

# Лабораторная работа № 3

## Принципы построения сетей ТСР/ІР

# 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

# История развития Internet

- 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»

2014-04-01: RFC 7169 «The NSA (No Secrecy Afforded) Certificate Extension»

2018-04-01: RFC 8367 «Wrongful Termination of Internet Protocol (IP) Packets»

# Сетевая модель OSI ISO



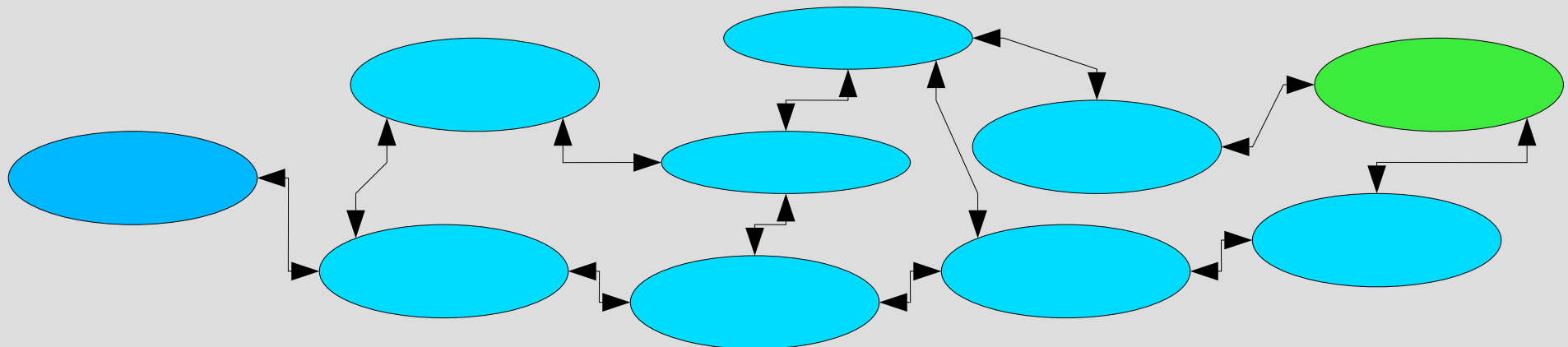
# Семейство протоколов TCP/IP

	Модель OSI	Семейство протоколов TCP/IP
7	Прикладной	FTP, HTTP, Telnet SMTP, POP3, IMAP, XMPP, OSCAR, SSH, CIFS
6	Представления	NFS
5	Сеанса	XDR
		RPC
4	Транспортный	TCP, UDP
3	Сетевой	IP, ICMP, протоколы маршрутизации
2	Канальный	ARP, RARP
1	Физический	Физический

# Адресация в сетях IP

Протокол IP:

- Сетевой уровень модели OSI
- Передаёт данные через сетевые интерфейсы от хоста к хосту
- Каждый хост имеет уникальный адрес
- Длина адреса IPv4 – 32 бита, IPv6 – 128 бит
- Хосты по адресам IP группируются в сети
- Сети объединяются через маршрутизаторы



# 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

# Адресация в сетях IPv4

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

Бесклассовая адресация:

- 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: 172.16.0.0-172.31.0.0

256 сетей C: 192.168.0.0-192.168.255.0

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

# Адресация в сетях IPv4

## 192.168.39.19/28:

Address:	192.168.39.19	11000000.10101000.00100111.0001 0011
Mask:	255.255.255.240	11111111.11111111.11111111.1111 0000
Wildcard:	0.0.0.15	00000000.00000000.00000000.0000 1111
Network:	192.168.39.16/28	11000000.10101000.00100111.0001 0000
Broadcast:	192.168.39.31	11000000.10101000.00100111.0001 1111
HostMin:	192.168.39.17	11000000.10101000.00100111.0001 0001
HostMax:	192.168.39.30	11000000.10101000.00100111.0001 1110
Hosts/Net:	14	

## 10.248.239.109/12

Address:	10.248.239.109	00001010.1111 1000.11101111.01101101
Netmask:	255.240.0.0	11111111.1111 0000.00000000.00000000
Wildcard:	0.15.255.255	00000000.0000 1111.11111111.11111111
Network:	10.240.0.0/12	00001010.1111 0000.00000000.00000000
Broadcast:	10.255.255.255	00001010.1111 1111.11111111.11111111
HostMin:	10.240.0.1	00001010.1111 0000.00000000.00000001
HostMax:	10.255.255.254	00001010.1111 1111.11111111.11111110
Hosts/Net:	1048574	

# 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 – идентификатор EUI-64

# Конфигурация сетевых интерфейсов

Автоматические адреса IPv6:

MAC: 00:18:51:61:49:5a

IPv6: fe80::218:51ff:fe61:495a/64

Динамическая конфигурация:

- информация о сети получается от других хостов
- возможно получение информации о маршрутах, доступных в сети ресурсах, и т.п.

