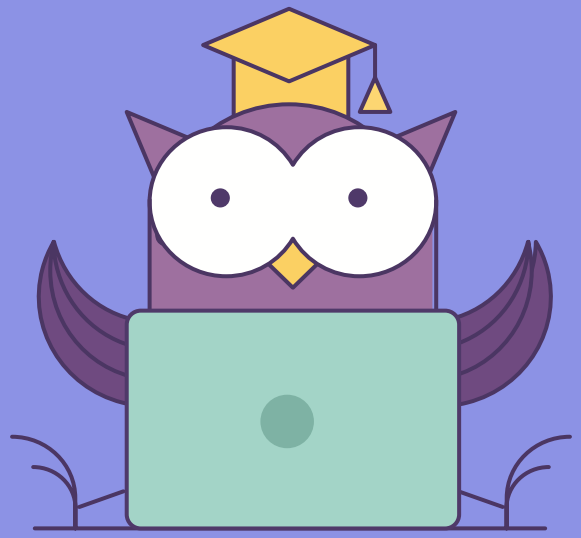
ОНЛАЙН-ОБРАЗОВАНИЕ

Меня хорошо слышно && видно?



Напишите в чат, если есть проблемы!

Ставьте + если все хорошо

Евгений Хапуженков

зам. гл. инженера

Об опыте:

В ИТ более 15 лет

Технологии и системы: Linux, Windows, Cisco, Mikrotik, Eltex, различное серверное оборудование и софт, СКУД, ОПС, ЦОДы, видео наблюдение)

Сертификаты различных вендоров: MTCNA, MTCRE, MTCTCE, ICND1, ICND2, инженер ПО Интеллект, Eaton коммуникационные опции ИБП

Опыт преподавателя: 3 года

Контакты:

+79276880490 / musicgored@gmail.com / (https://t.me/khapuzhenkov)

Цели вебинара

К концу занятия вы сможете

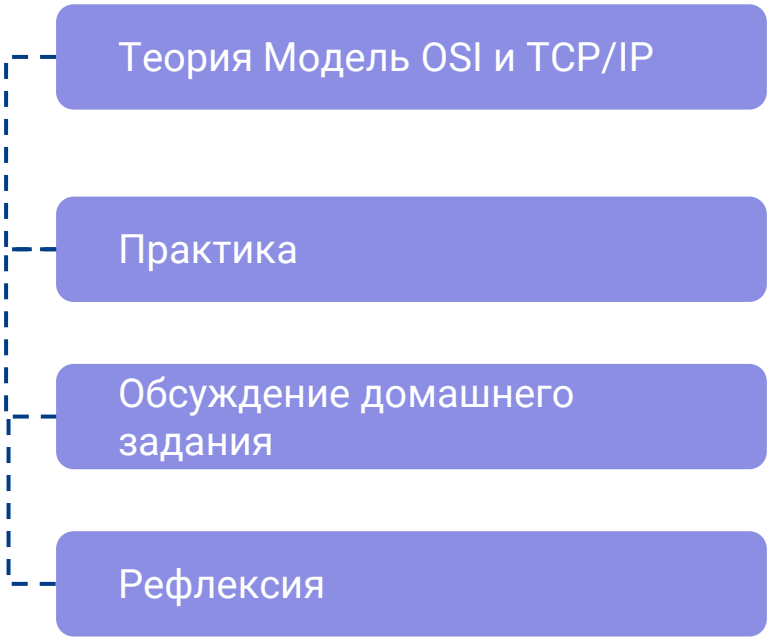
1. Сформулировать базовую концепцию архитектуры сети
2. Уметь применять инструменты настройки сети
3. Уметь проектировать простые сети

Смысл

Зачем вам это уметь

1. Большая часть работающих приложений на Linux, так и или иначе связана с сетевыми сервисами, поэтому важно уметь проводить базовую настройку сети
2. Не маленький процент проблем при траблшутинге приходиться именно на сеть

Маршрут вебинара



Ваши вопросы?

Ставим “–”,
если вопросов нет

OTUS

Архитектура сетей

OSI

TCP/IP

Цыкунов Алексей

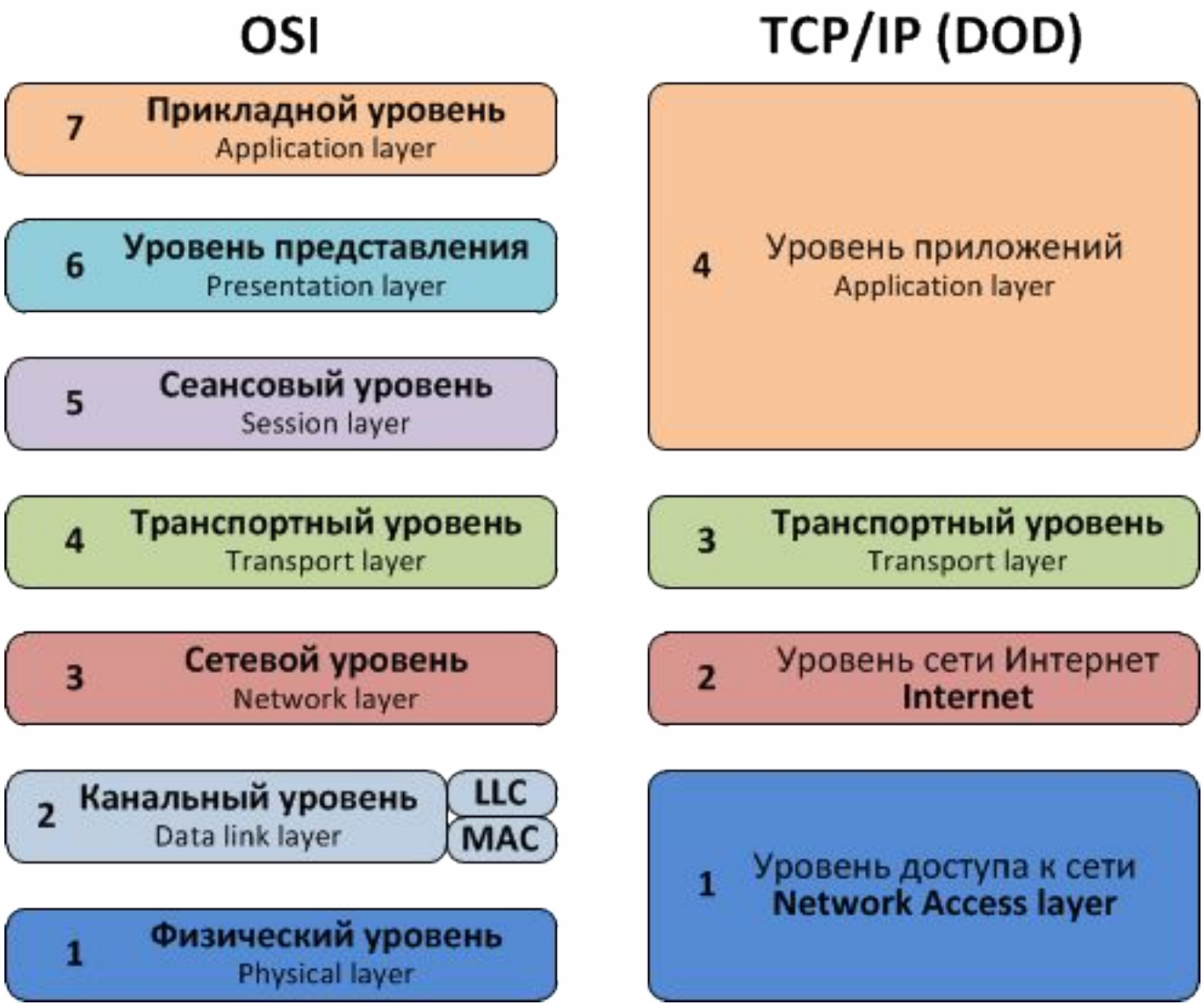
Что знаете о модели OSI?

