Лабораторная работа № 3

Принципы построения сетей TCP/IP

Рассматриваемые темы

- История развития Internet
- Сетевая модель OSI ISO
- Семейство протоколов TCP/IP
- Адресация в протоколе IP
- Механизмы конфигурирования сетевых интерфейсов
- Маршрутизация пакетов TCP/IP
- Система доменных имён DNS
- Проксирование соединений

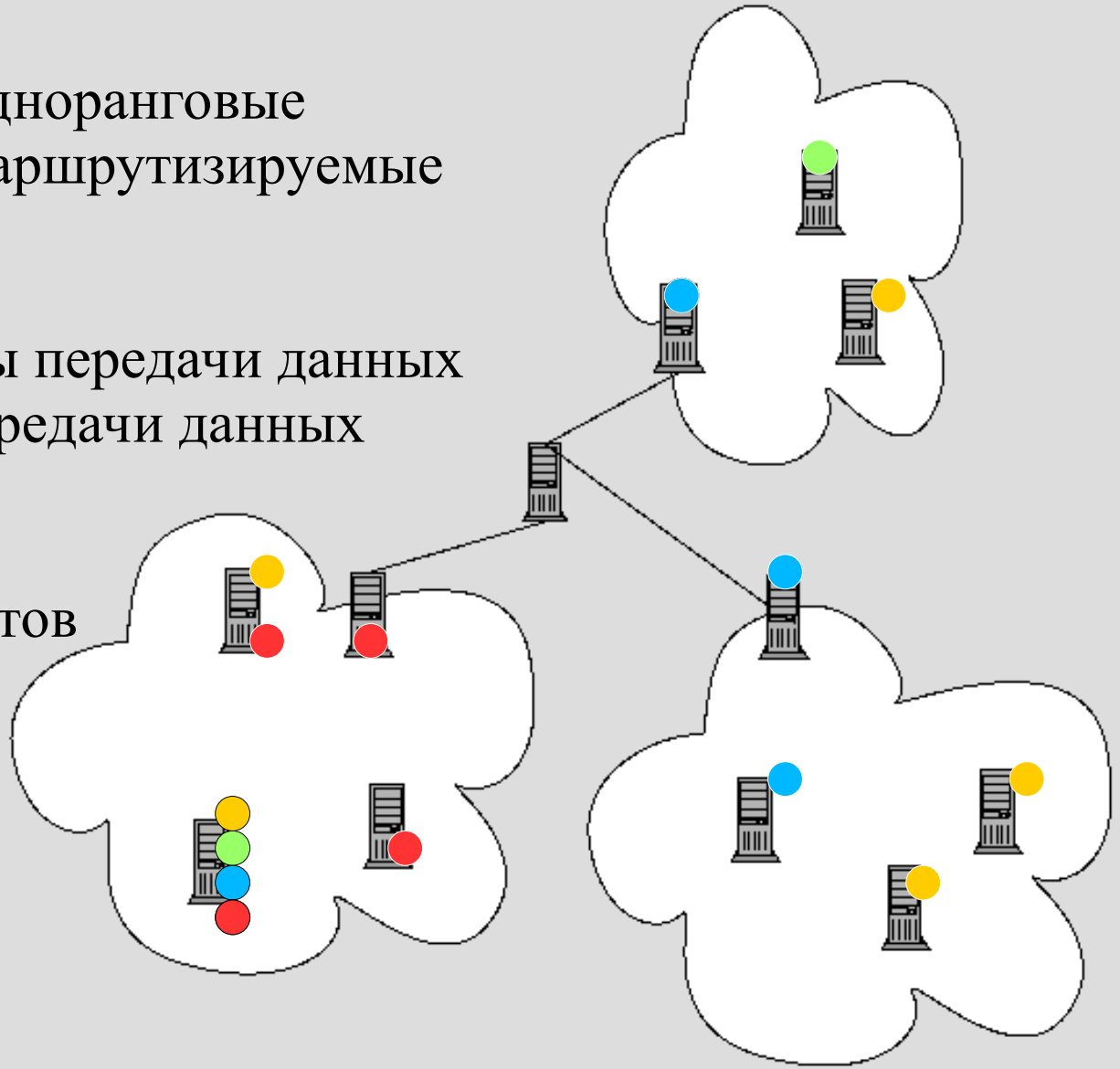
Основы построения сетей

Сети:
- локальные
- глобальные
- одноранговые
- маршрутизируемые

По каналам связи:
- коммутируемые каналы передачи данных
- выделенные каналы передачи данных

Для передачи данных:
- уникальные адреса хостов

Адресация в сетях
- unicast
- multicast
- anycast
- broadcast

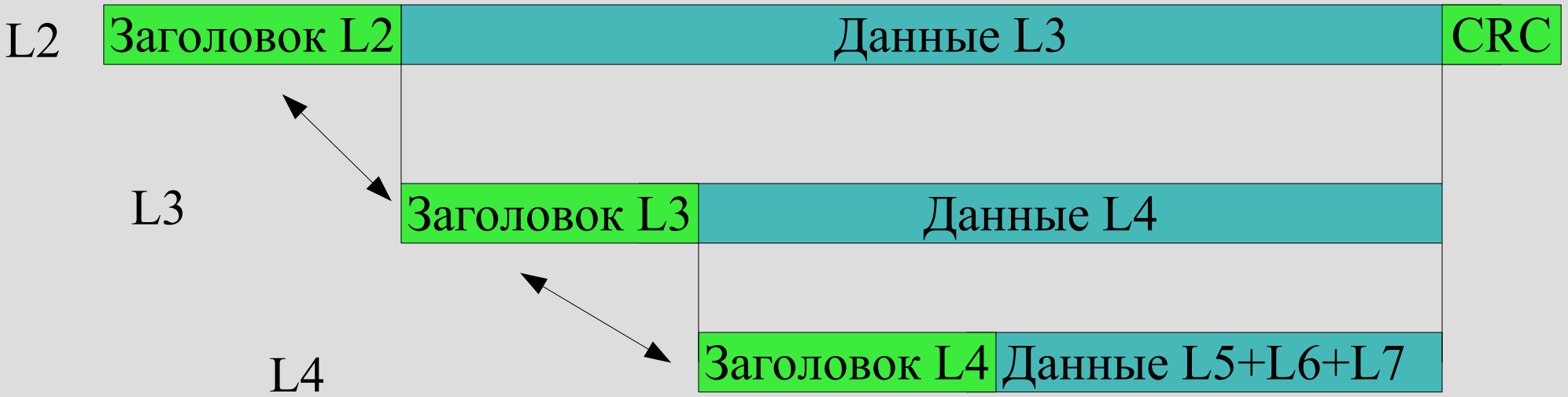


Сетевая модель OSI ISO

Основы построения сетей

Сети:
- потоковая передача данных
- пакетная передача данных

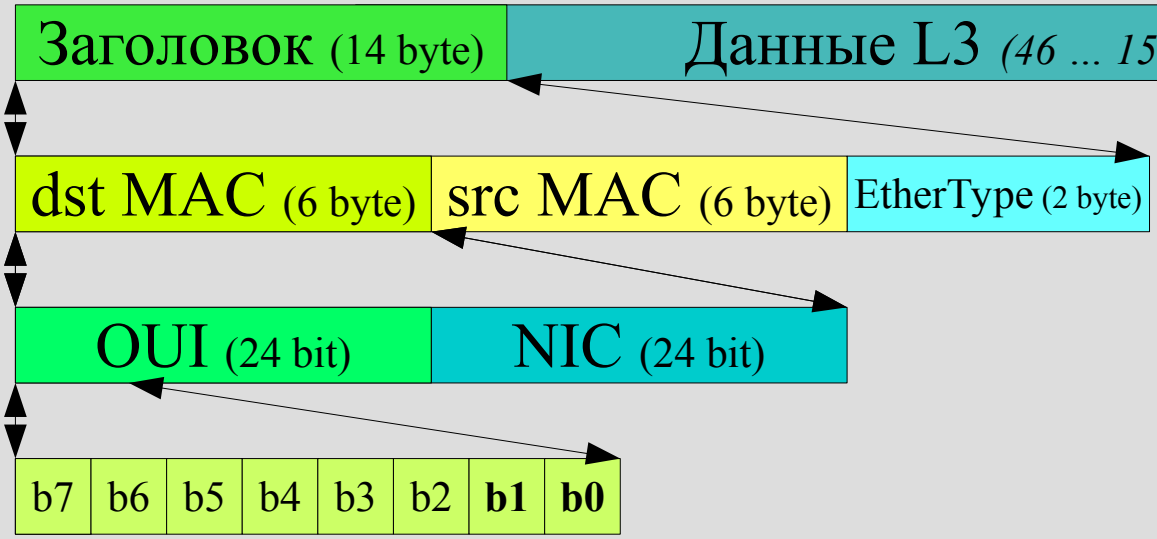
Пакет данных:
- уровни вложенности



Сети Ethernet

Ethernet (IEEE-802.x, начало разработки1980 г.):
- протокол L2;
- объединяет peer'ы;
- уникальный адрес каждого peer'а;
- связи: peer-peer, peer-hub, hub-hub.