IPv4: протокол DHCP

IPv6: протоколы динамической конфигурации IPv6,  
протокол DHCPv6

# Конфигурация сетевых интерфейсов

## DHCP:

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



# 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.

# Конфигурация сетевых интерфейсов

## IPv4:

- обычно 1 IP на интерфейсе
- используется **один из** механизмов конфигурации
- автоматической конфигурации обычно нет

## IPv6:

- обычно много 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

- Internet – объединение сетей TCP/IP
- Каждая сеть имеет свой адрес сети
- В каждой сети есть один или несколько шлюзов
- Шлюз - сетевое устройство, входящее сразу в несколько сетей
- Шлюз может передавать пакеты IP из одной сети в другую
- Маршрут - путь пакета от хоста-источника до хоста-приёмника
- Возможных маршрутов может быть несколько
- Выбор маршрута – задача шлюза
- Выбор осуществляется по таблице маршрутизации
- Маршрутизация бывает статическая и динамическая

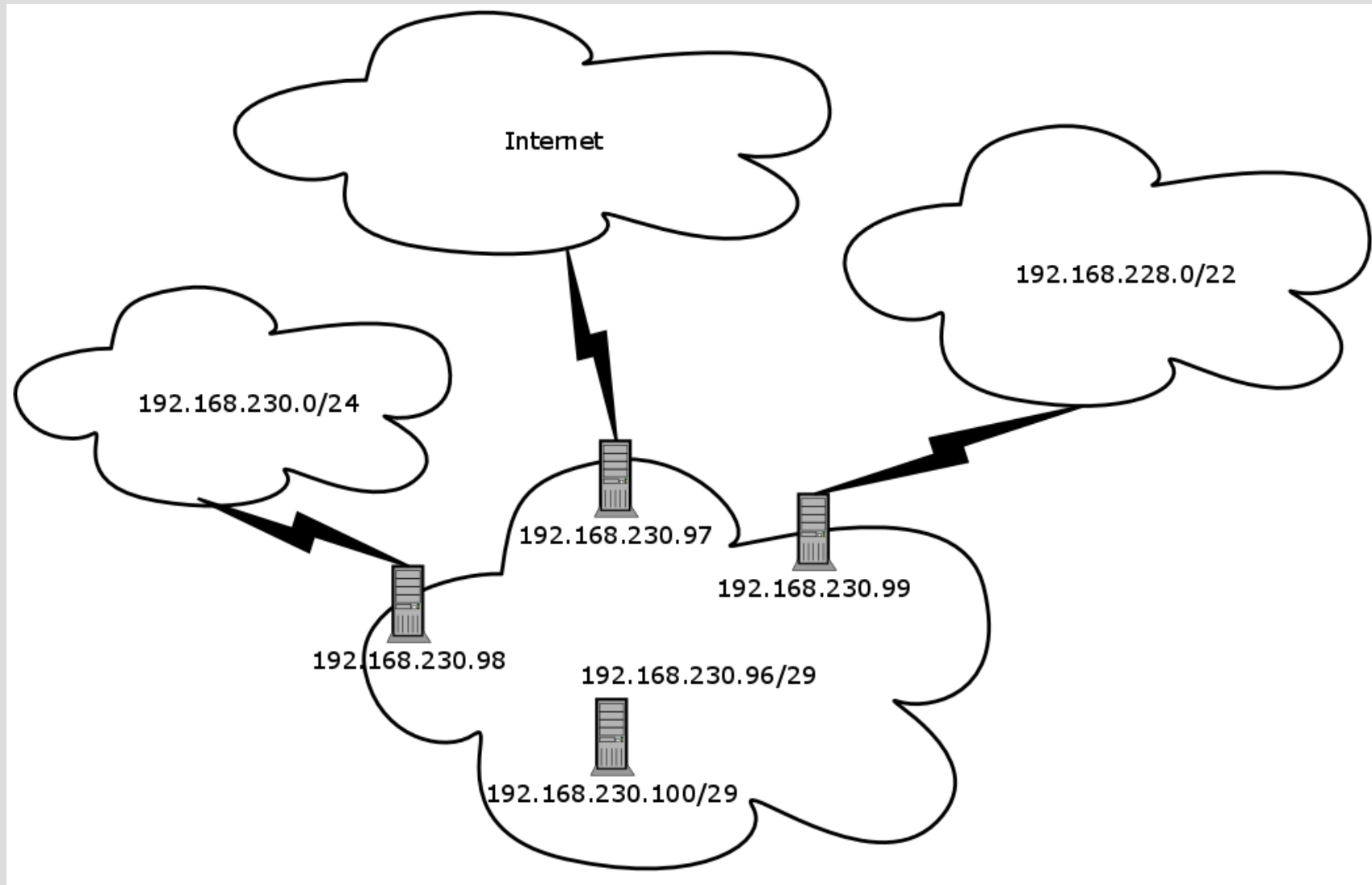
# Маршрутизация в сетях TCP/IP

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

Все шлюзы должны быть в одной сети / сетях с хостом – т.е., статически прописать проходящий через несколько шлюзов маршрут нельзя.

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

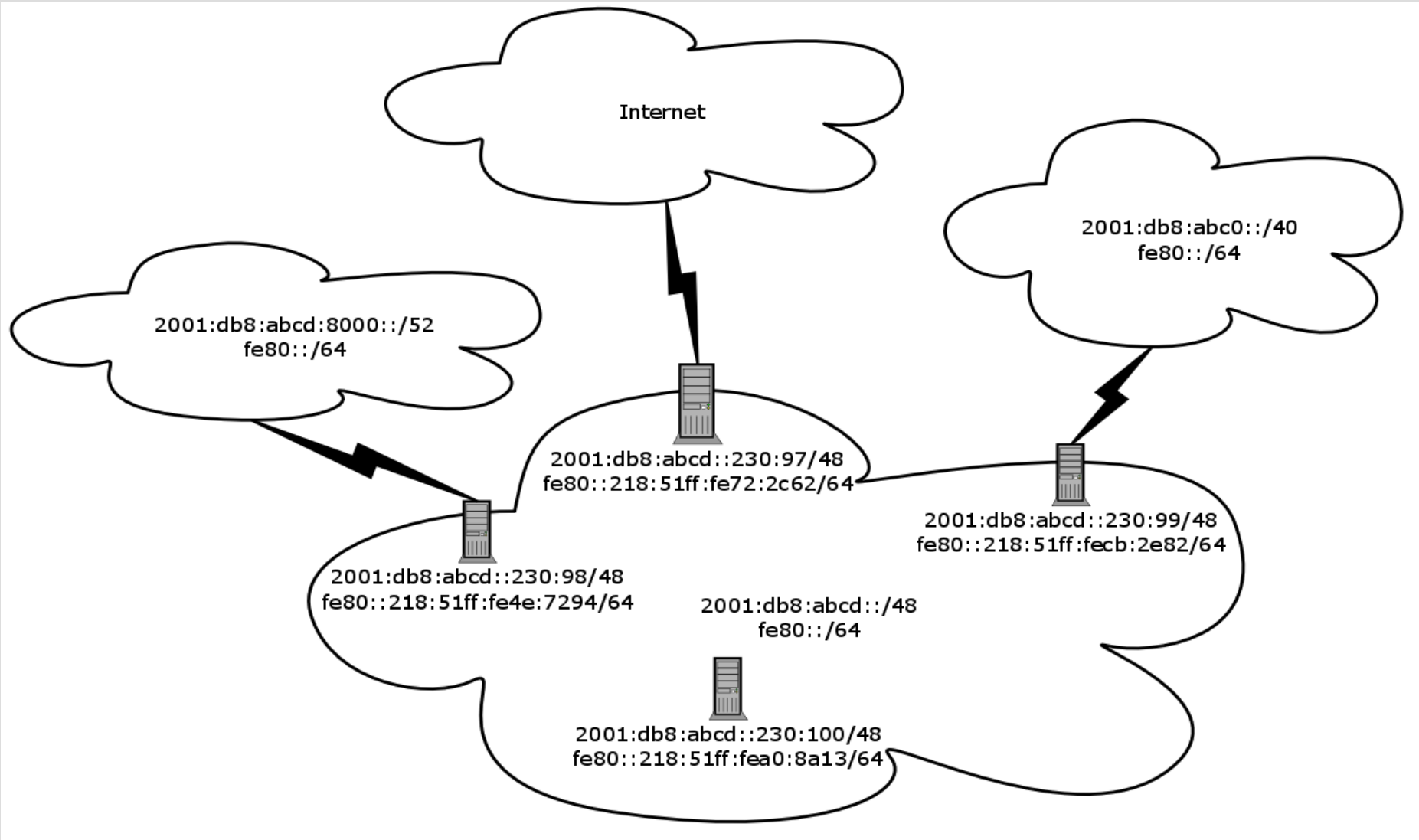
# Маршрутизация в сетях IPv4



# 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
```

# Маршрутизация в сетях IPv6



# 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
```