Ответ напишите в чат

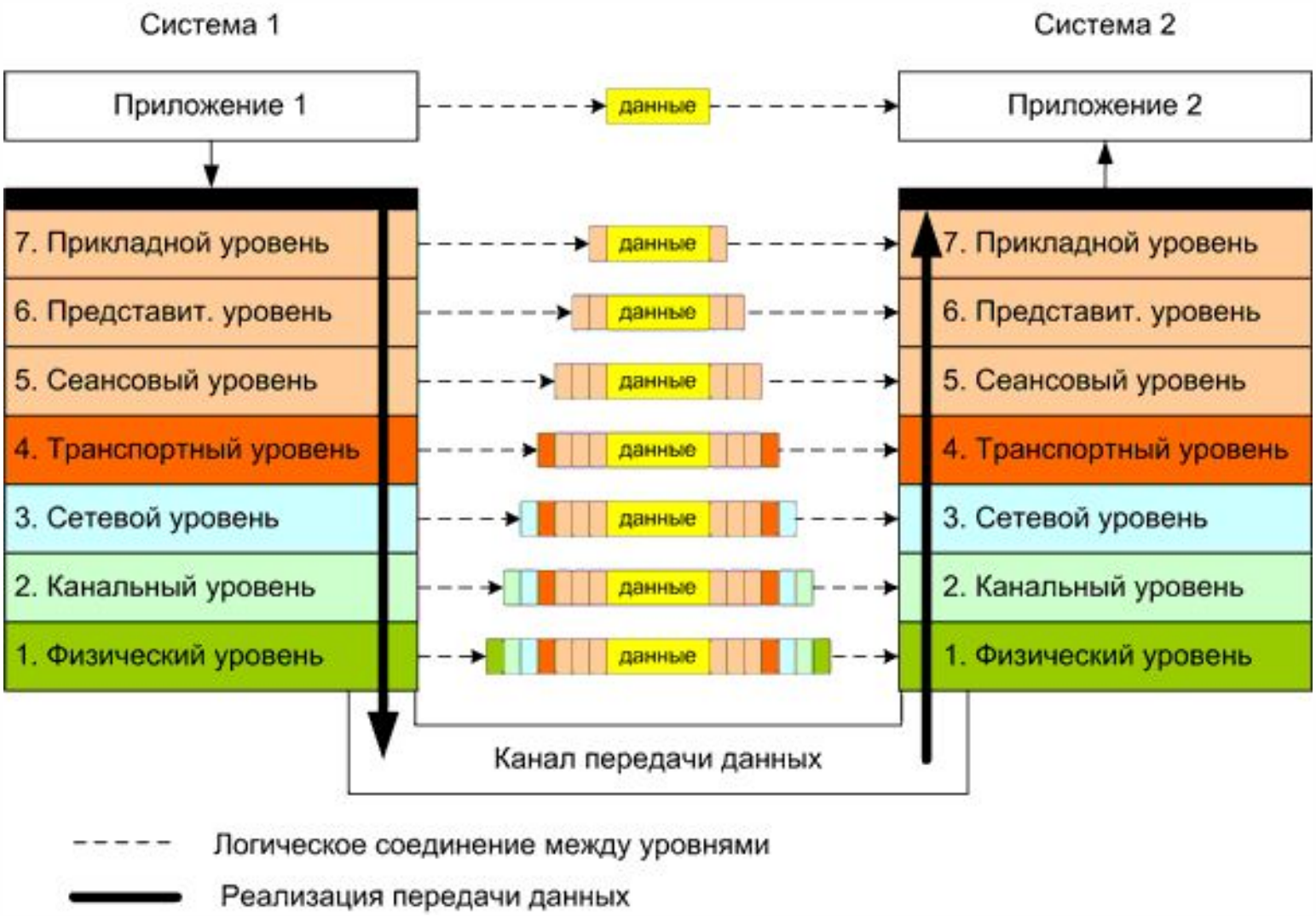
Сроки выполнения: 2 минут

01

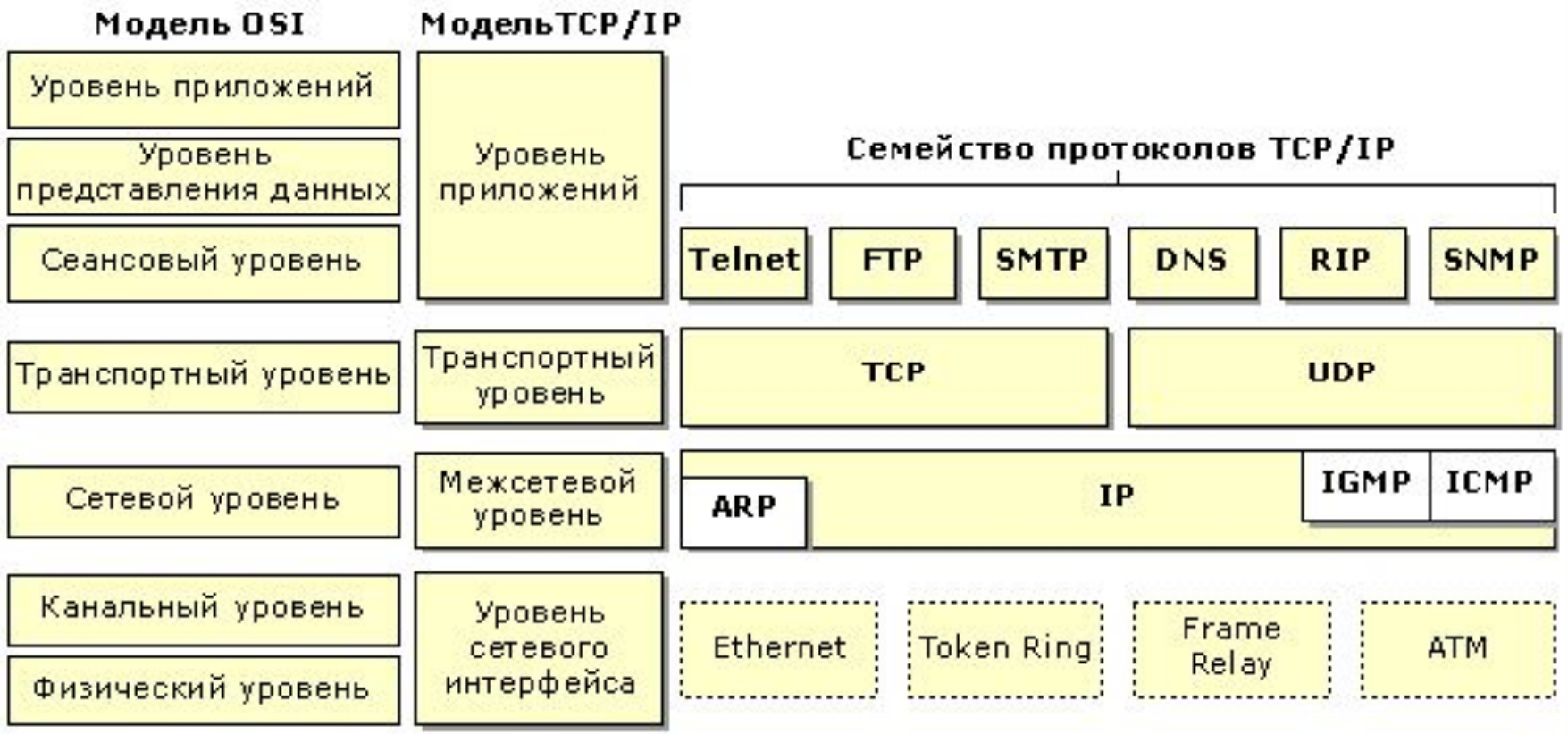
OSI


OSI
TCP/IP (DOD)
7 Прикладной уровень Application layer
6 Уровень представления Presentation layer
5 Сеансовый уровень Session layer
4 Транспортный уровень Transport layer
3 Сетевой уровень Network layer
2 Канальный уровень Data link layer
LLC
MAC
1 Физический уровень Physical layer
4 Уровень приложений Application layer
3 Транспортный уровень Transport layer
2 Уровень сети Интернет Internet
1 Уровень доступа к сети Network Access layer

Передача данных



Протоколы

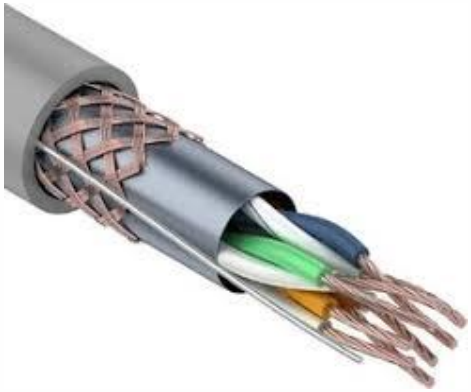

Модель OSI
Модель TCP/IP
Уровень приложений
Уровень представления данных
Сеансовый уровень
Транспортный уровень
Сетевой уровень
Канальный уровень
Физический уровень
Уровень приложений
Транспортный уровень
Межсетевой уровень
Уровень сетевого интерфейса
Семейство протоколов TCP/IP
Telnet
FTP
SMTP
DNS
RIP
SNMP
TCP
UDP
ARP
IP
IGMP
ICMP
Ethernet
Token Ring
Frame Relay
ATM

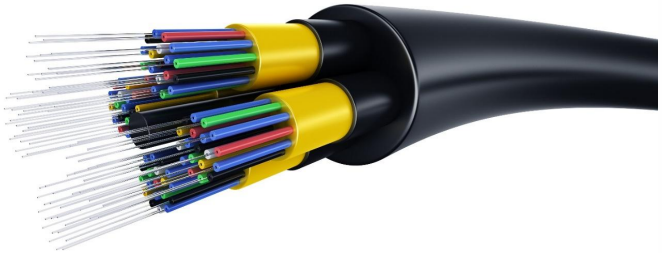
02

уровни OSI и протоколы

Уровень 1 – физический

Физический уровень описывает способы передачи бит через физические среды линий связи, соединяющие сетевые устройства





Уровень 2 – канальный

Канальный уровень(1-ый уровень модели TCP/IP) - описывает способ кодирования данных для передачи пакета данных на физическом уровне

MAC(Media Acess Control, или Medium Access Control) - подуровень управления доступом к среде

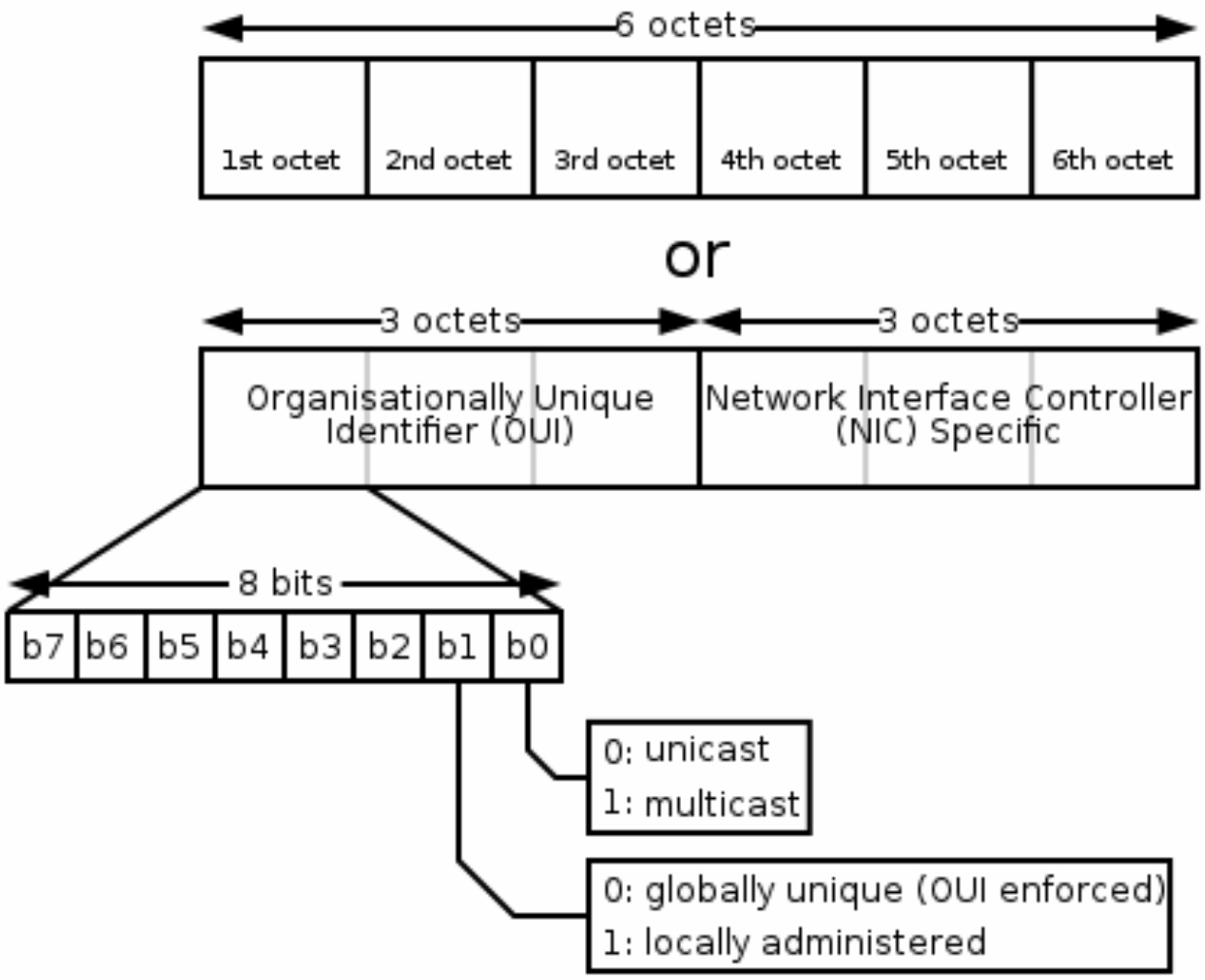
LCC(Logical Link Control) - подуровень управления логической связью

Уровень 2 – канальный

Задачи уровня 2:

- Формирование / обработка сигнала
- Множественный доступ
- Выделение границ кадра
- Аппаратная адресация
- Контроль ошибок передачи

