

BASIC =

- базовые понятия
- классификация сетей
- топологии сетей
- стандарты сетей
- основы организации сетей
- модель OSI
- модель TCP/IP
- физический уровень
 - канальный уровень
 - ethernet
 - mac-адреса
 - vlan
 - stp
 - wi-fi
 - сетевой уровень
 - ip address
 - ip протокол - маршрутизация, фрагментация
 - управляющие протоколы - dhcp, arp, icmp
- взаимодействие канального и сетевого уровня
- транспортный уровень
 - udp
 - tcp
 - socket interface

WIRESHARK [windows](#), [linux](#)

Отслеживание устройств через пассивное прослушивание Wi-Fi - [link](#)

ARP спуфинг на Python - [link](#)

Про VPN - [link](#)

BASICS

more about: авторский ресурс - [link](#)

Таненбаум, Уэзеролл = Компьютерные сети

Олифер, Олифер = Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы

Куроуз, Росс = Компьютерные сети. Нисходящий подход

***** БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ *****

Абонент =

Клиент =

Сервер =

Хаб = любой узел сети

Коллизия = наложение сигналов нескольких источников данных

ПОМЕТКИ ДЛЯ ВЫЯСНЕНИЯ

***** КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ *****

ТИП КОММУТАЦИИ

Коммутация = соединение абонентов сети через транзитные узлы.

1. коммутация каналов
 фиксированный канал связи
 при разрыве – заново устанавливать связь
 пример = телефон
2. коммутация пакетов
 данные бьются на пакеты
 возможны разные пути = отказоустойчивость
 на каждом узле решается задача маршрутизации

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧ

1. широковещательные
 передает один – доступно всем
 пример: WiFi, Ethernet
2. точка-точка
 передает один другому (возможно, по цепочке)
 пример (коммутируемый Ethernet)

***** ТОПОЛОГИИ СЕТЕЙ *****

Топология = схема связи между компьютерами в сети

Геометрически, топология = граф, где

 вершины = узлы сети

 ребра = связи между узлами

БАЗОВЫЕ ТОПОЛОГИИ (как правило, используются смешанные)

- полносвязная = каждый напрямую с каждым
- ячеистая = полносвязная минус некоторые связи
- звезда = все подключены к одному, передача через него
- кольцо = соединение с двумя соседними
- дерево = соединение в виде дерева
- общая шина = передает один, доступно всем

ВАЖНО! Отличие топологий:

 физическая = соединение устройств в сети

 логическая = правила распространения сигнала в сети

Например, классический Ethernet (физ. звезда + лог. общая шина)

***** СТАНДАРТЫ СЕТЕЙ *****

Формальные = принятые по формальным законам стандартизации
Фактические = установившиеся сами собой

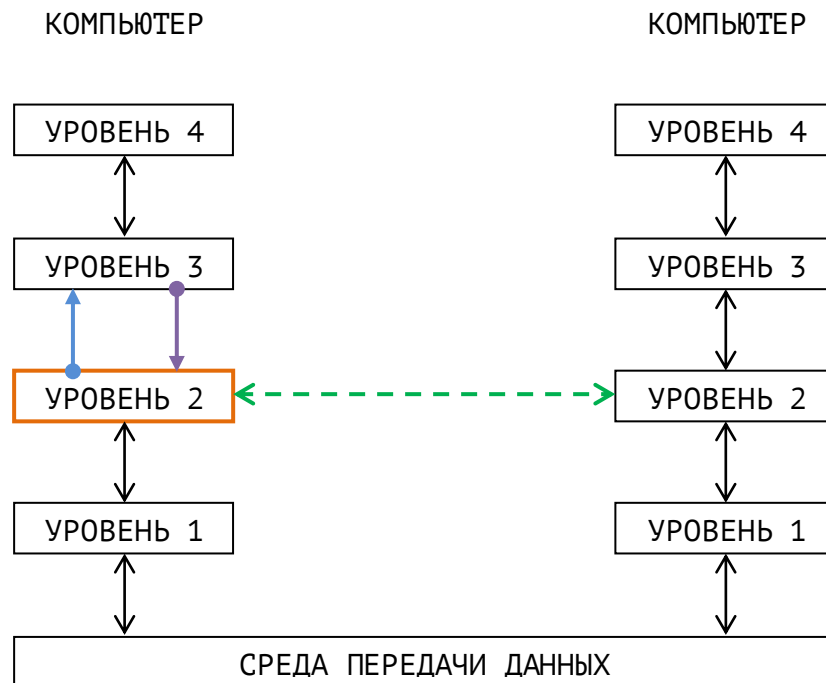
1. **ISO = международная организация по стандартизации**
-> эталонная модель взаимодействия открытых систем
2. **IEEE = институт инженеров по электронике и электротехнике**
-> сетевое оборудование / технологии передачи данных
(для каждой свой комитет)
3. **IAB = совет по архитектуре интернета**
-> протоколы интернет (называются RFC). Подразделения
 IRTF – долгосрочные перспективы
 IETF – сетевые протоколы
4. **W3C консорциум**
-> стандарты World Wide Web (называются Рекомендации) :
 язык разметки HTML
 таблицы стилей CSS
 архитектура Web Services Architecture
 язык разметки XML

ЭТАЛОННЫЕ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТЕЙ

1. ISO OSI = формальная, на практике не используется
 - 7 уровней, протоколы не входят в модель
 - хорошая теоретическая проработка
2. TCP/IP = фактическая
 - 4 уровня
 - одноименный стек протоколов = основа сети Интернет

***** ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТЕЙ *****

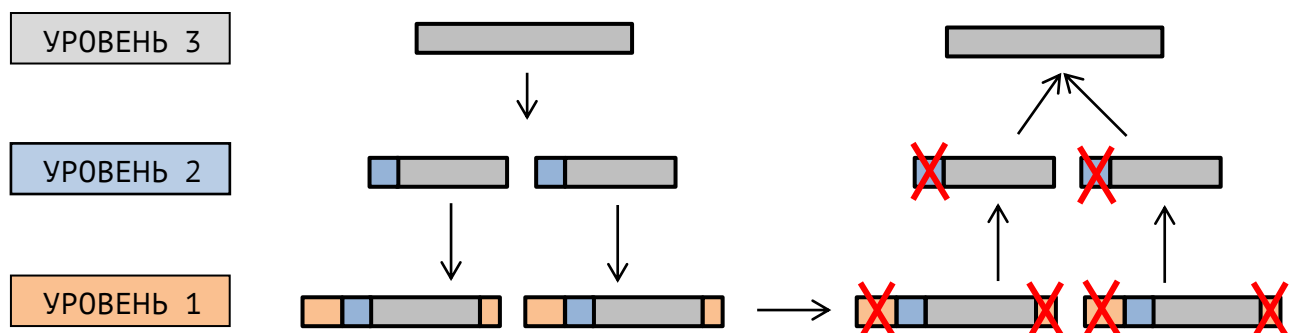
Для решения сложной задачи построения сетей используется принцип декомпозиции = разбиение на "уровни". Каждый уровень решает одну задачу (или набор тесно связанных).



- **СЕРВИС** = функции, реализуемые уровнем
- **ИНТЕРФЕЙС** = набор операций, предоставляемых верхнему уровню
- **ПРОТОКОЛ** = правила, согласующие работу одинаковых уровней (взаимодействие через заголовки протоколов)

АРХИТЕКТУРА = набор уровней + протоколов (интерфейсы не входят)
 СТЕК ПРОТОКОЛОВ = необходимая иерархия протоколов

- **ИНКАПСУЛЯЦИЯ** = включение сообщения верхнего уровня в сообщение нижнего уровня. Сообщение = заголовок + данные + концевик (опц.)



***** МОДЕЛЬ OSI *****

OSI = эталонная модель, принятая комитетом ISO в 1983 г.

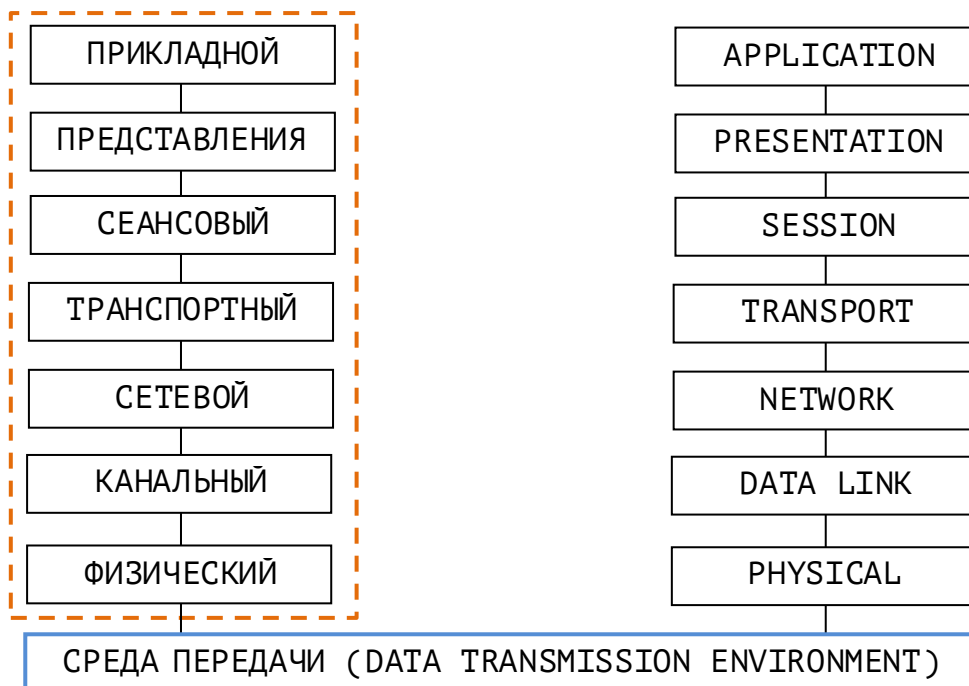
OSI = open system interconnation

Открытая система в этом контексте =

система, построенная в соответствии с открытыми спецификациями

OSI :

