

Канальный уровень

WI-FI

Wi-Fi

Wi-Fi – доминирующая технология беспроводной передачи данных в компьютерных сетях

Физический уровень Wi-Fi

- 6 стандартов IEEE 802.11

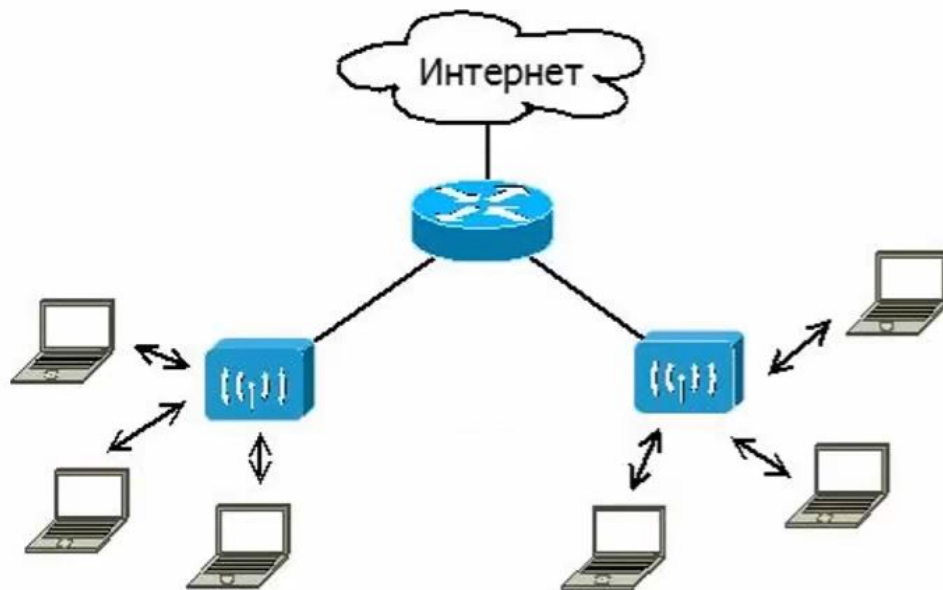
Канальный уровень Wi-Fi

- Одинаковый для разных стандартов физического уровня

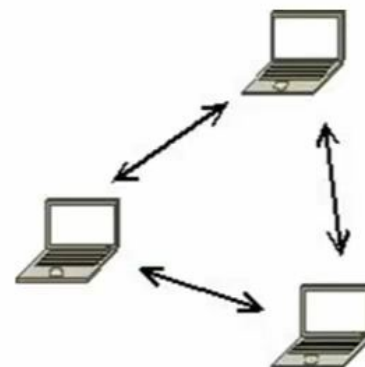
Wi-Fi использует разделяемую среду передачи данных

- Возможны коллизии
- Необходимо разграничивать доступ к разделяемой среде

Режимы работы Wi-Fi



Инфраструктурный
режим



Одноранговый
режим
(ad-hoc)

Физический уровень Wi-Fi

Инфракрасное излучение

- 802.11, устаревший метод

Электромагнитное излучение:

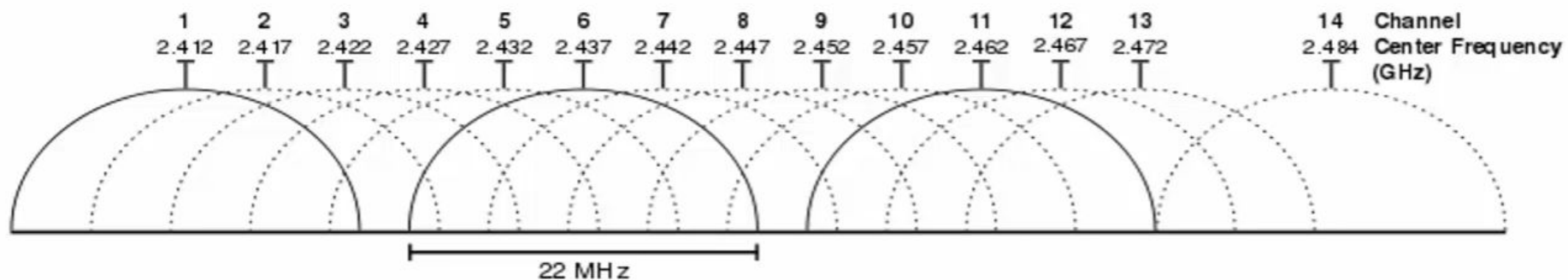
- 2,4 ГГц – 802.11b, 802.11g, 802.11n
- 5 ГГц – 802.11a, 802.11n, 802.11ac

Диапазоны 2,4 и 5 ГГц не требуют лицензирования:

- Можно использовать свободно
- Другие устройства также используют этот диапазон и создают помехи

