

# **Тема № 3**

## **Беспроводные локальные сети**

**#стримеры\_стримят**

# Учебные вопросы

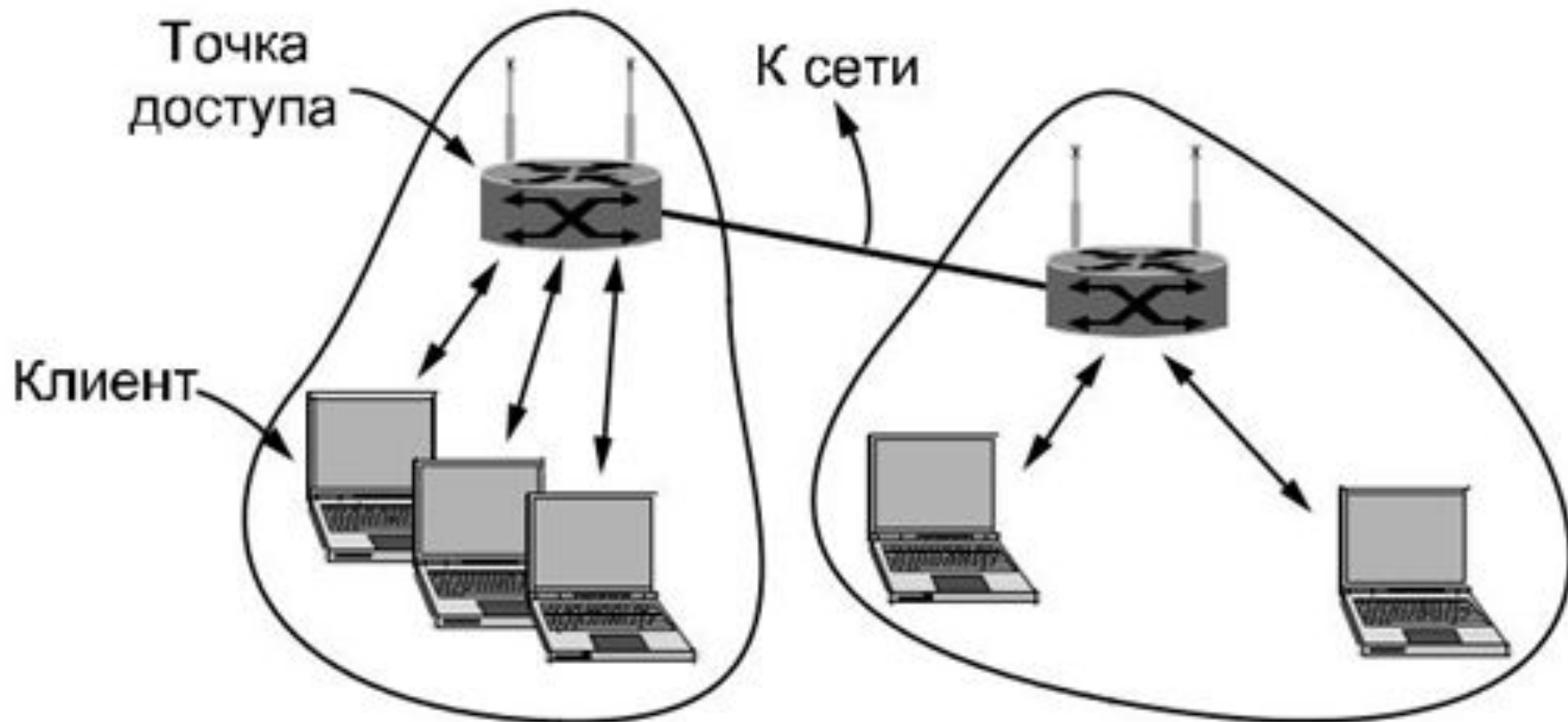
- 1. Стандарт 802.11: архитектура и стек протоколов.**
- 2. Стандарт 802.11: протокол подуровня управления доступом к среде.**
- 3. Стандарт 802.11: структура кадра**

**Основной стандарт беспроводных локальных сетей — это 802.11.**

Теперь более пристальный взгляд обратим на технологическую сторону стандарта 802.11. Далее речь пойдет о стеке протоколов, методах радиопередачи (на физическом уровне), структуре кадра и сервисах.