- не включает описания протоколов = НЕ сетевая архитектура
- используется в качестве "общего языка" для описания сетей



ФИЗИЧЕСКИЙ

- передача **битов** по физическому каналу связи
- не вникает в смысл передаваемой информации
- работает **концентратор**

КАНАЛЬНЫЙ

- передает **кадры**
- обнаруживает и исправляет ошибки
- физическая адресация (конкретное устройство)
- управление доступом к разделяемой среде передачи
- работает **коммутатор** и **точка доступа**

СЕТЕВОЙ

- передает **пакеты**
- согласование различий объединяемых сетей
- общая адресация (сетевой / глобальные адреса)
- маршрутизация (поиск маршрутов через узлы сети)
- работает **маршрутизатор**

ТРАНСПОРТНЫЙ

- передает **сегменты**
- передача данных между процессами на хостах
- обеспечение надежности обмена данными на хостах
- сквозной / сетенезависмый = изолирован от сети

СЕАНСОВЫЙ

- передает **сообщения**
- очередность передачи сообщений
- синхронизация выполнения критических операций
- обнаружение сбоя в сети и восстановления соединения

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

- передает **сообщения**
- представление данных в понятном формате
- включает синтаксис и семантику
- шифрование и дешифрование

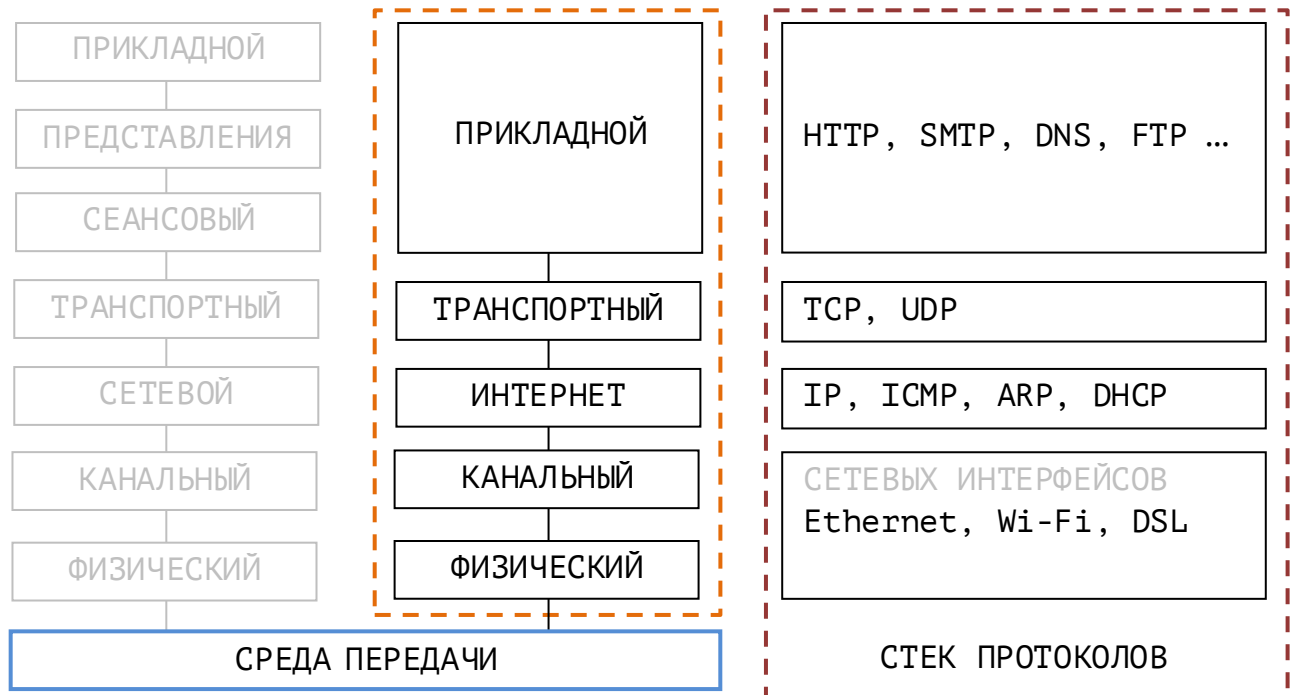
ПРИКЛАДНОЙ

- передает **сообщения**
- набор приложений, доступный пользователю

***** МОДЕЛЬ TCP/IP *****

TCP/IP = фактическая модель, закрепленная

- основа Интернет
- назван по одноименному стеку протоколов TCP/IP



- совместное использование разделяемой среды
- адресация
- специфичен для разных технологий

***** ETHERNET *****

ТИПЫ ETHERNET

Ethernet	10 Мб/с	II (DIX) / IEEE 802.3
Fast ...	100	II (DIX) / IEEE 802.3u
Gigabit ...	1Гб/с	II (DIX) / IEEE 802.3z , 802.3ab
5G ...	2,5 и 5	II (DIX) / IEEE 802.3bz
10G ...	10	II (DIX) / IEEE 802.3ae , 802.3an
100G ...	40 и 100	II (DIX) / IEEE 802.3ba

КЛАССИЧЕСКИЙ ETHERNET
разделяемая среда
до Gigabit / 5G

КОММУТИРУЕМЫЙ ETHERNET
точка-точка
от Fast до 100G

ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ может быть:

- коаксиальный кабель
- витая пара
- оптоволокно

КАНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ: в классическом Ethernet смешаны LLC и MAC

ФОРМАТ КАДРА стандарта II (DIX)

общий для классического и коммутируемого

6 байт	6 байт	2 байта	46 - 1500 байт	4 байта
АДРЕС ПОЛУЧАТЕЛЯ	АДРЕС ОТПРАВИТЕЛЯ	ТИП	ДАННЫЕ*	КОНТРОЛЬНАЯ СУММА
заголовок			0x0800 - IPv4 0x0806 - ARP 0x86DD - IPv6	концевик

* Существует расширение JumboFrame для ДАННЫХ до 9000 байт

КЛАССИЧЕСКИЙ ETHERNET

КОНЦЕНТРАТОР (hub) = устройство для создания сетей Ethernet

Основа: витая пара

Топологии:

- физическая – звезда
- логическая – общая шина



Все устройства подключаются к концентратору. Концентратор работает на **физическом уровне модели OSI**. Единственная задача – распространить сигнал, принимаемый от одного из хабов на все остальные.

Доступ к среде осуществляется по специальному **правилу CSMA/CD**:
(carrier sense multiple access with collision detection):

- каждый хаб прослушивает сеть
- хаб получает все пакеты и сам обрабатывает mac-адреса
- состав сигнала: преамбула + кадр + межкадровый интервал
- при передаче данных хаб сам следит за коллизиями
 - прослушивает несущую частоту
 - если свободна – передает данные
 - одновременно – считывает свои же данные
 - если данные вдруг отличаются = коллизия
 - начинает передавать jam-последовательность
 - следующая попытка передать данные:
 - после паузы
 - пауза = $L * 512$ битовых интервалов (см. стандарт)
 - L = случайное число $[0, 2^n - 1]$
 - n = номер попытки
 - после 10 попытки n не увеличивается
 - после 16 попытки передача прекращается

Недостатки:

- небезопасность (пакеты доступны всем)
- множественные коллизии
- пропускная способность сети = самому медленному хабу

КОММУТИРУЕМЫЙ ETHERNET

КОММУТАТОР (switch) = устройство для создания сетей Ethernet

Основа: витая пара, оптоволокно

Топологии:

физическая – звезда

логическая – полносвязная сеть

Внешний вид похож на концентратор

Внутри коммутатора реализована

- аппаратная часть
- прошивка

такие, которые позволяют при передаче сигнала из одного порта, передавать его на любой другой / несколько портов. Концентратор самостоятельно анализирует заголовки кадров, извлекает из них мас-адрес получателя и передает кадр на соответствующий порт (таким образом, коммутатор **функционирует на физическом + канальном уровне OSI**).

ТАБЛИЦЫ КОММУТАЦИИ

При включении коммутатора, происходит заполнение таблицы, которая устанавливает соответствие мас-адреса и порта коммутатора (в таблице есть и другие поля – см. подробнее)

Заполнение называется "алгоритм обратного обучения" и состоит в прослушивании портов и считывании мас-адреса отправителя пакета.

В случае, если коммутатору попадает кадр, получателя которого не удастся найти по таблице, этот кадр одновременно посылается на все порты в надежде, что такой получатель все же найдется (например, если он еще не отправил ни одного пакета и просто не успел попасть в таблицу коммутации)

АЛГОРИТМ ПРОЗРАЧНОГО МОСТА

Заключается в том, что коммутатор никаким образом не влияет на пакет. Поэтому он доходит до получателя так, **как будто получатель и отправитель соединены по сети точка-точка.**

***** MAC-адреса *****

MAC-адреса = на одноименном подуровне MAC канального уровня.

- длина адреса 6 байт (48 бит)
- формат записи = XX-XX-XX-XX-XX-XX или XX:XX:XX:XX:XX:XX

Задача = однозначная идентификация конкретного устройства (или, иначе, идентификация сетевого интерфейса узла сети)

- Ethernet : IEEE 802.3
- Wi-Fi : IEEE 802.11

Поведение сети при наличии нескольких устройств с совпадающими индивидуальными MAC-адресами не регламентировано.

