с (витая пара категории 5)
100Base-FX	Оптоволокно	2000	Полный дуплекс при 100 Мбит/с; большая длина сегмента

В схеме 100Base-4T, использующей витую пару категории 3, сигнальная скорость составляет 25 МГц, что лишь на 25 % больше, чем 20 МГц стандарта Ethernet. (Следует помнить, что при манчестерском кодировании, о котором мы говорили в разделе 2.4.3, требуется два тактовых интервала для каждого из 10 млн битов, отправляемых каждую секунду.)

# Основные виды кабелей для fast ethernet

(а) Битовый поток

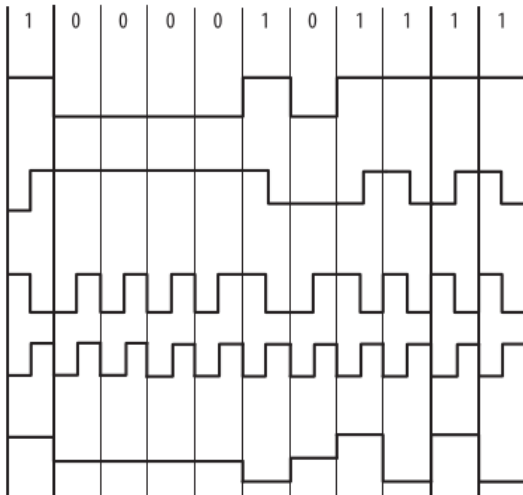
(б) «Без возврата к нулю» (NRZ)

(в) Инвертированный NRZ (NRZI)

(г) Манчестерское кодирование

(Исключающее ИЛИ тактового сигнала с битами)

(д) Биполярное кодирование  
(Кодирование с чередованием полярности импульсов, AMI)



Чтобы достичь требуемой пропускной способности, в схеме 100Base-4T применяются четыре витые пары. Одна из них всегда направляется на концентратор, одна — от него, а две оставшиеся переключаются в зависимости от текущего направления передачи данных. Чтобы достигнуть 100 Мбит/с на трех витых парах в направлении передачи, для каждой пары применяется довольно сложная схема. Она состоит в отправке троичных цифровых сигналов с тремя разными уровнями напряжения.

Схема 100Base-TX проще, поскольку кабели 5 категории могут работать с сигналами на частоте 125 МГц. Поэтому для каждой станции используются только две витые пары: одна к концентратору, другая от него.

Не применяется ни прямое битовое кодирование (NRZ), ни манчестерское. Вместо них имеется специальная система кодирования 4B/5B (см. раздел 2.4.3).

Четыре бита данных кодируются в форме пяти сигнальных битов и передаются на частоте 125 МГц, обеспечивая скорость 100 Мбит/с. Это схема проста, но в ней выполняется достаточное число переходов для обеспечения синхронизации, и полоса пропускания расходуется довольно эффективно.

Система 100Base-TX является полнодуплексной: станции могут одновременно передавать по одной витой паре и принимать по другой с одинаковой скоростью 100 Мбит/с.

В последнем варианте, 100Base-FX, используется два оптических многомодовых кабеля, по одному для каждого направления передачи. Таким образом, это также полный дуплекс со скоростью 100 Мбит/с в обе стороны. При такой схеме расстояние между станцией и коммутатором может достигать 2 км.

Fast Ethernet поддерживает соединение с помощью концентраторов либо коммутаторов. Чтобы алгоритм CSMA/CD работал, необходимо соблюдать соотношение между минимальным размером фрейма и максимальной длиной кабеля, учитывая возрастание скорости от 10 до 100 Мбит/с.

Таким образом, нужно либо увеличить минимальный размер фрейма (более 64 байт), либо пропорционально уменьшить максимальную длину кабеля (менее 2500 м). Самый простой способ — сократить максимальное расстояние между двумя станциями в 10 раз, поскольку концентратор с кабелями 100 м длиной точно попадает в эти границы.

Однако кабели 100Base-FX в 2 км слишком длинны для 100-мегабитного концентратора с обычным алгоритмом управления коллизиями в сетях Ethernet. Их нужно подключать к коммутатору, чтобы они могли работать в полнодуплексном режиме без коллизий.