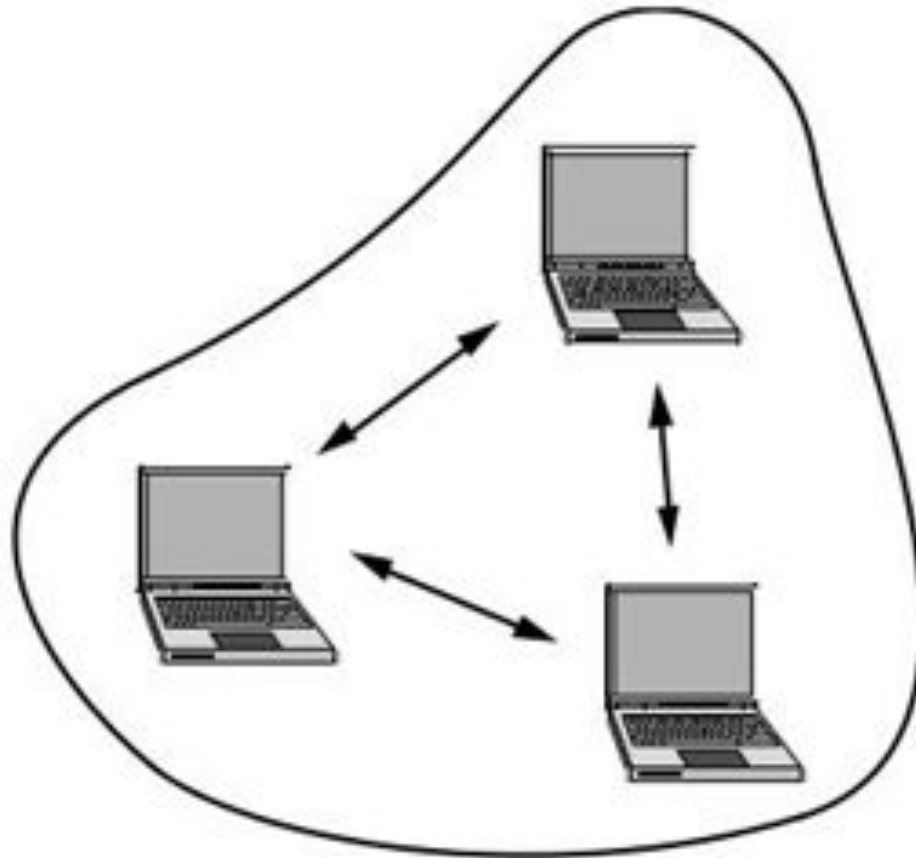
# **Стандарт 802.11: архитектура и стек протоколов**

**В инфраструктурном режиме (infrastructure mode) каждый режим связывается с точкой доступа (Access Point, AP), которая, в свою очередь, подключена к сети. Клиент отправляет и получает пакеты через точку доступа. Несколько точек доступа можно соединить вместе, обычно в кабельную сеть под названием распределительная система (distribution system).**



## Инфраструктурный режим

Второй режим, показанный называется **произвольной сетью** (ad hoc network). Это набор компьютеров, которые связаны таким образом, чтобы они могли напрямую отправлять кадры друг другу. Точка доступа не используется.



**Произвольный режим**



Теперь взглянем на протоколы. Все протоколы, используемые семейством стандартов 802.x, включая 802.11 и Ethernet, схожи по структуре.

Физический уровень практически соответствует физическому уровню в модели OSI, а вот канальный уровень во всех протоколах 802.x разбит на два или более подуровня.