ТИПЫ MAC-адресов

- индивидуальный (unicast) : 30-9C-23-15-E8-8C
- групповой (multicast) : 01- ... (всегда 01)
- широковещательный (broadcast) : FF-FF-FF-FF-FF-FF

НАЗНАЧЕНИЕ MAC-адресов:

- централизованно (производителями*), IEEE 802 бит = 0
- локально (администраторы сетей**) бит = 1

* 4-6 байты = OUI (organization unique identifier)

** контроль уникальности и выставление бита = на их совести

MAC-адреса за пределами локальной сети может быть полезен только для поиска поставщика сетевой карты в целях поддержки. Для связи с хабами в других сетях нужны:

протоколы более высокого уровня
маршрутизаторы, которые понимают эти протоколы

IMEI-адрес = адрес устройства канального уровня в сети сотовой связи (также уникальный = параллель с MAC-адресом)

***** VLAN *****

VLAN (virtual local area network) = виртуальная локальная сеть
 Действует: **на канальном уровне модели OSI**
 реализуется коммутаторами

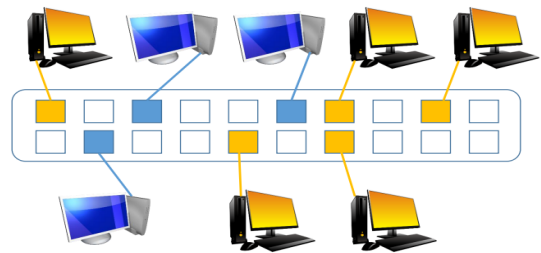
Задача = разделить общую локальную сеть на несколько автономных непересекающихся подсетей. "Виртуальная" – так как реализуется на уровне ПО коммутаторов, а не физически.

- безопасность
- масштабируемость
- снижение общей нагрузки (кадр не передается на все порты в случае если получатель не обнаружен по таблице коммутаций).

Для реализации:

- в таблицу коммутации добавляется дополнительное поле VLAN
- вводится стандарт IEEE 802.1q со специальным форматом кадра

Порт коммутатора	MAC-адрес	VLAN
1	1C-75-08-D2-49-45	2
2	00-02-B3-A7-49-D1	3
3	00-04-AC-85-E7-03	3
4	54-BE-F7-88-15-47	3
5	00-40-D0-C0-08-BA	2
...		



IEEE 802.1q

Вводится для передачи информации о VLAN между несколькими коммутаторами. Для этого в стандартном кадре:

- поле ТИП стандартного кадра заменяется на 0x8100
- перед данными добавляется:
 - 2 байта = запись номера VLAN
 - 2 байта = ТИП стандартного кадра

6 байт	6 байт	2 байта	2 байта	2 байта	46-1500 байт	4 байта
Адрес получателя	Адрес отправителя	Тип	Тег	Тип	Данные	Контрольная сумма

VLAN в пределах одного коммутатора = нетегированный

VLAN для сети коммутаторов = тегированный

TRUNK PORT (магистральный порт) = порт сетевых устройств, через который проходит тегированный трафик.

***** STP *****

Проблема = если несколько коммутаторов объединены в виде кольцевой топологии, то это приведет к так называемому широковещательному шторму.

Широковещательный шторм = возникает, когда на вход коммутатора подается пакет с мас-адресом устройства, не входящего в текущую сеть. В таком случае, по правилу работы коммутатора, он посылает этот пакет на все порты. Если же вдруг сеть коммутаторов закольцована, этот пакет будет бесконечно бродить по сети, постоянно удваиваясь (можно нарисовать схему).

STP = spanning tree protocol = протокол для координации работы связанных между собой коммутаторов. Действует:

на канальном уровне модели OSI
реализуется коммутаторами

СТАНДАРТЫ: IEEE 802.1d = классический STP
IEEE 802.1w = улучшенный STP (скорость работы)

ПРИНЦИП = формирование связующего дерева = подграф без циклов, содержащий все узлы исходного дерева

- автоматическое отключение дублирующих соединений
- в случае разрыва, отключенные соединения могут включаться

ЭТАПЫ РАБОТЫ

1. выбор корневого коммутатора (по мин. мас-адресу / вручную)
2. определение кратчайших путей до корневого коммутатора
 - количество участков пути
 - скорость передачи на каждом из участков
3. отключение всех остальных соединений

BPDU = bridge protocol data units = сообщение протокола STP, которое отправляется каждым из коммутаторов в сети на trunk-port с периодичностью в 2 секунды. С помощью этого сообщения происходит выбор корневого коммутатора и обнаружение замкнутых колец. Рассылается на групповой мас-адрес 01:80:C2:00:00:00

ВАЖНО! BPDU рассылается для каждой! VLAN, известной коммутатору. То есть в случае, если есть 100 VLAN, то каждые 2 секунды будет рассылаться 100 BPDU. Из-за этого классический STP несовместим с технологией VLAN. Для этого существует **MSTP (IEEE 802.1s)**

СОСТОЯНИЕ ПОРТОВ по технологии STP:

listening	= обработка BPDU, но без передачи данных
learning	= не передает кадры, составляет мас-таблицу
forwarding	= принимает и передает данные и BPDU
blocking	= заблокирован по технологии STP
disabled	= выключен администратором

СТОИМОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ при расчете кратчайшего пути

4 Mbit/s	250
10	100
16	62
100	19
1 Gbit/s	4
2	3
10	2

***** WI-FI *****

WI-FI является торговой маркой WI-FI ALLIANCE, IEEE 802.11
Действует:

на физическом + канальном уровне модели OSI (LLC + MAC)
реализуется ...

ОБОРУДОВАНИЕ = точка доступа

Тип кадра LLC = IEEE 802.2 = общий с Ethernet

Тип кадра MAC = ... = особенный для Wi-Fi

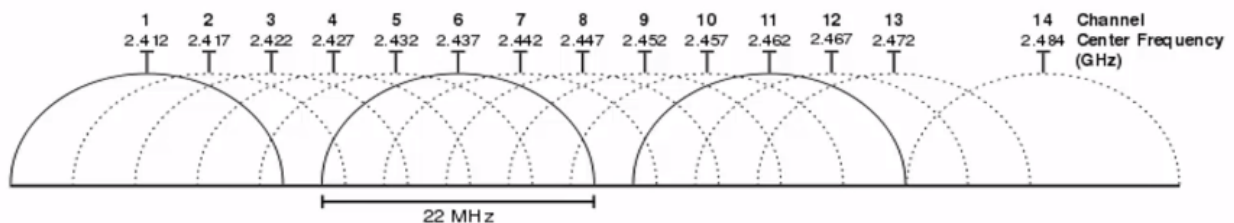
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ = электромагнитное излучение: 2.4 или 5 ГГц

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ = метод OFDM

OFDM = orthogonal frequency division mutlplexing = передача данных параллельно на разных частотах. Частоты частично накладываются, однако технология позволяет их считывать.

В диапазоне 2.4 ГГц используется 14 каналов, таким образом, в пределах взаимной досягаемости возможно наличие только 14 сетей. Конфликт при превышении этого числа называется Wi-Fi джунгли.

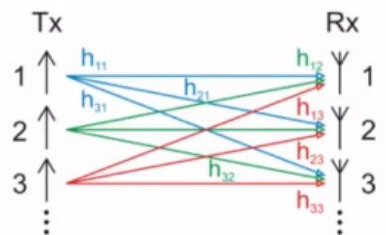
Возможная ширина канала: 20 МГц / 40 МГц / 80 МГц / 160 МГц



MIMO = multiple input multiple output = метод кодирования сигнала для использования нескольких антенн. Имеет смысл, если несколько антенн имеется как на передатчике, так и на приемнике.

стандарты : IEEE 802.11n и 802.11ac

пространственный поток = сигнала от одной антенны до другой. Схема передачи →

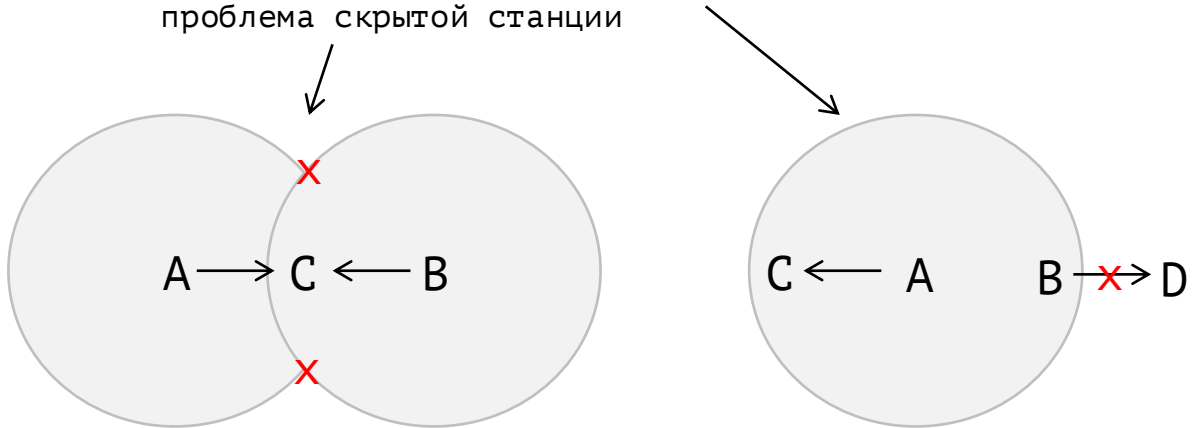


WI-FI позволяет менять скорость передачи при разном качестве сигнала. Адаптация происходит за счет изменения:

- ширины используемого канала
- методов модуляции
- guard interval (интервал между сигналами)

ОСОБЕННОСТИ БЕСПРОВОДНОЙ СРЕДЫ

- больше ошибок, чем в проводной среде
- мощность передаваемого сигнала > мощность принимаемого
- ограниченный диапазон распространения сигнала =
проблема засвеченной станции
проблема скрытой станции



ОБНАРУЖЕНИЕ КОЛЛИЗИЙ в WI-FI

Для удостоверения, что приемник получил пакет отправителя, **используется подтверждение**. Если подтверждения нет по истечении таймера_подтверждения, пакет считается непринятым.

