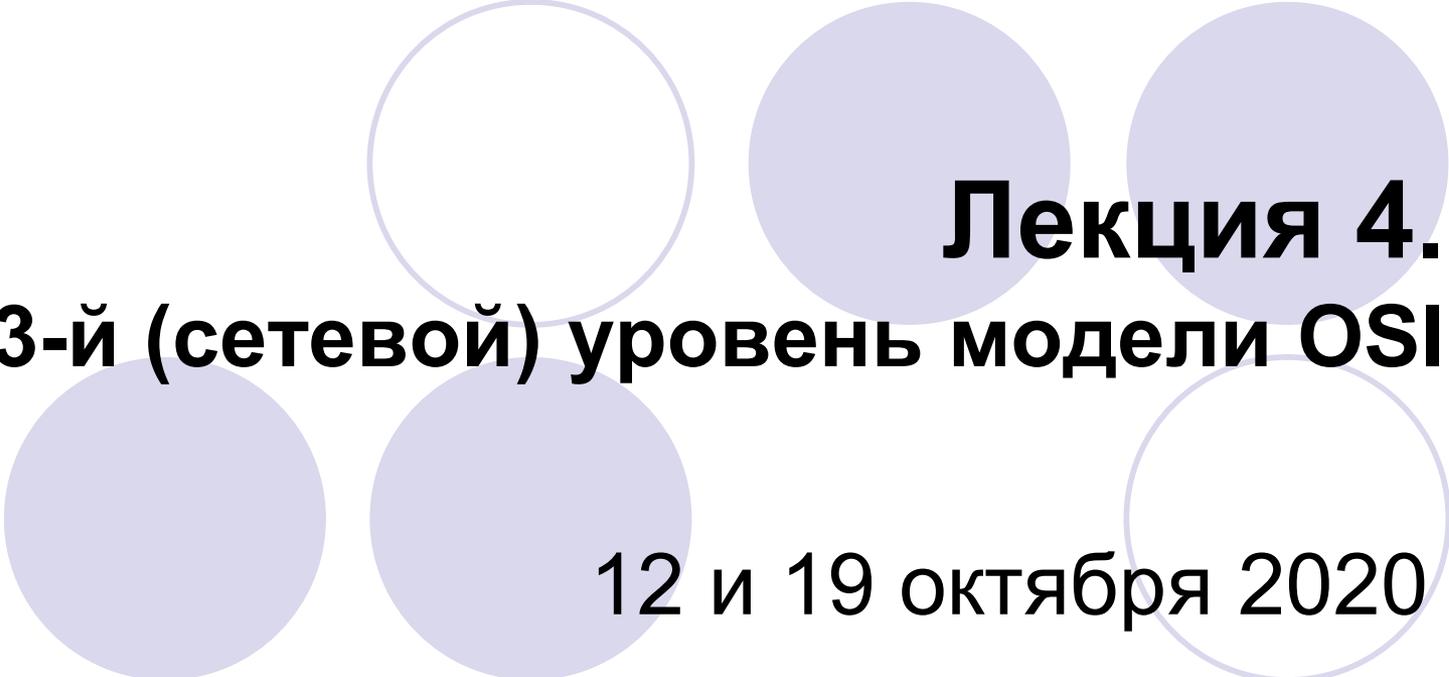


КПИ им. Игоря Сикорского, каф. микроэлектроники.

М. Р. Домбругов. Информатика-1.

Персональные компьютеры и основы сетевых технологий



# **Лекция 4. 3-й (сетевой) уровень модели OSI**

12 и 19 октября 2020

# 7-уровневая модель OSI

Тип данных	Уровень (layer)	Функции
Данные	7. Прикладной (application)	Доступ к сетевым службам
	6. Представительский (presentation)	Представление и шифрование данных
	5. Сеансовый (session)	Управление сеансом связи
Сегменты	4. Транспортный (transport)	Прямая связь между конечными пунктами и надежность
Пакеты	3. Сетевой (network)	Определение маршрута и логическая адресация
Кадры	2. Канальный (data link)	Физическая адресация
Биты	1. Физический (physical)	Работа со средой передачи, сигналами и двоичными данными

# 3-й уровень модели OSI

## Определение маршрута и логическая адресация

- Принципы построения глобальной сети
- IP-адрес. IPv4 и IPv6. Выделение IP-адресов
- Назначение IP-адресов узлам сети.  
Протоколы DHCP и ARP
- IP-пакет. Инкапсуляция
- Маршрутизация. Таблица маршрутизации
- IP-пакет (продолжение). Фрагментация. TTL
- Зарезервированные адреса
- Точки обмена интернет-трафиком

# Построение глобальной сети

## Невозможно неограниченно масштабировать сеть на коммутаторах, поскольку:

- в один широковещательный домен рекомендуется подключать **до 200 узлов**, иначе широковещательный трафик занимает слишком большую долю общего трафика. Если их число  $> 1000$ , сеть практически неработоспособна.
- MAC адреса **не группируются**, поэтому таблицы MAC адресов в коммутаторах становятся слишком велики для эффективной их обработки (хранения, добавления/поиска записей).
- Топология сети на коммутаторах имеет **древовидную структуру**, так что повреждение одного узла или линии связи (стихийное бедствие, вражеская бомбардировка...) разрывает сеть на отдельные сегменты.

# Построение глобальной сети

## Требования к межсетевому протоколу (Internet Protocol, IP)

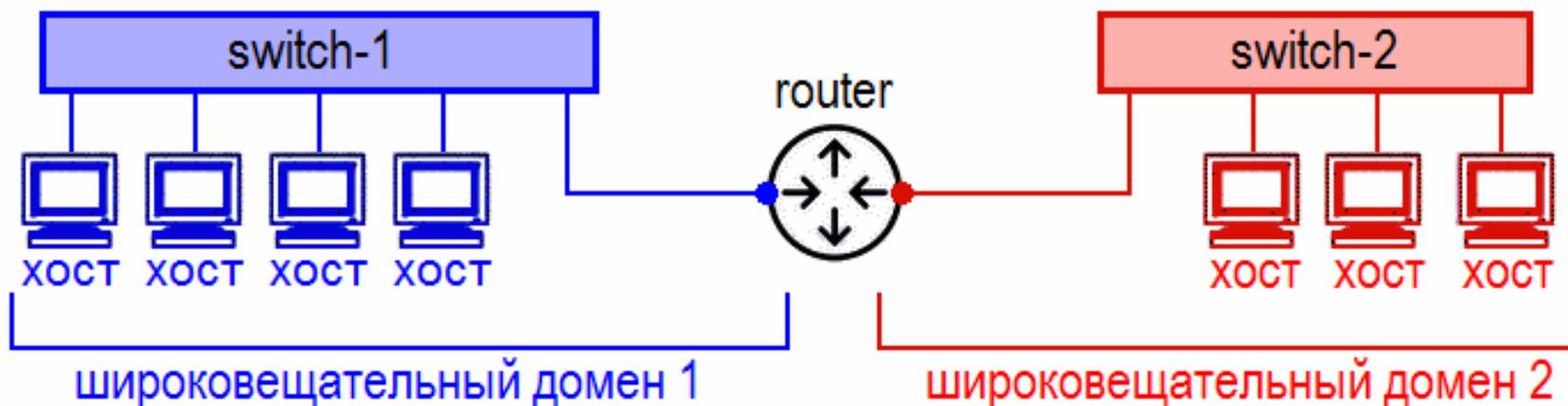
- отдельные сегменты сети соединяются так, что широковещательный трафик каждого сегмента изолируется внутри него;
- система адресации узлов независима от заводских MAC адресов, и адреса могут группироваться (аналогично телефонным номерам);
- глобальная сеть имеет смешанную топологию, подобную паутине (**World Wide Web**), а не дереву.