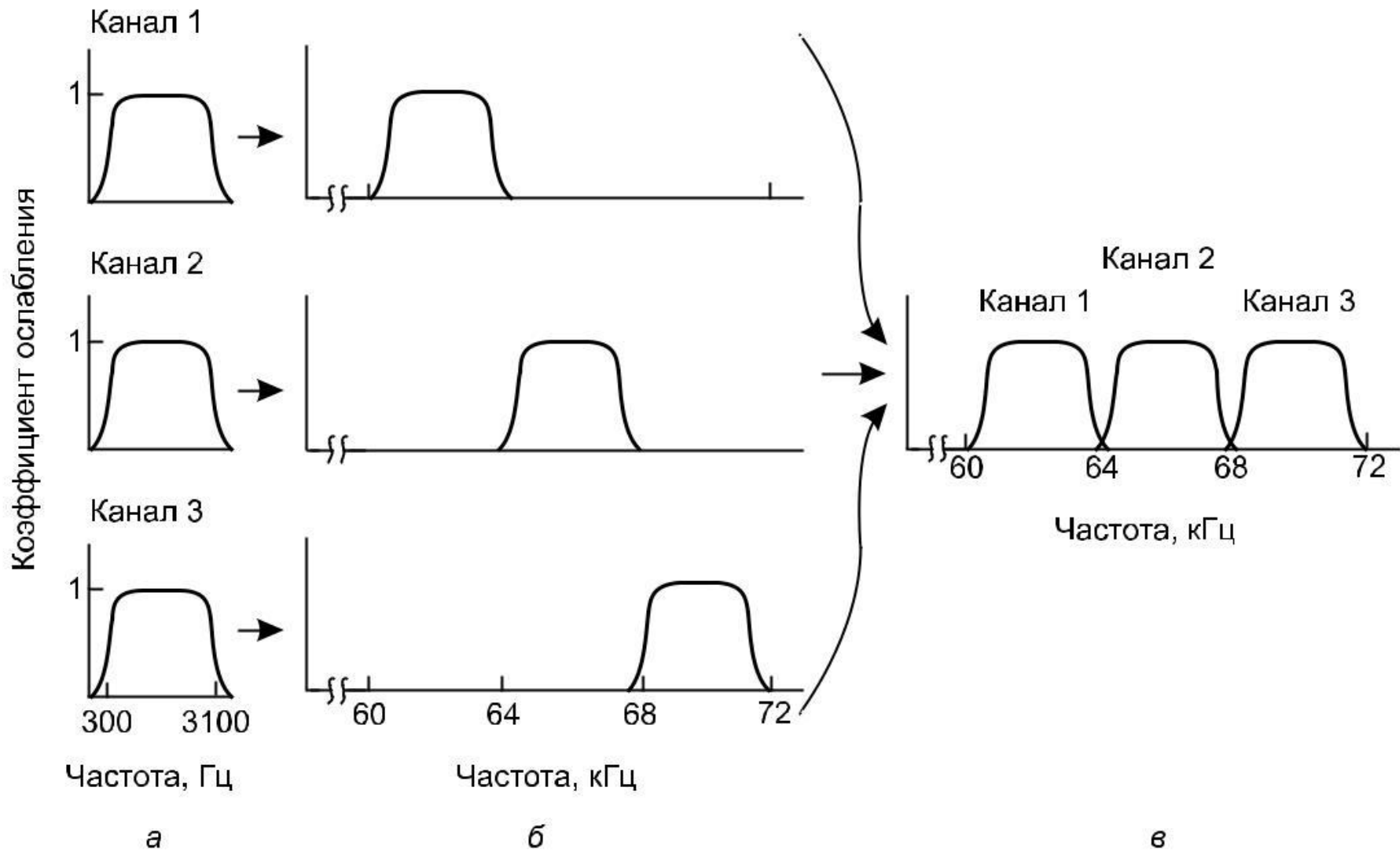


## Часть стека протоколов 802.11

# **Стандарт 802.11: физический уровень**

Все методы передачи определяют разные скорости. Идея заключается в том, чтобы использовать разные показатели скорости в зависимости от текущих условий. Если беспроводной сигнал слабый, выбирается низкая скорость. Если сигнал сильный, то скорость можно повысить. Такая корректировка называется **адаптацией скорости (rate adaptation)**.

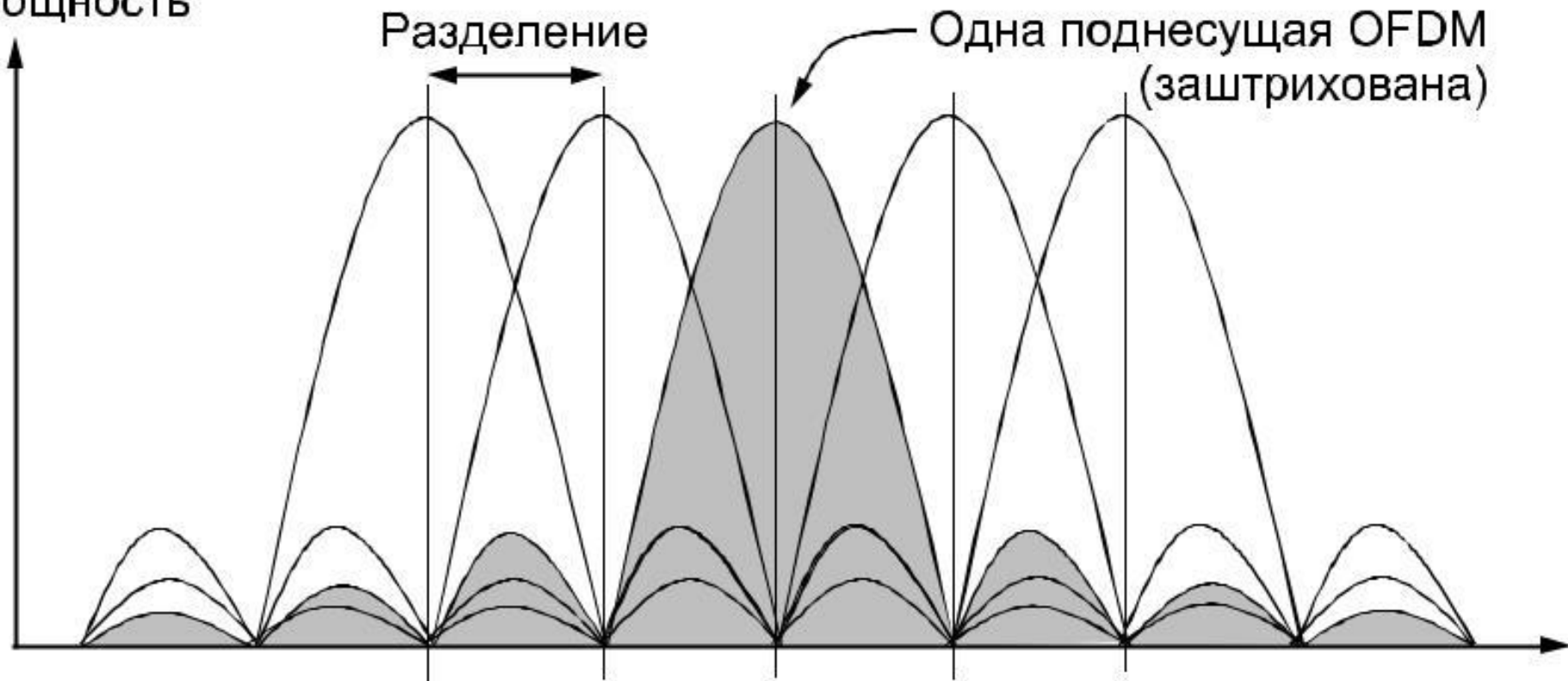
**FDM (Frequency Division Multiplexing, мультиплексирование с разделением частоты, частотное уплотнение)** использует передачу в полосе пропускания, чтобы совместно использовать канал. Спектр делится на диапазоны частот, каждый пользователь получает исключительное владение некоторой полосой, в которой он может послать свой сигнал.