Для обнаружения коллизий:

- невозможно использовать подход Ethernet
- допустимо обнаружение коллизий по отсутствию подтверждения
но это очень дорогостоящая по времени операция. Поэтому подход заключается не в обнаружении коллизий, а в их предотвращении.

Доступ к среде осуществляется по **правилу CSMA/CA**

(carrier sense multiple access with collision avoidance):

- каждый хаб прослушивает сеть
- если сеть пустая, хаб отправляет пакет
- приемник
 - получает кадр
 - выжидает "короткий_межкадровый_интервал"
 - отправляет подтверждение
- отправитель
 - получает подтверждение
 - выжидает "межкадровый_интервал"
 - попадает в фазу "период_молчания"
- в периоде молчания находятся другие хабы
- для каждого хаба этот период выбирается случайным образом
- первый хаб, у которого истек период молчания (у которого меньше "слотов_ожидания"), отправляет пакет

Описанный выше метод, как правило, достаточен для корректного функционирования сети. Но теоретически он не решает проблем засвеченной / скрытой станции. Поэтому есть **метод MACA**, который, однако, не является обязательным и редко используется. Суть:

1. перед отправкой основного пакета, отправитель посылает сообщение RTS = request to send = в котором содержится размер предполагаемого пакета.
2. если приемник готов принять пакет, то отправляет обратное сообщение CTS = clear to send = подтверждение готовности, в котором также есть размер пакета.
3. CTS получают все компьютеры в зоне доступа
 - действительный отправитель отправляет пакет
 - остальные ждут достаточное время, чтобы не мешать

ФОРМАТ КАДРА в WI-FI

- подуровень MAC = особый формат
- подуровень LLC = стандартный как и в Ethernet

Трансформация от формата MAC к формату LLC
автоматическая на хабе подуровня LLC



DA = destination address

SA = source address

RA = receiver address (кто получает из беспроводной среды)

TA = transmitter address (кто передает в беспроводную среду)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ПОЛЯМ КАДРА

Z to Inet : A1 = Y (RA) , A2 = Z (SA = TA) , A3 = X (DA)

Inet to Z : A1 = Z (RA = DA) , A2 = Y (TA) , A3 = X (SA)

УПРАВЛ КАДРОМ	ДЛИТЕЛЬН	АДРЕС 1	АДРЕС 2	АДРЕС 3	УПРАВЛ ОЧЕРЕДН	АДРЕС 4	ДАННЫЕ	КОНТРОЛЬН СУММА
2 байта	2 байта	6 байт	6 байт	6 байт	2 байта	6 байт	0 - 2304 байт	4 байта



Используется совместно с управляющими кадрами MAC подуровня

Используется совместно с флагом MF
Включает в себя: sequence number + fragment number

0-1 = версия протокола (текущее 00, прочее зарезервировано)

2-3 = тип (data frame / control frame / management frame)

4-7 = подтип (RTS, CTS, ACK ... сервисы wi-fi)

8 = to DS (1 = от беспроводной среды к проводной)

9 = from DS (1 = от проводной среды к беспроводной)

10 = MF (1 = еще остались кадры = more fragments)

11 = RT (1 = повторная отправка)

12 = power (управление питанием, 1 = спящий режим)

13 = MD (управление питанием, 1 = данные в буфере точки доступа)

14 = WEP = protection frame (1 = используется шифрование)

15 = order (1 = используется порядок = по умолчанию)

СЕРВИСЫ (службы) WI-FI

BSS = basic service set

ESS = extended service set

В радиусе своего действия точка доступа рассылает идентификатор своего набора сервисов = **BSSID**, который эквивалентен mac-адресу точки доступа.

Пользователи, получающие идентификатор, воспринимают его как имя точки доступа. Например: BSSID = FA:F0:82:D9:0D:10
SSID = "my_wi-fi"

Аутентификация = подтверждение права на подключение
клиент отправляет кадр управления management frame
если запрос удовлетворен, ТД отправляет кадр подтверждения

- open = без защиты, подключается любой
- personal = один пароль для всех пользователей
- enterprise = уникальный пароль для каждого (необходим сервер аутентификации + протоколы RADIUS / LDAP etc.)

Внешняя аутентификация = подключение к ТД происходит открыто, но после этого пользователя перенаправляет на сервис авторизации, где аутентификация и происходит по дополнительным правилам (например, sms пароль и проч.).

Ассоциация = установление связи с точкой доступа
клиент получил разрешение от точки доступа
клиент отправляет параметры wi-fi, с которыми может работать
если параметры подходят ТД, она отправляет подтверждение

Передача данных = после успешных аутентификации и ассоциации

Отключение от сети = выполняется одним из способов

- запрос от клиента на деаутентификацию / деассоциацию
- ТД автоматически отключает клиента через некоторое время после того, как тот покидает зону действия ТД

Расширенный набор сервисов = необходим, когда необходимо покрыть Wi-Fi сеть большую площадь, для чего используются связанные ТД. Согласование работы ТД осуществляется контроллером. Каждая точка доступа передает идентичные SSID, но при этом их BSSID остаются уникальными.

В расширенный набор сервисов входит, например, роуминг (возможность беспрепятственно перемещаться по всей покрытой территории без необходимости аутентификации с каждой ТД в локальной сети).

ПОИСК ТОЧКИ ДОСТУПА Wi-Fi КЛИЕНТОМ

Пассивное сканирование

ТД периодически рассылают сигнальные пакеты = **beacon frames**
клиент принимает эти кадры и формирует список доступных ТД

Активное сканирование

клиент сам рассылает пакеты = **probe request**
ТД в ответ на этот запрос посылают информацию о себе

ШИФРОВАНИЕ В Wi-Fi

Шифрование:

подвергаются только данные, но не заголовки
должен быть установлен флаг WEP = protection frame

Типы шифрования: WEP (устаревший), WPA, WPA2 (современный)

***** СЕТЕВОЙ УРОВЕНЬ *****

Задача - объединение локальных сетей, построенных на основе разных технологий канального уровня. Является основой Интернет.

- объединение сетей = internetworking
- маршрутизация
- обеспечение качественного обслуживания

АДРЕСАЦИЯ НА СЕТЕВОМ УРОВНЕ:

вводятся глобальные адреса, не связанные с mac-адресами
преобразование адресов = метод ARP для TCP/IP

СОГЛАСОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ПАКЕТА = метод фрагментации


- промежуточное устройство оценивает технологию следующего канала
- если пропускная способность
 меньше размера пакета - пакет делится на части (фрагментация)
 достаточная - пакет передается в неизменном виде
- очередное устройство объединяет фрагментированные пакеты
- отправитель и получатель не "заботятся" об этой процедуре

ETHERNET и WI-FI очень похожи, так как Wi-Fi является адаптацией Ethernet для беспроводной среды. Поэтому для взаимодействия этих двух технологий достаточно канального уровня и сложное сетевое согласование не нужно. Однако эти технологии НЕ МАСШТАБИРУЕМЫ

МАСШТАБИРОВАНИЕ НА СЕТЕВОМ УРОВНЕ

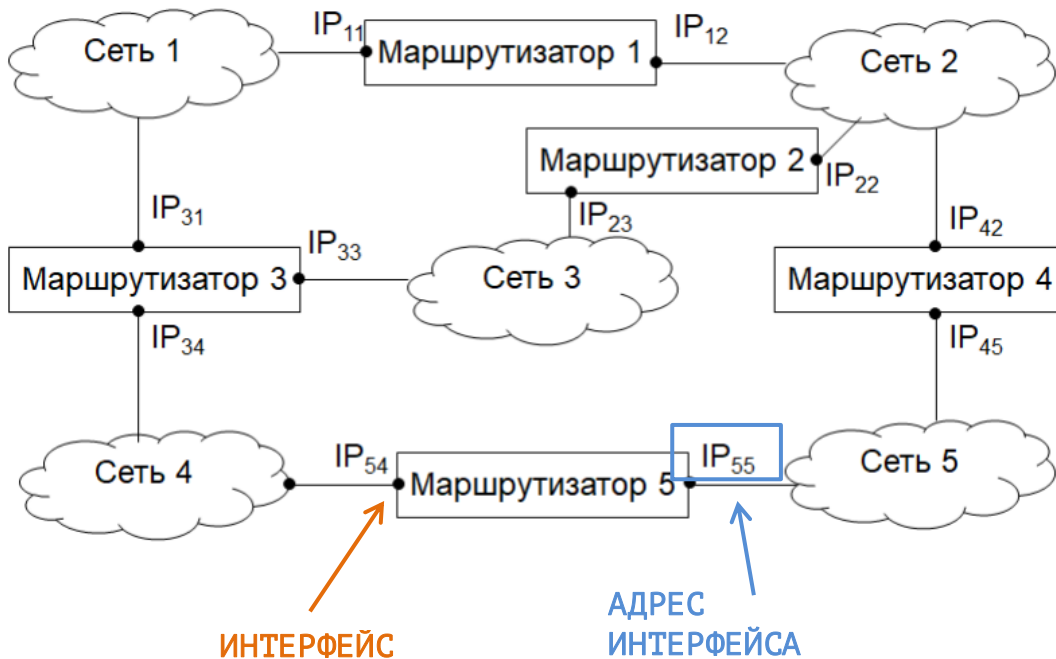
- агрегация адресов = работа с блоками адресов (сетями)
- запрет на пересылку пакету, адресация которых не найдена
- возможность наличия нескольких путей в сети = маршрутизация

ПРОТОКОЛЫ СЕТЕВОГО УРОВНЯ:

 {	IP	= передача данных
	ICMP	= управление сетью
	ARP	= связь глобального и локального адресов
	DHCP	= автоматическое назначение глобальных адресов