Адреса: MAC (Media Access Control), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Сейчас – MAC-48.
Есть также EUI (Extended Unique Identifier): EUI-48, EUI-64.

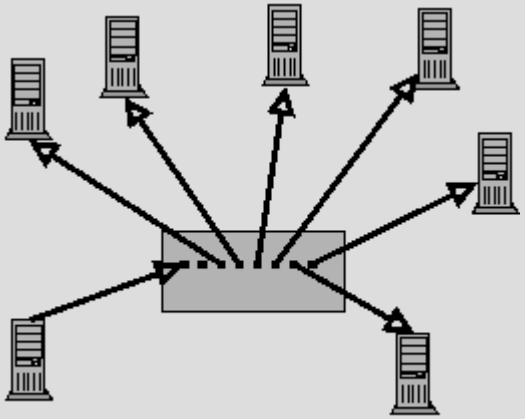


Destination MAC
Source MAC
Organization Unique Identifier
Network Interface Controller

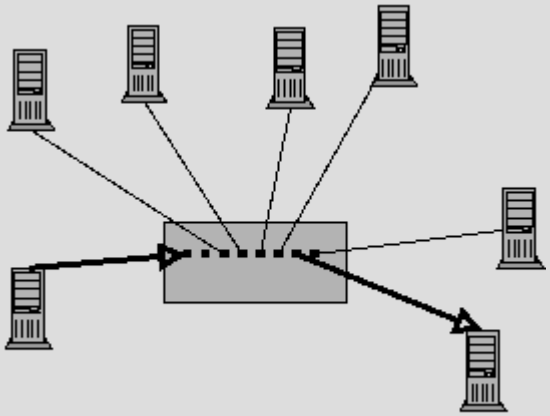
B0: 0: unicact
1: multicast
B1: 0: globally unique
1: locally administered

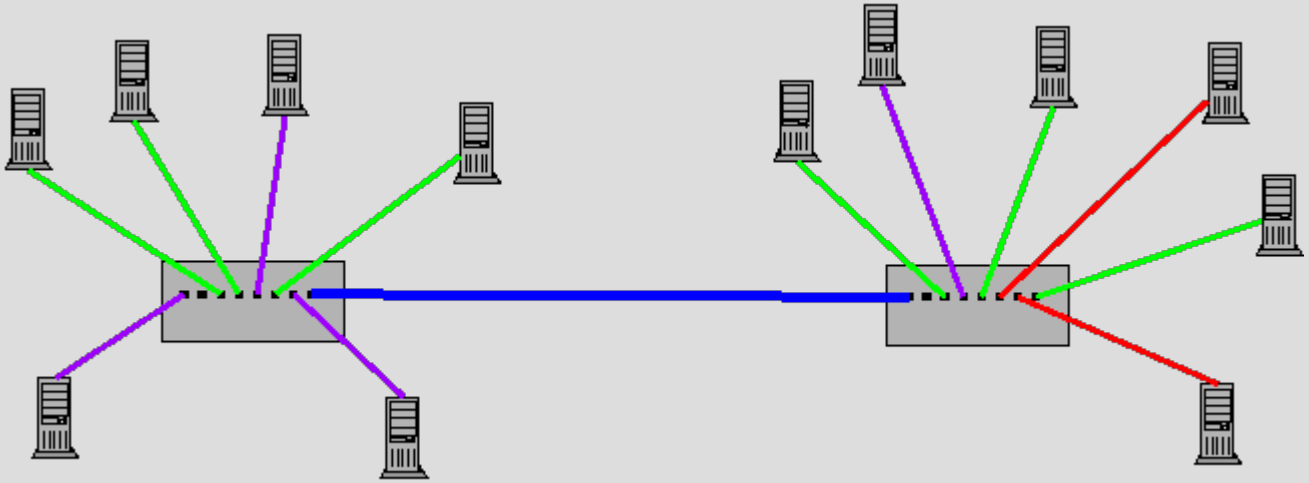
Сети Ethernet

Концентратор (hub)



Коммутатор (switch)





VLAN (Virtual LAN)

- VID: часть поля EtherType
- VID: 1..4095
- VID=1 – умолчание

Порты для VID:

- Untagged
- Tagged
- Not member

История глобальных сетей обработки информации

1956-59 гг. – проект ЕГСВЦ (Единой государственной сети вычислительных центров), Китов А. И.
1962-64 гг. – проект ОГАС (Общегосударственной автоматизированной системы учёта и обработки информации), Глушков В. М.

1966 г. – эскизный проект ARPANET
1969 г. – запуск сети ARPANET
1971 г. – электронная почта
1973 г. – начало разработки TCP/IP
1975 г. – первая сеть TCP/IP
1.1.1983 – переход ARPANET на TCP/IPv4
1984 г. – NSFNet
1985-1994 гг. – коммерциализация Internet

Стандартизация Internet

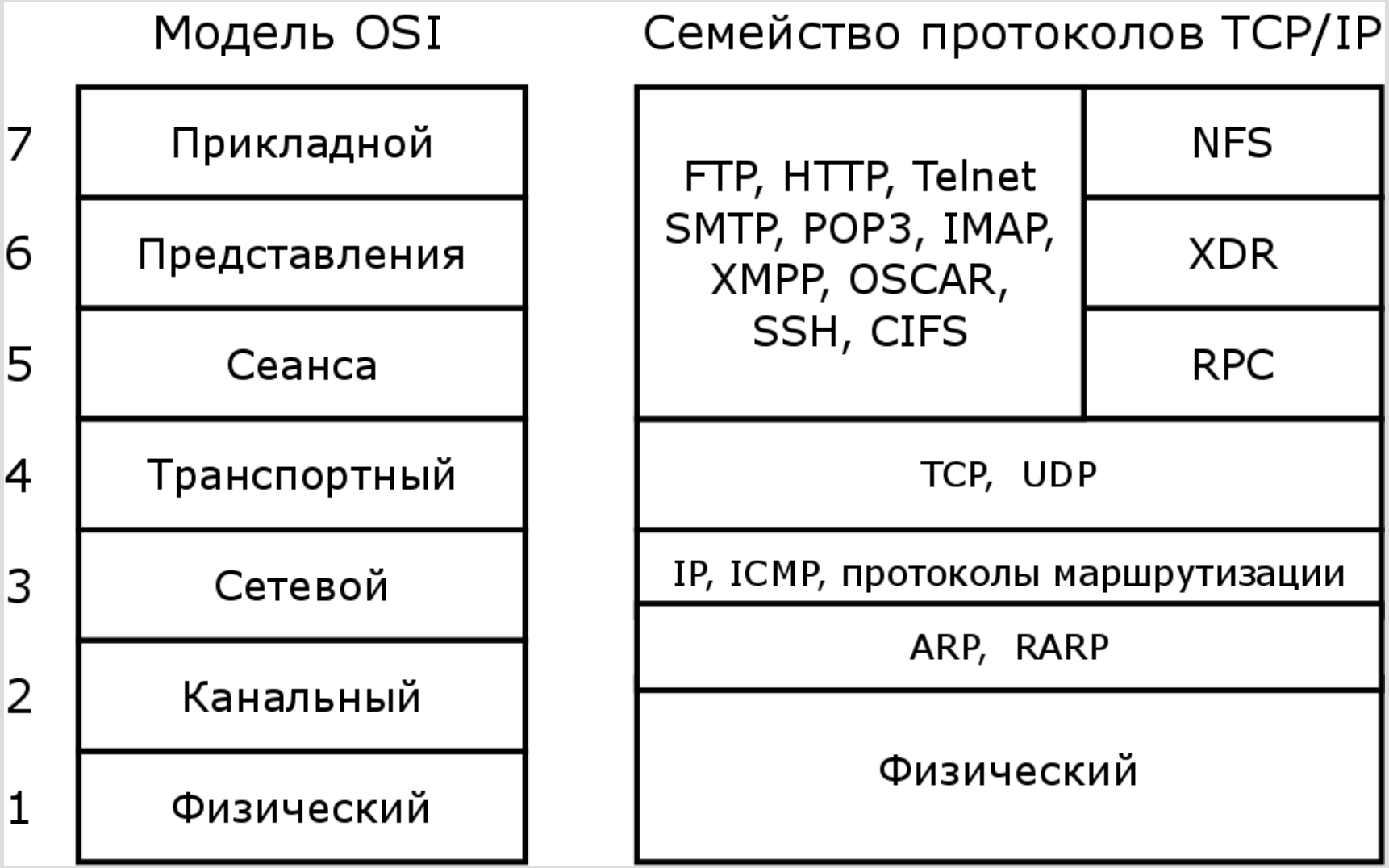
ISOC – Internet Society, 1992 г.
IETF – Internet Engineering Task Force, 1986 г.
IAB – Internet Architecture Board
ICANN – Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
IANA – Internet Assigned Numbers Authority