# Построение глобальной сети

## Маршрутизатор (router, раутер)

Узел, сетевое устройство 3-го уровня для передачи трафика между отдельными LAN. Имеет два или более сетевых интерфейса, каждый из которых включается в отдельную LAN.

Всякий другой узел сети, являющийся источником или потребителем интернет-трафика, наз. **хост (host)**.



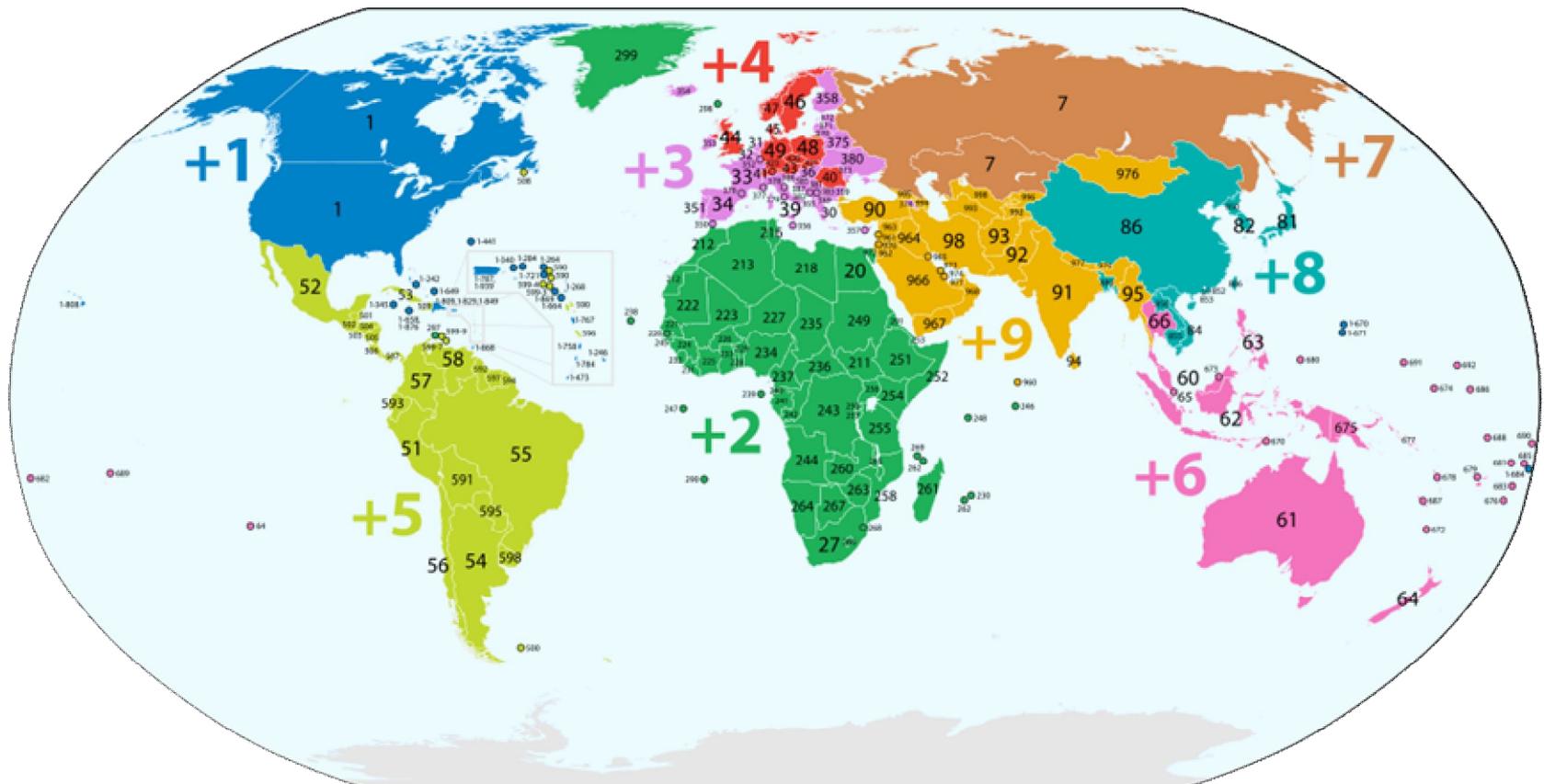
# Построение глобальной сети

## Группировка телефонных номеров

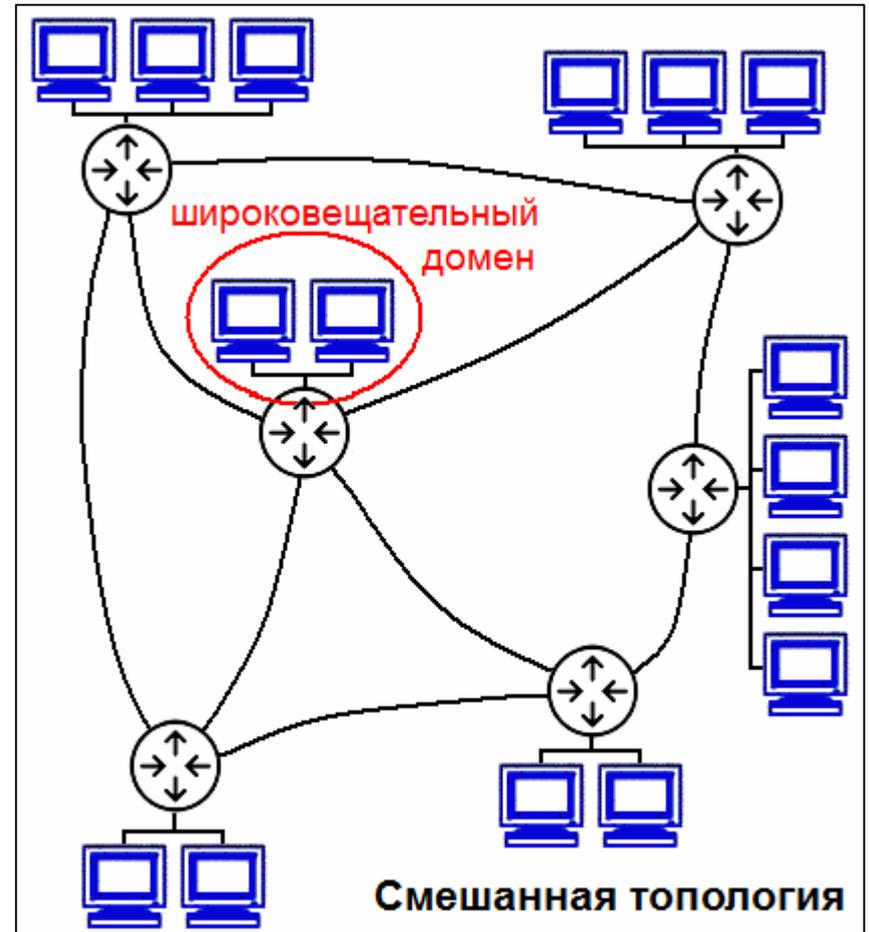
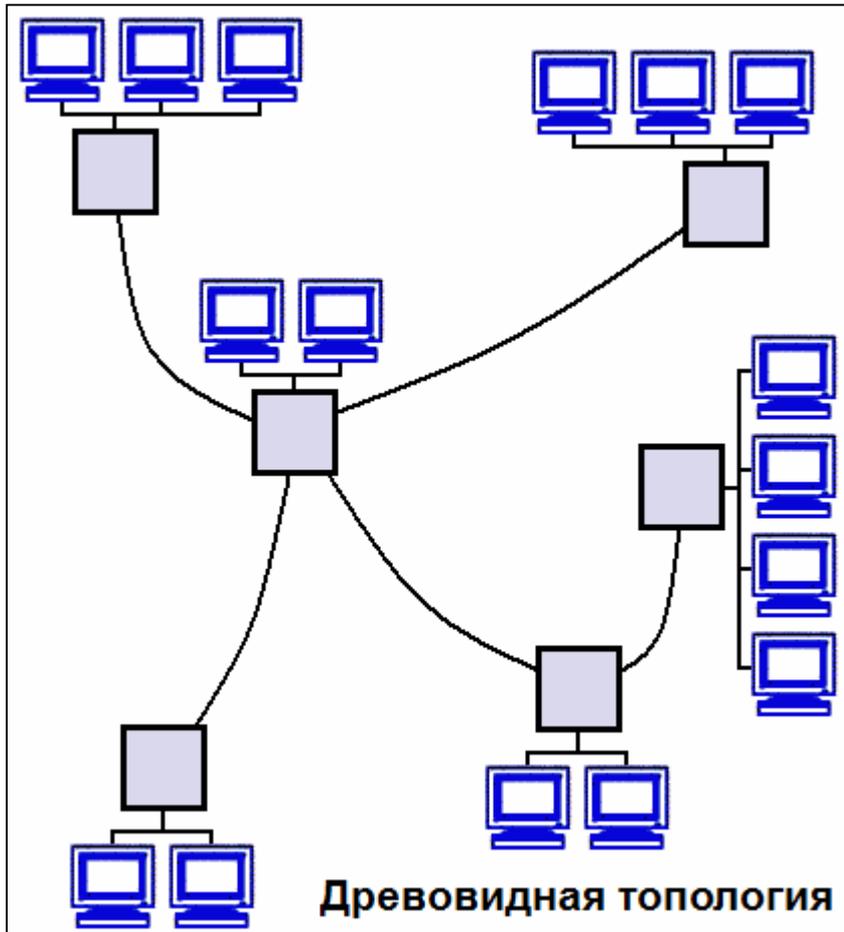