↑
управляющие протоколы сетевого уровня

ОБОРУДОВАНИЕ = маршрутизатор (router)



МАРШРУТИЗАЦИЯ (routing) = поиск маршрута доставки пакета между сетями через транзитные узлы. Задача выполняется маршрутизатором. При этом необходим:

- учет изменений топологии сети
- учет загрузки каналов связи и маршрутизаторов

Для каждой порции данных задача решается отдельно

***** IP ADDRESS *****

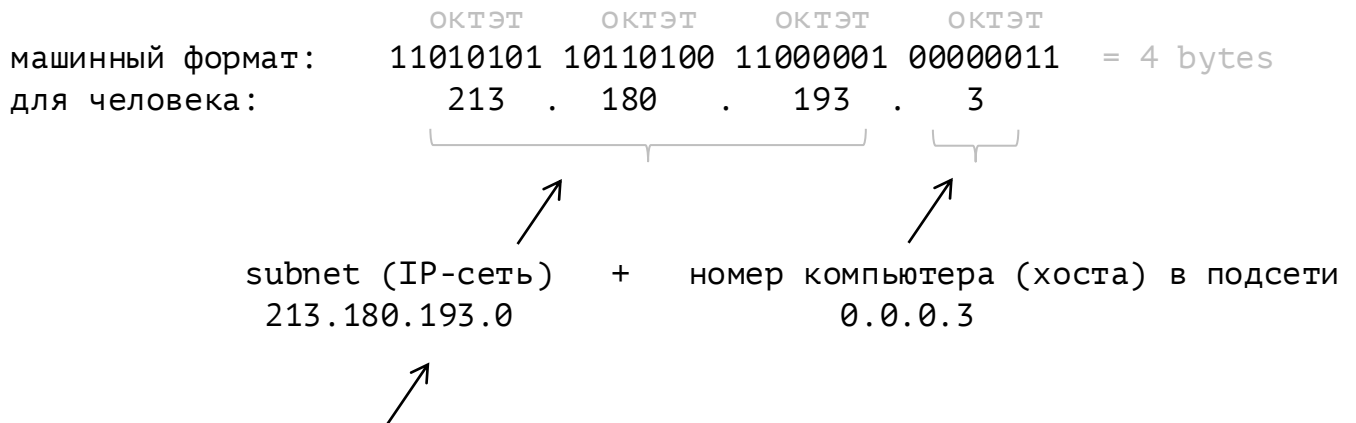
Глобальные адреса

- не привязаны к технологии локальных сетей
- уникальны в пределах для составной сети
- две версии протокола для модели TCP/IP:

IPv4 : 4 байта

IPv6 : 16 байт

IPv4



Маршрутизаторы работают с подсетями. **Не всегда** деление на подсеть и хост происходит в соотношении 3 к 1 (возможны и другие), однако общее правило: старшие биты = подсеть, младшие биты = хост

МАСКА ПОДСЕТИ позволяет выделить подсеть и хост из IP адреса
содержит те же самые 32 бита:

1 = на позициях, где подсеть

0 = на позициях, где хост

возможный вариант маски: 11111111 11111111 11111111 00000000
десятичная запись: 255.255.255.0
запись в виде префикса: 213.180.193.3 /24 (24 бита = 1)

возможный вариант маски: 11111111 11111111 11110000 00000000
десятичная запись: 255.255.240.0
запись в виде префикса: 213.180.193.3 /20 (20 бит = 1)
подсеть = 213.180.192.0
хост = 0.0.1.3

КЛАССЫ IP адресов

класс D = групповые адреса = 224.0.0.0 - 239.255.255.255

класс E = зарезервировано = 240.0.0.0 - 255.255.255.255

ТИПЫ АДРЕСОВ в IPv4

индивидуальный (unicast) – только один компьютер

групповой (multicast) – несколько компьютеров подсети

широковещательный (broadcast) – все компьютеры подсети

ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ АДРЕС

доступен только внутри одной подсети

невозможно указать "все компьютеры сети" ("Godzillagram")

имеет формат:

- биты адреса подсети = как обычно
- биты адреса хоста = все выставлены в 1

направленное широковещание =

- от компьютера подсети А к компьютерам подсети В
- пакет будет пропущен только в сеть В
- формат адреса: описан выше

ограниченное широковещание =

- от компьютера подсети А к компьютерам подсети А
- пакет не будет пропущен в другие подсети
- формат адреса: 255.255.255.255

СЛЕДСТВИЯ из ФОРМАТА ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОГО АДРЕСА

в IP адресе нельзя оставлять только 0 или только 1 в адресе хоста, так как это будет означать:

- только 0 = остается только адрес подсети
- только 1 = широковещательный адрес

ОСОБЫЕ IPv4 АДРЕСА

0.0.0.0	текущий хост
255.255.255.255	все хосты текущей подсети
127.0.0.0 /8	обратная петля, данные приходят обратно как правило, используется адрес хоста 1 но можно использовать любой адрес хоста
169.254.0.0 /16	ОС автоматически назначает адрес если недоступна другая конфигурация IP могут использовать только в одной подсети не проходят через маршрутизатор

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ IP адресов в МИРЕ

IANA (Internet assigned numbers authority) =

- распределение IP мира
- для получения IP адресов необходимо обращение в IANA
- адреса распределяются через RIR

RIR (regional Internet register) =

- непосредственное назначение адресов
- всего несколько (пять) организация ...
- ... закрепленные за континентами

ЧАСТНЫЕ IP адреса = не нужно обращаться в IANA. Эти адреса зарезервированы для случаев, когда НЕ нужно подключение к Интернет. Регламентируются документом "RFC 1918"

- 10.0.0.0 /8
- 172.16.0.0 /12
- 192.168.0.0. /16

При необходимости подключения к Интернет, используется технология NAT = Network adress translation

NAT = внутри организации можно строить какие угодно локальные сети, и пользоваться внутренними IP адресам. Для выхода в Интернет используется всего один единственный IP адрес.

По мере исчерпания адресов IPv4 используются IPv6 (длина 16 байт)

***** IP ПРОТОКОЛ *****

Передача данных без гарантии доставки
без сохранения порядка следования сообщений

Передача данных без установки соединения. Обратного подтверждения нет, исправлением ошибок должен заниматься протокол уровня выше.

ФОРМАТ ЗАГОЛОВКА IP

4 бита Номер версии	4 бита Длина заголовка	8 бит Тип сервиса	16 бит Общая длина	
16 бит Идентификатор пакета			3 бита Флаги	13 бит Смещение фрагмента
8 бит Время жизни		8 бит Тип протокола	16 бит Контрольная сумма	
32 бита IP-адрес отправителя				
32 бита IP-адрес получателя				
Опции и выравнивание (не обязательно)				

номер версии	IPv4 или IPv6
длина заголовка	размер всего заголовка в байтах
тип сервиса	редко используется на практике
общая длина	размер всего пакета в байтах

идентификатор, флаги, смещение	см. фрагментация
--------------------------------	------------------

время жизни	измеряется в hop'ax = отрезки между роутерами
тип протокола	код протокола верхнего уровня
контрольная сумма	расчитывается только по заголовку пакета

опции = необязательно поле, которое может включать:

- записать маршрут по маршрутизаторам
- временные метки прохождения по маршрутизаторам
- кастомизация маршрута

обязательно выравнивание размера заголовка до границы в 32 бита

***** IP ПРОТОКОЛ - маршрутизация *****

ЭТАПНОСТЬ

1. изучение структуры сети = производится "в фоновом режиме"
2. продвижение (forwarding) = куда отправит конкретный пакет

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ

... (в продвинутом курсе) ...

FORWARDING

Осуществляется на основе таблицы **маршрутизации**, которая заполняется на этапе изучения структуры. Заполнение возможно:

- статическое (вручную)
- динамическая (авто., протоколы RIP, OSPF, BGP etc.)

Обязательный поля таблицы (есть и другие специальные поля):

адрес, маска = задают подсети, о которых знает роутер

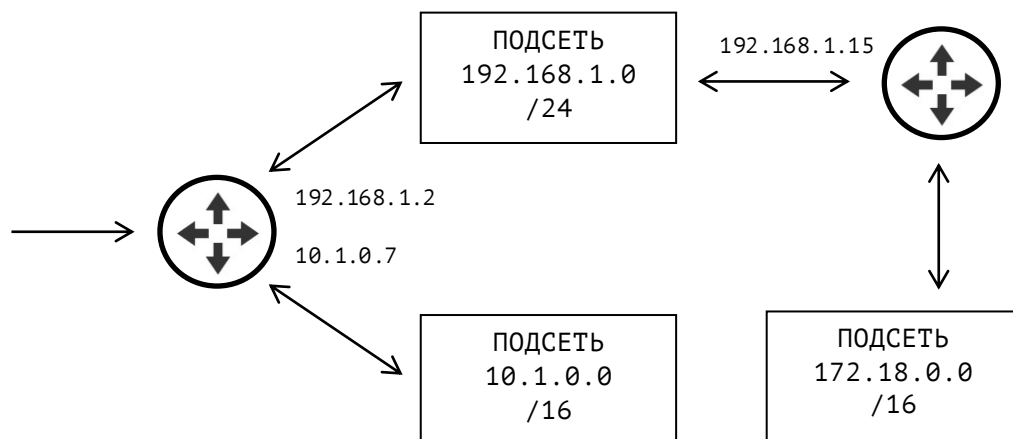
интерфейс = ip адреса (или имена) интерфейсов роутера

шлюз (gateway) = что делать с пакетом, отправленным через интерфейс

- шлюз = соседний роутер
- "подсоединен" - подсеть подключенна напрямую
- ip адрес соседнего роутера, если передача дальняя

учитываются адреса **только ближайшей** подсети / роутера

метрика = показатель приоритетности пути от роутера до конечного адресата, (количество роутеров, пропускная способность, загруженность). Чем меньше метрика, тем путь приоритетнее.