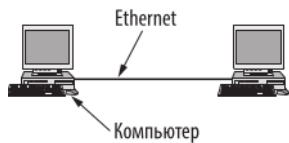
Пользователям очень понравился Fast Ethernet, но они не собирались так просто выбрасывать 10-мегабитные платы Ethernet со старых компьютеров. В результате практически все коммутаторы могут поддерживать и 10-мегабитные, и 100-мегабитные станции.

Для упрощения перехода на новое оборудование сам стандарт предусматривает механизм, названный автоматическим согласованием (auto-negotiation), который позволяет двум станциям автоматически договориться об оптимальной скорости (10 или 100 Мбит) и дуплексном режиме (полный дуплекс или полудуплекс).

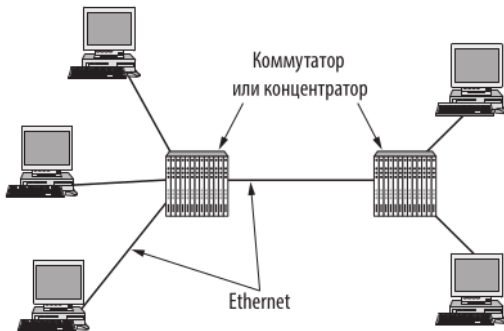
IEEE ратифицировал наиболее популярную форму сети в 1999 году под названием 802.3ab (Gigabit Ethernet). Главные цели при создании Gigabit Ethernet были, по сути, такими же, что и для Fast Ethernet: увеличить производительность в 10 раз и сохранить обратную совместимость со старыми сетями Ethernet.

Как и в случае Fast Ethernet, все сети Gigabit Ethernet строятся по принципу «точка-точка». Простейшая конфигурация состоит из двух компьютеров, напрямую соединенных друг с другом. Однако чаще всего используется вариант с коммутатором или концентратором, к которому подключается множество компьютеров; также возможна установка дополнительных коммутаторов или концентраторов

# gigabit ethernet



(a)



(б)

Как и Fast Ethernet, Gigabit Ethernet может работать в двух режимах: полнодуплексном и полудуплексном. «Нормальным» считается полнодуплексный, при этом трафик может идти одновременно в обоих направлениях. Этот режим используется, когда имеется центральный коммутатор, соединенный с периферийными компьютерами или другими коммутаторами.

В такой конфигурации сигналы всех линий буферизируются, поэтому абоненты могут отправлять данные, когда захотят. Отправитель не прослушивает канал, потому что ему не с кем конкурировать. На линии между компьютером и коммутатором компьютер — единственный потенциальный отправитель.

Передача произойдет успешно, даже если коммутатор одновременно отправляет фрейм на компьютер (так как линия полнодуплексная). Конкуренции нет, и протокол CSMA/CD не применяется. Поэтому максимальная длина кабеля определяется исключительно мощностью сигнала, а не временем, за которое шумовой всплеск доходит обратно к отправителю.

Коммутаторы могут работать на смешанных скоростях; более того, они автоматически выбирают оптимальную скорость. Самонастройка поддерживается так же, как и в Fast Ethernet, но теперь можно выбирать 10, 100 или 1000 Мбит/с.

Полудуплексный режим работы используется тогда, когда компьютеры соединены не с коммутатором, а с концентратором. Концентратор не буферизирует входящие фреймы. Вместо этого он электрически соединяет все линии, симулируя моноканал классического Ethernet. В этом режиме возможны коллизии, поэтому применяется CSMA/CD.

Фрейм минимального размера (64 байта) может передаваться в 100 раз быстрее, чем в классическом Ethernet. Поэтому максимальная длина кабеля должна быть соответственно уменьшена в 100 раз. Она составляет 25 м — именно при таком расстоянии между станциями шумовой всплеск гарантированно достигнет отправителя до окончания его передачи. Если бы кабель имел длину 2500 м, то отправитель 64-байтного фрейма в системе со скоростью 1 Гбит/с завершил бы передачу задолго до того, как фрейм прошел бы только десятую часть пути в одну сторону (не говоря уже о том, что сигнал должен еще и вернуться обратно).

Такое строгое ограничение побудило комитет добавить в стандарт два дополнительных свойства, что позволило увеличить максимальную длину кабеля до 200 м. Это должно было устроить большинство организаций.