Каналы в диапазоне 2.4 ГГц

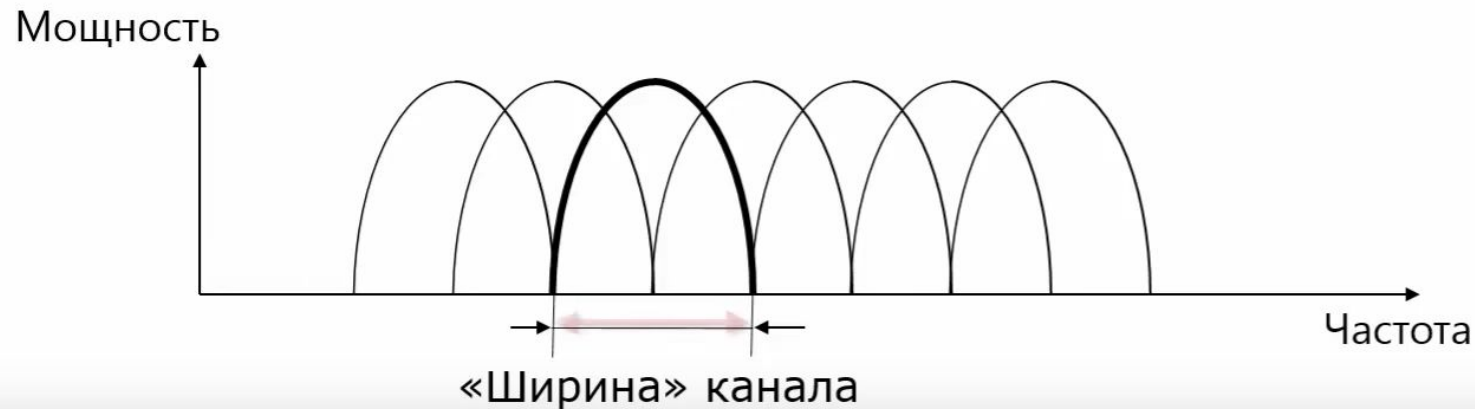
Канал	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Частота (ГГц)	2.412	2.417	2.422	2.427	2.432	2.437	2.442	2.447	2.452	2.457	2.462	2.467	2.472	2.484



Ширина канала

Используемая «ширина» канала:

- 20 МГц – первые стандарты Wi-Fi
- 40 МГц – 802.11n
- 80 МГц – 802.11ac (поддержка обязательна)
- 160 МГц – 802.11ac (поддержка по желанию)



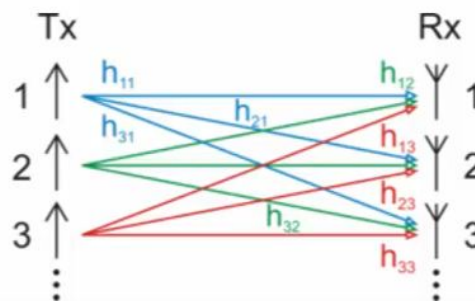
Пространственный поток

Использование нескольких антенн для передачи и приема сигнала:

- Стандарты 802.11n, 802.11ac
- Пространственный поток – сигнал, распространяющийся от одной антенны до другой

Multiple Input Multiple Output (MIMO):

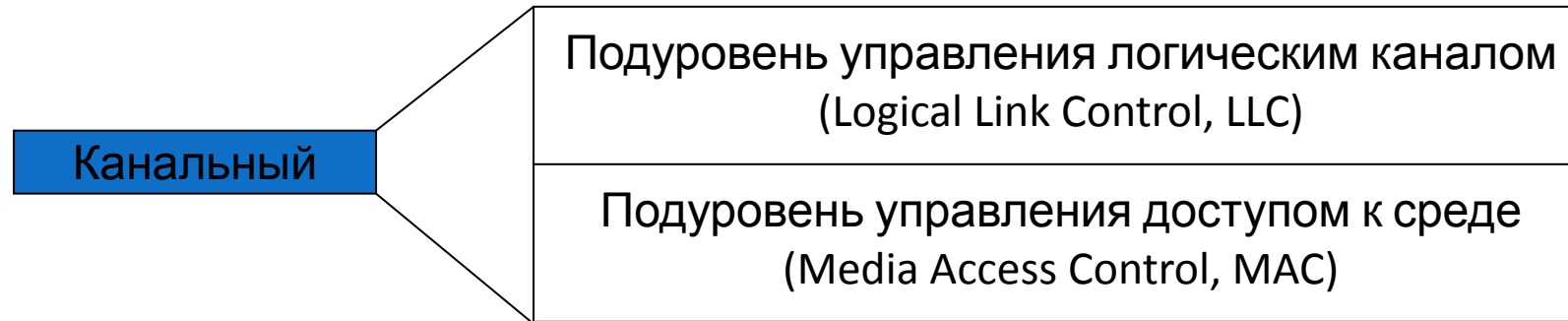
- Метод кодирования сигнала для использования нескольких антенн



Стандарты физического уровня Wi-Fi

Название	Год принятия	Скорость	Частота
802.11	1997	1 и 2 Мб/с	2,4 ГГц
802.11a	1999	54 Мб/с	5 ГГц
802.11b	1999	11 Мб/с	2,4 ГГц
802.11g	2003	54 Мб/с	2,4 ГГц
802.11n	2009	600 Мб/с 150 Мб/с одна станция	2,4 и 5 ГГц
802.11ac	2014	6.77 Гб/с 1.69 Гб/с одна станция	5 ГГц

Канальный уровень wi-fi



Подуровень управления логическим каналом (LLC)

- Выделение кадров из потока бит + обработка ошибок + адресация
- **Общий для разных технологий**

Подуровень управления доступом к среде (MAC)

- Совместное использование разделяемой среды + адресация
- **Специфичный для разных технологий**
- Не является обязательным

Заголовок кадра Wi-Fi (LLC)