АДРЕС	МАСКА	ШЛЮЗ	ИНТЕРФЕЙС	МЕТРИКА
192.168.1.0	255.255.255.0	подсоединен	192.168.1.2	276
10.1.0.0	255.255.0.0	подсоединен	10.1.0.7	276
172.18.0.0	255.255.0.0	192.168.1.15	192.168.1.2	306
0.0.0.0	0.0.0.0	*ip шлюза*	*ip интерфейса*	0

Пакет, адреса подсети назначения которого в таблице маршрутизации не существует, либо:

- отбрасывается
- перенаправляется на роутер по умолчанию (default gateway)

GATEWAY = это маршрутизатор для отправки пакетов по умолчанию (для неизвестных роутеру сетей). Как правило, подключен к Интернет. Условное обозначение: 0.0.0.0 маска 0.0.0.0 или "default".

ДВЕ ПОДХОДЯЩИЕ ЗАПИСИ

Роутер принял пакет с адресом 192.168.100.12

Для него подходит две записи 192.168.100.0 /24 vs 192.168.0.0 /16

Общее правило маршрутизации:

- поиск маршрута к хосту = маска /32
- поиск маршрута к сети = маска от /31 до /1
- маршрут по умолчанию = маска /0 , подходят все пакеты

***** IP ПРОТОКОЛ – фрагментация *****

В заголовке IP есть следующие поля для фрагментации:
идентификатор, флаги, смещение

идентификатор = присваивается пакету, идентичен у фрагментов

флаги = зарезервированный бит

DF : 1 = запрет на фрагментацию

MF : 1 = есть еще фрагменты, 0 = последний фрагмент

если установлен запрет на фрагментацию, но пакет по размеру больше максимального размера кадра нижнего уровня сети получателя, то пакет отбрасывается
получателю отправляется сообщение о случившемся

смещение = способ упорядочить передаваемые / получаемые пакеты, так как технология IP не гарантирует последовательный прием пакетов. Смещение записывается в 8 байтовых блоках. Пример:

пакет = 4000 байт минус 20 байт заголовка = 3980 байт

	фрагменты		смещение
1	0 - 1479	$0 / 8 =$	0
2	1480 - 2959	$1480 / 8 =$	185
3	2960 - 3980	$2960 / 8 =$	370

ФРАГМЕНТАЦИЯ в IPv6 = отсутствует. Обязанность подбора допустимого размера пакета возлагается на хосты-отправители. Технология подбора размера пакета = [Path MTU Discovery](#)

***** УПРАВЛЯЮЩИЕ ПРОТОКОЛЫ СЕТЕВОГО УРОВНЯ *****

DHCP = dynamic host configuration protocol

позволяет автоматически назначать компьютерам в сети IP адреса

ARP = adress resolution protocol

позволяет по IP адресу получить MAC адрес компьютера

ICMP = internet control message protocol

- сообщение об ошибках

- тестирование работы сети:

 - ping = проверка доступности получателя (linux - [link](#))

 - tracert = определение маршрута к получателю (linux - [link](#))

***** DHCP *****

DHCP = dynamic host configuration protocol

позволяет автоматически назначать компьютерам в сети IP адреса

Особенности:

- необходима инфраструктура = DHCP сервер
- IP адреса могут меняться

Протокол работает по ТЕХНОЛОГИИ КЛИЕНТ-СЕРВЕР

Клиент = компьютер, который получает IP адрес

Сервер = компьютер, выдающий адреса и контролирующий уникальность

Порядок **сообщений DHCP** для получения IP адреса

- K: **D** discover = поиск сервера (FF:FF:FF:FF)
- C: **O** offer = предложение IP адреса
- K: **R** request = согласие на IP адрес
- C: **A** ack = подтверждение IP адреса

Дополнительные сообщения DHCP

- nack = (C) запрет использования запрошенного IP адреса
- release = (K) освобождение IP адреса
- inform = (K) запрос информации об уже имеющемся IP адресе

Условия возможности работы протокола DHCP:

- клиент и сервер в одной подсети либо
- роутер использует настройку DHCP RELAY
(разрешает ширковещательные адреса для пакетов DHCP)

СПОСОБЫ НАЗНАЧЕНИЯ IP АДРЕСОВ

Фиксированный = один физический MAC vs один выделенный IP

Динамический =

- адрес выделяется из доступного серверу диапазона адресов
- адрес выделяется на ограниченное время = lease time
- после окончания аренды IP адрес освобождается
- продление аренды = request + ack

ОПЦИИ DHCP = дополнительные конфигурационные параметры, необходимые хосту для работы в сети:

- маска подсети
- шлюз по умолчанию
- адреса DNS-серверов
- адреса серверов времени
- маршруты
- etc. ...

***** ARP *****

ARP = address resolution protocol

позволяет по IP адресу получить MAC адрес компьютера

Протокол работает по ТЕХНОЛОГИИ ЗАПРОС-ОТВЕТ

Порядок работы протокола:

есть компьютер, который хочет узнать MAC по IP
он формирует ARP-запрос ("чей IP ... ?") и
отправляет его на широковещательный адрес (FF:FF: ...)
его получают все компьютеры подсети
компьютер, чей IP совпадает, отвечает на запрос
MAC адрес извлекается из этого ответа

ФОРМАТ ARP-запроса / ответа

тип сети	1 = ethernet, ...
тип протокола	2048 = IP
длина локального адреса	6 = MAC
длина глобального адреса	4 = IP
операция	1 = запрос, 2 = ответ
локальный адрес отправителя	соотв. адрес
глобальный адрес отправителя	соотв. адрес
локальный адрес получателя	пустой для запроса
глобальный адрес получателя	соотв. адрес

ARP формально принадлежит сетевому уровню, но ARP запросы и ответы **вкладываются в кадры протоколов канального уровня**. Из-за того, что роутеры не пропускают пакеты на широковещательные адреса, процедура возможна только в пределах одной подсети.

После получения MAC-адреса, он кэшируется на компьютере в таблице. **ARP таблица** имеет поля = IP адрес : MAC адрес : Тип (стат/динам)

GRATUITOUS ARP = добровольный ARP запрос

Запрос собственного IP адреса

- оповещение всех компьютеров подсети о моем IP адресе
- проверка наличия одинаковых IP адресов в подсети

***** ICMP *****

ICMP = internet control message protocol

- сообщение об ошибках (не обязательно должны обрабатываться)
- тестирование работы сети:
 - ping = проверка доступности получателя
 - tracert = определение маршрута к получателю

ФОРМАТ ПАКЕТА ICMP

- 1 байт = тип сообщения (что произошло)
- 1 байт = код сообщения (еще конкретнее)
- 2 байта = контрольная сумма
- 4 байта = служебная информация (зависит от кода и типа)
- поле данных = как правило, фрагмент пакета, в котором ошибка

ТИПЫ ICMP сообщений

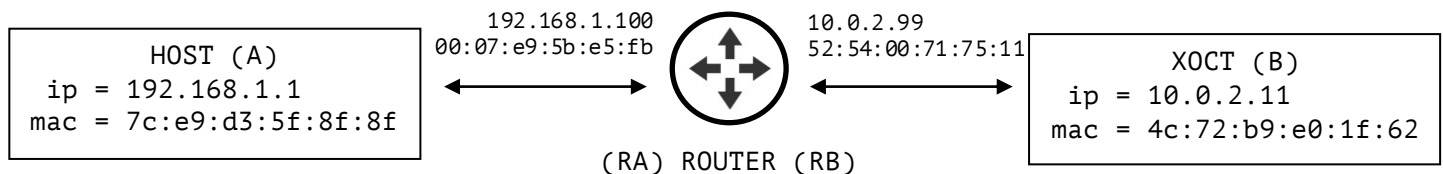
- 0 - эхо-ответ
- 3 - узел назначения недостижим
- 5 - перенаправление маршрута
- 8 - эхо-запрос
- 9 - сообщение о маршрутизаторе
- 10 - запрос сообщения о маршрутизаторе
- 11 - истечение времени жизни пакета
- 12 - проблемы с параметрами
- 13 - запрос отметки времени
- 14 - ответ отметки времени

ПАКЕТ ICMP **вкладывается внутрь пакета IP**

***** ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАНАЛЬНОГО и СЕТЕВОГО УРОВНЕЙ *****

Канальный уровень =
передача данных внутри подсети
mac-адрес

Сетевой уровень =
передача данных между подсетями
ip-адрес



Начальное состояние:

- (a) хочет передать пакет в (b)
- (a) известен только ip адрес (b)

1 шаг:

- проверка по IP = входит ли (B) в подсеть (A)
- так как не входит, нужен маршрутизатор
- протокол ARP = узнать MAC маршрутизатора
- передать пакет на маршрутизатор

2 шаг:

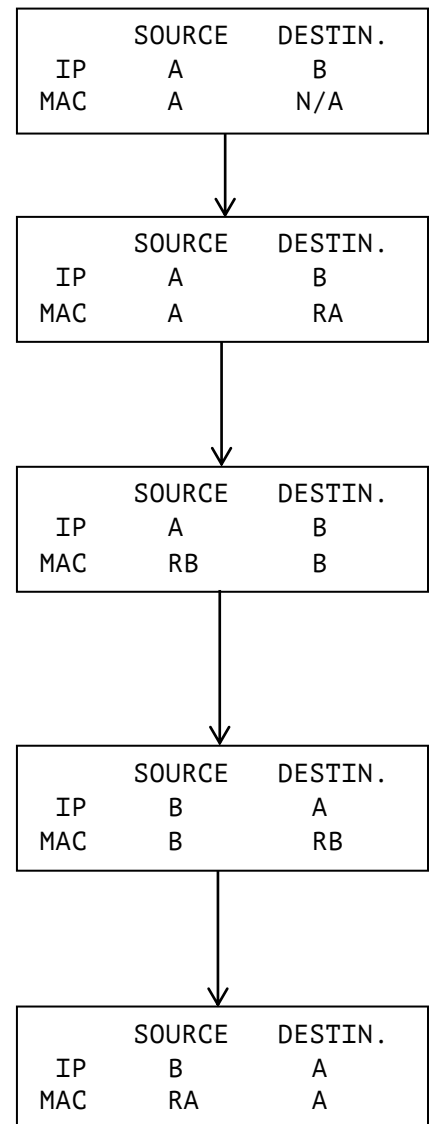
- маршрутизатор определяет подсеть назначения
- протокол ARP = узнать MAC получателя (B)
- замена полей MAC адресов в пакете
source = (RB)
destination = (B)