RFC – Requests For Comments
1969-04-07: RFC 1 «Host Software»

Март 1992: RFC 1310 «The Internet Standards Process»
Март 1994: RFC 1602 «The Internet Standards Process -- Revision 2»
Октябрь 1996: RFC 2026 «The Internet Standards Process -- Revision 3»

2008-04-01: RFC 5241 «Naming Rights in IETF Protocols»
2018-04-01: RFC 8367 «Wrongful Termination of Internet Protocol (IP) Packets»
2024-04-01: RFC 9564 «Faster Than Light Speed Protocol (FLIP)»
2025-04-01: RFC 9759 «Unified Time Scaling for Temporal Coordination Frameworks»
Стандартизация единицы измерения времени TWP (Two-Week Principle)

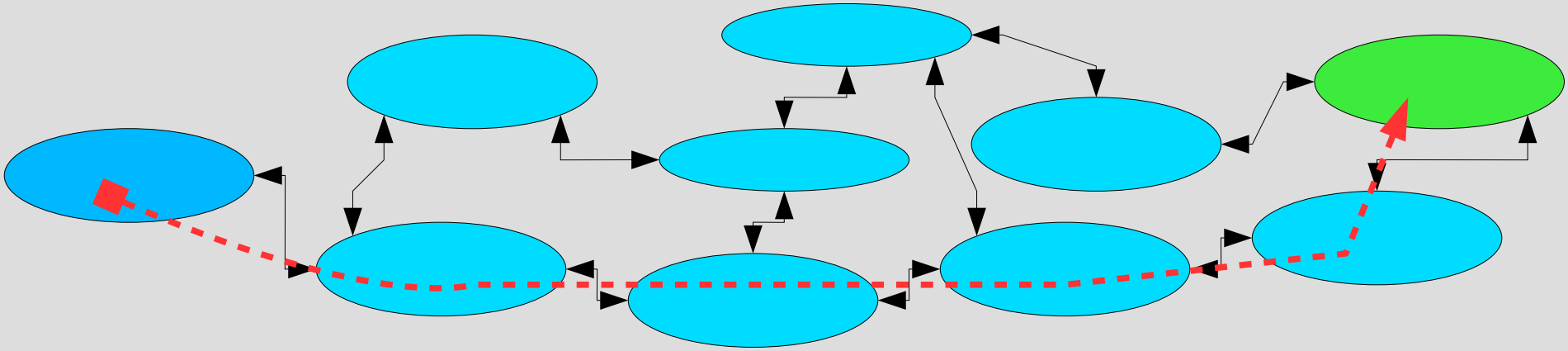
Семейство протоколов TCP/IP



Адресация в сетях IP

Протокол IP:

- Уровень L3 сетевой модели OSI ISO
- Каждый хост имеет адрес IP
- Длина адреса IPv4 – 32 бита, IPv6 – 128 бит
- Хосты по адресам IP группируются в сети
- Сети объединяются через маршрутизаторы
- Пакеты IP передаются:
  - напрямую между хостами в рамках одной сети IP,
  - через маршрутизаторы между разными сетями IP
- Есть таблицы маршрутизации



Адреса протокола IPv4

Адрес IP v4:
– целое беззнаковое число
– длина адреса 32 бита, или 4 байта
– записывается по-байтно через точку
– состоит из адреса сети и адреса хоста

Маска сети:
– служит для выделения адреса сети
– длина маски равна длине адреса
– начинается с последовательности единиц
– кончается нулями

Адрес IP – 193.233.68.72/255.255.255.0	
11000001 11101001 01000100	01001000
11111111 11111111 11111111	00000000

Классы сетей IPv4

Класс	Маска	Диапазон адресов
A (0...)	255.0.0.0	1.0.0.0 - 127.255.255.255
B (10...)	255.255.0.0	128.0.0.0 - 191.255.255.255
C (110...)	255.255.255.0	192.0.0.0 - 223.255.255.255
D (1110...)	-	224.0.0.0 - 239.255.255.255
E (1111...)	?	240.0.0.0 - 255.255.255.255

D — адреса multicast; E — зарезервировано

127.0.0.0/8 – сеть loopback-интерфейса, IP 127.0.0.1/255.0.0.0

Адресация в сетях IPv4

Бесклассовая адресация (CIDR, Classless Inter-Domain Routing):

- отказ от выровненных по границам байта масок сетей
- произвольная длина маски сети
- агрегация сетей

Частные сети (RFC 1918, 1996 г.):

1 сеть A: 10.0.0.0/8
16 сетей B: 172.16.0.0/16 – 172.31.0.0/16
256 сетей C: 192.168.0.0/24 – 192.168.255.0/24

Частные сети уровня провайдеров (RFC 6598, 2012 г.):

Диапазон адресов 100.64.0.0/10

Доступ из частных сетей в Internet:

- прокси-серверы
- трансляция адресов

Адреса протокола IPv6

Адрес IP v6:
– целое беззнаковое число
– длина адреса 128 бит, или 16 байт
– записывается группами по 4 16-ричных цифры
– группы разделяются двоеточиями
– ведущие нули групп можно опускать
– самую большую группу нулей можно опускать
– маска записывается в бесклассовой нотации

2001:0db8:0000:0064:0000:0000:aa72:0004/64
2001:db8:0:64:0:0:aa72:4/64
2001:db8:0:64::aa72:4/64

Адрес локального интерфейса - ::1/128

Конфигурация сетевых интерфейсов

Физический и канальный уровень:
- наиболее распространённый протокол – Ethernet
- имеются уникальные сетевые адреса канального уровня (MAC-адреса)

Сетевой уровень – IP:
- необходимо назначить сетевому интерфейсу адрес IP и указать маску сети

Конфигурация сетевых интерфейсов IP:
- статическая
- автоматическая
- динамическая

Конфигурация сетевых интерфейсов

Статическая конфигурация:
- ручная настройка адресов IP
- сохраняется в настройках операционной системы

Автоматическая конфигурация:
- адреса назначаются операционной системой
- адреса создаются на базе MAC-адреса

- IPv4 : сеть 169.254.0.0/16
  адрес хоста – случайное число

- IPv6 : сеть fe80::/64
  адрес хоста – на базе идентификатора EUI-64

- Автоматические адреса IPv6:
  MAC: `00:18:51:61:49:5a`
  IPv6: `fe80::02`**`18:51ff:fe`**`61:495a/64`

Конфигурация сетевых интерфейсов

Динамическая конфигурация:
– информация о сети получается от других хостов
– возможно получение информации о маршрутах, доступных в сети ресурсах, и т.п.