# Построение глобальной сети

Карта мира, на которой различными цветами указана первая цифра телефонных кодов стран



# Построение глобальной сети

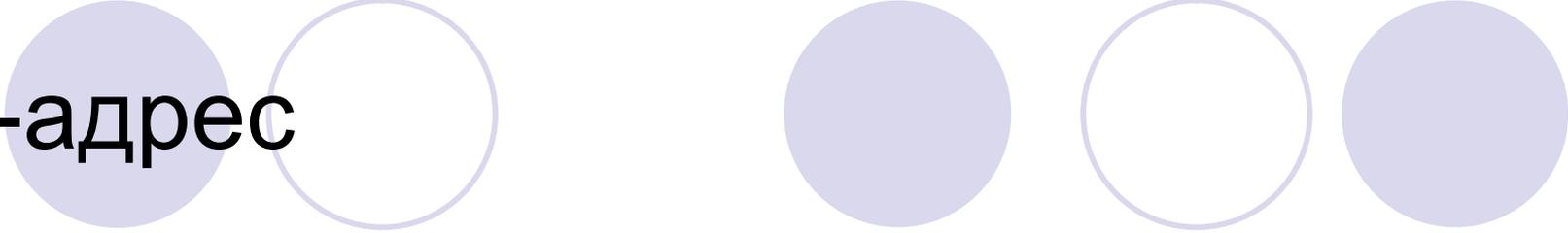




# Построение глобальной сети

- <http://enisey.name/umk/mir/ch12s05.html>
- [https://housecomputer.ru/technology/network/routing/routing\\_networks.html](https://housecomputer.ru/technology/network/routing/routing_networks.html)

# IP-адрес



**IP-адрес** – уникальный идентификатор в компьютерной сети, построенной на основе интернет-протокола (IP).

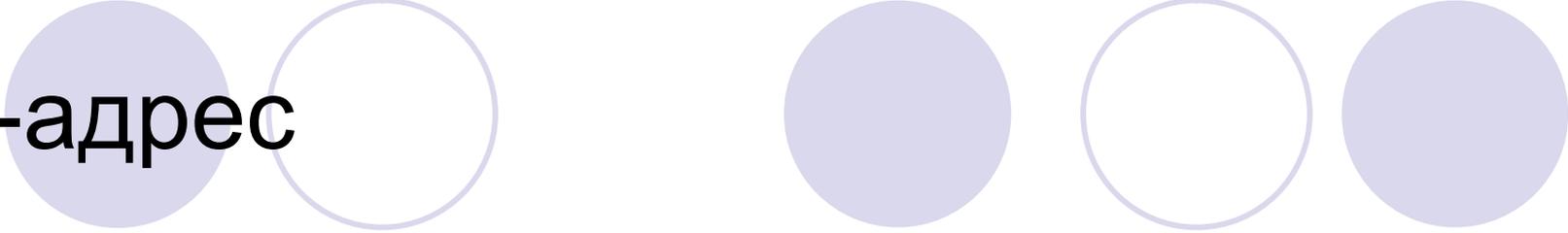
В версии протокола **IPv4** IP-адрес имеет длину 32 бита = 4 байта (всего  $2^{32} \sim 4$  млрд. адресов).

Пространство адресов IPv4 близко к исчерпанию.

В версии протокола **IPv6** (вводится с 2008) – 128 бит = 16 байт (всего  $2^{128} \sim 2 \cdot 10^{38}$  адресов).

Обе системы адресации используются параллельно. В 2020 доля IPv6 в сетевом трафике составляет ок. 30 %, в Украине – ок. 5%.

# IP-адрес



Традиционная форма записи **IPv4**-адреса – неудобная байтово-десятичная, в виде четырёх десятичных чисел величиной от 0 до 255, разделённых точками, например,

1101 0100    0110 1111    1101 0100    1110 0011  
212            111            212            227  
**212.111.212.227**

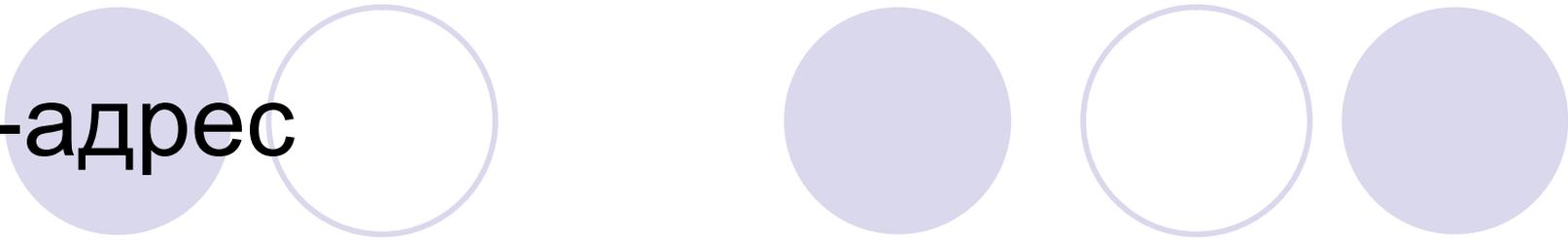
**IPv6**-адрес записывают как 8 групп по 16 бит (hextet, гекстетов), и каждая группа представляется четырьмя 16-ными цифрами. Гекстеты отделяются двоеточиями, например:

2001:0db0:0000:123a:0000:0000:0000:0030

Ведущие нули в гекстетех можно не писать, а самую длинную последовательность из нулевых гекстетов заменить на «::»

**2001:db0:0:123a::30**

# IP-адрес



## Группировка IP-адресов

Из всего пространства IP-адресов от 0.0.0.0 до 255.255.255.255 можно выделять отдельные блоки, фиксируя первые  $m$  бит адреса:

xx...x 00...0  
m бит    32-m бит

Такой блок адресов записывается в двоичном виде **xx...x00..0/m** и означает совокупность  $2^{32-m}$  адресов начиная от указанного адреса до **xx...x11..1**.