Технология Wi-Fi похожа на Ethernet

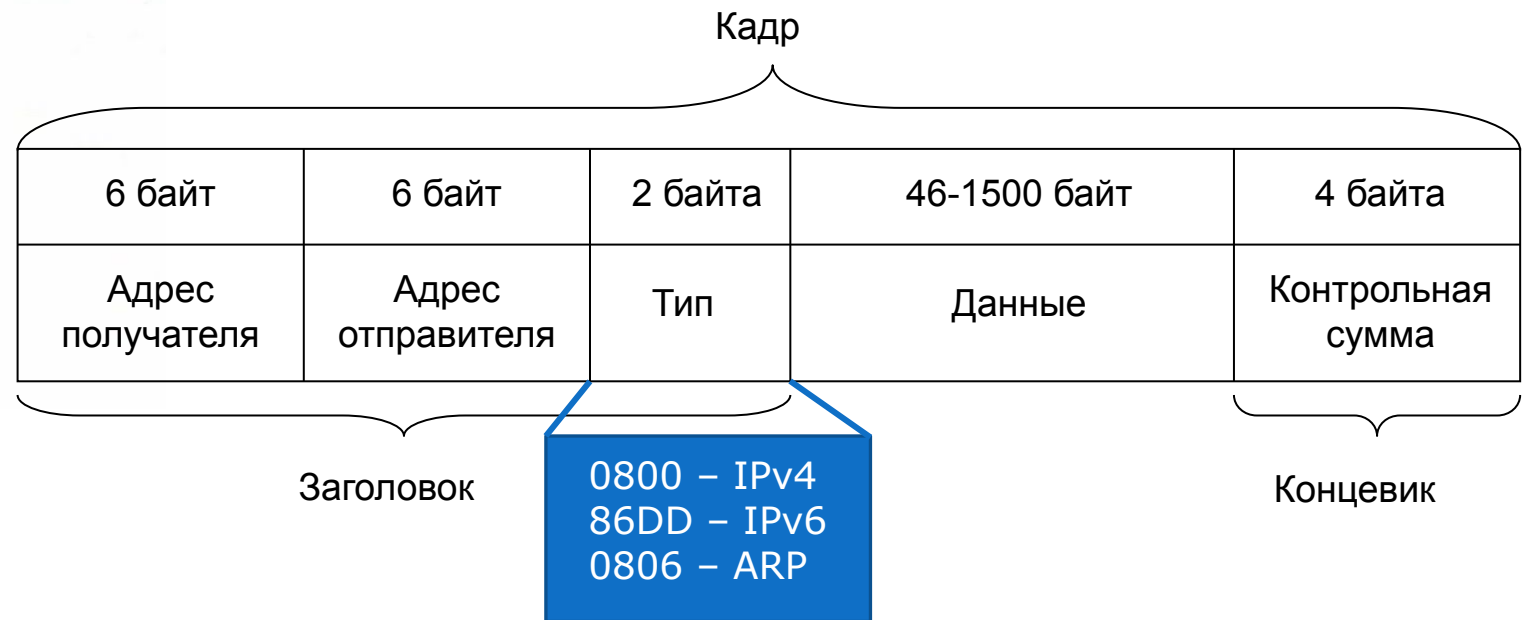
- Адресация – MAC-адреса

Разделяемая среда:

- Ethernet – кабели
- Wi-Fi – радиоэфир

Общий формат кадра уровня LLC

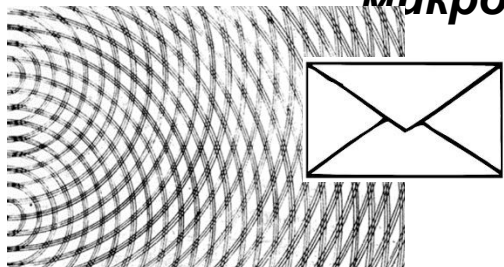
- Стандарт IEEE 802.2



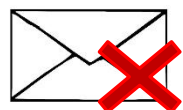
Обработка ошибок Wi-Fi. Проблемы

Высокая частота возникновения ошибок

**Влияние внешних
электро-магнитных полей**
*(от стороннего оборудования,
работающего на той же частоте,
другая точка доступа,
микроволновка)*



Искажение сообщений



Потеря сообщений

=

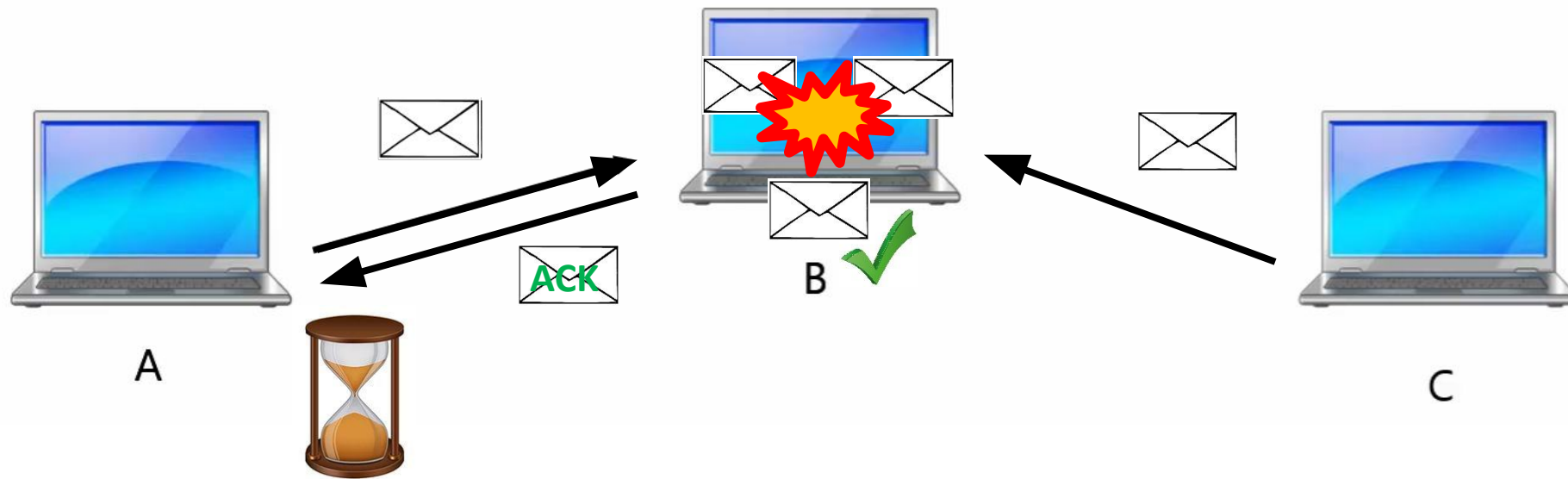
Коллизии кадров

*(столкновение двух или более кадров
в сети, приводящее к их потере или
искажению)*