Уровень 2 – канальный

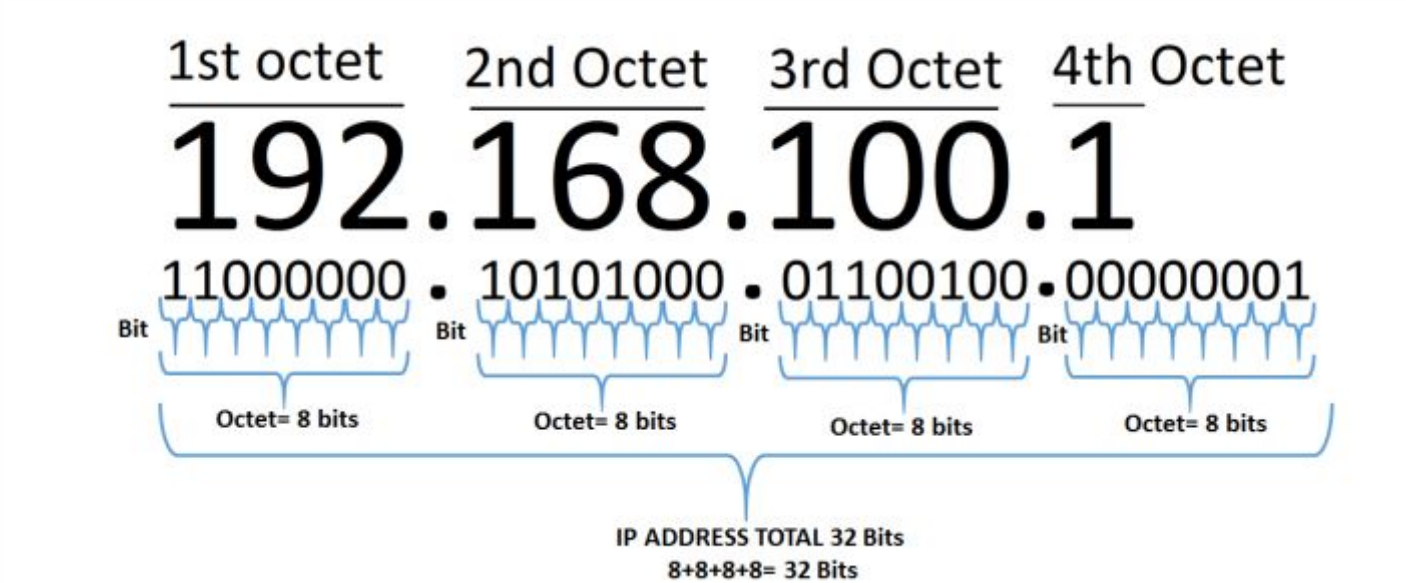


Имена интерфейсов

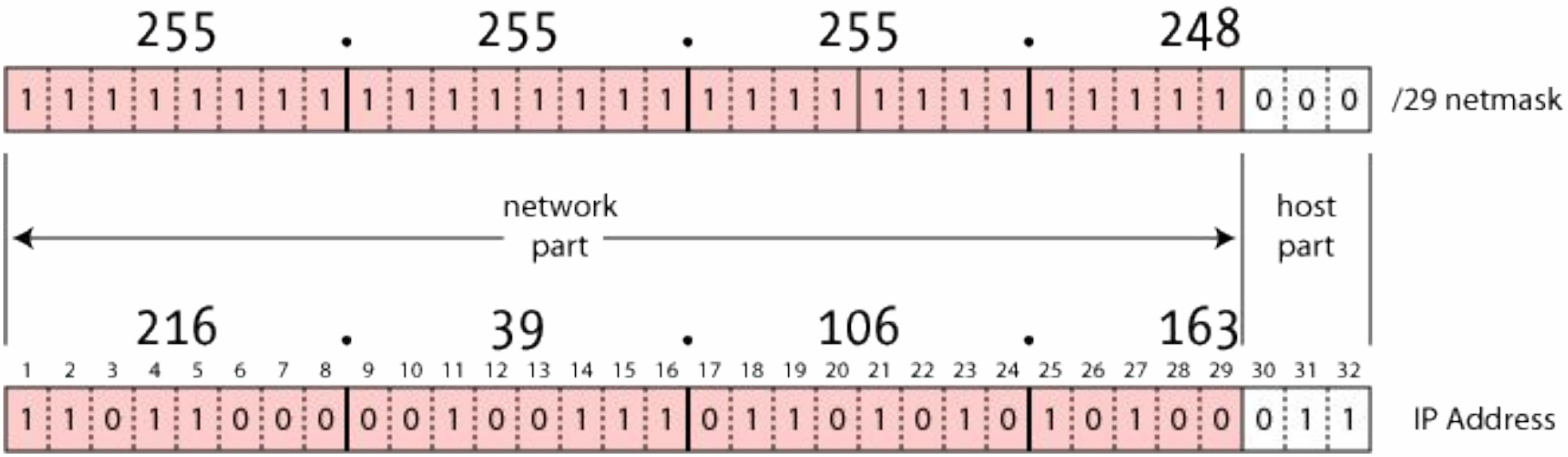
- Старая нотация eth0, eth1… *iftypeN*. Группировка интерфейсов по типу и сквозная нумерация. Из глобальных минусов - в качестве eth0 может оказаться не тот интерфейс, что до перезагрузки, например, если вставить новую карточку в “младший” слот.
- Новая нотация (от systemd) - Predictable Network Interface Names. В своем виде по умолчанию использует форматы (упрощенно)
  (en|wl)[P<domain>]p<bus>s<slot>[f<function>][n<phys_port_name>|d<dev_port>] - PCI location
  (en|wl)[P<domain>]o<bus>[f<function>][n<phys_port_name>|d<dev_port>] - Onboard device
  Таким образом enp0s3 говорит нам о том, что мы имеем дело с Ethernet-адаптером подключенным к шине pci №0 в слот №3, а eno1 говорит об onboard ethernet-адаптере с индексом 1.

Уровень 3 – сетевой

Предназначается для определения пути передачи данных. Отвечает за определение кратчайших маршрутов и маршрутизацию, отслеживание неполадок и заторов в сети



Уровень 3 – сетевой



Уровень 3 – сетевой

Уровень 3 – сетевой

Тип обслу́живания (Type of Service, ToS)

- **0-2** — приоритет (precedence) данного IP-сегмента
- **3** — требование ко времени задержки (delay) передачи IP-сегмента (0 — нормальная, 1 — низкая задержка)
- **4** — требование к пропускной способности (throughput) маршрута, по которому должен отправляться IP-сегмент (0 — низкая, 1 — высокая пропускная способность)
- **5** — требование к надежности (reliability) передачи IP-сегмента (0 — нормальная, 1 — высокая надежность)
- **6-7** — ECN — явное сообщение о задержке (управление IP-потоком).

Биты флагов

Bit 0: reserved, must be zero

Bit 1: (DF) 0 = May Fragment, 1 = Don't Fragment.

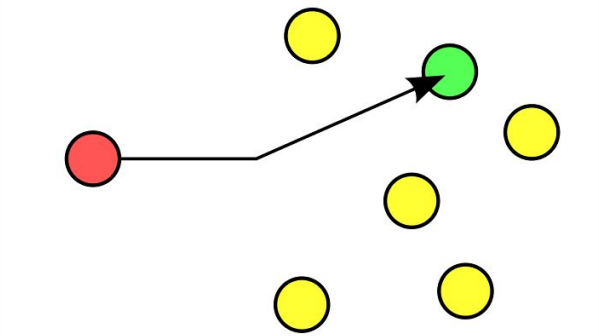
Bit 2: (MF) 0 = Last Fragment, 1 = More Fragments.

Адресация IPv4

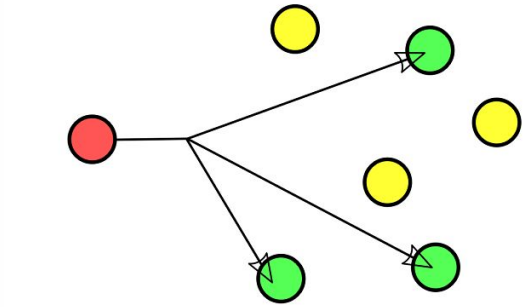
OTUS

```
# ipcalc 195.239.108.7/26
Address:   195.239.108.7          11000011.11101111.01101100.00 000111
Netmask:   255.255.255.192 = 26   11111111.11111111.11111111.11 000000
Wildcard:  0.0.0.63               00000000.00000000.00000000.00 111111
=>
Network:   195.239.108.0/26       11000011.11101111.01101100.00 000000
HostMin:   195.239.108.1          11000011.11101111.01101100.00 000001
HostMax:   195.239.108.62         11000011.11101111.01101100.00 111110
Broadcast: 195.239.108.63         11000011.11101111.01101100.00 111111
Hosts/Net: 62                      Class C
```

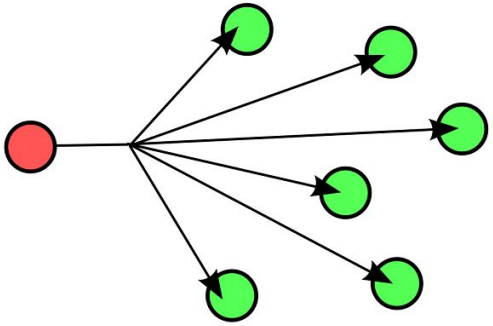
Типы сообщений



Unicast



Multicast



Broadcast

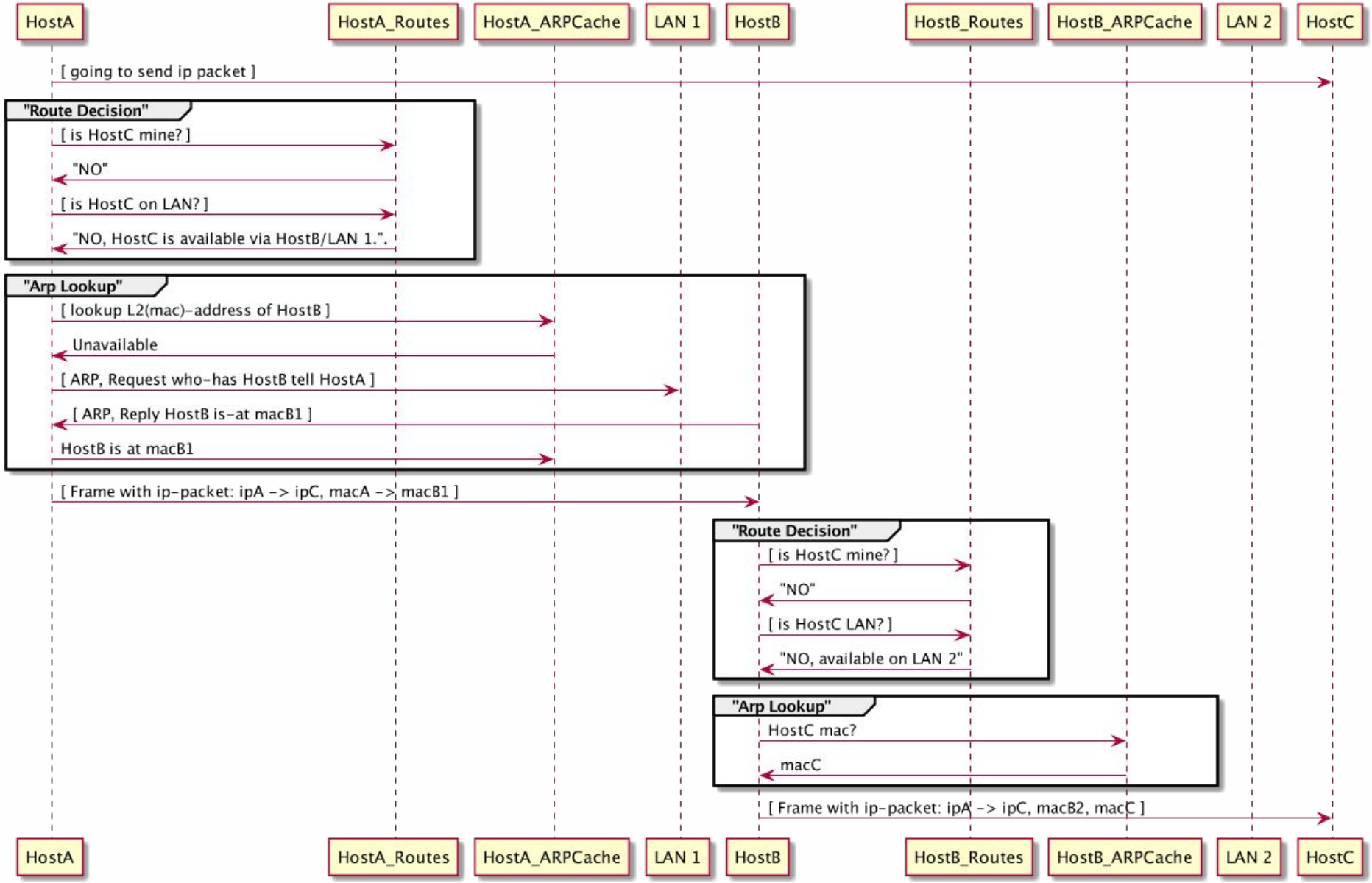
Предположим у нас есть сеть:

HostA посылает HostC ip-пакет

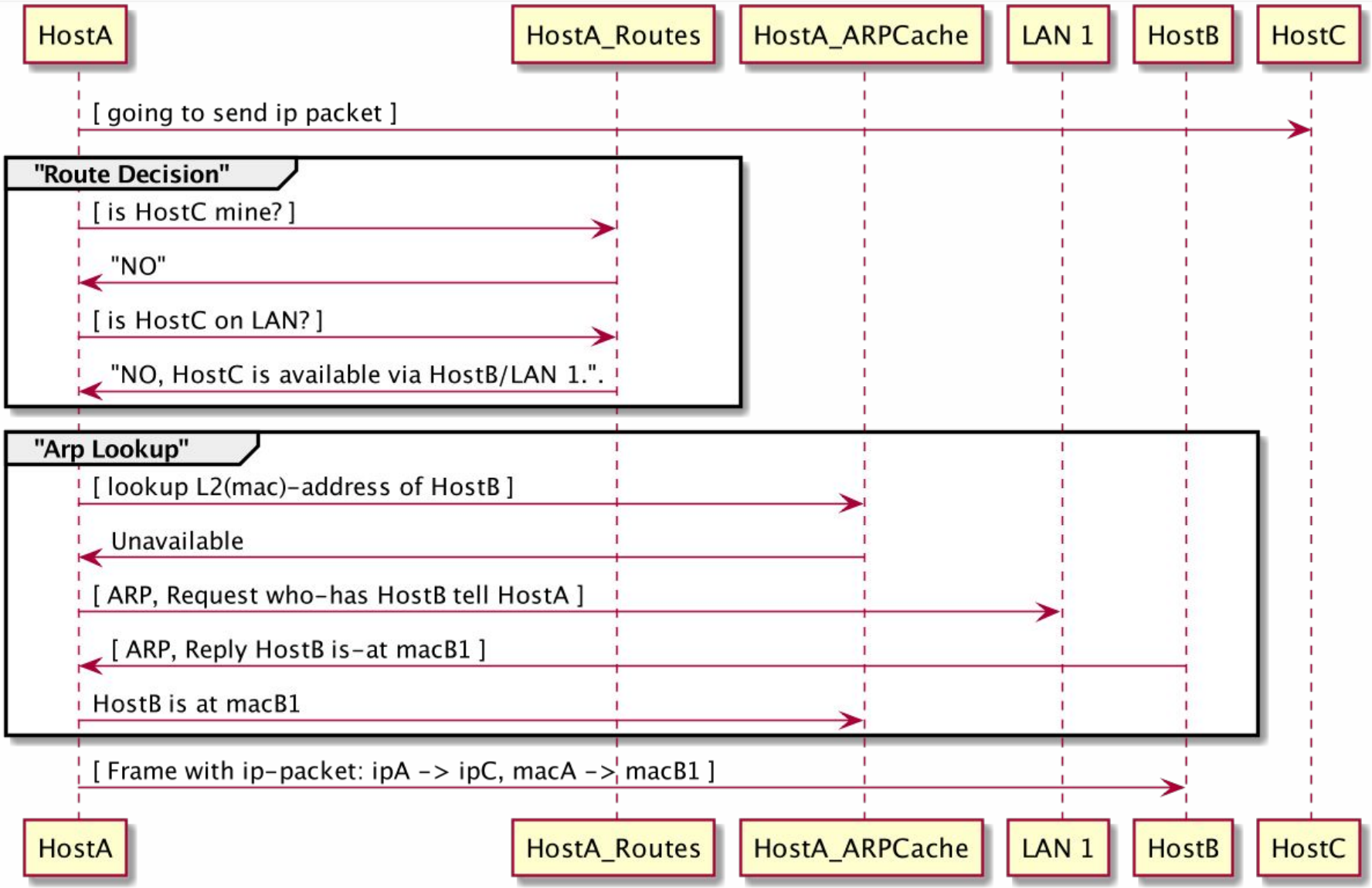
Протокол ARP (Address Resolution Protocol)

служит для разрешения адресов (поиска соответствия mac-адресов и IP-адресов) в пределах одного L2-сегмента (L2-домена).

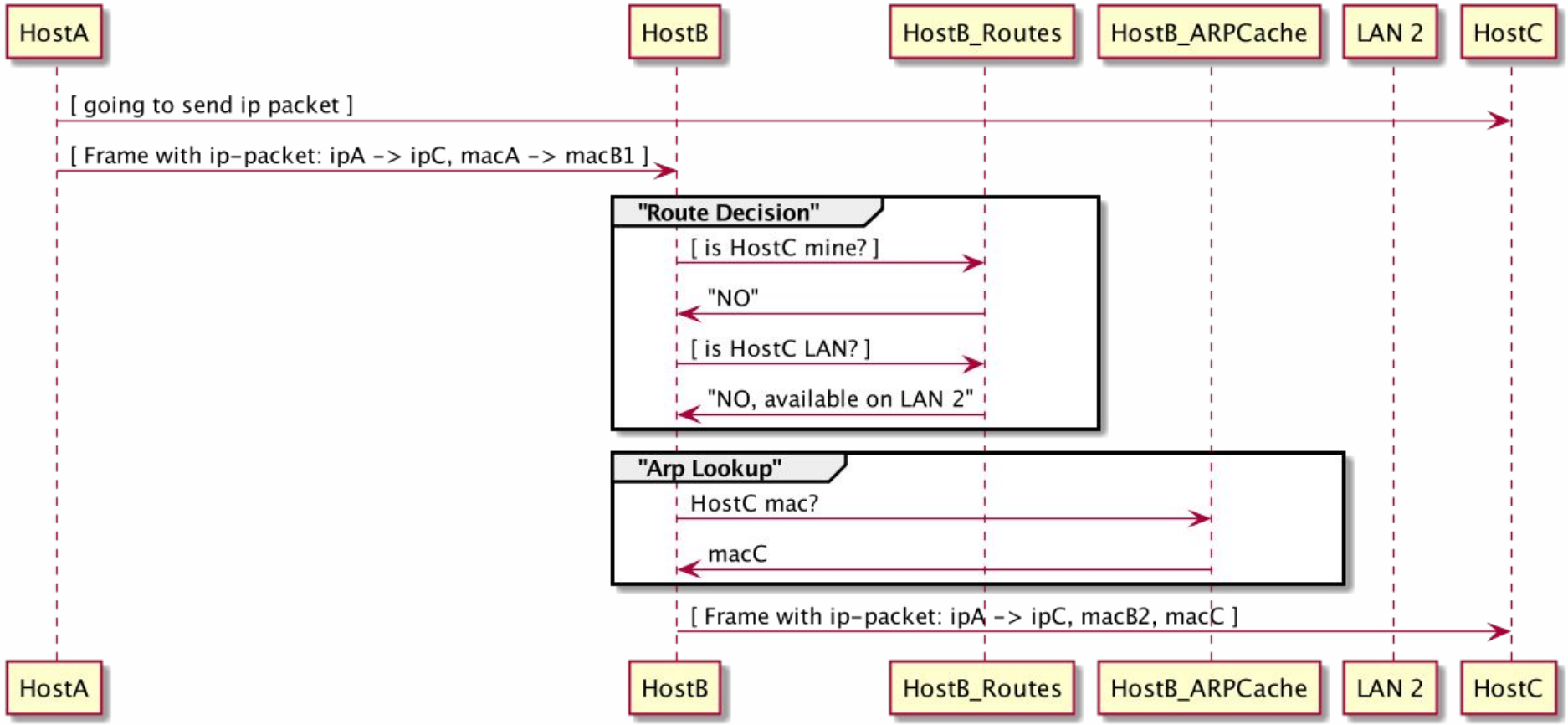
ARP


HostA
HostA_Routes
HostA_ARPCache
LAN 1
HostB
HostB_Routes
HostB_ARPCache
LAN 2
HostC
[going to send ip packet]
"Route Decision"
[is HostC mine?]
"NO"
[is HostC on LAN?]
"NO, HostC is available via HostB/LAN 1.".
"Arp Lookup"
[lookup L2(mac)-address of HostB]
Unavailable
[ARP, Request who-has HostB tell HostA]
[ARP, Reply HostB is-at macB1]
HostB is at macB1
[Frame with ip-packet: ipA -> ipC, macA -> macB1]
"Route Decision"
[is HostC mine?]
"NO"
[is HostC LAN?]
"NO, available on LAN 2"
"Arp Lookup"
HostC mac?
macC
[Frame with ip-packet: ipA -> ipC, macB2, macC]
HostA
HostA_Routes
HostA_ARPCache
LAN 1
HostB
HostB_Routes
HostB_ARPCache
LAN 2
HostC

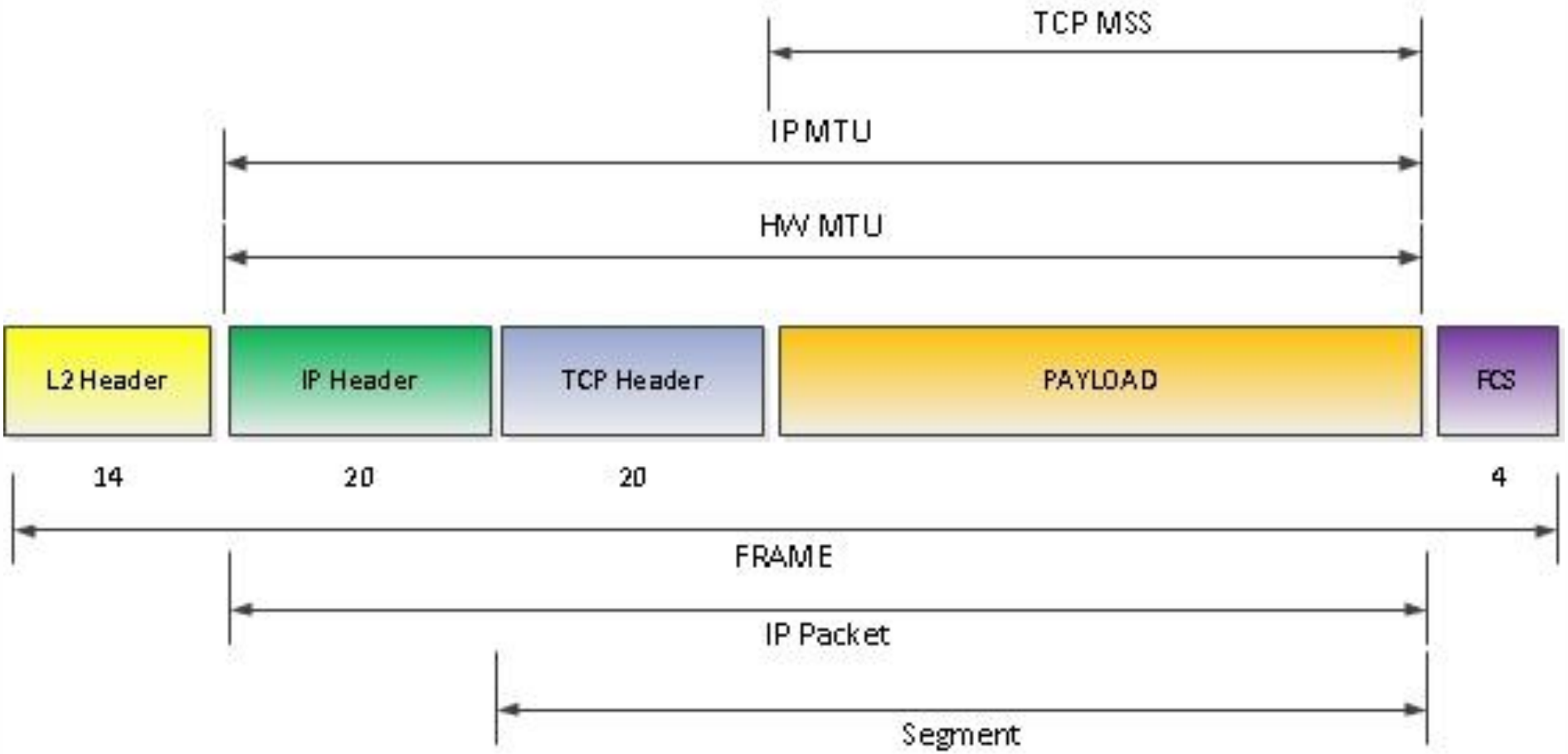
ARP


HostA
HostA_Routes
HostA_ARPCache
LAN 1
HostB
HostC
[going to send ip packet]
"Route Decision"
[is HostC mine?]
"NO"
[is HostC on LAN?]
"NO, HostC is available via HostB/LAN 1.".
"Arp Lookup"
[lookup L2(mac)-address of HostB]
Unavailable
[ARP, Request who-has HostB tell HostA]
[ARP, Reply HostB is-at macB1]
HostB is at macB1
[Frame with ip-packet: ipA -> ipC, macA -> macB1]
HostA
HostA_Routes
HostA_ARPCache
LAN 1
HostB
HostC