В одной LAN все IP-адреса должны принадлежать одному блоку, поэтому часто вместо «**блок адресов**» говорят «**сеть**»

Десятичный аналог: «блок номеров телефонной сети Киева»

**+380 44 000 0000 / 5**

# IP-адрес

## Маска сети

1 1 ... 1    0 0 ... 0 – Маска сети.  
m бит        32-m бит

x x ... x    y y ... y – Адрес из блока /m  
m бит        32-m бит

x x ... x    0 0 ... 0 – Номер сети        = Адрес AND Маска

0 0 ... 0    y y ... y – Номером хоста    = Адрес AND (NOT Маска)

Номер сети + Номер хоста = Адрес

p	q	p AND q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

# IP-адрес

## Пример

Блок

1101 0100   0110 1111   1101 0000   0000 0000 /20      **212.111.208.0/20**  
212                    111                    208                    0

означает совокупность  $2^{32-20} = 4096$  адресов от начала блока до

1101 0100   0110 1111   1101 1111   1111 1111      **212.111.223.255**  
212                    111                    223                    255

Маска /20:

1111 1111   1111 1111   1111 0000   0000 0000      **255.255.240.0**  
255                    255                    240                    0

В частности, адрес

1101 0100   0110 1111   1101 0100   1110 0011      **212.111.212.227**  
212                    111                    212                    227

принадлежит указанному блоку.

# IP-адрес

## Еще пример

Адрес **212.111.212.227** принадлежит сети с маской **/20**.

Каков номер сети, блок адресов, принадлежащих этой сети, и номер хоста?

- 1) Определяем, в каком байте проходит граница между номером сети и номером хоста.  $20 \setminus 8 = 2$ , следовательно, биты в первых 2 байтах фиксированы, а граница будет проходить по 3-му байту:

<u>xxxx xxxx</u>	<u>xxxx xxxx</u>	<u>1101 0100</u>	<u>yyyy yyyy</u>	
212	111	212	227	<b>212.111.212.227</b>

- 2) Определяем блок адресов сети. Начало блока (оно же номер сети):

<u>xxxx xxxx</u>	<u>xxxx xxxx</u>	<u>1101 0000</u>	<u>0000 0000</u>	
212	111	208	0	<b>212.111.208.0/20</b>

Конец блока:

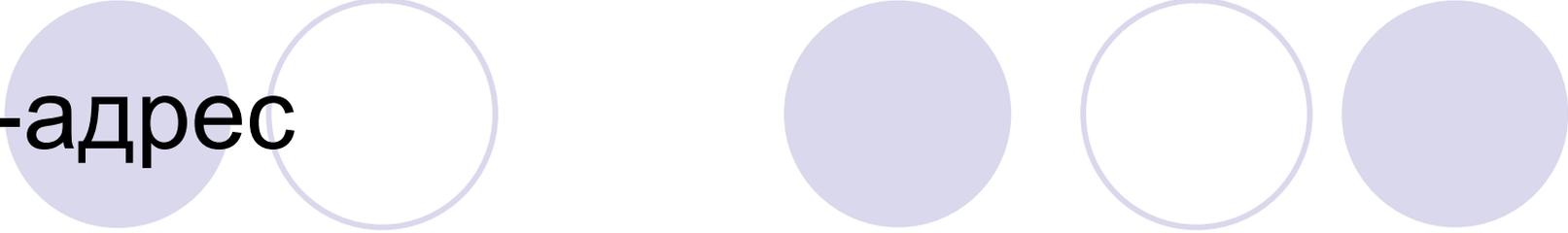
<u>xxxx xxxx</u>	<u>xxxx xxxx</u>	<u>1101 1111</u>	<u>1111 1111</u>	
212	111	223	255	<b>212.111.223.255</b>

- 3) Определяем номер хоста:

<u>0000 0000</u>	<u>0000 0000</u>	<u>0000 0100</u>	<u>yyyy yyyy</u>	
0	0	4	227	<b>0.0.4.227</b>

- 4) Проверка: **212.111.208.0 + 0.0.4.227 = 212.111.212.227**

# IP-адрес



## Любимые блоки системных администраторов /8, /16, /24

0.0.0.0/0 – это весь интернет  
 $2^{32} \sim 4$  млрд. адресов

Блок **a.0.0.0/8** («класс А», маска 255.0.0.0)  
 $2^{24} \sim 16$  млн адресов от a.0.0.0 до a.255.255.255

Блок **a.b.0.0/16** («класс В», маска 255.255.0.0)  
 $2^{16} \sim 64$  тыс. адресов от a.b.0.0 до a.b.255.255

Блок **a.b.c.0/24** («класс С», маска 255.255.255.0)  
 $2^8 = 256$  адресов от a.b.c.0 до a.b.c.255

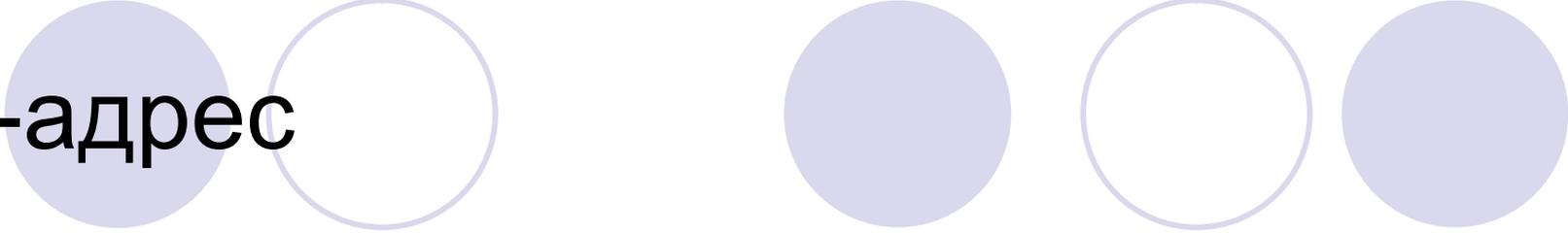
Когда граница между номером сети и номером хоста проходит после целого байта (т.е. 8-го, 16-го или 24-го бита), нет необходимости переводить часть адреса в 2-ную систему.

# IP-адрес

Пример  
небольших  
сетей

сеть	маска	число адресов	последний адрес блока
a.b.c.0/24	255.255.255.0	256	a.b.c.255
a.b.c.0/25	255.255.255.128	128	a.b.c.127
a.b.c.128/25	- " -	- " -	a.b.c.255
a.b.c.0/26	255.255.255.192	64	a.b.c.63
a.b.c.64/26	- " -	- " -	a.b.c.127
a.b.c.128/26	- " -	- " -	a.b.c.191
a.b.c.192/26	- " -	- " -	a.b.c.255
a.b.c.0/27	255.255.255.224	32	a.b.c.31
a.b.c.32/27	- " -	- " -	a.b.c.63
a.b.c.64/27	- " -	- " -	a.b.c.95
a.b.c.96/27	- " -	- " -	a.b.c.127
a.b.c.128/27	- " -	- " -	a.b.c.159
a.b.c.160/27	- " -	- " -	a.b.c.191
a.b.c.192/27	- " -	- " -	a.b.c.223
a.b.c.224/27	- " -	- " -	a.b.c.255

# IP-адрес



## Выделение IP-адресов

Координируется **Internet Assigned Numbers Authority (IANA)**.