Обработка ошибок Wi-Fi. Решения

1. Подтверждение доставки

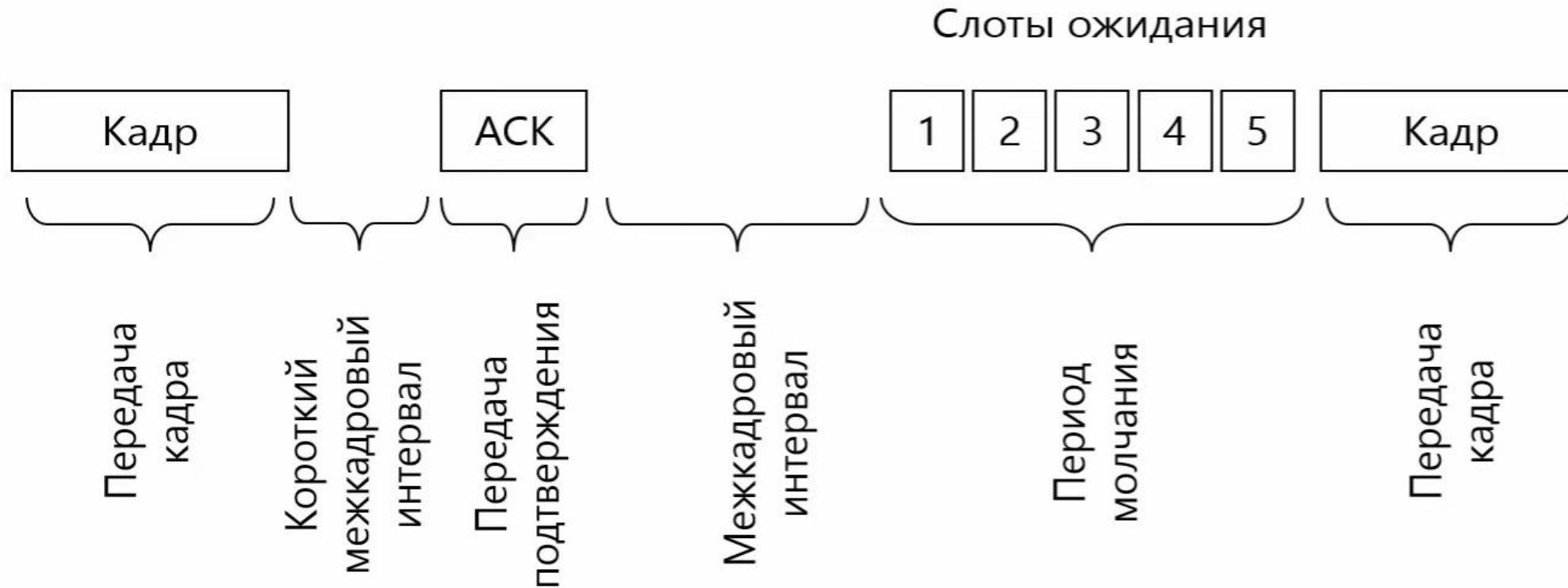


Обработка ошибок Wi-Fi. Решения

2. Управление доступом к среде