IPv4: протокол DHCP
– в сети L2 должен работать сервер DHCP
– хост ищет сервер DHCP через широковещательные запросы
– сервер DHCP в сети L2 может быть только один
– адрес хосту выделяется на определённое время
– по истечению аренды хост повторно запрашивает адрес
– хосту также сообщаются маршруты, серверы DNS, пр. данные
– сервер DHCP не может инициировать смену адресов клиентов

IPv6: протоколы динамической конфигурации IPv6, протокол DHCPv6

Конфигурация сетевых интерфейсов

Динамическая конфигурация IPv6:
– информацию рассылают маршрутизаторы сети
– хостам сообщаются префиксы сетей и маршруты

– хосты назначают адреса IPv6 в полученных сетях с использованием EUI-64
– адреса и маршруты назначаются для каждой из анонсированных маршрутизаторами сетей
– устаревшая конфигурация автоматически удаляется

По сравнению с DHCPv4:
– маршрутизаторы не ведут учёт адресов хостов
– нельзя передать адреса серверов DNS и пр.
  – для передачи дополнительной информации есть протокол DHCPv6
– потенциальное отслеживание пользователей по EUI-64
  – можно использовать случайные сетевые части адресов вместо основанных на EUI-64

Конфигурация сетевых интерфейсов

IPv4:
– обычно 1 адрес IP на интерфейсе
– используется **один из** механизмов конфигурации
– автоматической конфигурации обычно нет

IPv6:
– обычно много адресов IP на интерфейсе
– используются **все доступные** механизмы конфигурации
– автоматическая конфигурация используется почти всегда
– минимальная выделяемая сеть – /64.

Рекомендовано выделение сети /56 каждому подключённому к Internet пользователю.

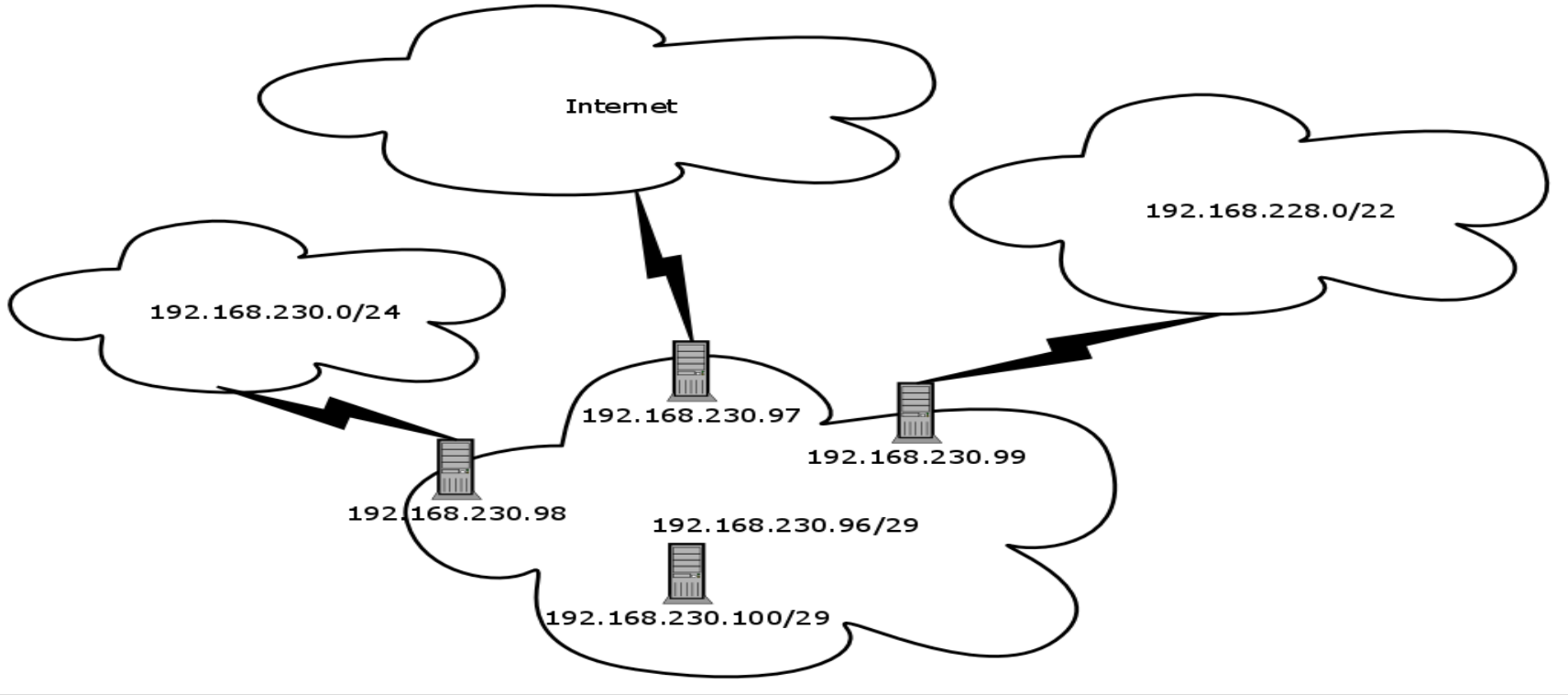
Маршрутизация в сетях TCP/IP

Как правило, статические маршруты прописываются для:
- сетей, к которым непосредственно подключён хост:
  – без указания шлюза (пакеты отправляются в локальной сети);
- сетей, маршруты к которым должны проходить через шлюзы:
  – с указанием шлюзов;
- для всех остальных сетей – через шлюз по-умолчанию.

Все шлюзы должны быть в одной сети / сетях с хостом,
указать шлюз вне сети хоста нельзя,
указать проходящий через несколько шлюзов маршрут нельзя.

Динамическая маршрутизация применяется в-основном на центральных шлюзах в крупных сетях и на магистральных маршрутизаторах Internet.

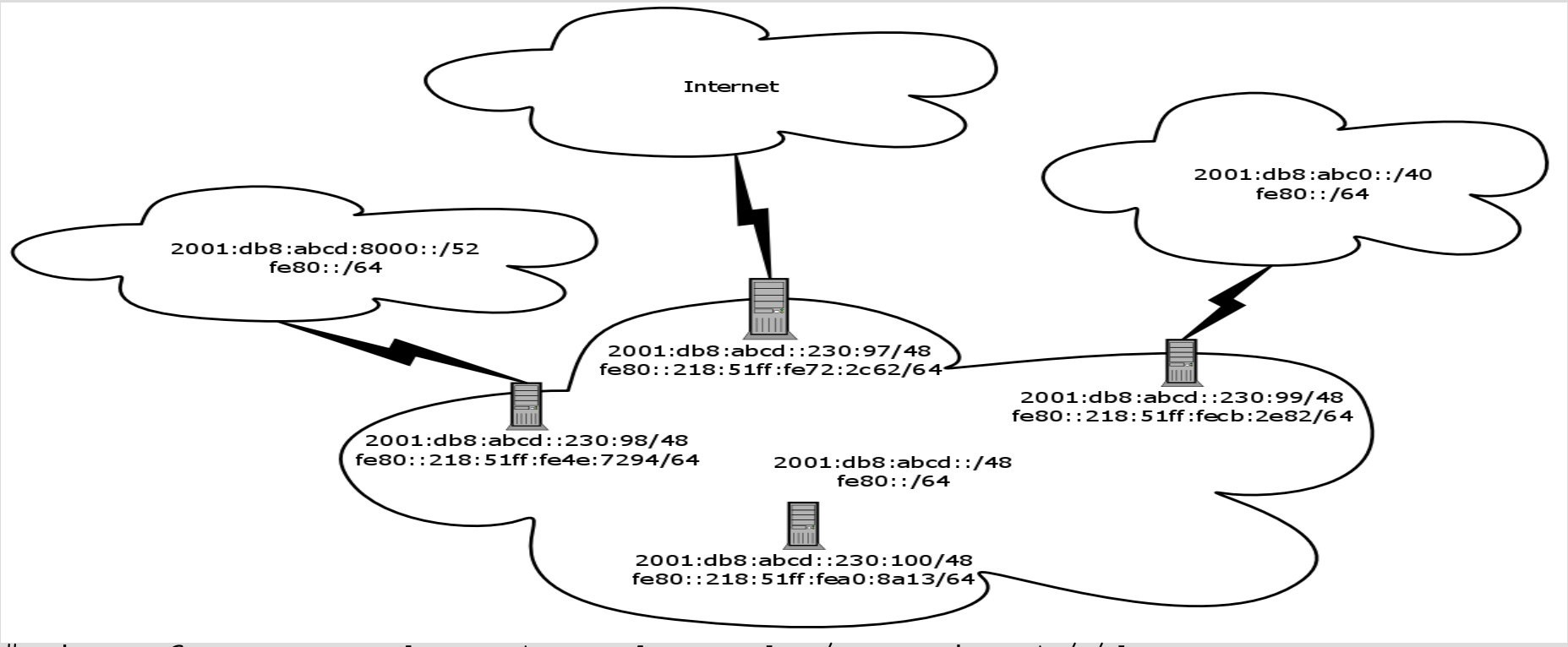
Маршрутизация в сетях IPv4




```
# ip route show
192.168.230.96/29 dev eth0 src 192.168.230.100
192.168.230.0/24 via 192.168.230.98 dev eth0
192.168.228.0/22 via 192.168.230.99 dev eth0
default via 192.168.230.97 dev eth0
```

(default => 0.0.0.0/0)

Маршрутизация в сетях IPv6




```
# ip -6 route show | sed -e 's/metric.*//'

2001:db8:abcd:8000::/52 via 2001:db8:abcd::230:98 dev eth0
2001:db8:abc0::/40 via 2001:db8:abcd::230:99 dev eth0
2001:db8:abcd::/48 dev eth0  proto kernel
fe80::/64 dev eth0  proto kernel
default via 2001:db8:abcd::230:97 dev eth0
```

Протоколы ARP, ICMP

Протокол ARP (Address Resolution Protocol, RFC 826):
- протокол семейства IPv4,
- определение MAC-адреса хоста по известному адресу IPv4,
- запрос MAC-адреса идёт отправкой широковещательного пакета,
- ответы кешируются (и в т.ч. на *прочих* узлах локальной сети),
- есть таблица ARP с известными парами адресов IP — MAC.