Частотное уплотнение: *a* — исходные спектры сигналов; *б* — спектры, сдвинутые по частоте; *в* — уплотненный канал

При отправке цифровых данных возможно эффективно разделить спектр, не используя защитные полосы. В **OFDM** (**Orthogonal Frequency Division Multiplexing**, мультиплексирование с ортогональным частотным разделением) полоса канала разделена на многие *поднесущие*, которые независимо передают данные.

Мощность



**Мультиплексирование с  
ортогональным частотным  
разделением (OFDM)**



Идея OFDM существовала уже давно, но только в прошлое десятилетие она была широко принята, после того как стало возможно осуществить OFDM эффективно с точки зрения преобразований Фурье цифровых данных по всем поднесущим (вместо того, чтобы отдельно модулировать каждую поднесущую).

**MIMO (Multiple Input Multiple Output, несколько входов — несколько выходов). Наличие нескольких антенн дает огромный выигрыш в скорости либо больший радиус действия и повышение надежности.**

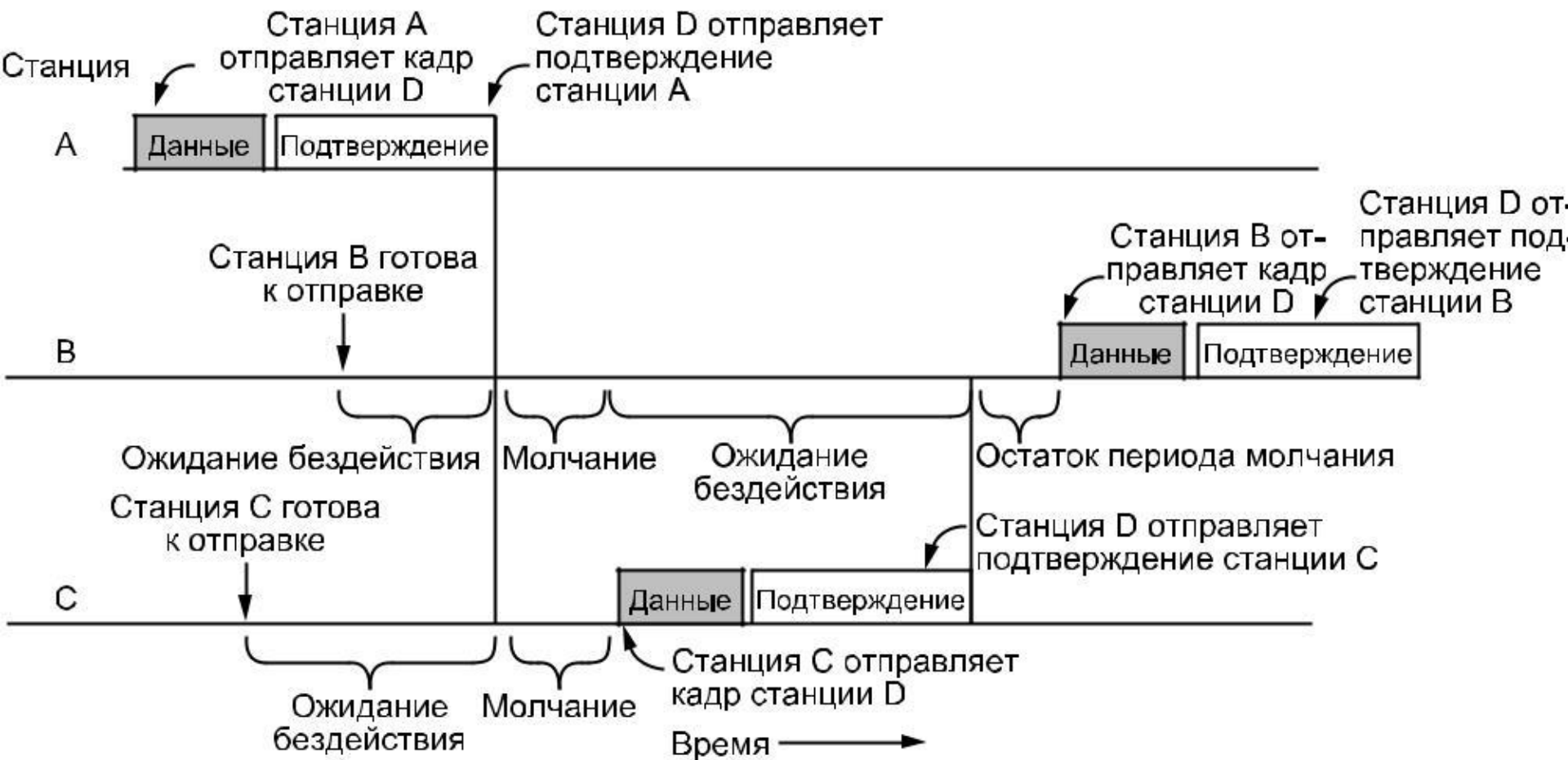
**Стандарт 802.11: протокол  
подуровня управления  
доступом к среде**