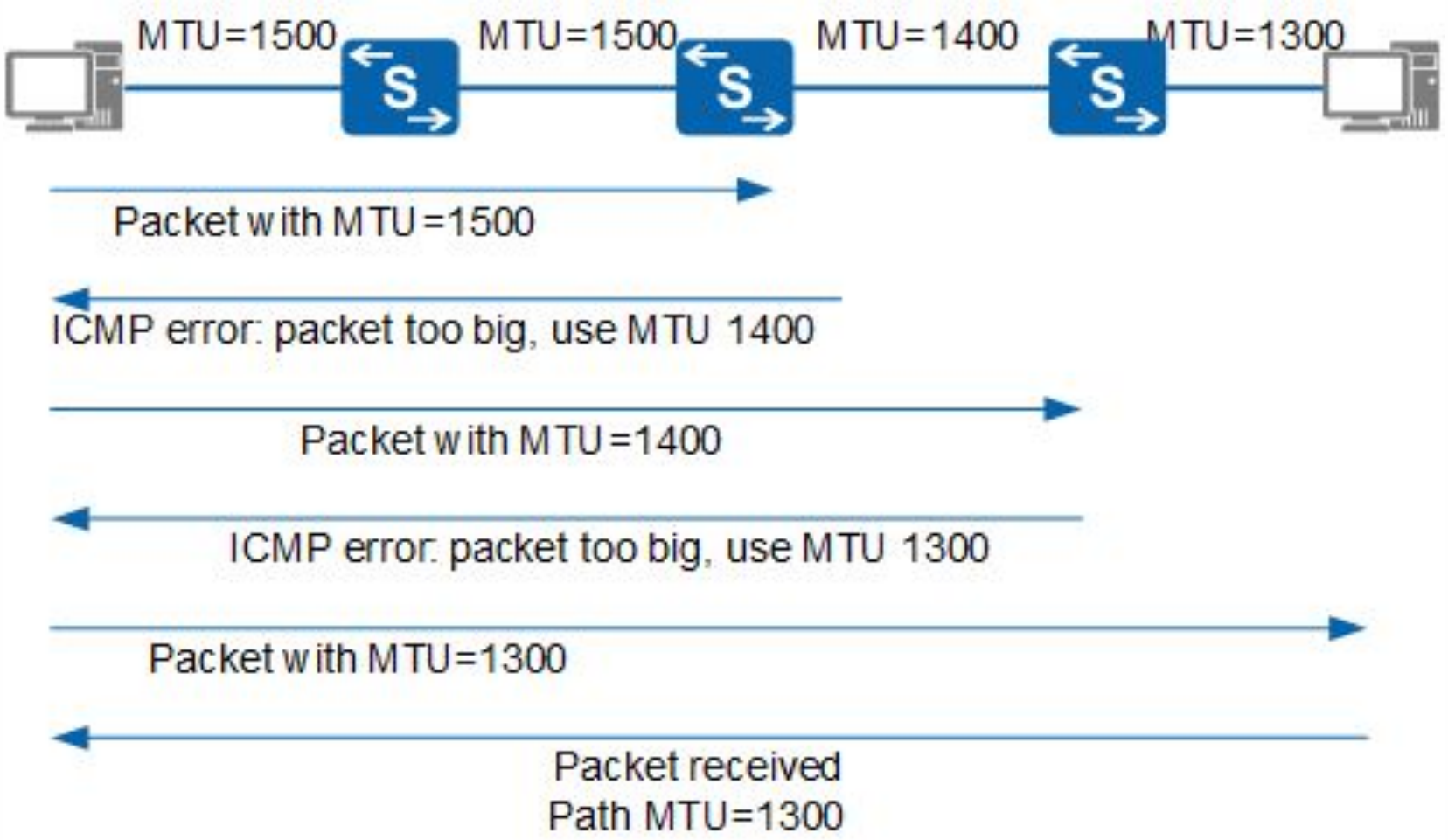
ARP


HostA
HostB
HostB_Routes
HostB_ARPCache
LAN 2
HostC
[going to send ip packet]
[Frame with ip-packet: ipA -> ipC, macA -> macB1]
"Route Decision"
[is HostC mine?]
"NO"
[is HostC LAN?]
"NO, available on LAN 2"
"Arp Lookup"
HostC mac?
macC
[Frame with ip-packet: ipA -> ipC, macB2, macC]
HostA
HostB
HostB_Routes
HostB_ARPCache
LAN 2
HostC

MTU & MSS


TCP MSS
IP MTU
HW MTU
L2 Header
IP Header
TCP Header
PAYLOAD
FCS
14
20
20
4
FRAME
IP Packet
Segment

Path MTU Discovery



Уровень 4 – транспортный

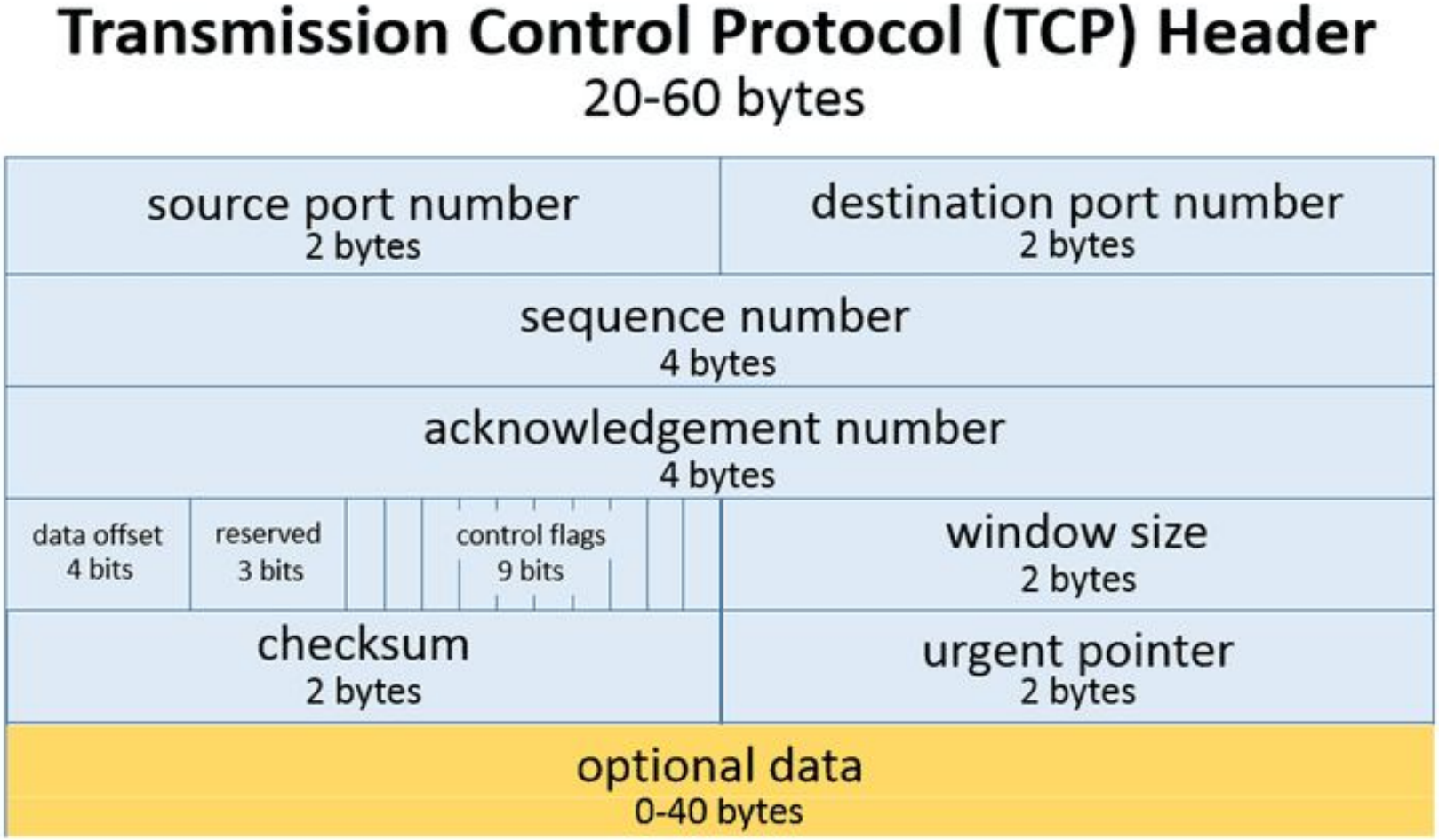
TCP

UDP

Заголовок UDP

03

TCP


Transmission Control Protocol (TCP) Header
20-60 bytes
source port number
2 bytes
destination port number
2 bytes
sequence number
4 bytes
acknowledgement number
4 bytes
data offset
4 bits
reserved
3 bits
control flags
9 bits
window size
2 bytes
checksum
2 bytes
urgent pointer
2 bytes
optional data
0-40 bytes

TCP

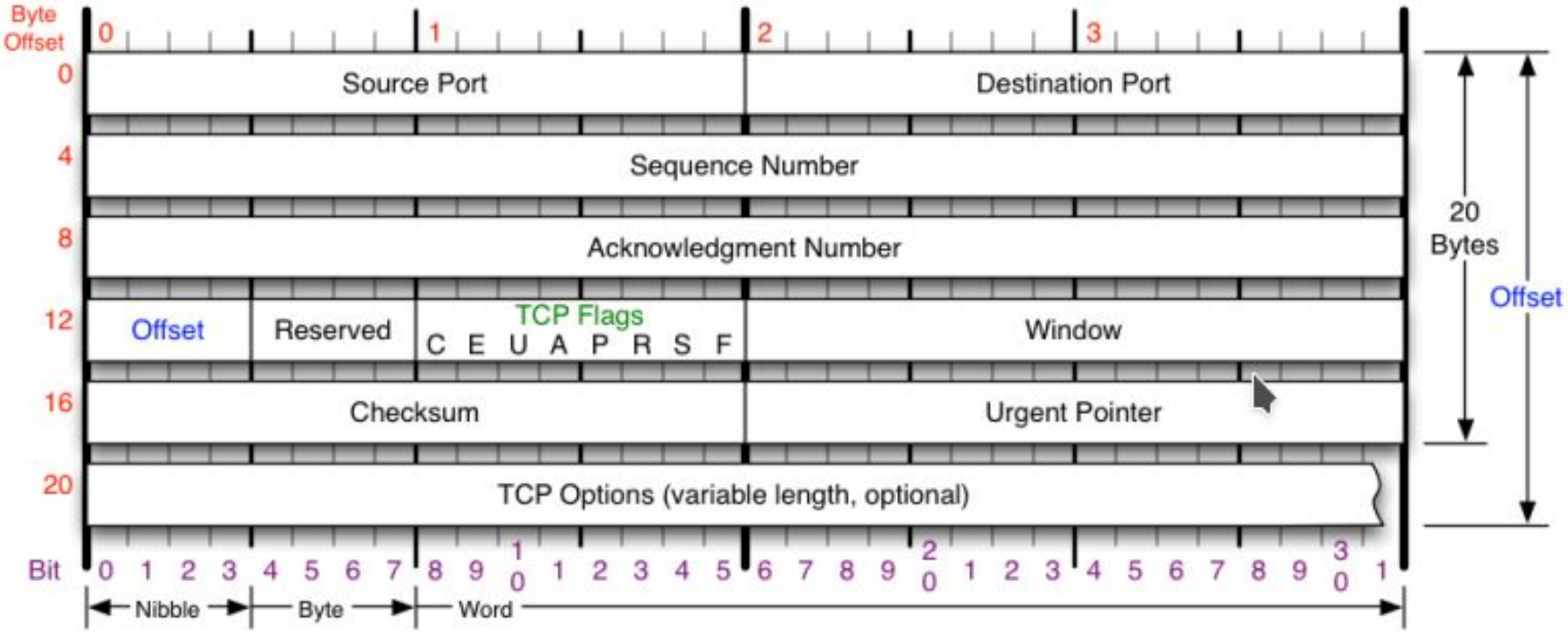
Протокол TCP (Transmission Control Protocol) - протокол с контролем передачи. Предназначен для надежной передачи данных. Это реализуется с помощью механизмов:

- Установки соединения
- Подтверждения передачи
- Закрытия соединения

Как результат протокол TCP обеспечивает:

- “контроль доставки”
- Сохранение очередности пакетов

TCP


Byte Offset
0
1
2
3
0
Source Port
Destination Port
4
Sequence Number
8
Acknowledgment Number
12
Offset
Reserved
TCP Flags
C E U A P R S F
Window
16
Checksum
Urgent Pointer
20
TCP Options (variable length, optional)
20 Bytes
Offset
Bit
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 1 2 3 4 5 6 7 8 9 20 1 2 3 4 5 6 7 8 9 30 1
Nibble
Byte
Word

TCP

Номер в последовательности (sequence number)

- 32-битовое поле
- содержимое определяет (косвенно) положение данных TCP-пакета внутри исходящего потока данных, существующего в рамках текущего соединения.
- В момент установления соединения каждая сторона генерирует свой начальный "номер в последовательности"
- основное требование- не повторяться в промежутке времени, в течение которого TCP-пакет может находиться в сети
- Партнеры обмениваются этими начальными номерами и подтверждают их получение. Во время отправления TCP-пакетов с данными поле "номер в последовательности" содержит сумму начального номера и количества байт ранее переданных данных.

Номер подтверждения (acknowledgement number)

- 32-битовое поле, содержимое которого определяет (косвенно) количество принятых данных из входящего потока к TCP-модулю, формирующему TCP-пакет.

TCP_Flags

- CWR (Congestion Window Reduced) — Поле «Окно перегрузки уменьшено» — флаг установлен отправителем, чтобы указать, что получен пакет с установленным флагом ECE (RFC 3168)
- ECE (ECN-Echo) — Поле «Эхо ECN» — указывает, что данный узел способен на ECN (явное уведомление перегрузки) и для указания отправителю о перегрузках в сети (RFC 3168)
- URG — поле «Указатель важности» задействовано (англ. Urgent pointer field is significant)
- ACK — поле «Номер подтверждения» задействовано (англ. Acknowledgement field is significant)

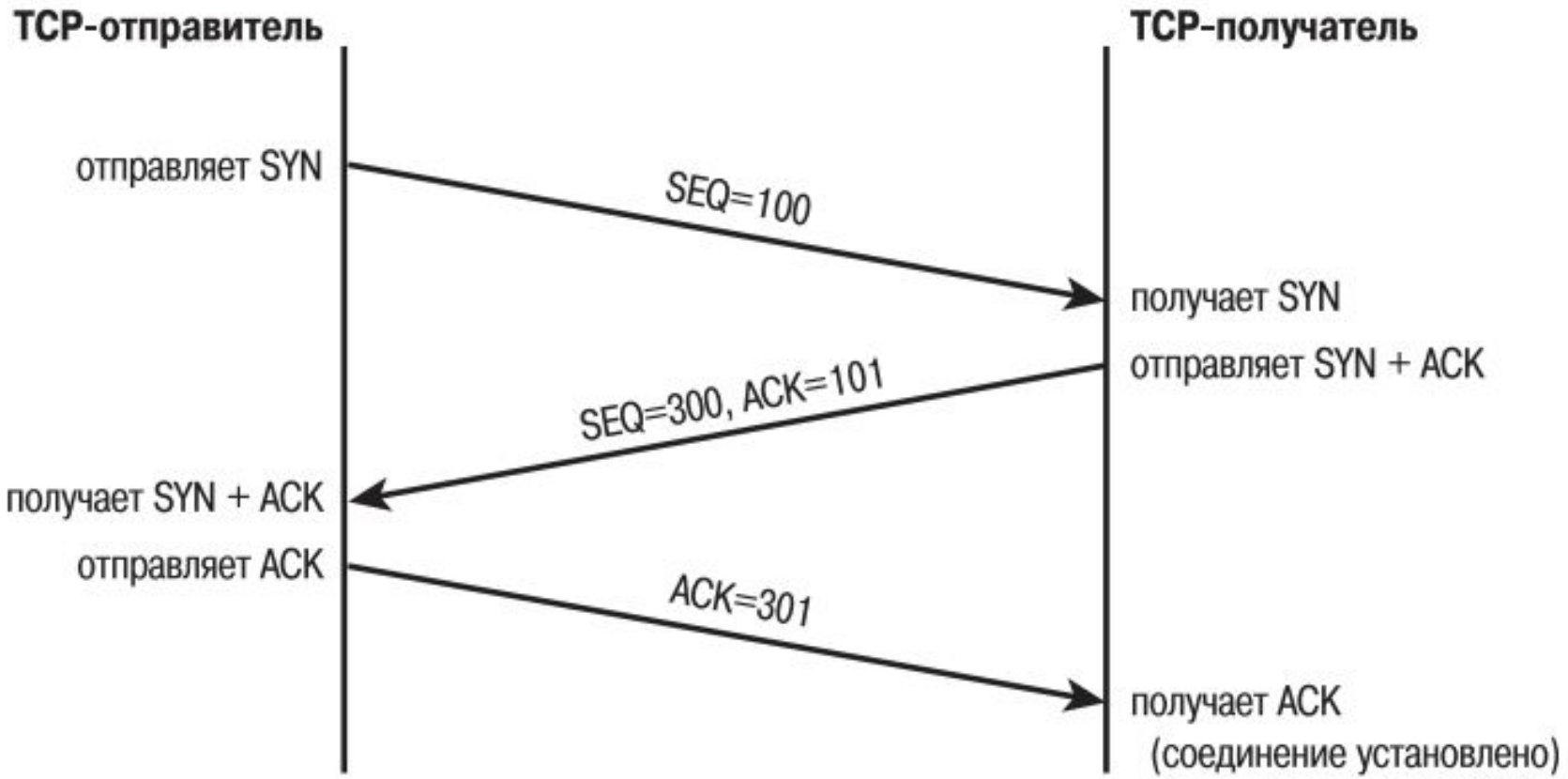
TCP_Flags

- PSH — (англ. Push function) инструктирует получателя протолкнуть данные, накопившиеся в приёмном буфере, в приложение пользователя
- RST — оборвать соединения, сбросить буфер (очистка буфера) (англ. Reset the connection)
- SYN — синхронизация номеров последовательности (англ. Synchronize sequence numbers)
- FIN (англ. final, бит) — флаг, будучи установлен, указывает на завершение соединения (англ. FIN bit used for connection termination).

TCP_Flags

Flag		Binary	Decimal
CWR	Congestion Window Reduced	1 0 0 0 0 0 0 0	128
ECE	ECN-Echo	0 1 0 0 0 0 0 0	64
URG	Urgent	0 0 1 0 0 0 0 0	32
ACK	Acknowledgement	0 0 0 1 0 0 0 0	16
PSH	Push	0 0 0 0 1 0 0 0	8
RST	Reset	0 0 0 0 0 1 0 0	4
SYN	Syn	0 0 0 0 0 0 1 0	2
FIN	Fin	0 0 0 0 0 0 0 1	1