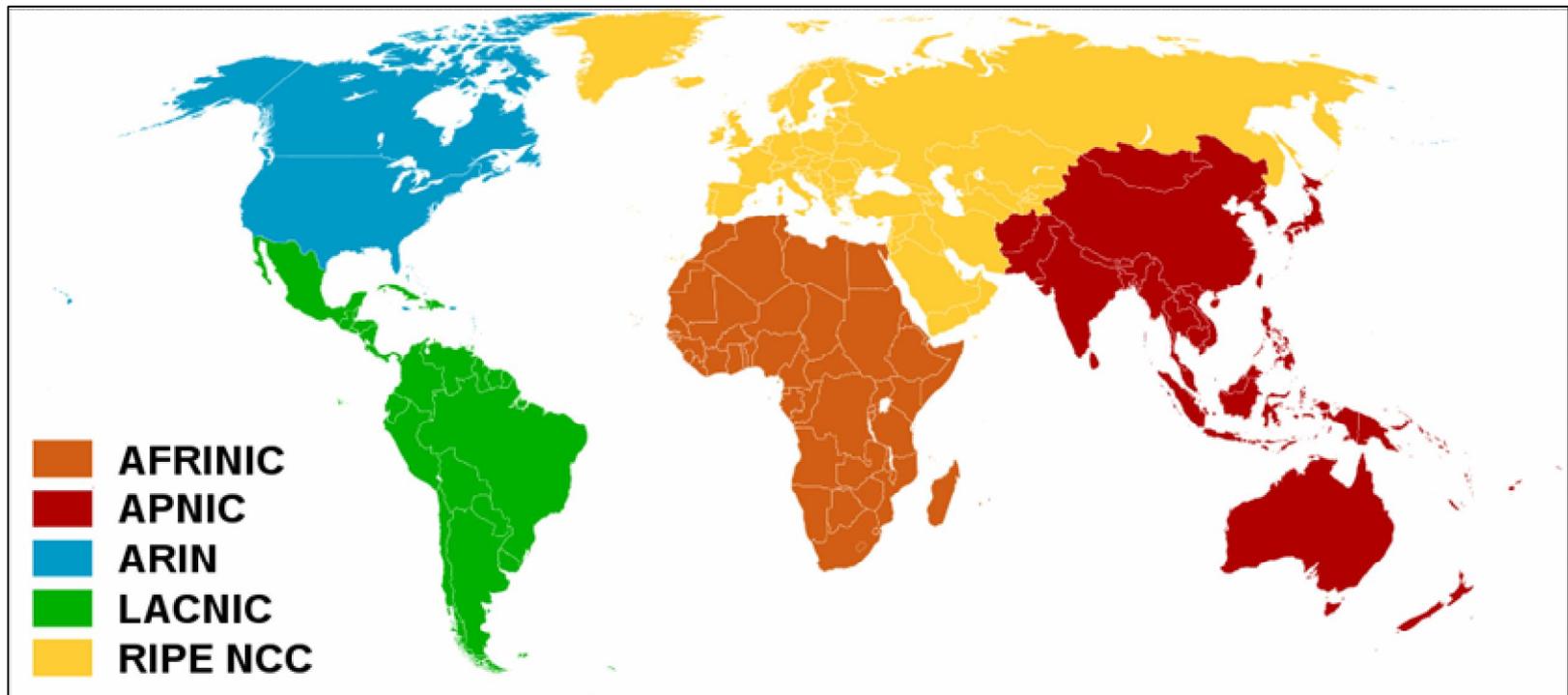
IANA делегирует большие блоки (обычно /8) IP-адресов и полномочия по их распределению пяти **Региональным интернет-регистраторам (Regional Internet Registry, RIR)**:

- American Registry for Internet Numbers (ARIN) ;
- RIPE Network Coordination Centre (RIPE NCC);
- Asia-Pacific Network Information Centre (APNIC);
- Latin American and Caribbean Network Information Centre (LACNIC);
- African Network Information Centre (AfriNIC).

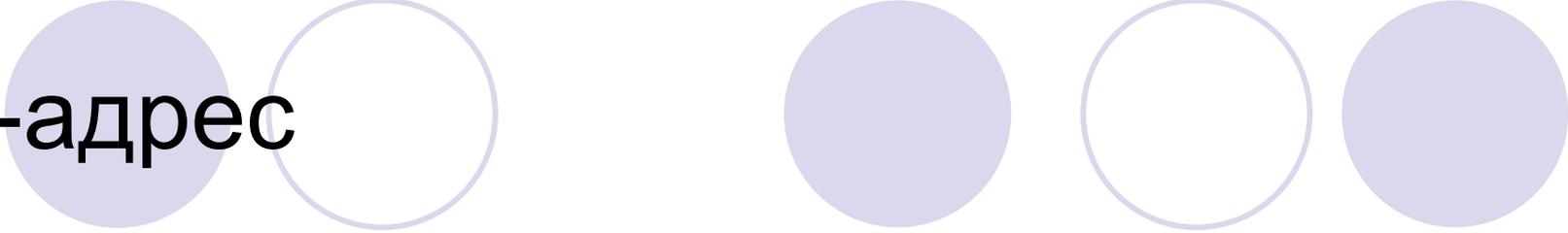
Статус RIR присваивается IANA, и стать RIR для организации невозможно.

# IP-адрес

## Выделение IP-адресов



# IP-адрес



RIR занимаются регистрацией **Локальных интернет-регистраторов (Local Internet registry, LIR)**, которым на основании договора выделяют блоки IP-адресов. (С конечными пользователями и физическими лицами RIR не работают).

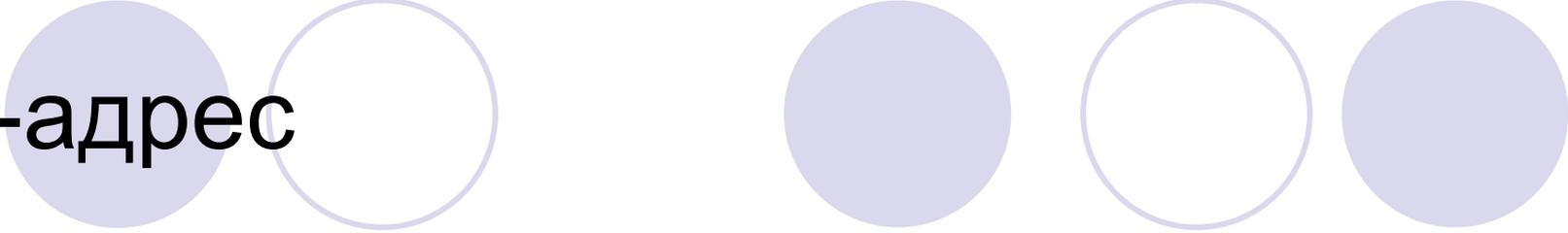
LIR распределяет большую часть своего блока IP-адресов своим клиентам (сервис-провайдерам и их абонентам).

Большинство LIR - это интернет-провайдеры, предприятия или академические учреждения.

Украина находится в юрисдикции **RIPE NCC (RIPE = Réseaux IP Européens)**, расположенной в Амстердаме.

Каждый LIR платит в RIR членские взносы (в RIPE NCC это от 1300 € до 5500 € в год, в зависимости от размера сети).