Во-первых, радиопередатчики почти всегда работают в полудуплексном режиме. Это означает, что они не могут на одной и той же частоте одновременно передавать сигналы и прослушивать всплески шума. Получаемый сигнал может быть в миллион раз слабее передаваемого и его может быть просто не слышно.

802.11 пытается избежать коллизий за счет протокола **CSMA/CA (CSMA with Collision Avoidance, CSMA с предотвращением коллизий)**.

Концепция данного протокола схожа с концепцией CSMA/CD для Ethernet, где канал прослушивается перед началом отправки, а период молчания после коллизии вычисляется экспоненциально

Если у станции есть кадр для пересылки, то она начинает цикл с периода молчания случайной длины (за исключением случаев, когда она давно не использовала канал, и он бездействует). Станция не ожидает коллизий. Число слотов, в течение которых она молчит, выбирается в диапазоне от 0 до, скажем, 15 в случае физического уровня OFDM.



## Отправка кадра с протоколом CSMA/CA

Если кадр проходит успешно, то адресат отправляет обратно короткое подтверждение. Если подтверждение отсутствует, делается вывод, что произошла ошибка — коллизия или иная. В таком случае отправитель удваивает период молчания и повторяет попытку, продолжая увеличивать длину паузы, пока кадр не будет успешно передан



По сравнению с Ethernet, здесь есть отличия. К примеру, для того чтобы станции могли «догадываться» о коллизиях, которые распознать невозможно, применяется схема с подтверждениями.

Такой режим работы называется **DCF** (**Distributed Coordination Function**, **распределенная координация**). Все станции действуют независимо, централизованный контроль не осуществляется.

Стандарт также включает  
необязательный режим **PCF (Point  
Coordination Function,**  
**сосредоточенная координация)**, в  
котором всей деятельностью в ячейке  
управляет точка доступа — как  
базовая станция сотовой сети

Для того чтобы разрешить непонимание относительно того, какая станция будет отправлять данные, в стандарте 802.11 прослушивание канала определяется на физическом и виртуальном уровнях.

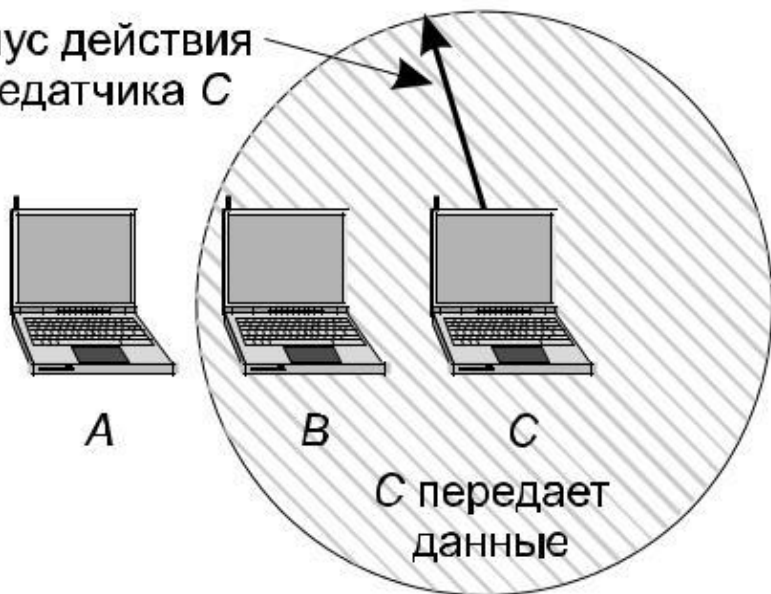
При физическом прослушивании среда просто проверяется на наличие сигнала. Виртуальное прослушивание заключается в том, что каждая станция ведет логический журнал использования канала, отслеживая **NAV**