Первое свойство — расширение носителя (carrier extension). Оно сообщает аппаратному обеспечению, что нужно добавить собственное поле заполнения после обычного фрейма, чтобы расширить его до 512 байт.

Конечно, тратить 512 байт полосы на передачу 46 байт пользовательских данных (именно столько полезной нагрузки содержится в 64-байтном фрейме) несколько расточительно. Эффективность такой передачи составляет всего 9

Второе свойство, позволяющее увеличить допустимую длину сегмента, — пакетная передача фреймов (frame bursting). Отправитель может посылать не единичный фрейм, а пакет, объединяющий в себе сразу несколько фреймов. Если полная длина пакета оказывается менее 512 байт, то производится аппаратное заполнение (как в предыдущем случае). Если же фреймов, готовых к передаче, достаточно, эта схема оказывается весьма эффективной и применяется вместо расширения носителя.

Трудно представить себе организацию, которая сначала потратит немало средств на установку современных компьютеров с платами для гигабитной сети Ethernet, а потом соединит их древними концентраторами, имитирующими работу классического Ethernet со всеми его коллизиями.

Сетевые платы и коммутаторы Gigabit Ethernet когда-то были довольно дорогими, но как только спрос на них возрос, цены быстро упали. Однако обратная совместимость — это «священная корова» в компьютерной индустрии, поэтому, несмотря ни на что, комитету необходимо было ее обеспечить.

Сегодня большинство компьютеров поставляются с интерфейсом Ethernet, способным работать на скоростях 10, 100 и 1000 Мбит/с (а иногда и более высоких) и совместимым с каждым из этих режимов.

# Основные виды кабелей для gigabit ethernet

Название	Тип	Длина сегмента, м	Преимущества
1000Base-SX	Оптоволокно	550	Многомодовое волокно (50; 62,5 мкм)
1000Base-LX	Оптоволокно	5000	Одномодовое (10 мкм) или многомодовое (50; 62,5 мкм) волокно
1000Base-CX	Экранированный кабель с 2 витыми парами	25	Экранированная витая пара
1000Base-T	Неэкранированный кабель с 4 витыми парами	100	Стандартная витая пара категории 5

Работа на скорости около 1 Гбит/с означает необходимость кодирования и отправки бита каждую наносекунду. Первоначально это достигалось за счет коротких экранированных медных кабелей (версия 1000Base-SX) и оптоволокну. Оно допускает две длины волны, и, следовательно, существуют две разные версии: 0.85 мкм (короткие волны, для 1000Base-SX) и 1.3 мкм (длинные, для 1000Base-LX)

Передача с помощью коротких волн возможна с дешевыми светодиодами. Такой вариант применяется с многомодовым волокном для соединения станций внутри здания, так как для 50-мкм волокна допустимая длина составляет не более 500м.

Для передачи сигналов на длинных волнах требуются лазеры. С другой стороны, при использовании одномодового (10 мкм) волокна длина кабеля может достигать 5 км. Это позволяет подключать здания друг к другу (например, в студенческом городке) аналогично связям «точка-точка». Последующие вариации стандарта допускали даже более длинные связи на одномодовом волокне.

Для отправки битов с помощью этих версий Gigabit Ethernet используется система кодирования 8В/10В, заимствованная из другой сетевой технологии, Fibre Channel.

В этой системе 8 бит данных кодируются в кодовые слова из 10 бит, которые отправляются по проводу или оптическому волокну, — отсюда и название 8В/10В. Кодовые слова выбираются так, чтобы они могли быть сбалансированы (то есть иметь равное число нулей и единиц) и чтобы переход осуществлялся достаточное число раз для восстановления синхронизации. Отправка битов, закодированных с помощью NRZ, требует на 25 % больше полосы пропускания, чем передача незакодированных битов, — значительное преимущество по сравнению с манчестерским кодом, предполагающим стопроцентное расширение полосы.

Однако все это требовало новых медных или оптоволоконных кабелей, поддерживающих более быструю передачу сигналов. Ни одна из этих технологий не совместима с витой парой категории 5, которая была в огромных количествах проложена для сетей Fast Ethernet.