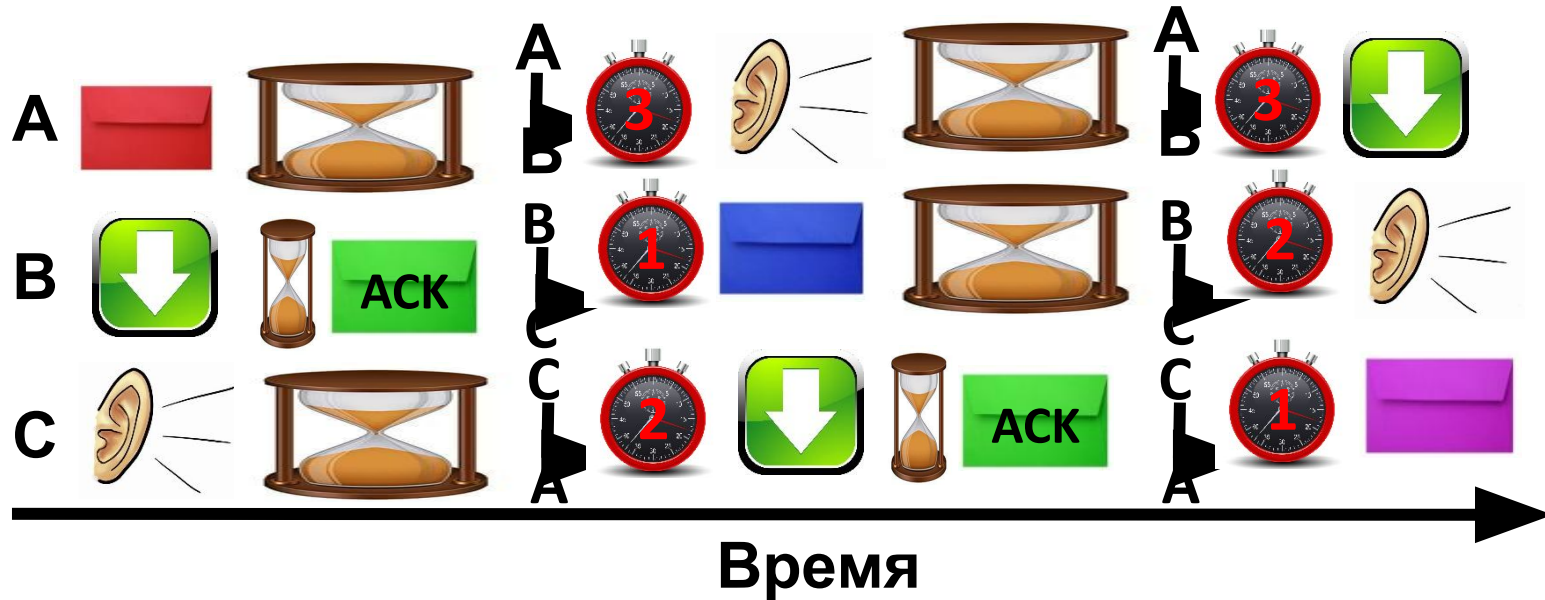
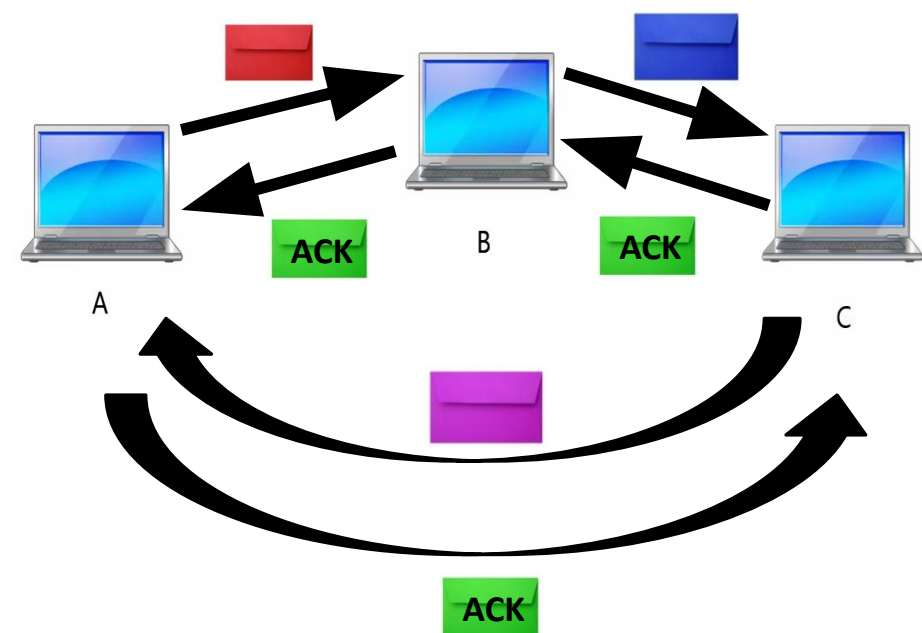
Метод доступа к среде в Wi-Fi:

- CSMA/CA - Множественный доступ с прослушиванием несущей частоты с предотвращением коллизий