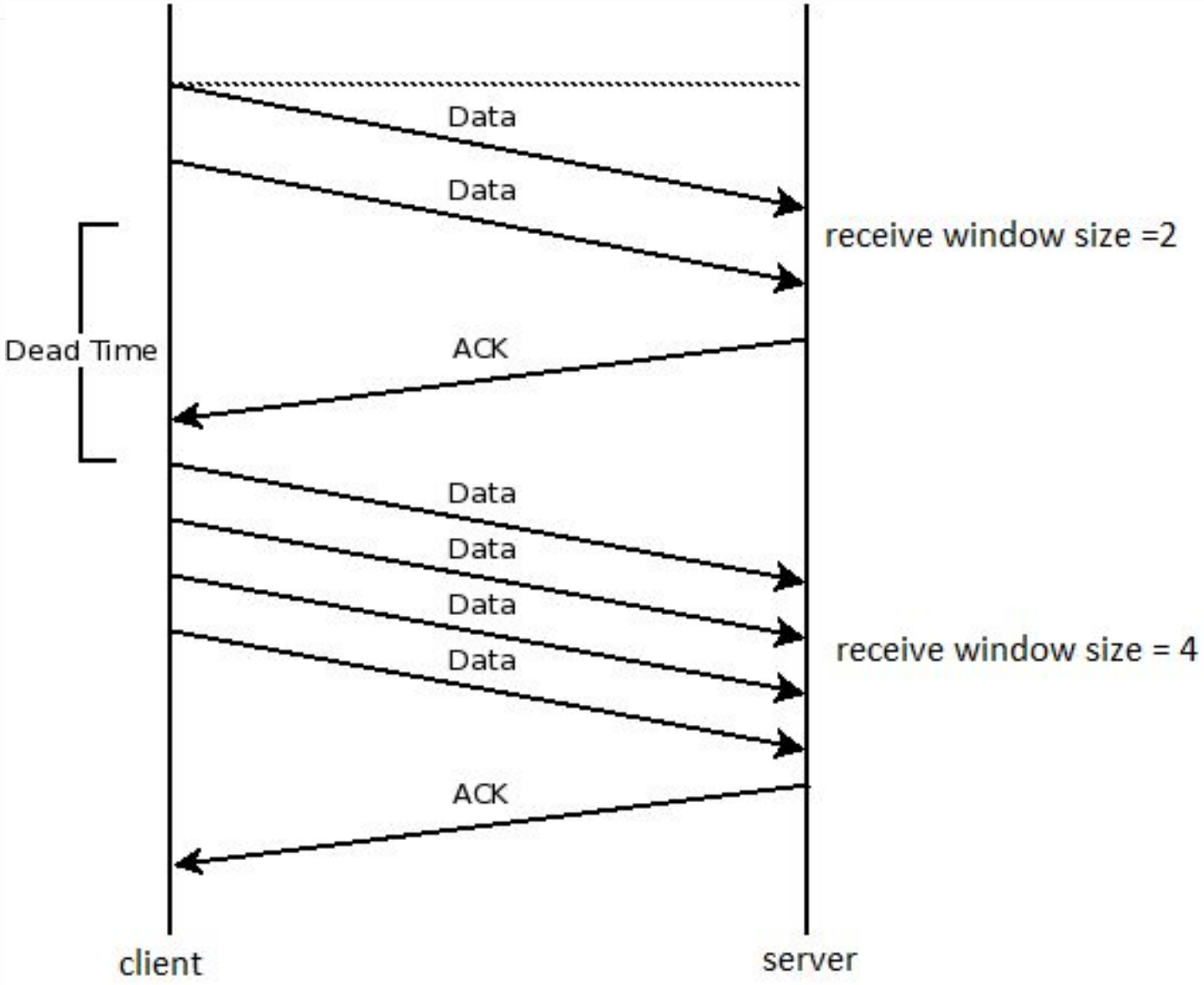
TCP handshake



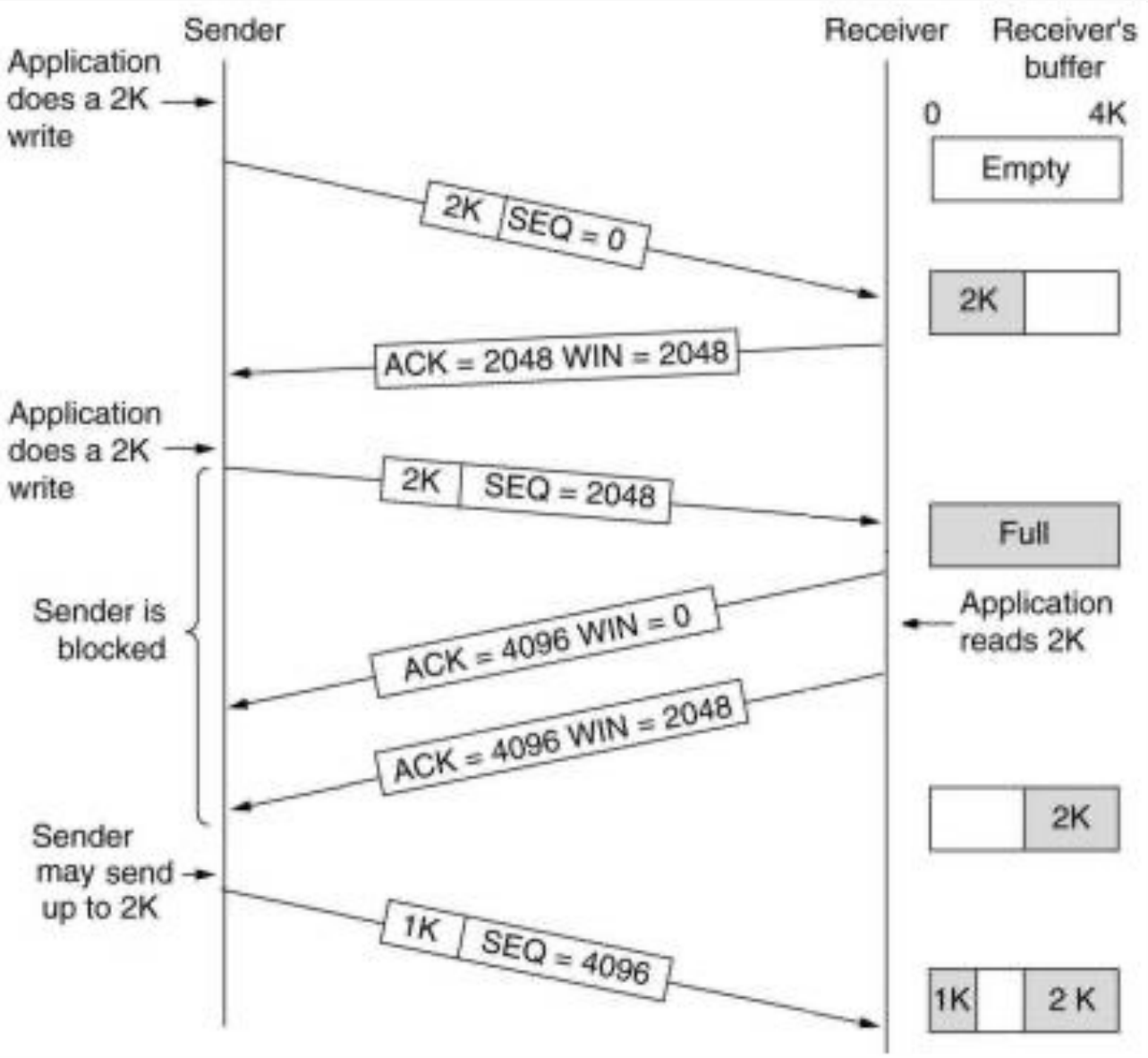
TCP window

Window Size определяет количество байт данных (payload), после передачи которых ожидается подтверждение от получателя.