Чтобы сеть Ethernet могла работать по проводам категории 5 со скоростью 1000 Мбит/с, требуется более сложная схема передачи сигналов.

Используются все четыре витые пары в кабеле; каждая пересылает данные одновременно в обоих направлениях, применяя цифровую обработку сигналов для их разделения. Для обеспечения скорости 125 мегасимволов/с в каждом проводе используется пять уровней напряжения, которые переносят по 2 бита.

Схема преобразования битов в символы не так проста. Она включает скремблинг (для безопасной передачи) и код исправления ошибок, в котором четыре значения внедряются в пять сигнальных уровней.

Первые стандарты для оптоволоконного и экранированного медного кабеля появились в 2002 и 2004 годах, а для медной витой пары — в 2006 году.

Где она может понадобиться? Ответ — в датацентрах и точках обмена трафиком с высококлассными маршрутизаторами, коммутаторами и серверами, а также в сильно загруженных магистральных каналах, соединяющих офисы компаний в разных городах. Весь город можно охватить единой сетью на базе оптоволокну и Ethernet. Связь на больших расстояниях требует прокладки оптического волокна, тогда как более короткие соединения можно выполнять с помощью медных кабелей.

# 10-Gigabit Ethernet

Все версии 10-гигабитного Ethernet поддерживают только полнодуплексную передачу данных. CSMA/CD больше не входит в архитектуру, и стандарты фокусируются на деталях физического уровня, которые обеспечивают высокую скорость.

Однако совместимость не потеряла своего значения, поэтому интерфейсы 10-гигабитного Ethernet выполняют автоматическое согласование скорости и выбирают максимально возможное значение для обоих концов линии.

# кабелей для 10-gigabit ethernet

Название	Тип	Длина сегмента	Преимущества
10GBase-SR	Оптоволокно	До 300 м	Многомодовое волокно (0,85 мкм)
10GBase-LR	Оптоволокно	10 км	Одномодовое волокно (1,3 мкм)
10GBase-ER	Оптоволокно	40 км	Одномодовое волокно (1,5 мкм)
10GBase-CX4	4 пары биаксиального кабеля	15 м	Биаксиальный медный кабель
10GBase-T	Неэкранированный кабель с 4 витыми парами	100 м	Неэкранированная витая пара категории 6а

Первая версия, разработанная для медного кабеля, 10GBase-CX4, работает на базе кабеля с четырьмя парами биаксиального медного провода. В каждой паре используется кодирование 8B/10B, они работают на скорости 3,125 гигасимволов/с, обеспечивая скорость передачи 10 Гбит/с.

10GBase-T — это версия, работающая на неэкранированной витой паре. Несмотря на то что официально она требует прокладки кабеля категории 6а, пока что можно использовать и более старые категории (включая пятую), то есть уже проложенные во множестве зданий по всему миру кабели.

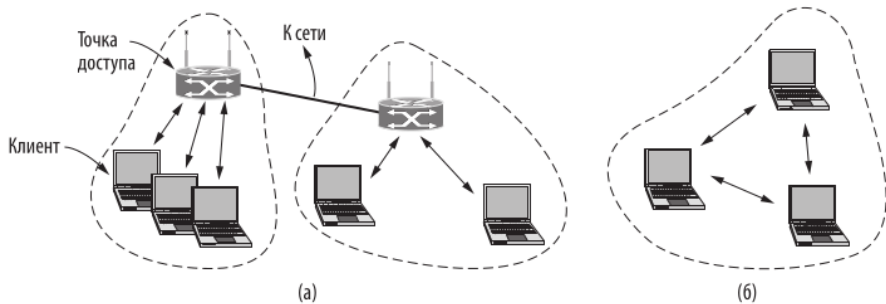
# 10-Gigabit Ethernet

Каждая из четырех витых пар используется для передачи данных в обоих направлениях на скорости 2500 Мбит/с. Это достигается за счет скорости пересылки сигналов 800 мегасимволов/с на 16 уровнях напряжения. Символы создаются путем скремблинга данных, защиты их с помощью кода LDPC (Low Density Parity Check) и последующего кодирования для исправления ошибок.