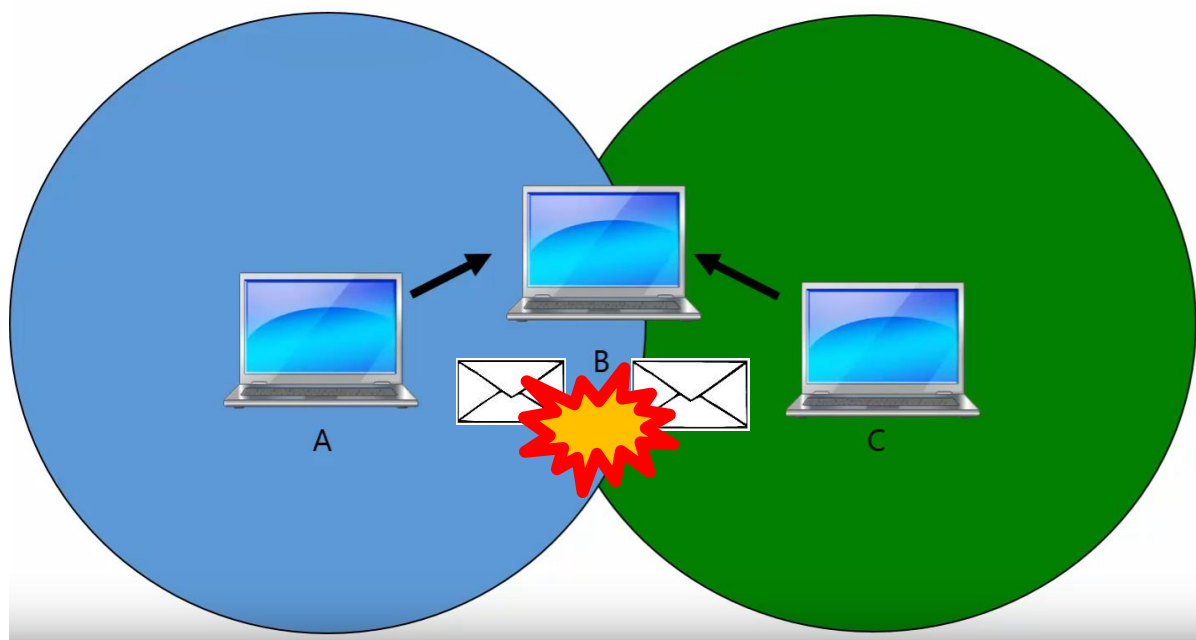


Обработка ошибок Wi-Fi. Решения

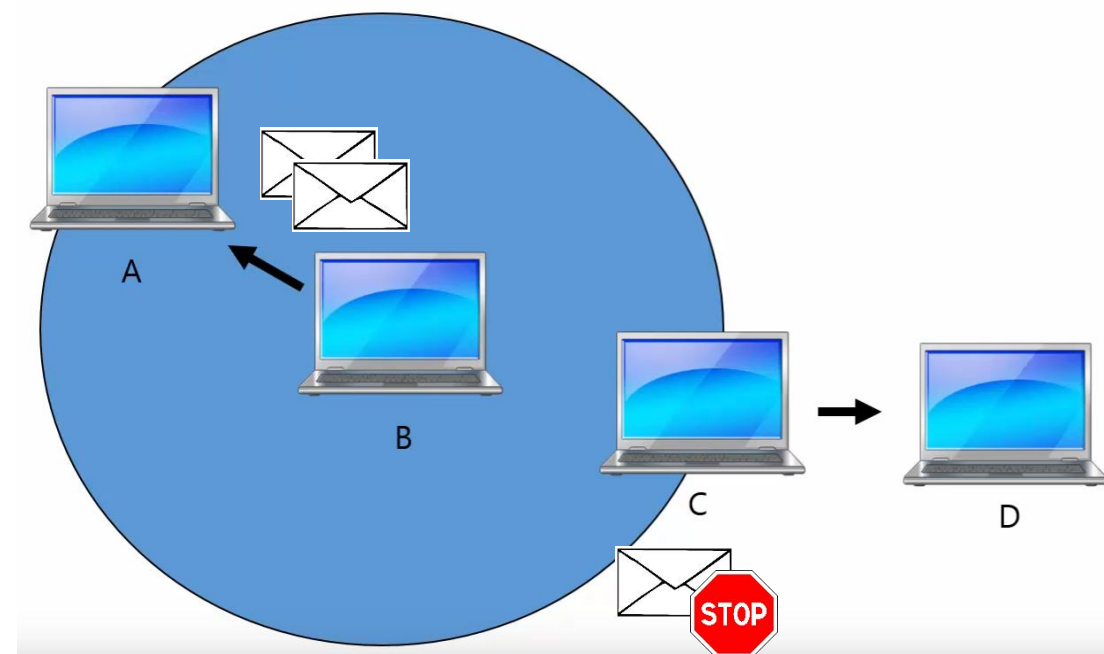
2. Управление доступом к среде



Обработка ошибок Wi-Fi. Проблемы



**Скрытая
станция**



**Засвеченная
станция**

Обработка ошибок Wi-Fi. Решения

3. Сигнальные сообще-

Протокол Multiple Access with Collision Avoidance (MACA)

- Предназначен для решения проблем скрытой и засвеченной станции
- Может использоваться в Wi-Fi (не обязательно)

Перед отправкой данных компьютер передает управляющее сообщение:

- Request To Send (RTS)
- Включает размер сообщения с данными

Принимающий компьютер отвечает сообщением:

- Clear To Send (CTS)
- Также включает размер ожидаемого сообщения

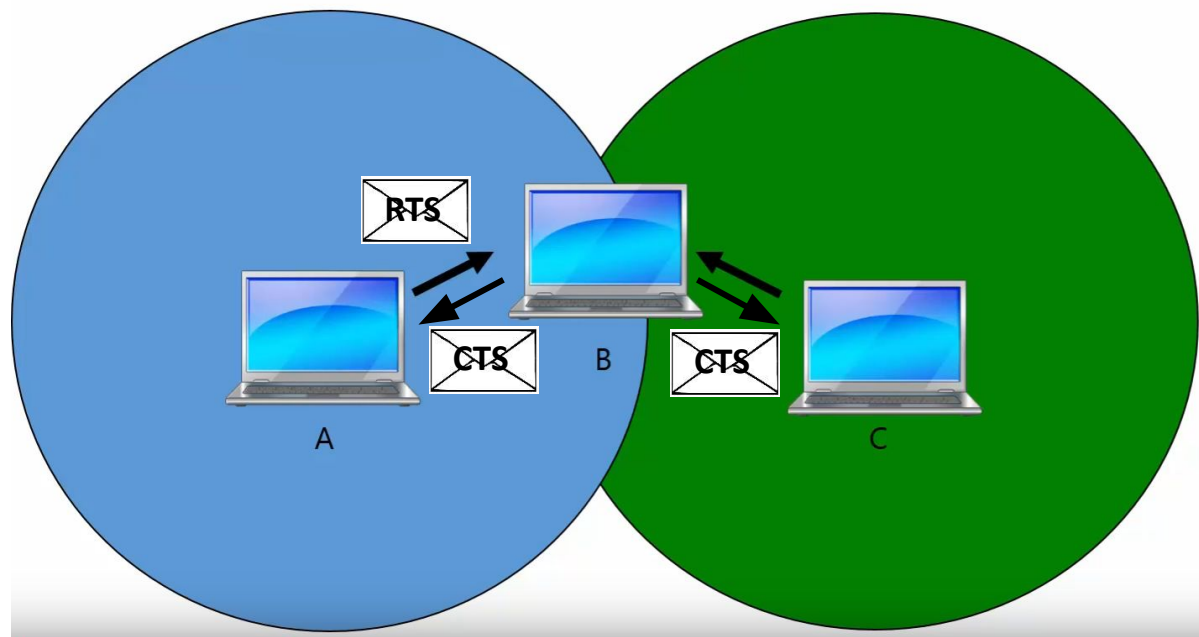
Компьютеры, увидевшее CTS, ждут:

- Время на передачу данных (размер данных в CTS)
- Время на передачу подтверждения