**(Network Allocation Vector, вектор распределения сети).** Каждый кадр содержит поле NAV, которое сообщает, как долго последовательность, включающая данный кадр, будет передаваться. Станции, услышавшие этот кадр, понимают, что канал будет занят в течение периода, указанного в NAV

Станция *A* хочет передать данные для *B*, но не слышит, что *B* уже занята

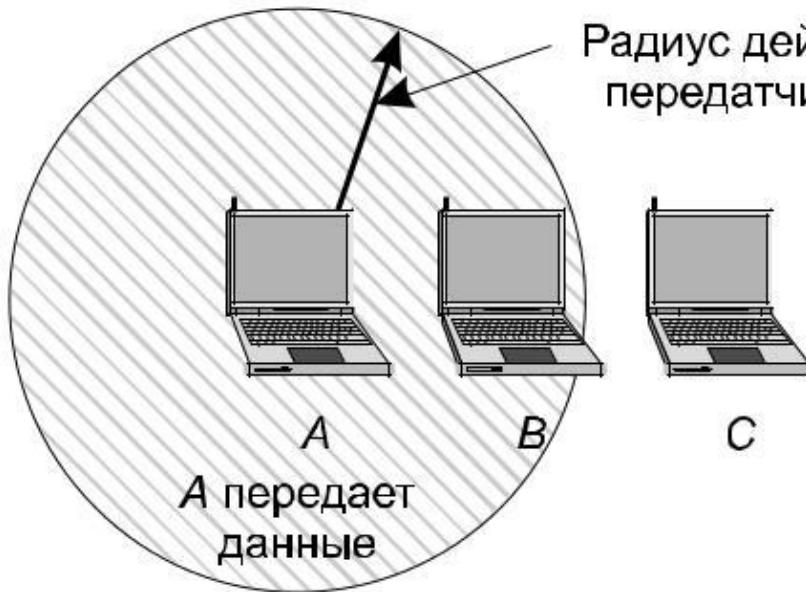
Станция *B* хочет передать данные для *C*, но ошибочно считает, что у нее ничего не получится

Радиус действия передатчика *C*



*a*

Радиус действия передатчика *A*



*b*

**Проблема: «а» — скрытой станции;  
«б» — засвеченной станции**



**Механизм RTS/CTS (Request To Send / Clear To Send) с помощью NAV запрещает станциям отправлять кадры одновременно со скрытыми станциями**



CSMA/CA с физическим и виртуальным прослушиванием составляет суть протокола 802.11. Однако есть несколько других механизмов, разработанных для того же стандарта. Каждый из этих механизмов вызван определенными потребностями, связанными с фактическими условиями.

Первая потребность — это надежность. В противоположность проводным каналам, беспроводные шумны и ненадежны, в какой-то степени из-за влияния других устройств, таких как СВЧ-печи, работающих в том же диапазоне.

Основная стратегия, используемая для увеличения числа успешных передач, состоит в том, чтобы понизить скорость передачи.

Использование более коротких кадров может быть реализовано сокращением максимального размера сообщения, которое принимается от сетевого уровня.

С другой стороны, 802.11 позволяет разделять кадры на мелкие кусочки, названные **фрагментами (fragments)**, каждый со своей контрольной суммой.