Стандарты сети Ethernet для скоростей 40 и 100 Гбит/с. Первый стандарт предназначен для внутренних соединений в центрах обработки данных и не рассчитан на обычных провайдеров, а тем более на конечных пользователей. Второй стандарт — для магистральных интернет-каналов — должен работать на оптических сетевых трассах длиной в тысячи километров. Он также может использоваться в виртуальной частной LAN для соединения двух центров обработки данных с миллионами процессоров.

Сначала был принят стандарт 802.3ba (2010), а затем — стандарты 802.3bj (2014) и 802.3cd (2018). Каждый из этих трех стандартов описывает и 40-гигабитный, и 100-гигабитный Ethernet.

Сети 802.11 можно использовать в двух режимах. Наиболее популярный — инфраструктурный режим (infrastructure mode). Это подключение клиентов (например, ноутбуков и смартфонов) к другой сети, например внутренней сети компании или интернету. Каждый клиент связывается с точкой доступа (Access Point, AP), которая, в свою очередь, подключена к сети.



Второй режим, показанный на илл. 4.23 (б), называется децентрализованной сетью (ad hoc network). Это набор компьютеров, которые связаны таким образом, чтобы напрямую отправлять фреймы друг другу. Точка доступа не используется. Поскольку доступ в интернет — революционная технология в беспроводных соединениях, децентрализованные сети не слишком популярны.



С момента появления в 1997 году физический уровень обзавелся несколькими методами передачи. Два первоначальных метода, инфракрасная передача (как в пульте дистанционного управления телевизором) и режим скачкообразного изменения частоты в диапазоне 2,4 ГГц, сегодня не используются.

Третий из исходных методов, широкополосный сигнал с прямой последовательностью на скорости 1 или 2 Мбит/с в диапазоне 2,4 ГГц, был расширен и завоевал популярность со скоростями до 11 Мбит/с. Этот стандарт известен под названием 802.11b.

Чтобы предоставить поклонникам беспроводных сетей желанное увеличение скорости, в 1999 и 2003 годах были разработаны новые методы передачи на основе мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM).

Первый метод, 802.11a, работает в другом диапазоне частот — 5 ГГц. Второй, 802.11g, остался в диапазоне 2,4 ГГц для обеспечения совместимости. Оба работают на скорости до 54 Мбит/с.

В октябре 2009 года окончательно сформировался стандарт 802.11n. Он содержит методы передачи данных, дающие значительный прирост скорости за счет одновременного использования нескольких антенн на приемнике и передатчике.

Стандарт 802.11ac предназначен для диапазона 5 ГГц, поэтому он несовместим со старым оборудованием, работающим только в полосе 2,4 ГГц. Сегодня наиболее продвинутые мобильные устройства используют 802.11ac. 802.11ax обеспечивает еще более высокую скорость

Все представленные ниже методы позволяют передать фрейм подуровня MAC с одной станции на другую по радиоканалу.

## 802.11: физический уровень

Все методы стандарта 802.11 используют радиосигналы ближнего радиуса действия в диапазонах 2,4 ГГц или 5 ГГц.

## 802.11: физический уровень

Преимущество этих полос в том, что они не требуют лицензирования, то есть доступны для любого передатчика, отвечающего небольшому числу ограничений, например излучаемой мощности до 1 Вт (хотя для большинства передатчиков в беспроводных LAN характерна мощность 50 мВт).

К сожалению, этот факт также известен производителям автоматических гаражных дверей, беспроводных телефонов, микроволновых печей и множества других устройств, конкурирующих за спектр частот с ноутбуками и смартфонами, использующими Wi-Fi. Полоса 2,4 ГГц более заполнена, поэтому в некоторых случаях 5 ГГц предпочтительнее (несмотря на меньший радиус действия из-за более высокой частоты).

Все методы позволяют передавать сигнал на разной скорости в зависимости от текущих условий. Если беспроводной сигнал слабый, выбирается низкая скорость, если сильный — ее можно повысить. Такая корректировка называется адаптацией скорости (rate adaptation).

Первый метод передачи, который мы рассмотрим, — 802.11b. Это технология расширенного спектра, поддерживающая скорости 1, 2, 5,5 и 11 Мбит/с (на практике рабочая скорость почти всегда близка к максимальной).