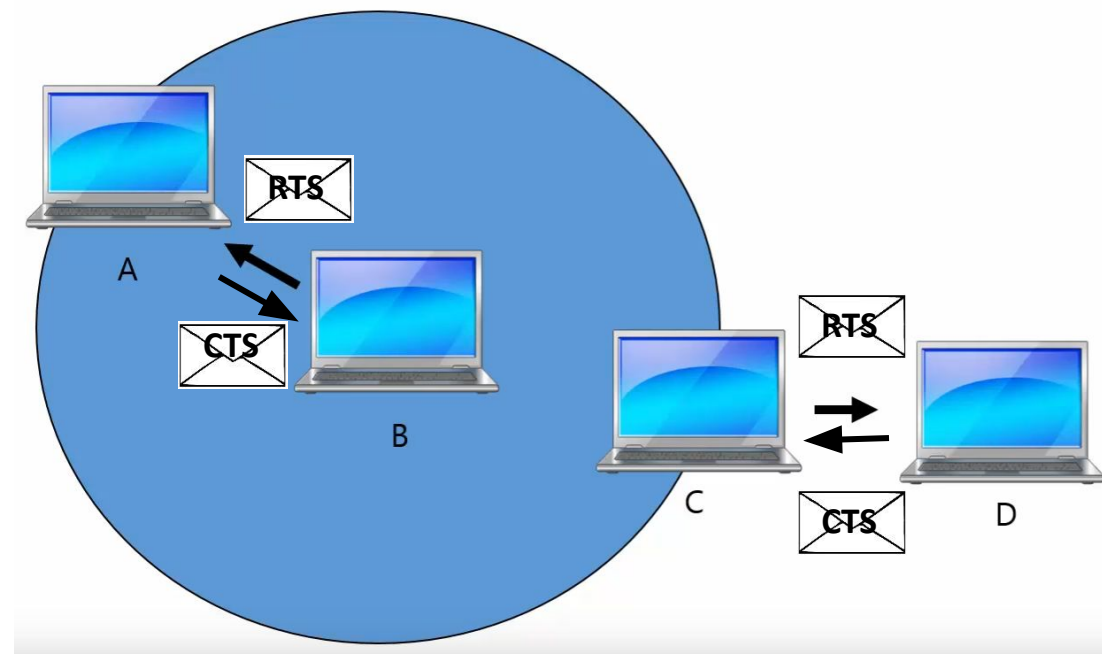
Обработка ошибок Wi-Fi. Решения

3. Сигнальные сообщения

RTS – Request To Send – Хочу передать! CTS – Clear To Send – Могу принимать!



**Скрытая
станция**



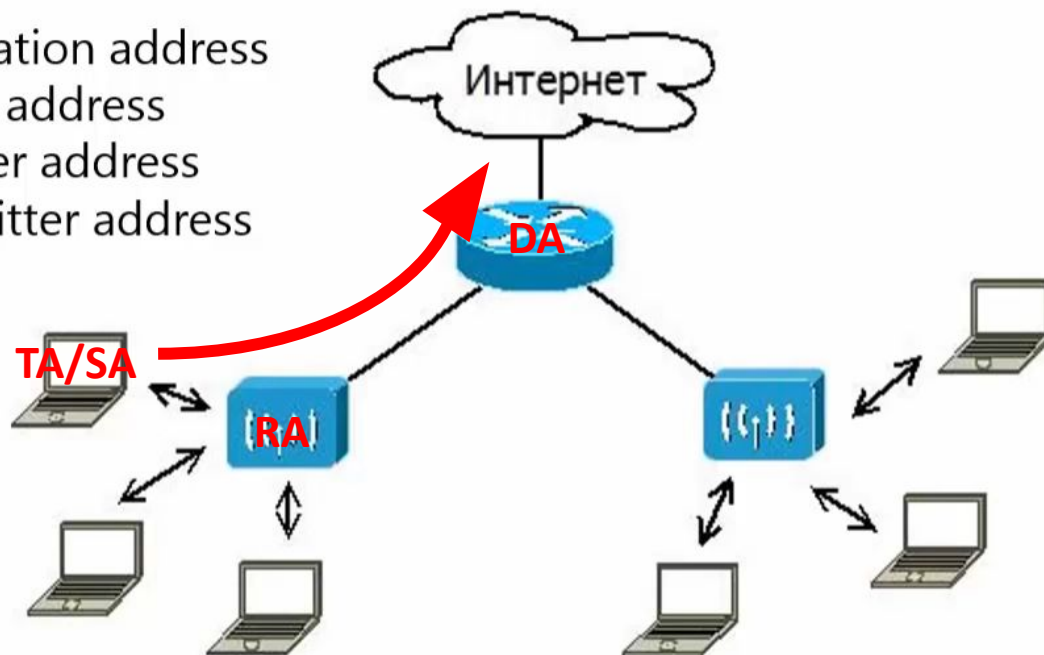
**Засвеченная
станция**

Заголовок кадра Wi-Fi (MAC)

2 байта	2 байта	6 байт	6 байт	6 байт	2 байта	6 байт	0-2304 байт	4 байта
Управление кадром	Длительность	Адрес 1	Адрес 2	Адрес 3	Управление очередностью	Адрес 4	Тело кадра	Контрольная сумма