Есть протокол RARP (Reverse Address Resolution Protocol).
Для IPv6 протокола ARP нет.

Протоколы ICMP (Internet Control Message Protocol):
- протокол семейства IP;
- работают поверх протоколов IPv4 (ICMPv4, RFC 792) и IPv6 (ICMPv6, RFC 4443);
- позволяют передавать управляющие сообщения между хостами;
  - в частности, есть управляющие сообщения Echo Request / Echo Reply, см. утилиту ping;
- для IPv6 обеспечивают в т.ч. определение MAC-адреса хоста по IP.

Протоколы TCP, UDP

Протоколы TCP и UDP:
- протоколы семейства IP;
- протоколы транспортного уровня (L4);
- работают поверх протоколов IPv4, IPv6;
- к адресам хоста добавляется номер порта: целое 16-битное число.
- есть стандартные порты приложений, выделяются IANA, перечисляются в /etc/services
- порты 0...1000 зарезервированы для использования администратором системы (приложения должны работать с UID=0).

Протокол UDP (User Datagram Protocol):
- позволяет отправлять/получать отдельные пакеты данных,
- в заголовках пакета UDP указывается:
  – номер порта получателя,
  – номер порта отправителя,
  – длина пакета и контрольная сумма.

Пакеты UDP:
- отправляются получателю без явного установления соединения
- могут быть потеряны при передаче
- могут быть получены в произвольном порядке
- ответы также могут быть потеряны, получены в другом порядке и т. п.

Протоколы TCP, UDP

Протокол TCP (Transmission Control Protocol):
- позволяет отправлять/получать поток данных,
- в заголовках пакета TCP указывается:
  – номер порта получателя,
  – номер порта отправителя,
  – порядковый номер пакета (SN, Sequence Number),
  – номер подтверждения (ACK SN, Acknowledgment Number)
  – длина заголовка пакета,
  – флаги (управляющие биты) – управление соединением,
  – различные опции,
  – контрольная сумма.

При использовании TCP:
  – устанавливаются долговременные соединения между приложениями,
    - требуется передача служебных пакетов TCP для установления соединения и его закрытия,
  – данные получаются в том же порядке, как были отправлены,
  – потери пакетов данных отслеживаются,
  – потерянные пакеты отправляются повторно,
  – есть возможность подстройки работы соединения под характеристики канала связи.

Система доменных имён DNS

Соответствие адреса хоста и символьного имени:

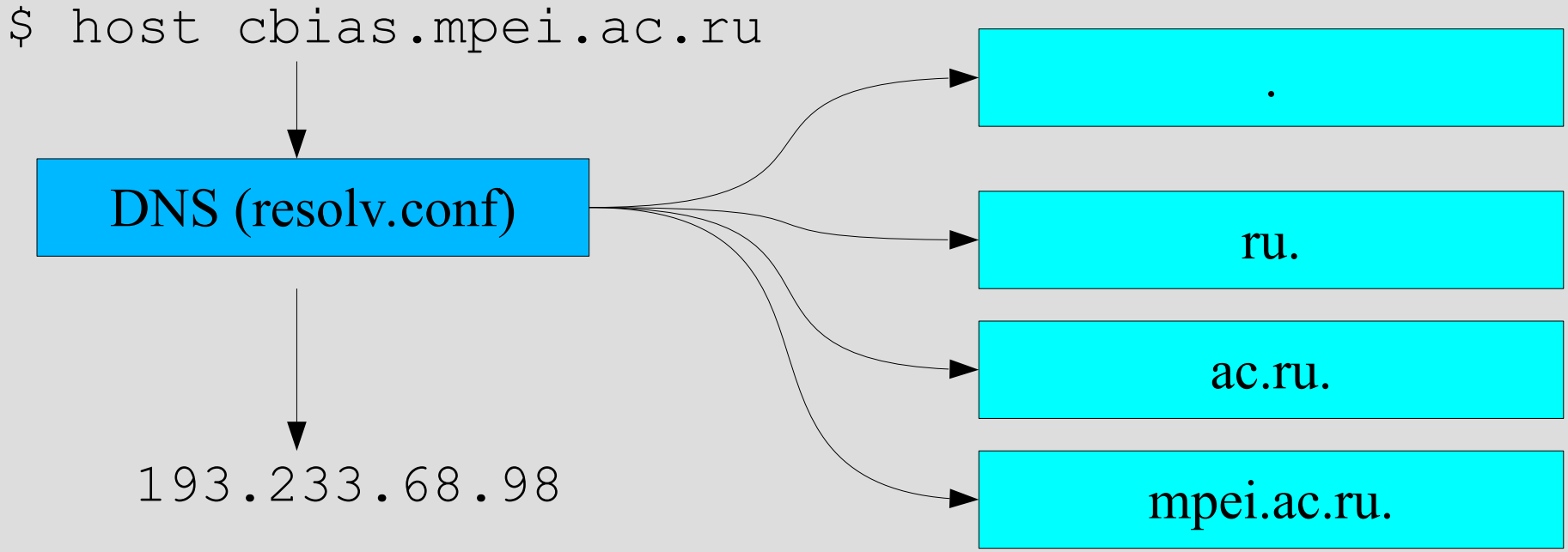
- /etc/hosts

```
$ cat /etc/hosts
127.0.0.1    localhost.localdomain localhost
::1          localhost6.localdomain6 localhost6
```

- DNS

```
$ cat /etc/resolv.conf
search example.com
nameserver 192.0.2.123
nameserver 2001:db8::1234
```

Система доменных имён DNS



Серверы DNS:
– авторитетные (содержащие записи о доменных зонах)
– рекурсивные (позволяющие выполнить запрос информации из DNS)
  – серверы DNS провайдеров
  – публичные серверы DNS
Публичные рекурсивные серверы НСДИ:
 – a.res-nsdi.ru (195.208.4.1; 2a0c:a9c7:8::1)
 – b.res-nsdi.ru (195.208.5.1; 2a0c:a9c7:9::1)

Межсетевые экраны

Задача межсетевых экранов: фильтрация и обработка сетевого трафика.

Могут работать на разных уровнях сетевой модели:
– L2: фильтрация пакетов Ehternet:
  – source MAC-адрес и EtherType;

– L3+L4: фильтрация пакетов TCP/IP:
  – тип протокола IP;
  – source IP, source IP + source port;
  – destination IP, destination IP + destination port;
  – обработка сессий TCP

– L5..L7: фильтрация по приложениям, пользователям, данным и т. п.

Могут быть stateless и statefull:
– stateless: фильтрация пакетов идёт без учёта активных соединений (TCP/UDP),
– statefull: при фильтрации учитываются соединения TCP и ответы на пакеты UDP.

Межсетевые экраны

Фильтрация трафика:
– разрешить дальнейшую обработку сетевого пакета
– отбросить сетевой пакет
  – возможно, с отправкой соответствующего пакета ICMP

Обработка сетевого трафика межсетевыми экранами:
– подмена source/destination IP/port (SNAT/DNAT)
– что-либо ещё

Межсетевые экраны в Linux:
– реализованы в ядре операционной системы (NetFilter),
– уровень L2 … L4.