# Система доменных имён DNS

Соответствие адреса хоста и символического имени:

- /etc/hosts

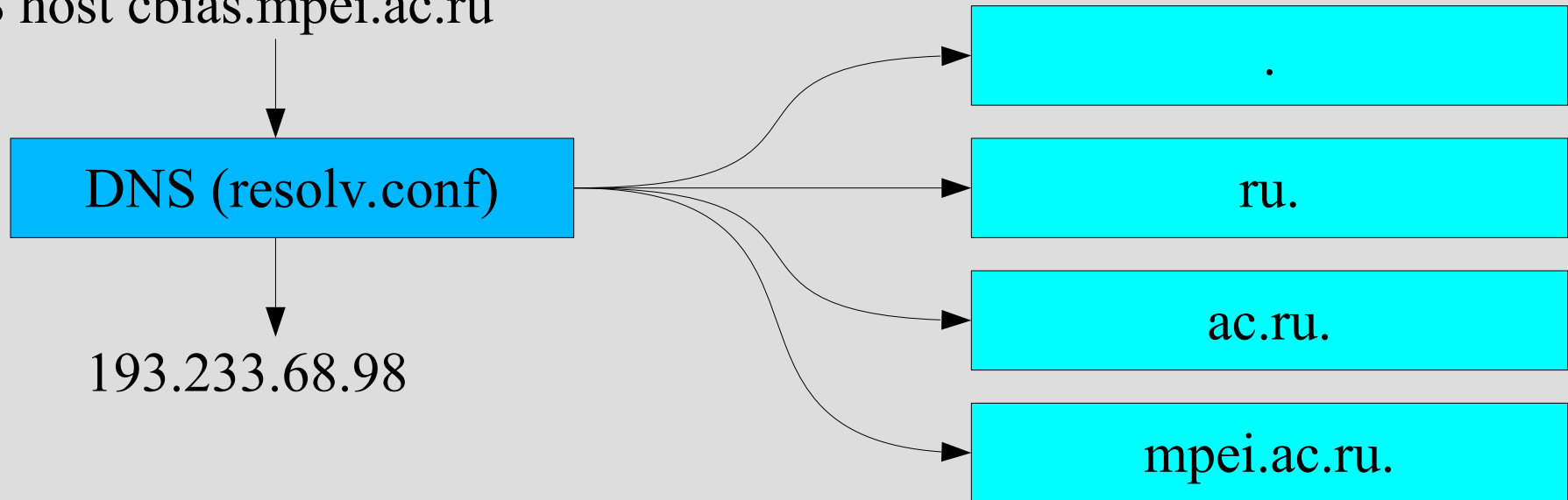
```
$ cat /etc/hosts
127.0.0.1      localhost.localdomain localhost
::1           localhost6.localdomain6 localhost6
```

- DNS

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

# Система доменных имён DNS

\$ host cbias.mpei.ac.ru



Серверы DNS:

- авторитетные (содержащие записи о доменных зонах)
- рекурсивные (позволяющие выполнить запрос информации из DNS)
  - серверы DNS провайдеров
  - публичные серверы DNS

Публичные рекурсивные серверы NSDI:

- a.res-nsdi.ru (195.208.4.1; 2a0c:a9c7:8::1)
- b.res-nsdi.ru (195.208.5.1; 2a0c:a9c7:9::1)