Адресация. Передача данных в сеть

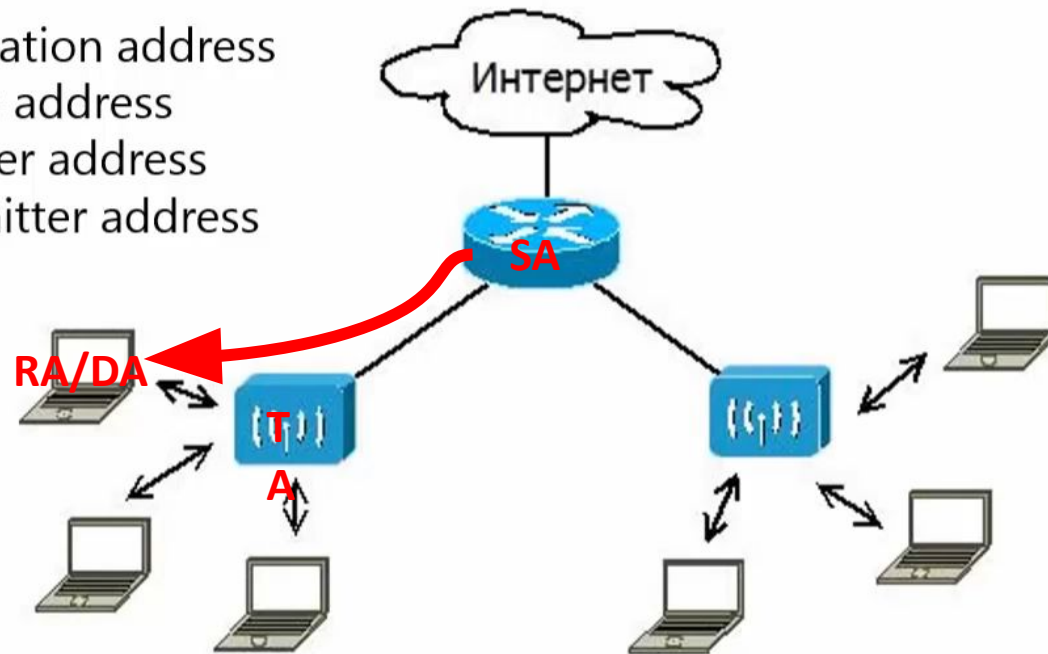
DA — Destination address
SA — Source address
RA — Receiver address
TA — Transmitter address



Адрес 1	Адрес 2	Адрес 3
RA	TA/SA	DA

Адресация. Передача данных в сеть

DA — Destination address
SA — Source address
RA — Receiver address
TA — Transmitter address



Адрес 1	Адрес 2	Адрес 3
RA/DA	TA	SA

Поле «Управление кадром»

Управление кадром

Кадры данных

- Передача данных

Кадры контроля (control frames)

- Служебные кадры
- RTS, CTS, ACK

Кадры управления (management frames)

- Реализация сервисов Wi-Fi
- Примеры: ассоциация с точкой доступа

Фрагментация

Поле MF (More Fragments)

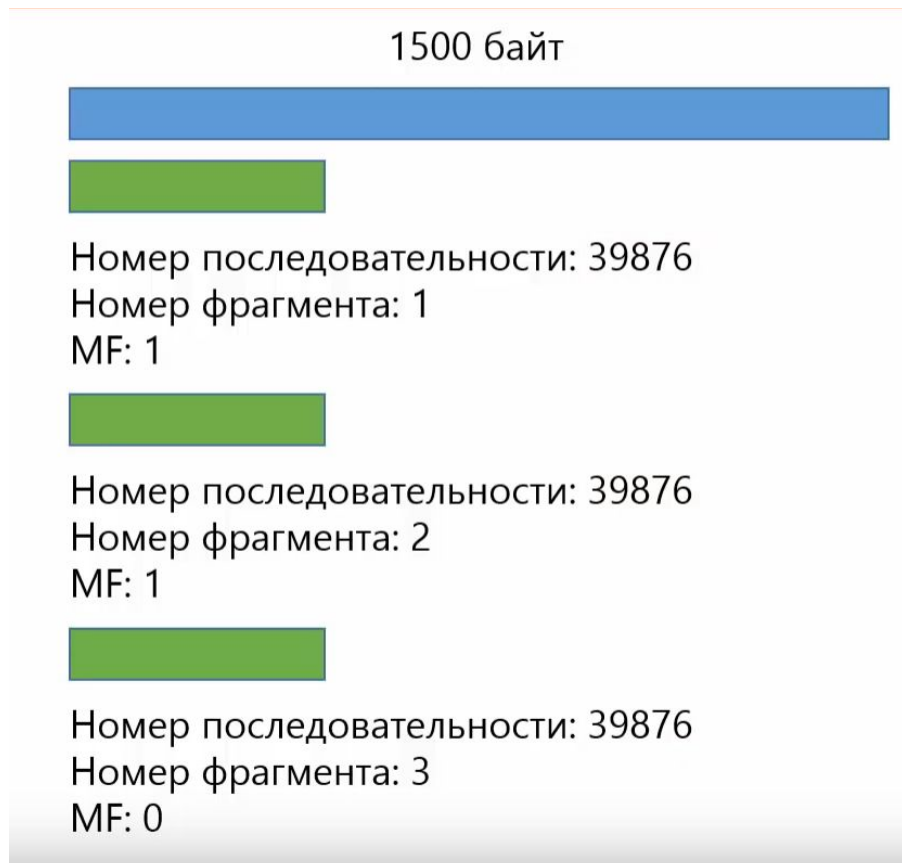
Поле «Управление очередностью»

- Номер последовательности (Sequence Number)
- Номер фрагмента (Fragment Number)

2 байта	2 байта	6 байт	6 байт	6 байт	2 байта	6 байт	0-2304 байт	4 байта
Управление кадром	Длительность	Адрес 1	Адрес 2	Адрес 3	Управление очередностью	Адрес 4	Тело кадра	Контрольная сумма

2 бита	2 бита	4 бита	1 бит	1 бит	1 бит	1 бит	1 бит	1 бит	1 бит	1 бит
Версия протокола	Тип	Подтип	To DS	From DS	MF	RT	Power Mgmt	MD	Protection Frame	Order

Механизм фрагментации



Режим энергосбережения

Wi-Fi часто используется в мобильных устройствах

- Очень важно экономить электроэнергию чтобы продлить срок работы батареи

Стандарт IEEE 802.11 PSM

- Режимы работы станции: активный и спящий
- В спящем режиме станция не принимает и не передает данные
- Точка доступа записывает кадры для «спящей» станции в буфер
- «Спящая» станция регулярно просыпается и читает все кадры от точки доступа
- Передавать кадры станция может в любое время