Реализации межсетевых экранов в Linux:
– ipchains (ядра 2.4 включительно, устарело)
– iptables (iptables, ip6tables, arptables, ebtables)
– nftables (nft)
– bpfilter (начиная с ядер 4.8, основан на eBPF, extended Berkeley Packet Filter)

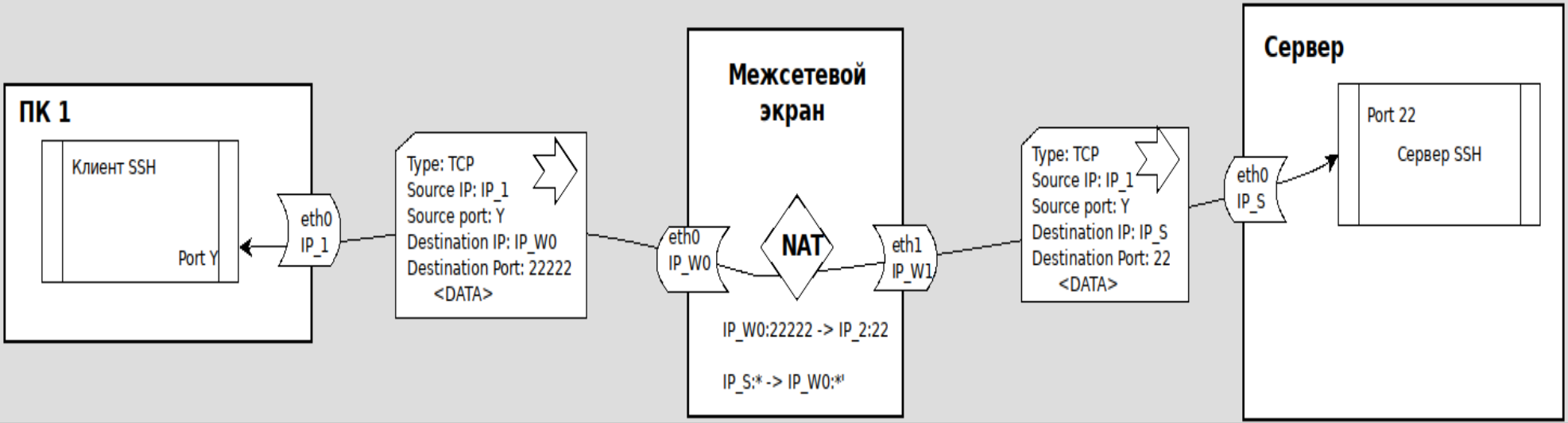
Для построение сложных фильтров используются программные надстройки, общего назначения или специфичные для дистрибутивов.

Межсетевые экраны

Правила обработки трафика межсетевыми экранами:

– таблицы с последовательностями правил для разных этапов обработки трафика: filter, nat, mangle, raw, security;
– в таблицах есть стандартные цепочки правил,
– можно создавать свои цепочки правил и направлять определённые пакеты в них,
– у стандартных цепочек правил есть политики по-умолчанию: ACCEPT, DROP;
– правила обработки трафика могут расширяться модулями ядра;
– фильтрация трафика: таблица filter, цепочки INPUT, OUTPUT, FORWARD;
– изменение пакетов: таблица nat, цепочки PREROUTING, POSTROUTING, INPUT, OUTPUT.

Трансляция адресов:



Проксирование соединений

Проксирование соединений:
– запрос от клиента принимается принимается прокси-сервером,
– прокси-сервер запрашивает целевой сервер,
– полученный ответ прокси-сервер возвращает клиенту,
– возможна фильтрация и изменение запросов и ответов на прокси-сервере.

Простейшее проксирование соединений есть в SSH.

Виртуальные сетевые интерфейсы

Сетевые интерфейсы:

- Физические – соответствуют аппаратному обеспечению
  – уровень L1
- Виртуальные – эмулируются средствами операционной системы
  – уровень L2 (работают DHCP, ARP, и другие протоколы L2)
  – уровень L3 (работает IP).
- Виртуальные сетевые интерфейсы в Linux:
  – пары виртуальных интерфейсов veth, уровень L2:

```
ip link add name veth00 type veth peer name veth01
```

  – /dev/tap – API для приложений, сетевой интерфейс уровня L2;
  – /dev/tun – API для приложений, сетевой интерфейс уровня L3;

  – разделение трафика на уровне сетевого интерфейса (MACVLAN, IPVLAN);

  – виртуальные мосты, уровень L2:

```
ip link add name br0 type bridge
```

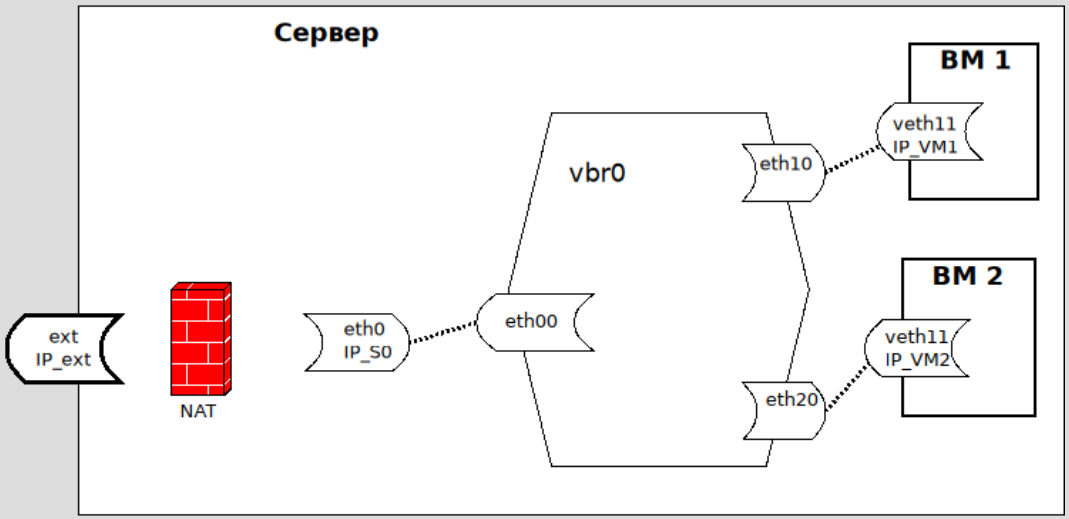
  – туннели (инкапсуляция пакетов IP в пакеты IP), уровень L3:

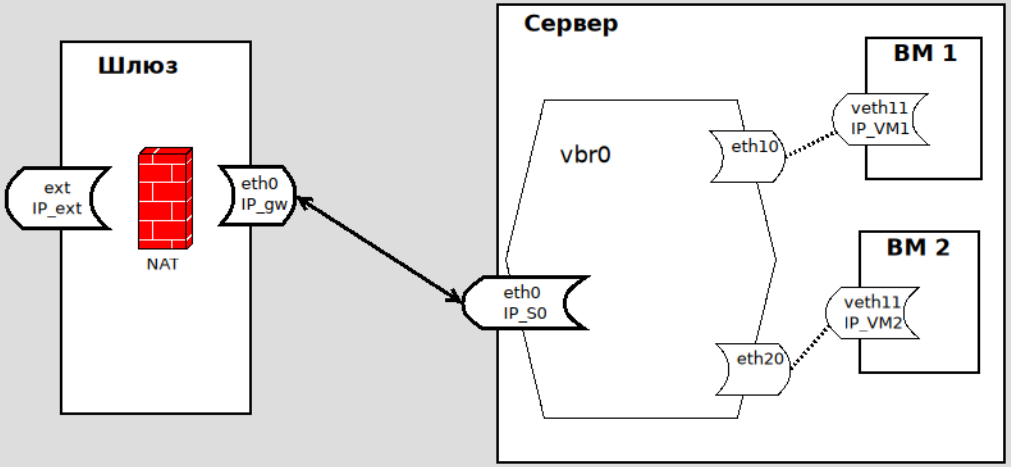
```
ip link add name ipip0 type ipip local LOCAL_IP remote REMOTE_IP
```