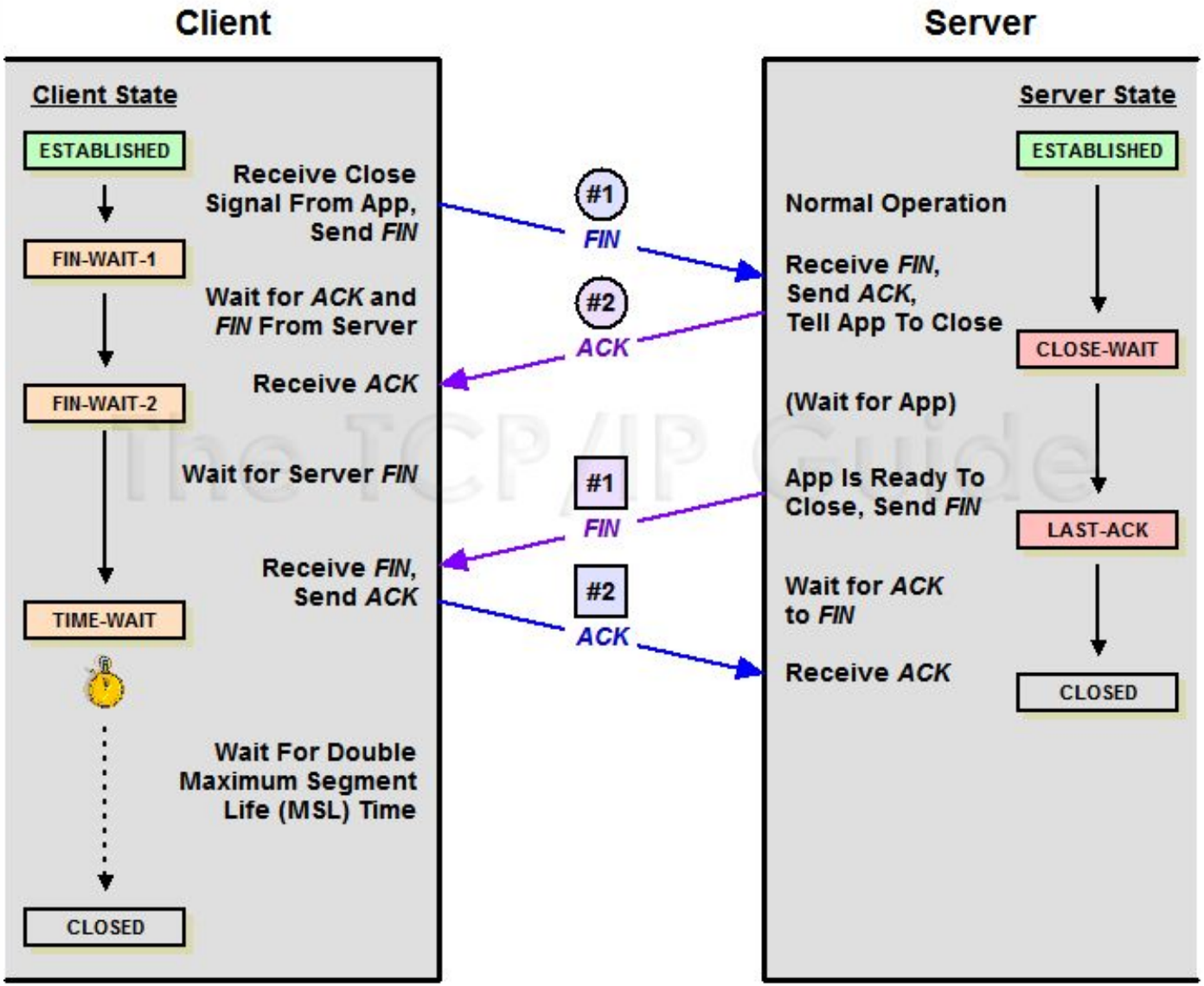
TCP data sending



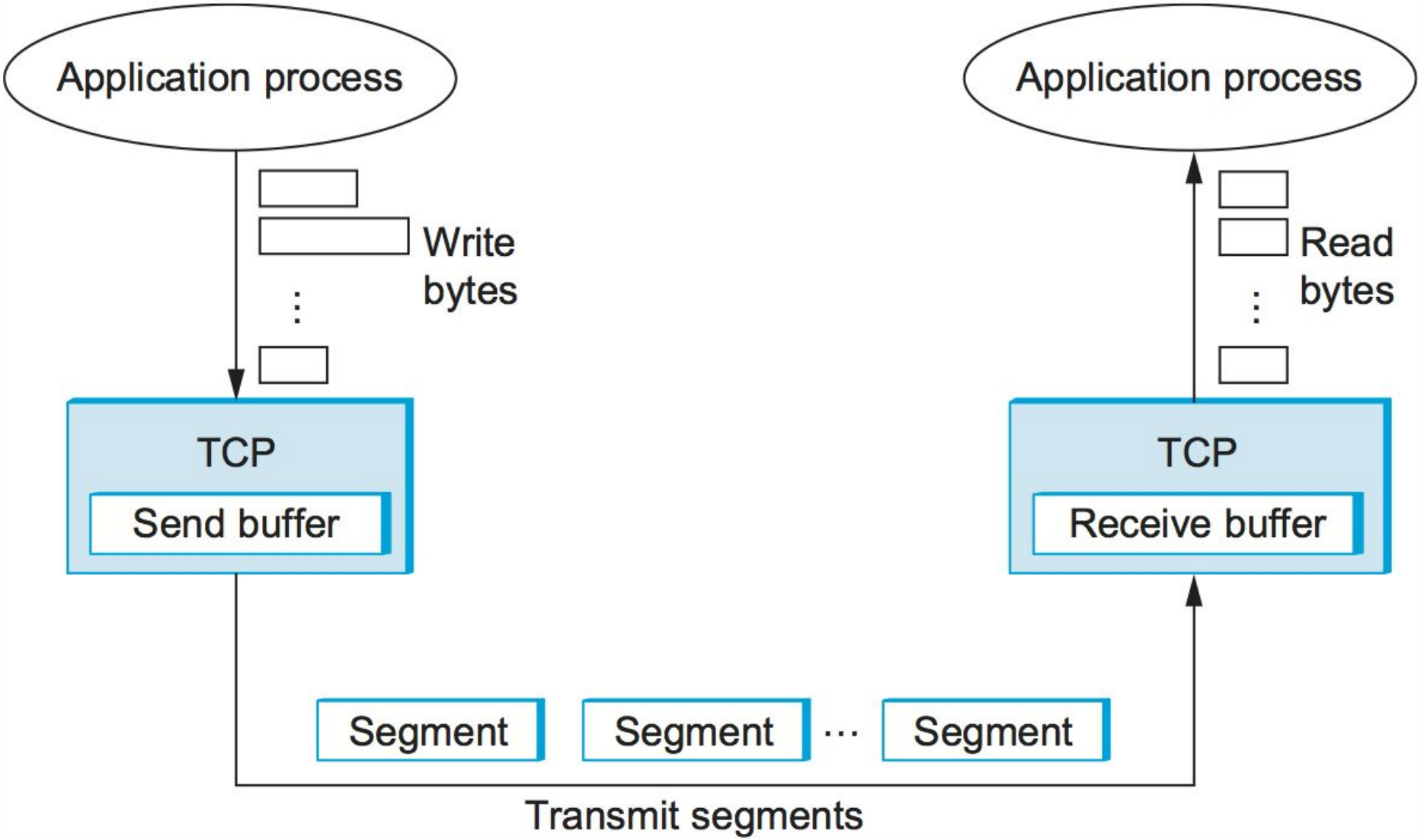
TCP window size = 0



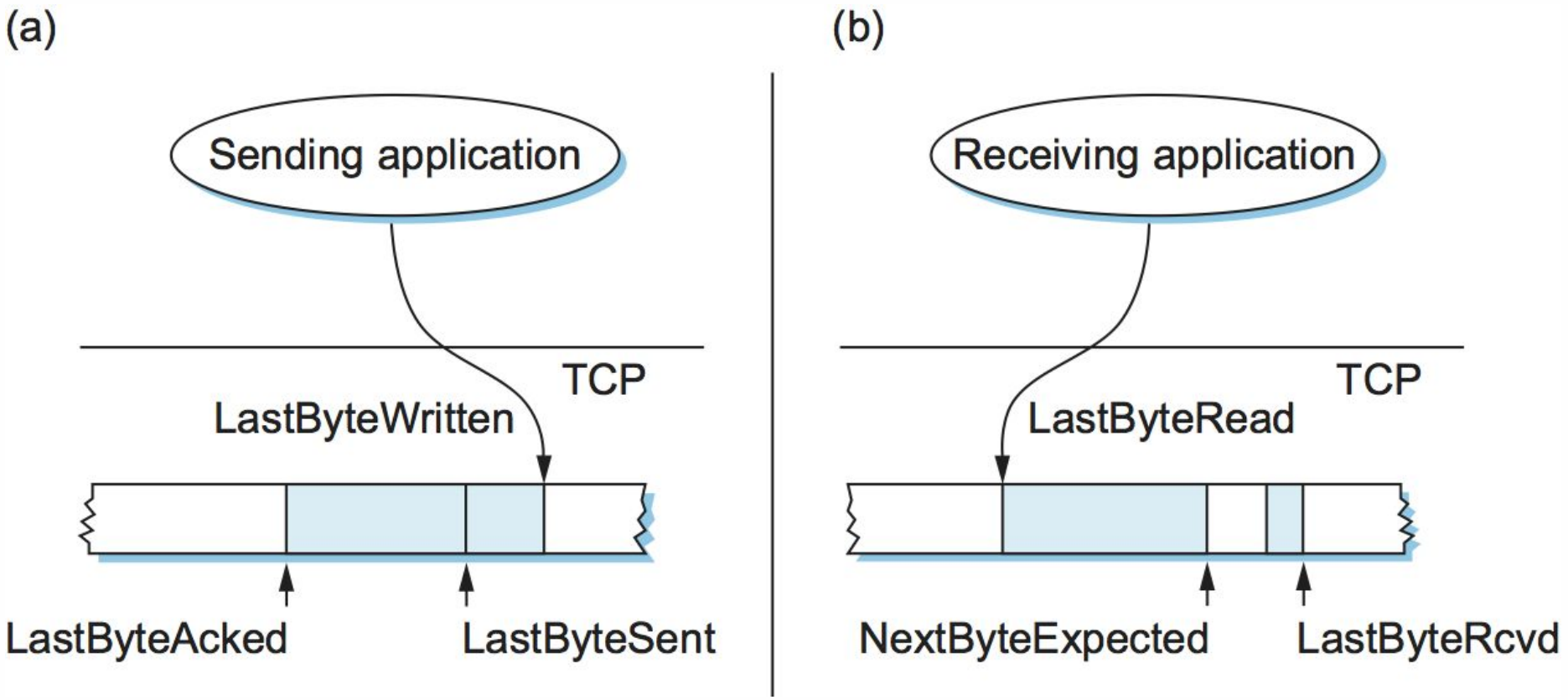
TCP closing connection



TCP buffers


Application process
Write bytes
TCP
Send buffer
Application process
Read bytes
TCP
Receive buffer
Segment
Segment
Segment
Transmit segments

TCP buffers


(a)
Sending application
TCP
LastByteWritten
LastByteAcked
LastByteSent
(b)
Receiving application
TCP
LastByteRead
NextByteExpected
LastByteRcvd

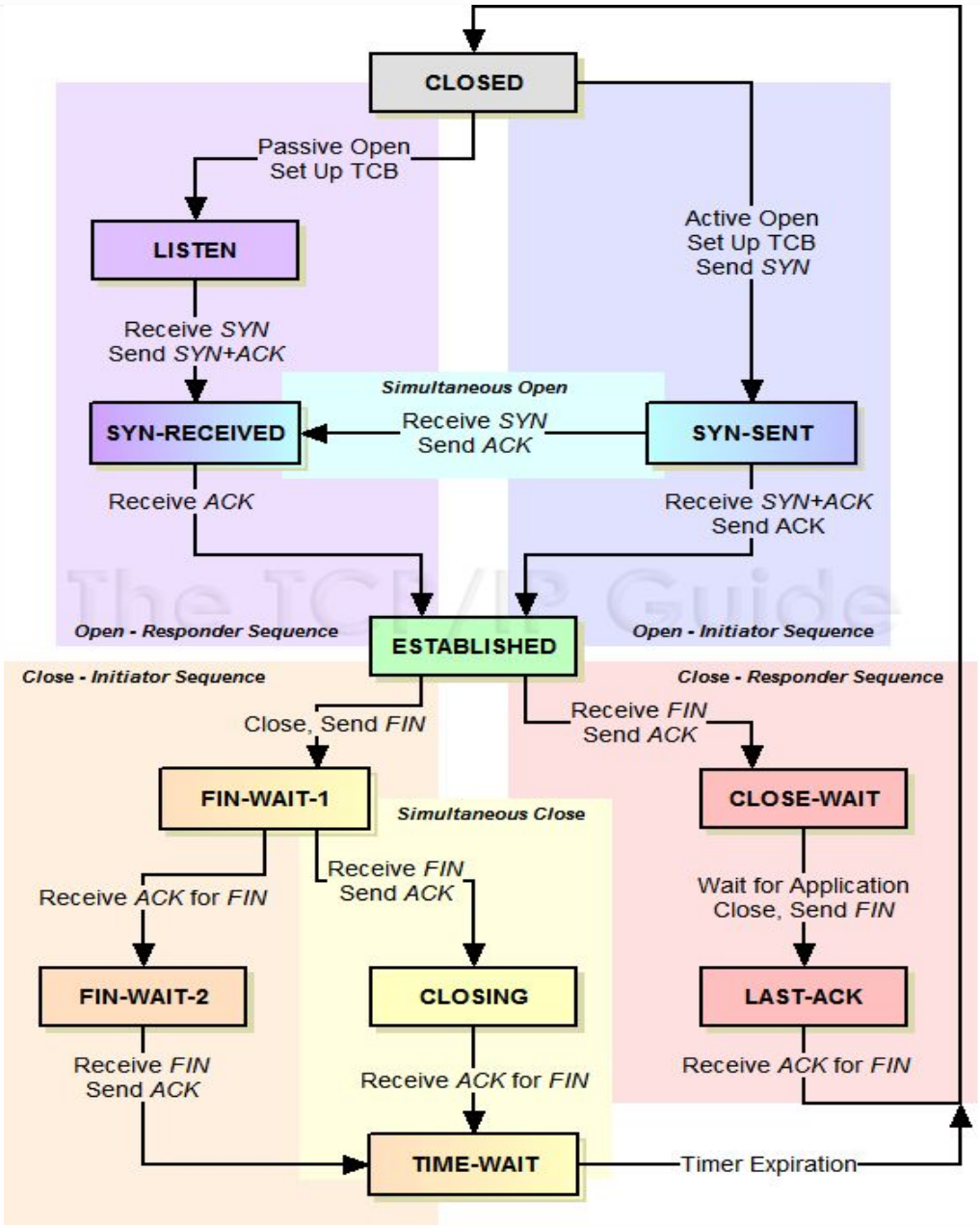
TCP_State

- CLOSED - Начальное состояние узла. Фактически фиктивное
- LISTEN - Сервер ожидает запросов установления соединения от клиента
- SYN-SENT - Клиент отправил запрос серверу на установление соединения и ожидает ответа
- SYN-RECEIVED - Сервер получил запрос на соединение, отправил ответный запрос и ожидает подтверждения
- ESTABLISHED - Соединение установлено, идёт передача данных
- FIN-WAIT-1 - Одна из сторон (назовём её узел-1) завершает соединение, отправив сегмент с флагом FIN

TCP_State

- CLOSE-WAIT - Другая сторона (узел-2) переходит в это состояние, отправив, в свою очередь сегмент ACK и продолжает одностороннюю передачу
- FIN-WAIT-2 - Узел-1 получает ACK, продолжает чтение и ждёт получения сегмента с флагом FIN
- LAST-ACK - Узел-2 заканчивает передачу и отправляет сегмент с флагом FIN
- TIME-WAIT - Узел-1 получил сегмент с флагом FIN, отправил сегмент с флагом ACK и ждёт 2*MSL секунд, перед окончательным закрытием соединения
- CLOSING - Обе стороны инициировали закрытие соединения одновременно: после отправки сегмента с флагом FIN узел-1 также получает сегмент FIN, отправляет ACK и находится в ожидании сегмента ACK (подтверждения на свой запрос о разъединении)

TCP state diagram



sysctl

документация по параметрам

- net.ipv4.conf.all.accept_redirects = 0
- net.ipv4.conf.all.secure_redirects = 0
- net.ipv4.conf.all.send_redirects = 0
- net.ipv4.tcp_max_orphans = 65536
- net.ipv4.tcp_orphan_retries = 0
- net.ipv4.conf.all.rp_filter = 1
- net.ipv4.conf.all.accept_source_route = 0
- net.ipv4.tcp_rfc1337 = 1
- net.ipv4.tcp_max_tw_buckets = 720000
- net.ipv4.ip_forward = 0
- net.ipv4.icmp_echo_ignore_broadcasts = 1
- net.ipv4.icmp_echo_ignore_all = 1

sysctl

- - net.ipv4.tcp_fin_timeout = 10
- - net.ipv4.tcp_keepalive_time = 1800
- - net.ipv4.tcp_keepalive_intvl = 15
- - net.ipv4.tcp_keepalive_probes = 5
- - net.ipv4.tcp_max_syn_backlog = 4096
- - net.ipv4.tcp_synack_retries = 1
- - net.ipv4.netfilter.ip_conntrack_max = 16777216
- - net.ipv4.tcp_timestamps = 1
- - net.ipv4.tcp_sack = 1
- - net.ipv4.tcp_fastopen = 1
- - net.ipv4.tcp_slow_start_after_idle = 1
- - net.ipv4.tcp_congestion_control = htcp

sysctl

- net.ipv4.tcp_no_metrics_save = 1
- net.ipv4.ip_local_port_range = 1024 65535
- net.ipv4.tcp_window_scaling = 1
- net.core.somaxconn = 65535
- net.core.netdev_max_backlog = 1000
- fs.file-max = 64000
- net.ipv4.tcp_mem = 50576   64768   98152
- net.ipv4.tcp_rmem = 4096 87380 16777216
- net.ipv4.tcp_wmem = 4096 65536 16777216

04

Управляющие пакеты

Управляющие пакеты

- Net-tools (arp, ifconfig, netstat, route) - deprecated
- Iproute2 (ip, ss, tc, nstat)
- NetworkManager (nmcli)

iproute2

- ip - управление маршрутизацией, интерфейсами, arp-таблицами
- tc - traffic control - управлением приоритезацией трафика
- ss - sockstat - информация о socket’ах (одна из сторон netstat)
- nstat - информация о сетевых каунтерах

ip

OTUS

- ip link list
- ip addr show
- ip route show
- ip route ls
- ip neigh show
- ip rule list
- cat /etc/iproute2/rt_tables
- ip route list table <main|local|default>
- echo 200 Otus >> /etc/iproute2/rt_tables
- ip rule add from 10.0.0.10 table Otus
- ip route add default via 195.96.98.253 dev ppp2 table Otus

включение форвардинга

echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward

выключение фильтрации асинхронной маршрутизации

```
#!/bin/bash
for DEV in /proc/sys/net/ipv4/conf/*/rp_filter
do
    echo 0 > $DEV
done
```

Сетевые снифферы.

- tcpdump - информация о сетевой активности. Работает максимально близко к “проводу”
- ngrep - утилита для поиска пакетов по содержимому, Network grep. По смыслу схожа с tcpdump.
- Wireshark (tshark)

05

Questions?

Подведем итоги

1. Получили необходимые знания для понимания архитектуры сети
2. Научились использованию средств настройки и проектирования
3. Научились оценивать результат выполненных действий

Рефлексия

Рефлексия

Что в прошедшем занятии вам показалось полезным?

Будете применять на практике то, что
узнали на вебинаре?

Заполните, пожалуйста, опрос о занятии по ссылке в чате

Спасибо
за внимание!