Данный метод похож на систему CDMA (см. раздел 2.4.4), однако в нем есть только один код расширения спектра, применяемый всеми пользователями. Расширение необходимо для выполнения требования FCC: мощность должна распределяться по диапазону ISM. Для стандарта 802.11b используется последовательность Баркера (Barker sequence).

## 802.11: физический уровень

Перейдем к 802.11a. Он поддерживает скорости до 54 Мбит/с в 5-гигагерцевом диапазоне ISM.

Метод 802.11a основан на мультиплексировании с ортогональным частотным разделением каналов OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

# 802.11: физический уровень

Биты параллельно отправляются по 52 поднесущим, из которых 48 содержат данные и 4 служат для синхронизации. Каждый символ передается в течение 4 мкс и состоит из 1, 2, 4 или 6 бит. Биты кодируются для исправления ошибок с применением сверточного кода.

## 802.11: физический уровень

В разных комбинациях 802.11a может обеспечивать восемь разных показателей скорости, от 6 до 54 Мбит/с.

## 802.11: физический уровень

802.11n был одобрен в 2009 году. Цель 802.11n — обеспечить пропускную способность не менее 100 Мбит/с, устранив все накладные расходы беспроводной связи.

Комитет удвоил ширину каналов с 20 до 40 МГц и снизил накладные расходы на передачу, разрешив совместную отправку целой группы фреймов. Что еще важнее, в стандарте 802.11n предусмотрено использование до четырех антенн для пересылки до четырех потоков информации одновременно.

Сигналы потоков смешиваются на стороне получателя, но их можно разделить с помощью коммуникационных методов MIMO (Multiple Input Multiple Output — «несколько входов, несколько выходов»). Наличие нескольких антенн либо повышает скорость, либо увеличивает радиус действия и надежность. MIMO, как и OFDM, — одна из тех удачных идей в сфере коммуникаций, которые в корне меняют дизайн беспроводных сетей и наверняка нередко станут применяться и в будущем.

## 802.11: физический уровень

В 2013 году институт IEEE опубликовал стандарт 802.11ac. Он использует более широкие каналы (80 и 160 МГц), модуляцию 256-QAM и многопользовательскую систему MIMO (Multiuser MIMO, MU-MIMO), включающую до восьми потоков, а также другие приемы в попытках обеспечить теоретически максимальный битрейт — 7 Гбит/с. Однако на практике не удастся даже приблизиться к этому пределу.

## 802.11: физический уровень

Еще одной недавно появившейся версией стандарта 802.11 является 802.11ad. Этот стандарт работает в полосе 60 ГГц (57–71 ГГц), то есть использует очень короткие радиоволны, длина которых составляет лишь 5 мм. Поскольку они не могут проходить сквозь стены или другие преграды, 802.11ad может применяться только внутри одного помещения.

Это одновременно и минус, и плюс. Пользователь в соседнем офисе или квартире не создаст никаких помех для вашей работы.

Сочетание высокой пропускной способности с низкой проницаемостью идеально подходит для потоковой передачи несжатых фильмов в формате 4K или 8K от базовой станции к мобильным устройствам, находящимся в том же помещении.

802.11ax позволяет использовать более эффективный метод QAM-модуляции в сочетании с новой схемой OFDMA. Она (теоретически) может работать в нелицензируемых частях спектра вплоть до 7 ГГц, обеспечивая скорость передачи данных до 11 Гбит/с.

В схеме модуляции OFDMA стандарта 802.11ax центральный планировщик выделяет каждой из передающих станций единицы ресурса фиксированной длины, тем самым снижая степень конкуренции в зашумленном эфире.

Однако вернемся из области электротехники к компьютерным наукам. Протокол подуровня MAC в стандарте 802.11 довольно сильно отличается от аналогичного протокола Ethernet вследствие двух фундаментальных факторов, характерных для беспроводного обмена данными.

Прежде всего радиопередатчики почти всегда работают в полудуплексном режиме. Это означает, что они не могут одновременно передавать сигналы и прослушивать всплески шума на одной и той же частоте. Получаемый сигнал может быть в миллион раз слабее передаваемого, и его можно не зафиксировать при одновременной передаче.