  – …

Виртуальные сети

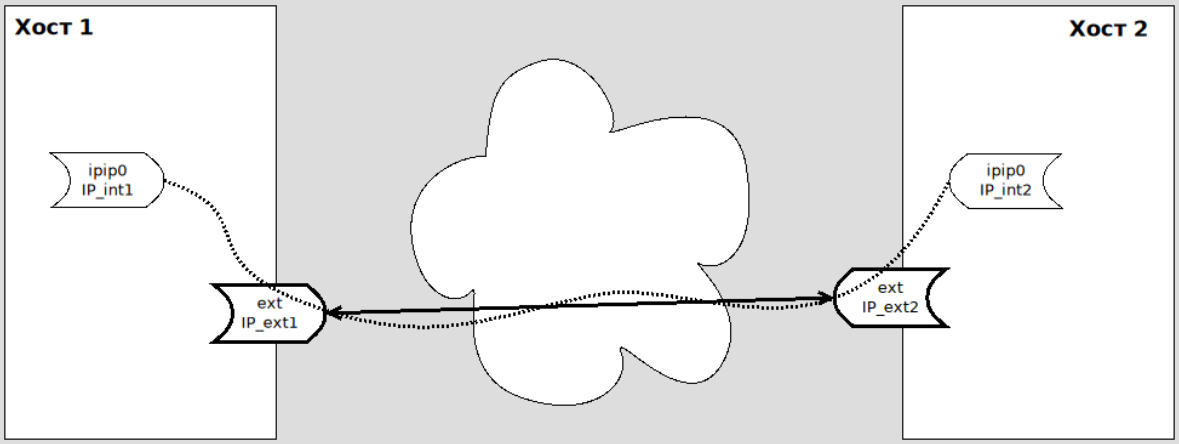
Сети виртуальных машин:



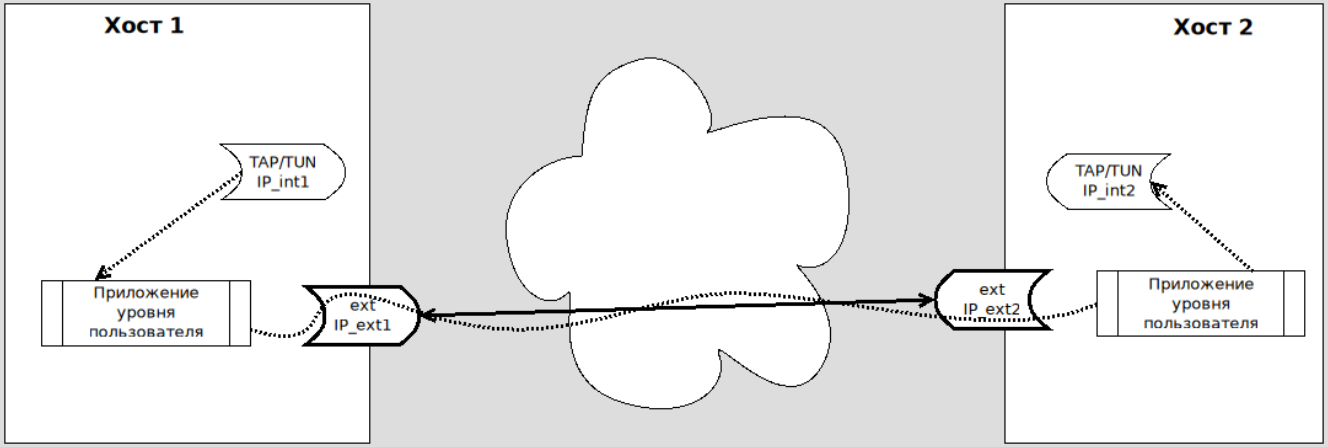


Виртуальные сети

Виртуальные сети с инкапсуляцией пакетов:



Виртуальные сети через приложения уровня пользователя:



Виртуальные частные сети

Виртуальные частные сети (VPN, Virtual Private Network):

- позволяют организовывать сети и передавать данные поверх других сетей,
- как правило, обеспечивают защиту передаваемого трафика через публичные сети с неизвестным уровнем доверия,
- как правило, обеспечивают авторизованный доступ.

Типы VPN:

- по способу реализации:
  - аппаратные (на уровне сетевого оборудования)
    - на уровне маршрутизаторов
    - отдельные криптошлюзы
  - программные (на уровне операционной системы)
- по сетевому уровню:
  - уровень L2
  - уровень L3
- по архитектуре:
  - с выделенным сервером VPN
  - без выделенного сервера (mesh-сеть)

Могут быть сертифицированы под законодательные требования по защите данных.

Виртуальные частные сети

Типы виртуальных частных сетей:

- IPSec (IP Security):
  - расширение для IPv4;
  - встроенное решение для IPv6;
  - симметричное шифрование данных пакетов IP между двумя хостами или двумя сетями через два шлюза;
  - работает на уровне ядра;
  - авторизация и обмен ключами – отдельный протокол IKE уровня пользователя;
  - стандартное решение; есть поддержка в ряде аппаратных маршрутизаторов;
  - есть много разных реализаций IKE;
  - для объединения сетей чаще используется для защиты внутреннего трафика виртуальной сети PPP / IPIP.

- WireGuard
  - более простой по сравнению с IPSec;
  - обмен ключами на уровне ядра;
  - реализация для ядра Linux;
  - есть межплатформенные реализации на уровне приложений

Виртуальные частные сети

Программные решения:

- PPTP
  - встроенная поддержка в Microsoft Windows;
  - уровень L3;
  - есть проблемы с производительностью и безопасностью;
- OpenVPN
  - межплатформенный;
  - использует SSL/TLS;
  - поддержка уровней L3 и L2;
  - работает поверх UDP или TCP (стандартный порт — 1194/udp, 1194/tcp)
- ИнфоТеКС ViPNet
  - аппаратные сертифицированные крипто-шлюзы
  - программные клиенты
  - использует SSL/TLS с алгоритмами ГОСТ
- КриптоПро CryptPro NGate
- Cisco AnyConnect
- Cisco 3000 VPN
- Tinc, GVPE, пр.

Оверлейные сети

Оверлейные сети (Overlay Network):

- виртуальная сеть, организованная поверх других сетей,
- общий случай виртуальных частных сетей (VPN),
- работают поверх TCP/IP и публичных сетей,
- для виртуальной сети используют или TCP/IP, или специфичные для конкретной оверлейной сети протоколы;
- могут как иметь шлюзы в Internet, так и быть изолированными от глобальной сети.

Примеры:

- Freenet
- IPFS (InterPlanetary File System)
- Tor
- I2P
- Yggdrasil

Размеры сетевых пакетов, их фрагментация и MTU

Размер сетевых пакетов:
– определяется физическими ограничениями: длиной кабелей, скоростью света;
– задаёт MTU (Maximum transmission unit) – максимальный размер пакета данных;
– для физических сетей Ethernet 10/100TX:
MTU=1500 байт данных (1520 байт с заголовком)
– для физических сетей Ethernet 1000TX и выше:
возможны Jumbo-пакеты до 9000 байт данных;
– для виртуальных сетей Ethernet – уменьшается на размеры заголовков вложенных пакетов;
– минимальный допустимый MTU – 1300 байт (ограничение, накладываемое IPv6).

Пакеты L3 с данными более MTU разбиваются на части:
– фрагментация пакетов IP

Для TCP возможно динамическое определение и настройка MTU
для конкретного соединения (PMTU, Path MTU), в каждую из сторон
– при работающих соответствующих запросах ICMP.

Настройка сетевых интерфейсов в Linux

- просмотр состояния интерфейса: `# ip link show`

- включение / выключение интерфейса: `# ip link set eth0 up;ip link set eth0 down`

- просмотр адресов на интерфейсе: `# ip addr show; ip -6 addr show`

- назначение адреса на интерфейс:

```
# ip addr add 192.168.230.100/29 dev eth0
# ip -6 addr add 2001:db8:abcd::230:100/48 dev eth0

# ip link show eth0
5: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue
    link/ether 00:18:51:51:1a:dc brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
# ip addr show eth0
5: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue
    link/ether 00:18:51:51:1a:dc brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.230.100/29 scope global eth0
    inet6 2001:db8:abcd::230:100/48 scope global
       valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::218:51ff:fe51:1adc/64 scope link
       valid_lft forever preferred_lft forever
```

Настройка маршрутов в Linux

- просмотр таблицы маршрутизации:

```
# ip route show; ip -6 route show
```

- добавление маршрута:

```
# ip route add 192.168.230.0/24 via 192.168.230.98
# ip route add default via 192.168.230.97
# ip -6 route add 2001:db8:abc0::/40 via 2001:db8:abcd::230:99
# ip -6 route add default via 2001:db8:abcd::230:97
```

- удаление маршрута:

```
# ip route del 192.168.230.0/24 via 192.168.230.98 dev eth0
```