# IP-адрес



- <https://ru.wikipedia.org/wiki/IP-адрес>
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Бесклассовая\\_адресация](https://ru.wikipedia.org/wiki/Бесклассовая_адресация)
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/IANA>
- <https://habr.com/ru/post/210100/>
- <https://habr.com/ru/post/55181/>
- <https://www.calc.ru/Maska-Ipadresa.html>

# Назначение IP-адресов узлам сети

Все IP-адреса в одной LAN – из одного адресного блока.

В адресном блоке сети первый (00...0) и последний (11...1) номера зарезервированы и хостам не назначаются.

Поэтому общее количество хостов в сети /m равно  $2^{32-m} - 2$ .

Адрес сети и широковещательный адрес определяются маской сети – без неё они теряют смысл.

Напр. в сети **1.1.1.0/24**:

**1.1.1.0** = номер сети; **1.1.1.255** = широковещательный адрес.

# Назначение IP-адресов узлам сети

Сетевой интерфейс порта маршрутизатора (**1.1.1.10**)  
наз. **шлюз (gateway)**



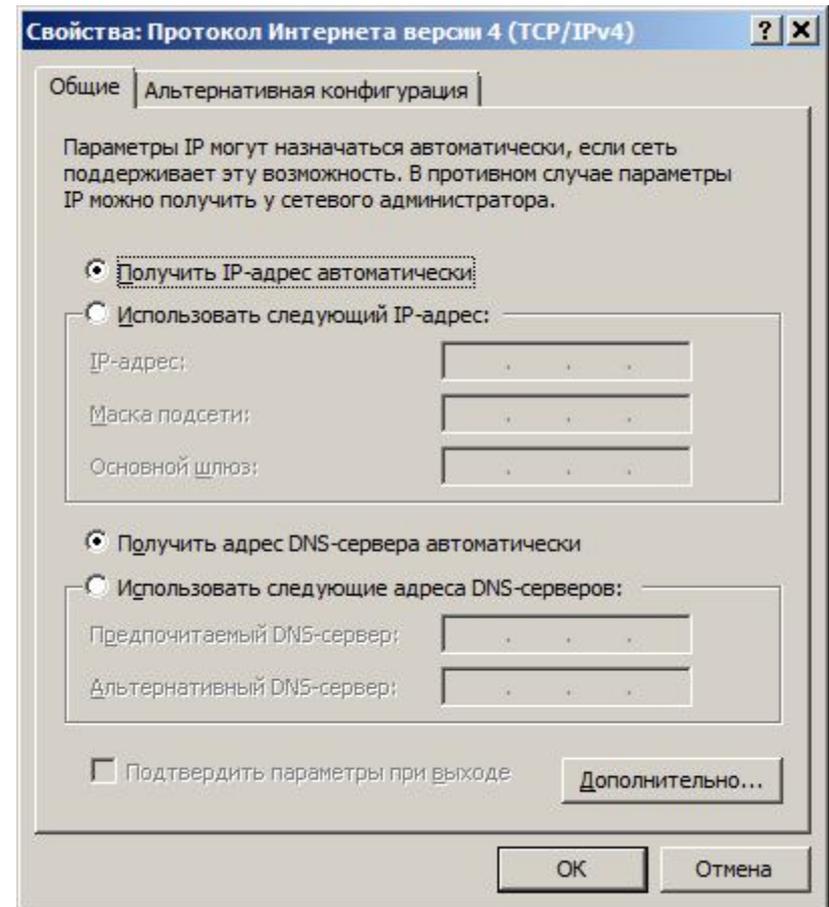
# Назначение IP-адресов узлам сети

Каждому хосту следует назначить:

- IP-адрес
- Маска сети
- IP-адрес шлюза
- возможно, другие параметры

Два способа:

- Вручную на каждом хосте;
- Разместить в сети **DNCP-сервер** и запрашивать параметры при включении хоста у него.



# Назначение IP-адресов узлам сети

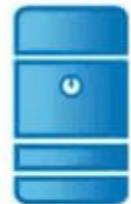
## DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

DHCP клиент



всем DHCP-серверам: мне нужен IP-адрес		
dest:	FF-FF-FF-FF-FF-FF	Обнаружение DHCP DHCP DISCOVER
src:	MAC_client	

DHCP сервер



клиенту: я DHCP-1 сервер, предлагаю IP-адрес		
dest:	MAC_client	Предложение DHCP DHCP OFFER
src:	MAC_DHCP-1	

всем DHCP-серверам: хочу взять у DHCP-1 предложенный адрес		
dest:	FF-FF-FF-FF-FF-FF	Запрос DHCP DHCP REQUEST
src:	MAC_client	

клиенту: подтверждаю выделение предложенного адреса		
dest:	MAC_client	Подтверждение DHCP DHCP ACK ("acknowledgment")
src:	MAC_DHCP-1	

# Назначение IP-адресов узлам сети

Обычно DHCP сервер предоставляет адреса на какой-то срок (как правило, от нескольких часов до нескольких суток).

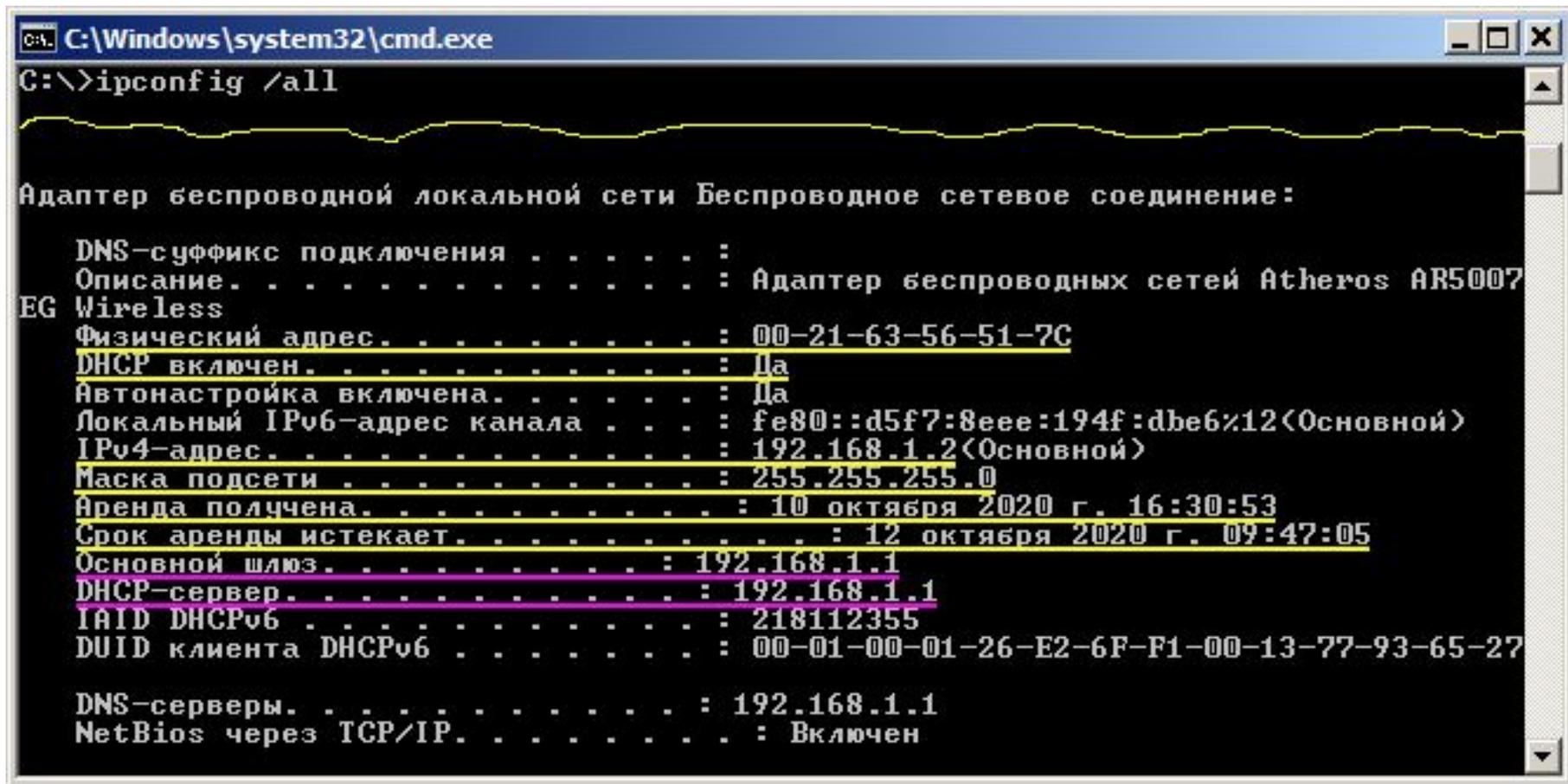
По истечении «срока аренды» сервер может присвоить этот IP-адрес другому устройству.