В Ethernet станция ожидает, пока в канале настанет тишина, и тогда начинает отправку. Если шумовой всплеск не приходит обратно в течение времени, необходимого на пересылку 64 байт, то можно утверждать, что фрейм почти наверняка доставлен корректно. В беспроводных сетях такой механизм распознавания коллизий не работает.

Вместо этого 802.11 пытается избегать коллизий за счет протокола CSMA с предотвращением коллизий (CSMA with Collision Avoidance, CSMA/CA).

Концептуально он аналогичен CSMA/CD для Ethernet, где канал прослушивается перед началом отправки, а период молчания после коллизии вычисляется экспоненциально.

Однако если у станции есть фрейм для пересылки, то она начинает цикл с периода молчания случайной длины (за исключением случаев, когда она давно не использовала канал и он простаивает).

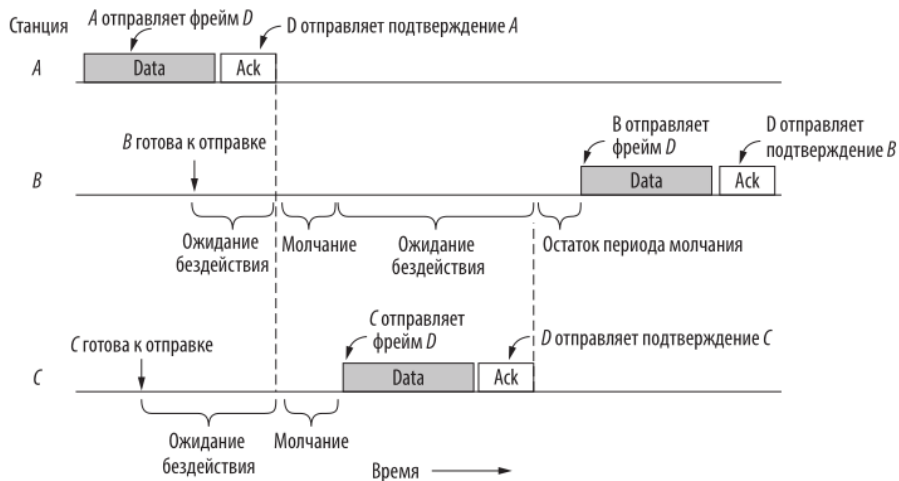
Станция не ожидает коллизий. Число слотов, в течение которых она молчит, выбирается в диапазоне от 0 до, скажем, 15 в случае физического уровня OFDM.

Станция дожидается бездействия канала в течение короткого периода времени (называемого DIFS; подробнее о нем ниже) и отсчитывает свободные слоты, приостанавливая отсчет на время отправки фреймов.

Свой фрейм она отправляет, когда счетчик достигает нуля. При успешной передаче адресат немедленно отправляет обратно короткое подтверждение.

Если подтверждения нет, делается вывод, что произошла ошибка — будь то коллизия или любая другая. В таком случае отправитель удваивает период молчания и повторяет попытку, продолжая экспоненциально наращивать длину паузы (как в случае Ethernet), пока фрейм не будет успешно передан или пока не будет достигнуто максимальное число повторов.

# 802.11: протокол подуровня управления доступом к среде



Станция А отправляет фрейм первой. Пока она передает, станции В и С переходят в режим готовности к отправке. Они видят, что канал занят, и ждут его освобождения. Вскоре после получения подтверждения станцией А канал переходит в режим бездействия.

Но вместо того чтобы сразу отправлять фреймы (что привело бы к коллизии), станции В и С начинают свои периоды молчания. С выбирает короткий период молчания, поэтому ей удастся отправить данные первой. В приостанавливает обратный отсчет, когда видит, что канал занят станцией С, и возобновляет только после получения станцией С подтверждения. Вскоре период молчания В завершается, и она также отправляет фрейм.

По сравнению с Ethernet здесь два основных отличия. Во-первых, раннее начало периодов молчания помогает избегать конфликтов.

Это важное преимущество, так как коллизии обходятся дорого, ведь даже если происходит столкновение, фрейм все равно отправляется целиком. Во-вторых, чтобы станции могли «догадываться» о коллизиях, которые распознать невозможно, применяется схема с подтверждениями.

Такой режим называется распределенной координацией (Distributed Coordination Function, DCF). Все станции действуют независимо, нет централизованного контроля.