Пример таблицы маршрутизации IPv4:

```
# ip route show
192.168.230.96/29 dev eth0  proto kernel  scope link  src 192.168.230.100
192.168.230.0/24 via 192.168.230.98 dev eth0
192.168.238.0/24 via 192.168.230.98 dev eth0
192.168.228.0/22 via 192.168.230.99 dev eth0
default via 192.168.230.97 dev eth0
```

Вопросы отладки работы сетей

Доступность узлов:

ICMP Echo Request/Replay; оно же ping

```
ping [-c N] <IP>
```

Возможность подключения и передачи данных

```
netcat [-v] <IP> <port>
netcat [-v] -l <IP> <port>
telnet <IP> <port>
```

Путь передачи пакетов:

```
tracepath <IP>
traceroute <IP>
```

Определение размера MTU:

```
ping -s $((1500-28)) -M do <IP>
```

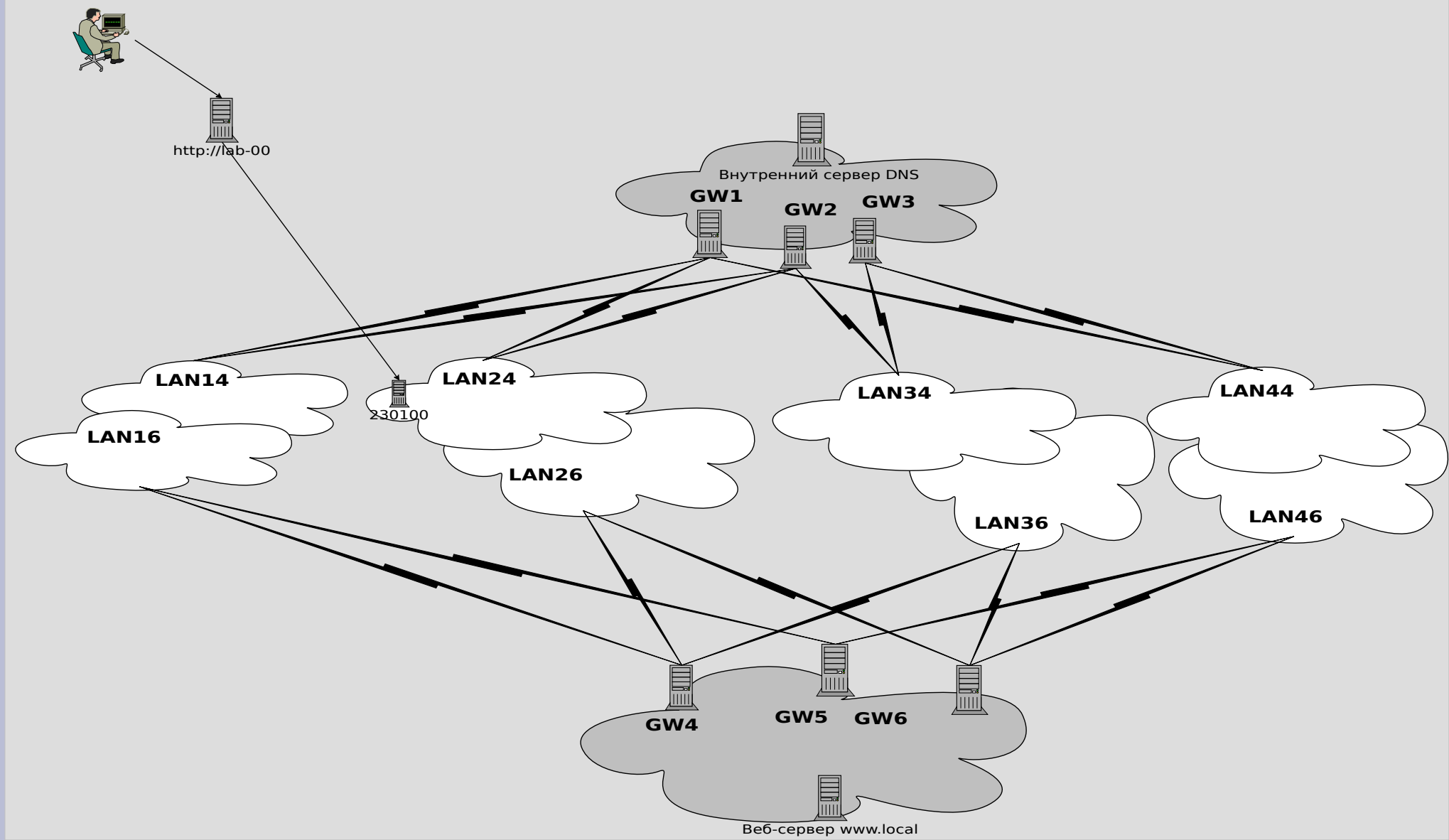
Захват и отображение пакетов

```
tcpdump [-n] [-i <IFACE>] <условие выбора трафика>
tcpdump -n -i eth0 host 195.208.4.1 and port domain
```

Сканирование портов удалённых хостов:

```
nmap [-sP] <IP>
```

Задание на лабораторную работу



Задание на лабораторную работу

В каждой из сетей 3го уровня – 2 маршрутизатора.
Сети LAN14, LAN24, LAN34, LAN44 – IPv4

Есть список с возможными адресами маршрутизаторов – файл `gw.txt` в репозитории Git с именем `lab-NN`, ветка репозитория `task/lab3`.

Адрес второго маршрутизатора:
первый или последний IP соответствующей сети.

Сети LAN16, LAN26, LAN36, LAN46 – IPv6.
Адреса маршрутизаторов IPv6 – в зоне `.local` внутреннего сервера DNS, имена `gw4.local, gw5.local, gw6.local`

Адрес сервера DNS: в файле `ns.txt` в репозитории.
Адрес внутреннего веб-сервера: `www.local`

Задание на лабораторную работу

- проверить наличие обновлений пакетов,
  обновить систему при их наличии
- определить, в какую сеть IPv4 входит интерфейс eth0;
- назначить интерфейсу адрес IPv4 из этой сети;
- определить и задать статические маршруты до каждой
  из сетей IPv4 и до внутреннего сервера DNS;
- настроить службу DNS;
- получить адреса шлюзов `gw4.local, gw5.local, gw6.local`
- определить, в какую сеть IPv6 входит интерфейс eth0;
- назначить интерфейсу адрес IPv6 из этой сети;

Задание на лабораторную работу

- определить и задать статические маршруты до каждой из сетей IPv6 и до внутреннего веб-сервера;
- задать маршрут по-умолчанию для IPv6;
- проверить доступность веб-сервера `www.local`,
- проверить доступность внешних веб-серверов глобальной сети IPv6;
- настроить проксирование запросов к веб-серверу `www.local` для страниц `*.htm`;
- обеспечить восстановление сделанных настроек сетевого интерфейса при перезагрузках системы;
- разместить в репозитории скрипт задания настроек сети;
- подготовить отчёт и разместить его в репозитории.

Примерный вид скрипта настройки интерфейса eth0

- Скрипт предлагается разместить как `/root/bin/net.sh`
- Вызов скрипта при запуске системы выполнять средствами cron, запись в crontab –

```
@reboot   /root/bin/net.sh start
```

- Примерный вид скрипта:

```
#!/bin/sh
if   [[ "$1" == "start" ]]; then
   ## команды настройки сетевого интерфейса
elif [[ "$1" == "stop"  ]]; then
   ## команды удаления настроек сетевого интерфейса
else
   echo "Usage: $0 [start|stop]"
fi
```

Задание на лабораторную работу

При выполнении лабораторной работы помнить, что:

- лабораторная работа выполняется в виртуальном сервере удалённо
  - доступ к виртуальному серверу идёт по сети,
  - сетевой интерфейс ext используется для доступа в виртуальный сервер,
  - ошибочные действия с сетевым интерфейсом ext вместо eth0 могут привести к недоступности виртуального сервера.
- лабораторная работа связана с настройкой сетей
  - сеть общая для всех виртуальных машин,
  - для нормальной работы сети требуется уникальность сетевых адресов,
  - не надо мешать коллегам выполнять данную работу.
- за соблюдением уникальности сетевых адресов следит робот
  - который выполняет автоматические проверки,
  - удаляет ошибочно назначенные адреса маршрутизаторов (-0.1 за адрес),
  - оповещает о дублирующихся адресах, использующихся кем-то ещё,
  - и удаляет такие адреса после нескольких оповещений.
- ошибки оформления и неточности содержания отчётов будут учитываться в оценке за лабораторную работу.