# 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
```

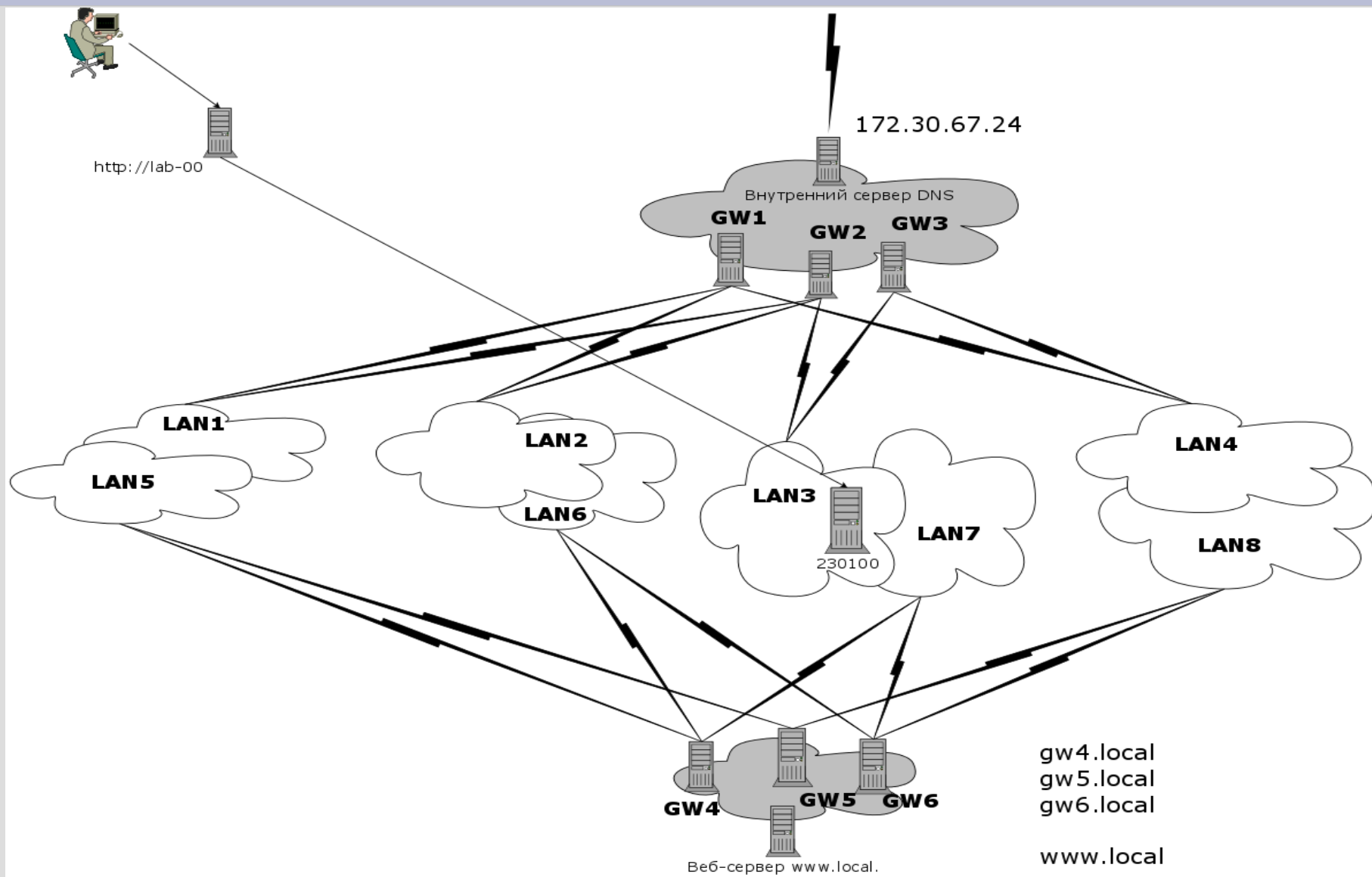
```
192.168.230.0/24 via 192.168.230.98 dev eth0
```

```
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
```

# Задание на лабораторную работу



# Задание на лабораторную работу

В каждой из сетей 3го уровня – 2 маршрутизатора.

Сети LAN1-LAN4 – IPv4

Адрес первого маршрутизатора – один из списка, получаемого с тестового сервера SSH,

```
$ ssh -i ~/.ssh/<key_file> manager@192.168.230.230 get-ips
```

Адрес второго маршрутизатора:  
первый или последний IP соответствующей сети.

Сети LAN5-LAN8 – IPv6.

Адреса маршрутизаторов IPv6:  
gw4.local, gw5.local, gw6.local

Адрес сервера DNS: 172.30.67.24

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;
- 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`, внешних веб-серверов сети IPv6;
- настроить проксирование запросов к веб-серверу `www.local`;
- обеспечить восстановление сделанных настроек сетевого интерфейса при перезагрузках системы.



# 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
```