По истечении половины срока аренды DHCP клиент обычно пытается автоматически продлить данный срок.

Часто маршрутизатор, коммутатор и DHCP-сервер, предназначенные для небольших сетей, монтируют в одном корпусе («точка доступа»)

# Назначение IP-адресов узлам сети

Параметры подключения показывает команда `ipconfig /all`



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\>ipconfig /all

Адаптер беспроводной локальной сети Беспроводное сетевое соединение:

  DNS-суффикс подключения . . . . . :
  Описание . . . . . : Адаптер беспроводных сетей Atheros AR5007
EG Wireless
  Физический адрес . . . . . : 00-21-63-56-51-7C
  DHCP включен . . . . . : Да
  Автонастройка включена . . . . . : Да
  Локальный IPv6-адрес канала . . . . : fe80::d5f7:8eee:194f:dbe6%12 (Основной)
  IPv4-адрес . . . . . : 192.168.1.2 (Основной)
  Маска подсети . . . . . : 255.255.255.0
  Аренда получена . . . . . : 10 октября 2020 г. 16:30:53
  Срок аренды истекает . . . . . : 12 октября 2020 г. 09:47:05
  Основной шлюз . . . . . : 192.168.1.1
  DHCP-сервер . . . . . : 192.168.1.1
  IAID DHCPv6 . . . . . : 218112355
  DUID клиента DHCPv6 . . . . . : 00-01-00-01-26-E2-6F-F1-00-13-77-93-65-27

  DNS-серверы . . . . . : 192.168.1.1
  NetBios через TCP/IP . . . . . : Включен
```

# Назначение IP-адресов узлам сети

## ARP (Address Resolution Protocol)

для определения MAC-адреса по известному IP-адресу.

спрашивает



1.1.1.2

всем: мой IP-адрес 1.1.1.2. У кого IP-адрес 1.1.1.4?	
dest: FF-FF-FF-FF-FF-FF	запрос ARP
src: 01-21-63-56-51-7C	ARP REQUEST

отвечает



1.1.1.4

владельцу 1.1.1.2: мой IP-адрес 1.1.1.4	
dest: 01-21-63-56-51-7C	ответ ARP
src: 18-F4-6A-2D-90-53	ARP REPLY

# Назначение IP-адресов узлам сети

Получив искомый MAC-адрес, хост заносит его в **ARP-таблицу**:

**IP-адрес | MAC адрес**

Записи в ARP-таблицах имеют динамический характер.

Если запись не обновлялась в течение определенного времени (как правило, 2 мин.), то она удаляется. Таким образом, хранятся записи не обо всех узлах сети, а только о тех, которые активно участвуют в сетевых операциях.

Такой способ хранения информации называют кэшированием, ARP-таблицы иногда называют ARP-кэш.

# Назначение IP-адресов узлам сети

Просмотр ARP-таблицы командой `arp -a`

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\admin>arp -a
Интерфейс: 192.168.1.2 --- 0xc
  адрес в Интернете      Физический адрес      Тип
192.168.1.1             84-16-f9-37-16-e4      динамический
192.168.1.4             c8-ff-28-7e-00-5e      динамический
192.168.1.5             18-f4-6a-2d-90-53      динамический
192.168.1.255           ff-ff-ff-ff-ff-ff      статический
224.0.0.2               01-00-5e-00-00-02      статический
224.0.0.12              01-00-5e-00-00-0c      статический
224.0.0.22              01-00-5e-00-00-16      статический
224.0.0.251             01-00-5e-00-00-fb      статический
224.0.0.252             01-00-5e-00-00-fc      статический
239.255.255.250         01-00-5e-7f-ff-fa      статический
255.255.255.255         ff-ff-ff-ff-ff-ff      статический
C:\Users\admin>_
```

— DHCP сервер и шлюз

— другие компьютеры в сети

— широковещательный адрес

— зарезервированные адреса для многоадресной рассылки

# Назначение IP-адресов узлам сети

## Самообращенный запрос ARP (Gratuitous ARP, «беспричинный»)

При стартовой конфигурации сетевого интерфейса (вручную или по DHCP) узел отправляет Gratuitous ARP запрос, где в качестве IP-адреса и отправителя, и получателя использует его собственный.

спрашивает



1.1.1.2

всем: мой IP-адрес 1.1.1.2. У кого IP-адрес тоже 1.1.1.2?

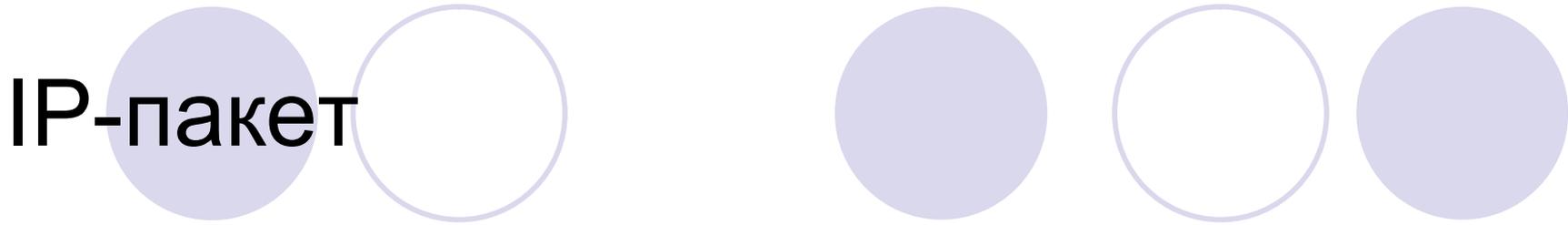
dest:	FF-FF-FF-FF-FF-FF	запрос ARP
src:	01-21-63-56-51-7C	ARP REQUEST

Такой запрос позволяет обнаружить конфликты IP-адресов, т.е. определить, нет ли в сети объекта, имеющего тот же IP-адрес.