3 шаг:

- (B) хочет отправить ответ обратно (A)
- (B) меняет местами IP адреса
- (B) меняет местами MAC адреса
- т.о. передает пакет на маршрутизатор

4 шаг:

- маршрутизатор определяет подсеть назначения
- скорее всего, сохранил данные MAC получателя
- замена полей MAC адресов в пакете
source = (RA)
destination = (A)



***** ТРАНСПОРТНЫЙ УРОВЕНЬ *****

Задача – взаимодействие процессов на хостах

- здесь задается адрес получателя формата ip:port
- обеспечение целостности данных

 гарантия доставки = подтверждение получения

 гарантия порядка следования сообщений = нумерация

Этот уровень является сетенезависимым (реализуется с использованием интерфейса сокетов). Весь стек протоколов нижних уровней можно заменить, но процесса на хосте это никак не коснется.

Протоколы

 UDP = ненадежная доставка коротких 'сообщений'

 TCP = надежная доставка длинных 'сообщений'

ПОРТ = адрес процесса на транспортном уровне

 диапазон адресов: 1 – 65535

 адреса не повторяются у разных процессов

 форма записи: **IP:port** = 192.68.0.1:80

 1 – 1024 = 'хорошо_известные_порты' (80 https , 53 dns ...)

 1025 – 49151 = регистрация в Internet Assigned Numbers Authority

 49152 – 65535 = динамические порты (автоматически назначает ОС)

***** UDP *****

UDP = user datagram prtocol

передаваемые данные = дэйтаграмма (по аналогии телеграммой)

Особенности:

- не устанавливает соединения
- нет гарантии доставки данных
- нет гарантии сохранения порядка следования сообщений

таким образом, надежность НЕ ПОВЫШАЕТСЯ относительно протокола IP

Применение = короткие сообщения / клиент сервер
(например в протоколе DNS)

ФОРМАТ ЗАГОЛОВКА

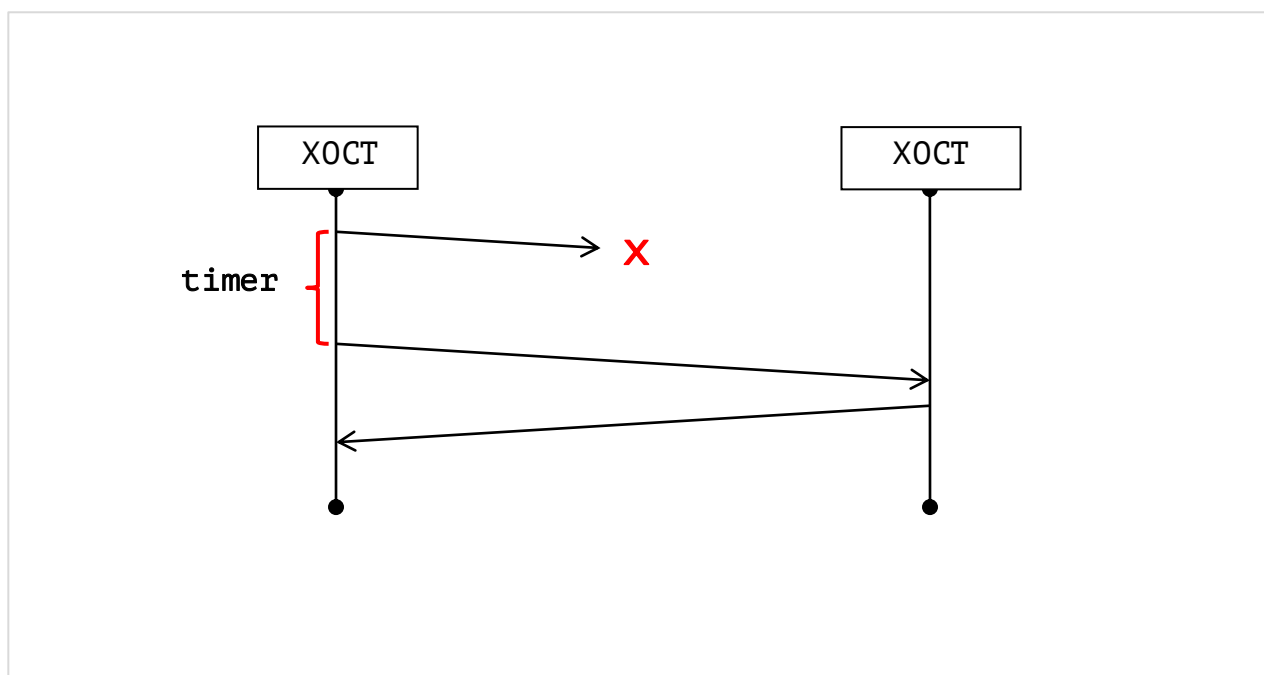
2 байта	2 байта	2 байта	2 байта
ПОРТ ОТПРАВИТЕЛЯ	ПОРТ ПОЛУЧАТЕЛЯ	ДЛИНА UDP	КОНТРОЛЬНАЯ СУММА

Длина дэйтаграммы:

min = 8 байт (только заголовок)

max = 65515 (ограничение длиной IP-пакета)

ПОРЯДОК ОБМЕНА ДЕЙТАГРАММАМИ



***** TCP *****

TCP = transport control protocol

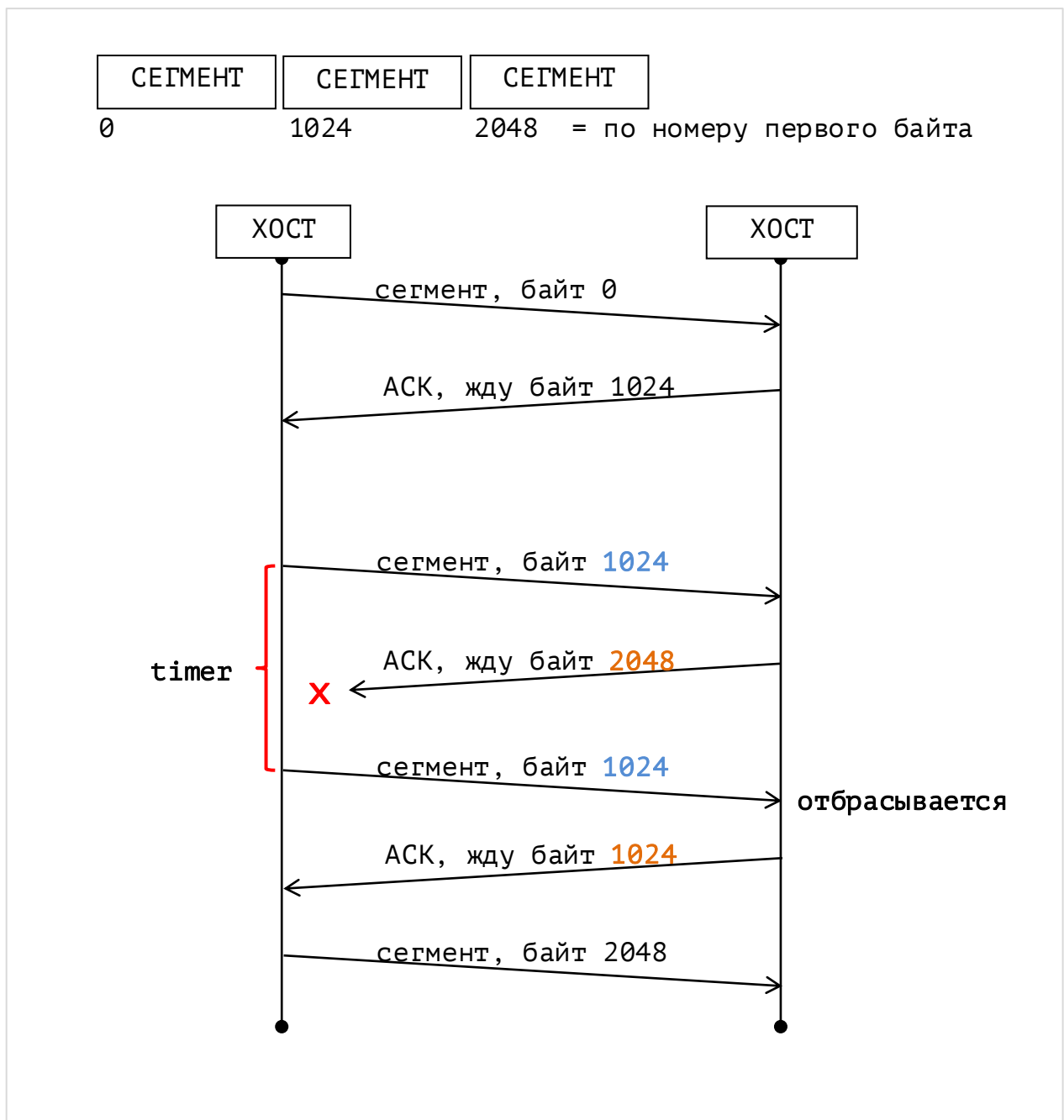
передаваемые данные = сегменты (reliable byte stream)

Особенности:

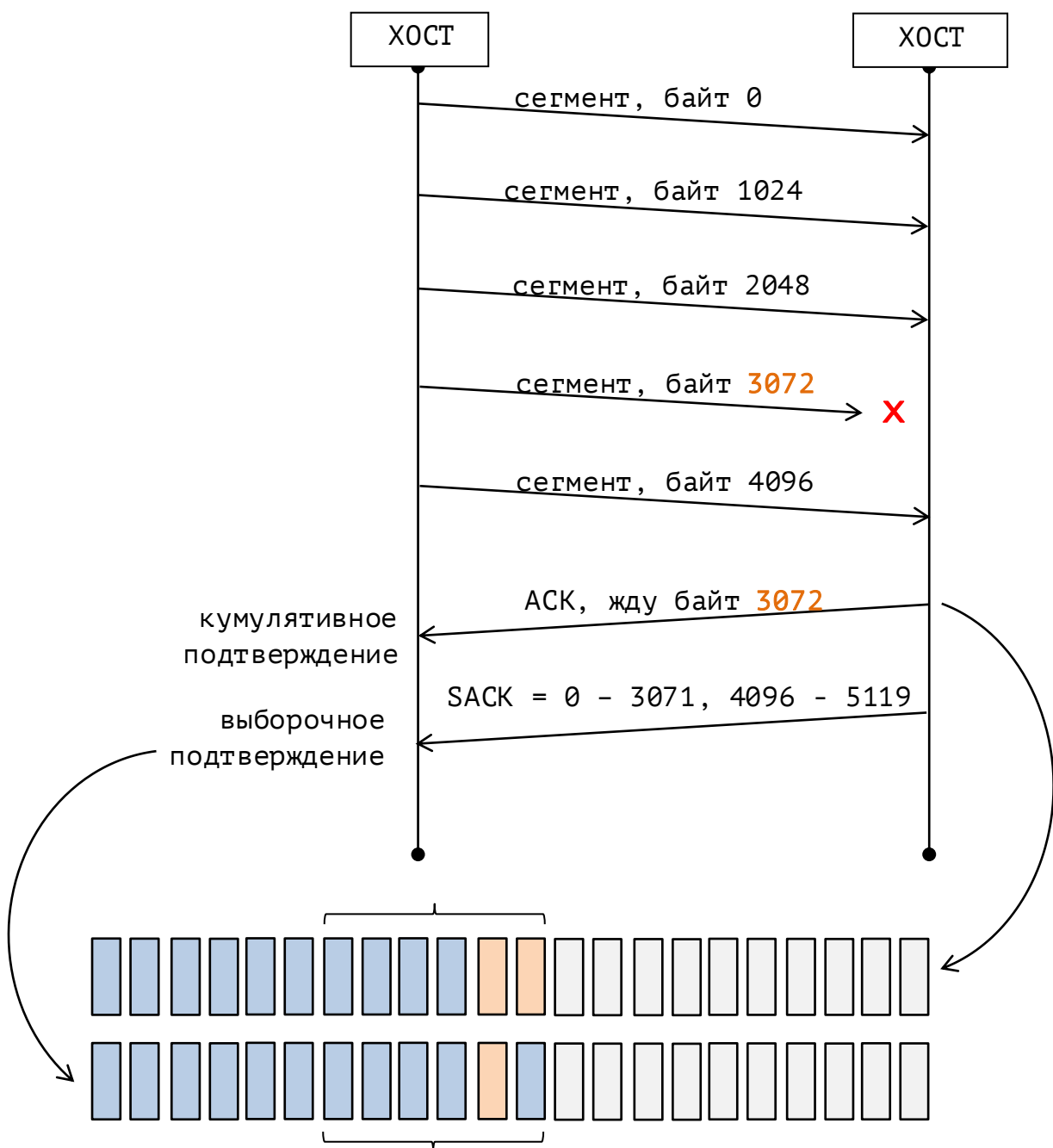
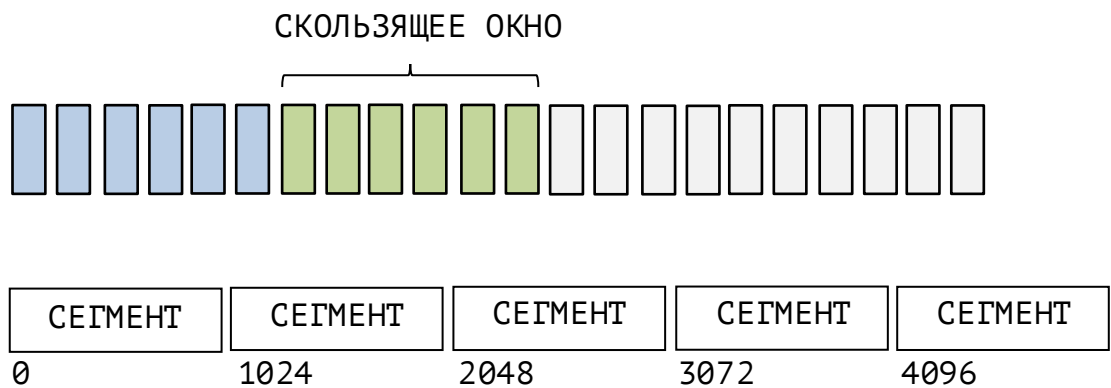
- установка соединения перед отправкой
- гарантия доставки данных
- сохранение порядка следования сообщений

1. приложение >> поток байт >> транспортная подсистема
2. транспортная подсистема >> сегменты >> транспортная подсистема
3. транспортная подсистема >> поток байт >> приложение

МЕХАНИЗМ СОХРАНЕНИЯ ПОРЯДКА СЛЕДОВАНИЯ

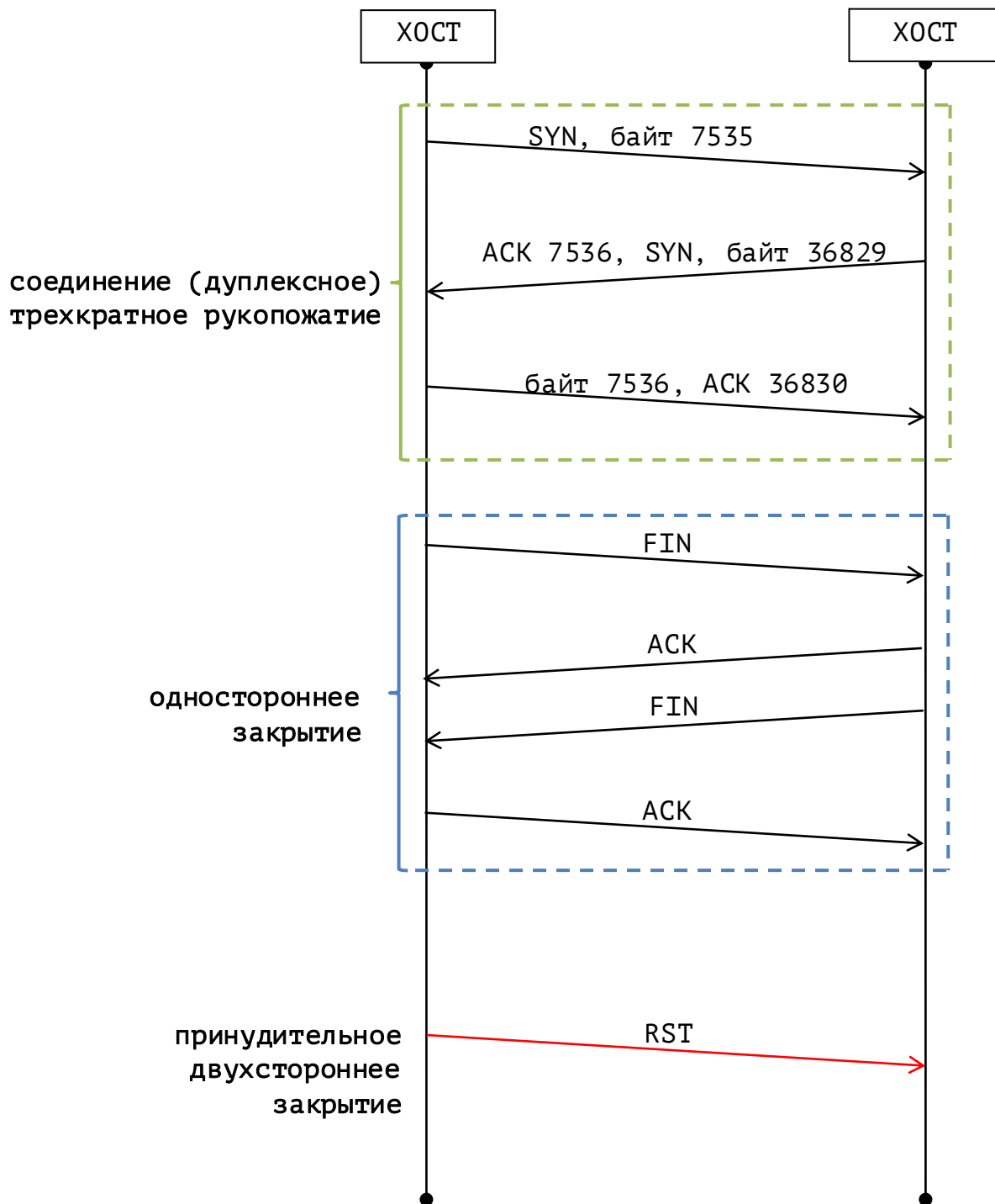


СКОЛЬЗЯЩЕЕ ОКНО



СОЕДИНЕНИЕ и РАЗРЫВ

SYN = synchronization (байт выбирается по сложной технологии)
ACK = acknowledge (запрос следующего байта = как при передаче)
FIN = finish (один FIN = закрытие только в одну сторону)
RST = reset (полное закрытие соединения)



***** SOCKET INTERFACE *****