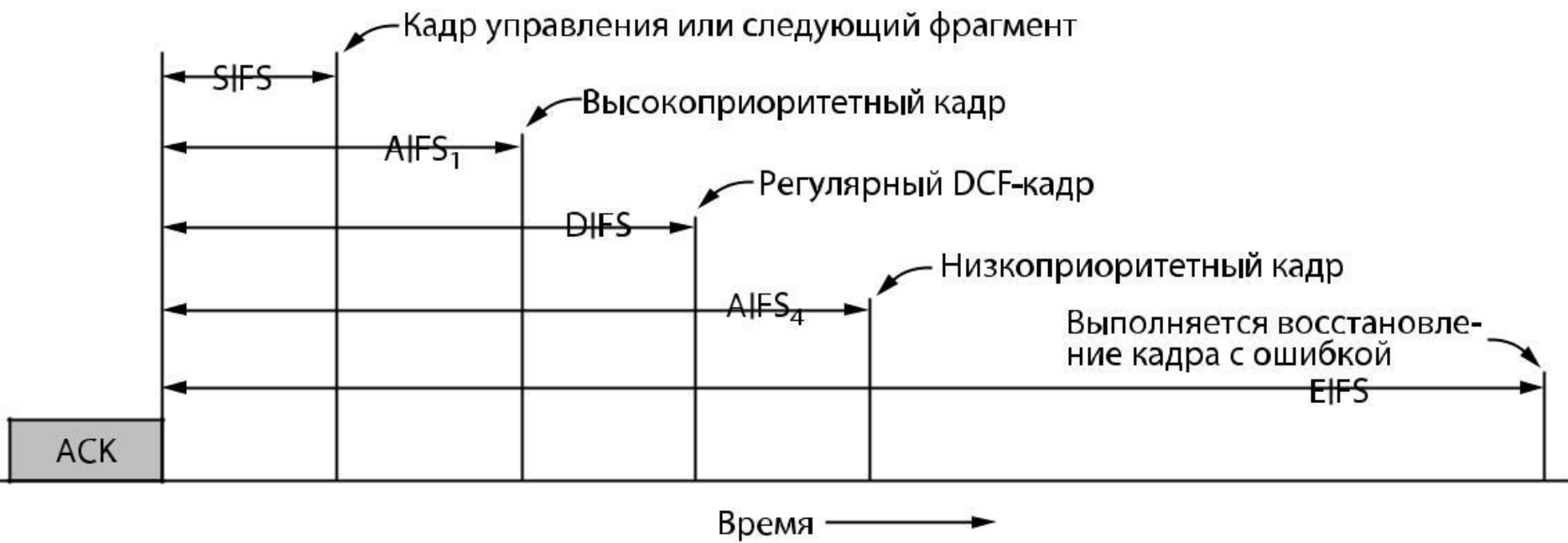
Вторая потребность — экономия энергии. Время работы от аккумулятора для мобильных беспроводных устройств всегда представляет проблему. Стандарт 802.11 обращает внимание на проблему управления электропитанием так, чтобы клиенты не тратили энергию впустую, когда у них нет посылаемой или получаемой информации.

Основной механизм для экономии энергии основывается на **кадрах «маяках» (beacon frames)**. Это периодические широковещательные сообщения точки доступа (например, каждые 100 мс). Кадры сообщают клиентам о присутствии точки доступа и несут системные параметры, такие как идентификатор, время, интервал до следующего маяка и настройки безопасности.

Клиенты могут установить бит управления электропитанием в кадрах, которые они посылают в точку доступа, чтобы сообщить ей, что они входят в **энергосберегающий режим (power-save mode)**.

Третья потребность, это качество обслуживания. В IEEE 802.11 есть умный механизм, обеспечивающий этот вид качества обслуживания, который был введен в 2005 году как набор расширений под именем 802.11e. Он работает, расширяя CSMA/CA с тщательно определенными интервалами между кадрами.





## Межкадровые интервалы в стандарте 802.11

Интервал между регулярными кадрами данных называется **DIFS** (**DCF InterFrame Spacing** — **межкадровый интервал DCF**). Любая станция может попытаться захватить канал, чтобы послать новый кадр после того, как среда была неактивна для DIFS. Применяются при этом обычные правила борьбы, включая двоичную экспоненциальную выдержку в случае коллизии.

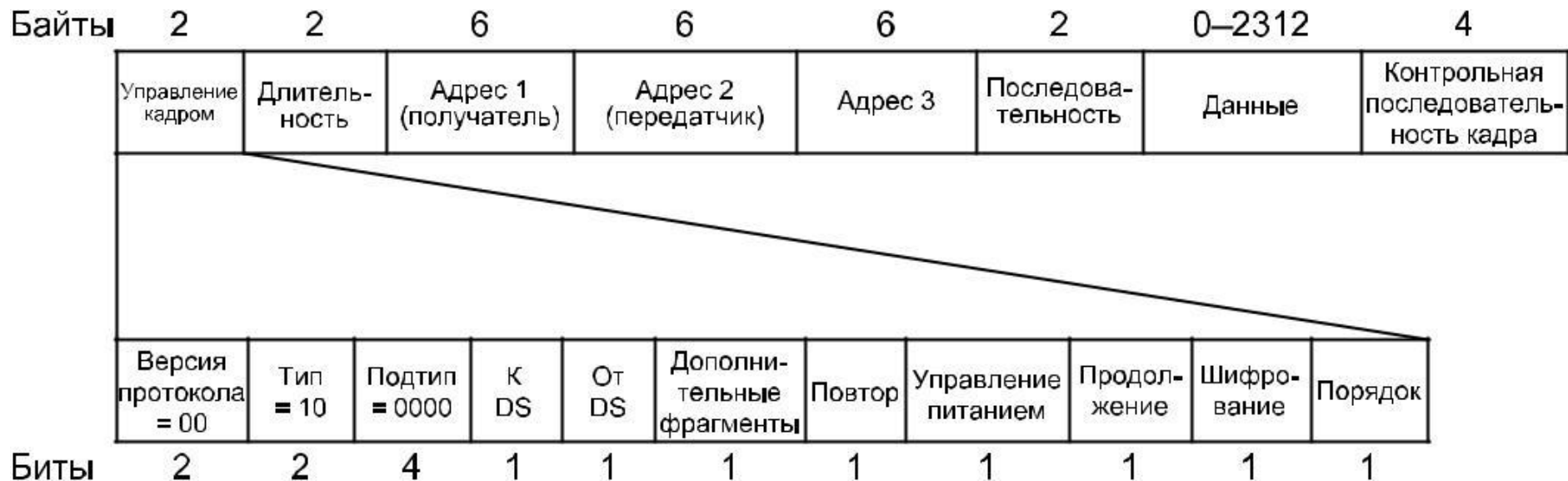
Самый короткий интервал — это **SIFS** (**Short InterFrame Interval** — короткий межкадровый интервал). Он используется для того, чтобы одна из сторон в диалоге могла получить шанс начать первой.

Два интервала **AIFS** (**Arbitration InterFrame Space** — межкадровый арбитражный интервал) показывают примеры двух различных уровней приоритета.

Последний временной интервал называется **EIFS** (**Extended InterFrame Spacing** — **расширенный межкадровый интервал**). Он используется только той станцией, которая только что получила испорченный или неопознанный кадр и хочет сообщить о проблеме.

# **Стандарт 802.11: структура кадра**

**Стандарт 802.11** определяет три **класса** кадров, передаваемых по радиоканалу: **информационные, служебные** и **управляющие**. Все они имеют заголовки с множеством полей, используемых подуровнем MAC. Кроме того, есть поля, используемые физическим уровнем, но они в основном относятся к методам модуляции, поэтому здесь мы их рассматривать не будем



# Информационный кадр стандарта 802.11



Вначале идет поле **Управление кадром** (Frame Control). Оно содержит 11 вложенных полей. Первое из них — **Версия протокола**, установлено в 00 (2 бита).

Затем следуют поля **Тип** (информационный, служебный или управляющий) и **Подтип** (например, RTS или CTS).

Биты ***K DS*** и ***Om DS*** говорят о направлении движения кадра: в сеть или из сети. Бит ***Дополнительные фрагменты*** говорит о том, что далее следует еще один фрагмент. Бит **Повтор** маркирует повторно посылаемый кадр. Бит **Управление питанием** используется станцией-отправителем для указания на свое переключение в режим пониженного энергопотребления или на выход из этого режима

Бит ***Продолжение*** говорит о том, что у отправителя имеются еще кадры для пересылки. Бит ***Шифрование*** является индикатором использования шифрования в теле кадра. Наконец, установленный бит ***Порядок*** говорит приемнику о том, что кадры с этим битом должны обрабатываться строго по порядку

Точка доступа — это просто пункт ретрансляции кадров, когда они движутся между клиентом и другой точкой сети, возможно удаленным клиентом или интернет-порталом.

***Третий адрес*** — адрес этой удаленной конечной точки.

# **Стандарт 802.11. Сервисы**

**Ассоциация (association).** Сервис используется мобильными станциями для подключения к точкам доступа. Возможности точки доступа включают поддерживаемую скорость передачи данных, меры безопасности, возможности энергосбережения, поддержку качества обслуживания и т. д. Мобильная станция посылает запрос на ассоциацию с точкой доступа

## **Реассоциация (reassociation)**

позволяет станции сменить точку доступа. Эта возможность полезна при перемещении станции от одной точки доступа к другой в той же расширенной 802.11 ЛВС, по аналогии с передачей в сотовой сети

Прежде чем станции смогут посылать кадры через точку доступа, они должны пройти ***аутентификацию*** (*authenticate*).

Рекомендуемая схема, названная **WPA2 (WiFi Protected Access 2 — WiFi Защищенный Доступ 2)**



Когда кадры достигают точки доступа, **служба распределения (*distribution service*)** определяет их маршрутизацию. Если адрес назначения является локальным для данной точки доступа, то кадры следуют напрямую по радиоканалу

**Служба интеграции (*integration service*)** поддерживает трансляцию, необходимую, если кадр нужно выслать за пределы сети стандарта 802.11 или если он получен из сети не этого стандарта. Типичный случай здесь — соединение между беспроводной ЛВС и Интернетом.

## ***Доставка данных (data delivery).***

Поскольку стандарт 802.11 основан на стандарте Ethernet, а в последнем доставка данных не является гарантированной на 100 %, то для беспроводных сетей это тем более верно. Верхние уровни должны заниматься обнаружением и исправлением ошибок.

**Служба конфиденциальности**  
**(*privacy service*)**, которая управляет  
деталлями шифрования и  
дешифрования. Алгоритм  
шифрования для WPA2 основан на  
**AES (Advanced Encryption Standard**  
**— улучшенный стандарт**  
**шифрования)**

Для обработки трафика с различными приоритетами имеется служба ***планирования трафика QOS (QOS traffic scheduling)***. Она использует протоколы, для предоставления голосовому и видео трафику преимущество перед фоновым трафиком

**Регулирование мощности передатчика** (transmit power control) дает станциям информацию, которая нужна им, чтобы соответствовать установленным нормативным пределам мощности передачи, которые варьируются в зависимости от региона