Если на него придет отклик, то он означает ошибку:  
**Duplicate IP address sent from Ethernet address <...>.**

# Назначение IP-адресов узлам сети

- <https://ru.wikipedia.org/wiki/DHCP>
- <https://wiki.merionet.ru/seti/11/vse-cto-vam-nuzhno-znat-pro-dhcp/>
- <https://windowsnotes.ru/windows-server-2016/principy-raboty-dhcp/>
- <https://lanmarket.ua/entsiklopediya/telekommunikatsionnye-tehnologii/dhcp.html>
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/ARP>
- <https://wiki.merionet.ru/seti/19/address-resolution-protocol-cto-eto/>
- <https://docstore.mik.ua/tcpip/arp.htm>



# IP-пакет

## Интернет-протокол (Internet Protocol, IP)

В отличие от **немаршрутизируемых** протоколов 2-го уровня, сообщения которых пересылаются только между узлами одной сети,

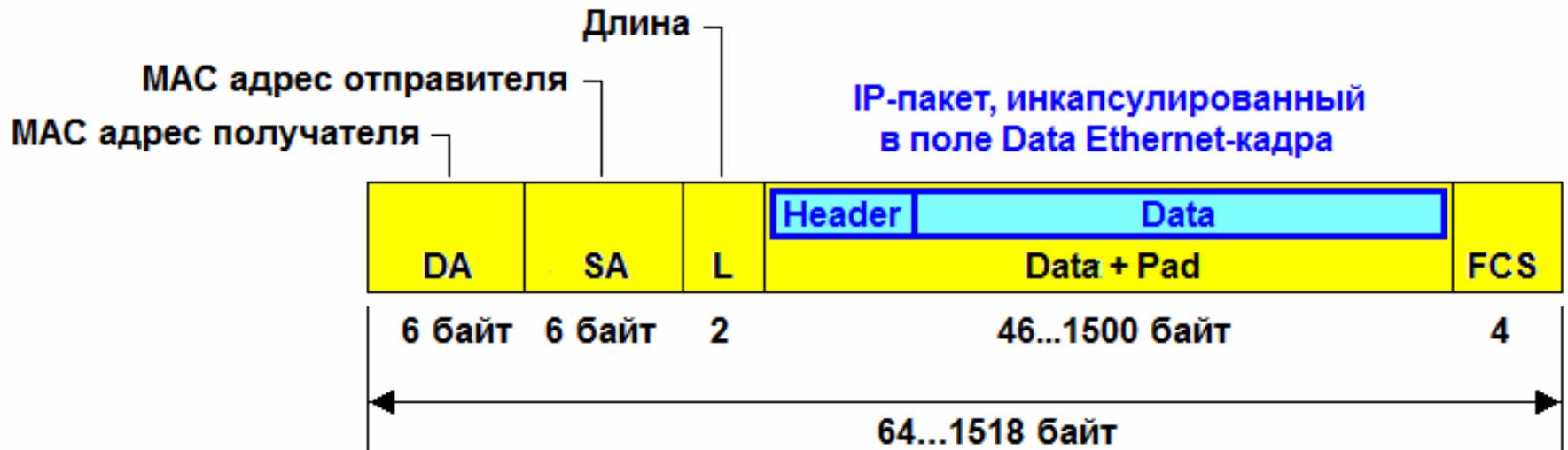
протокол IP, служащий для пересылки полезной информации между пользователями, является **маршрутизируемым (routed)** и обеспечивает связь между узлами как внутри локальной сети, так и между узлами из разных локальных сетей.

# IP-пакет

## Инкапсуляция

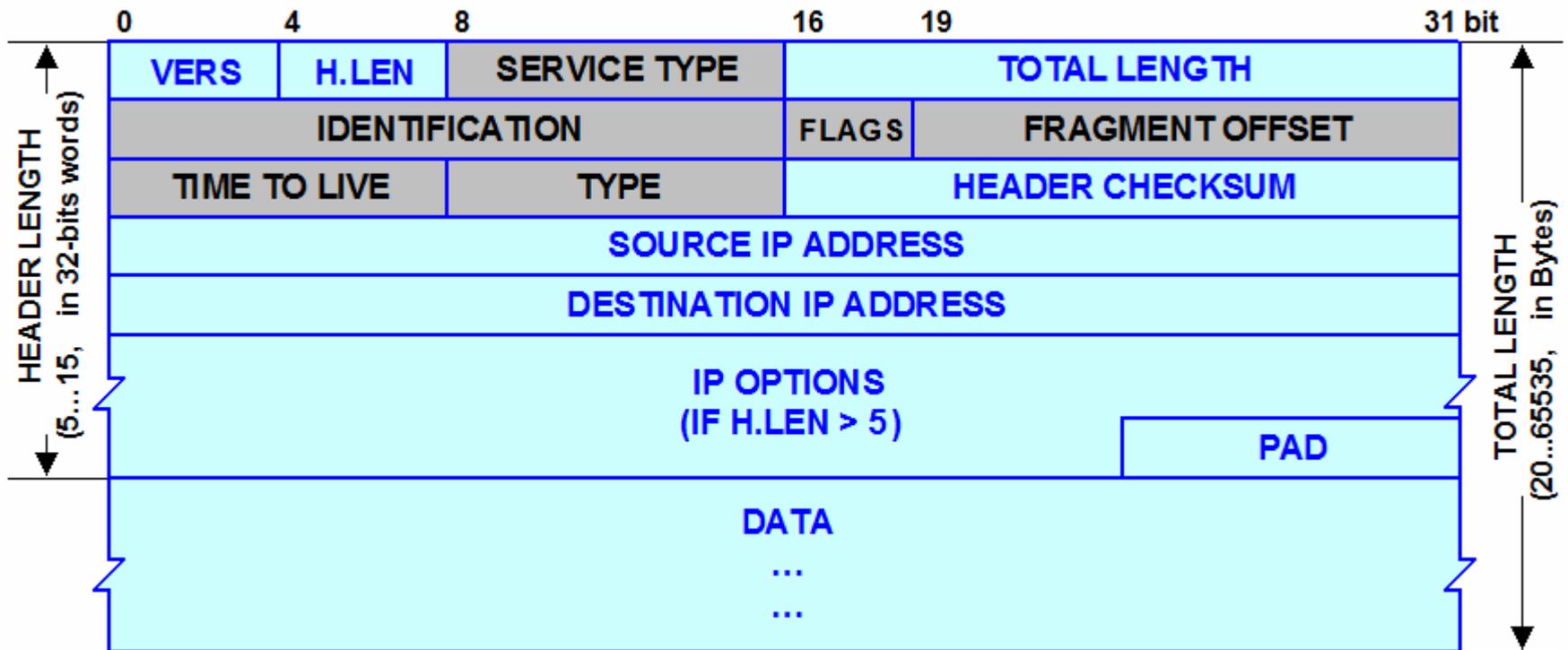
PDU (Protocol Data Unit, передаваемая порция данных) на 3-м (сетевом) уровне – IP-пакет.

Он занимает поле данных PDU 2-го уровня (Ethernet-кадра).

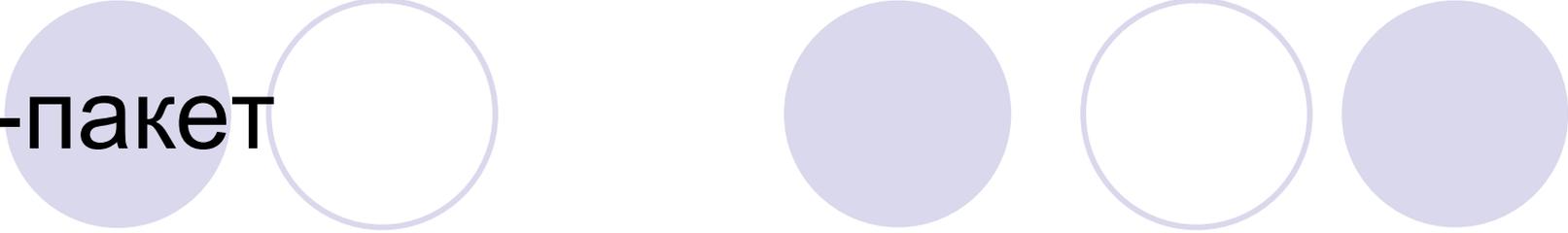


# IP-пакет

## Структура IP-пакета



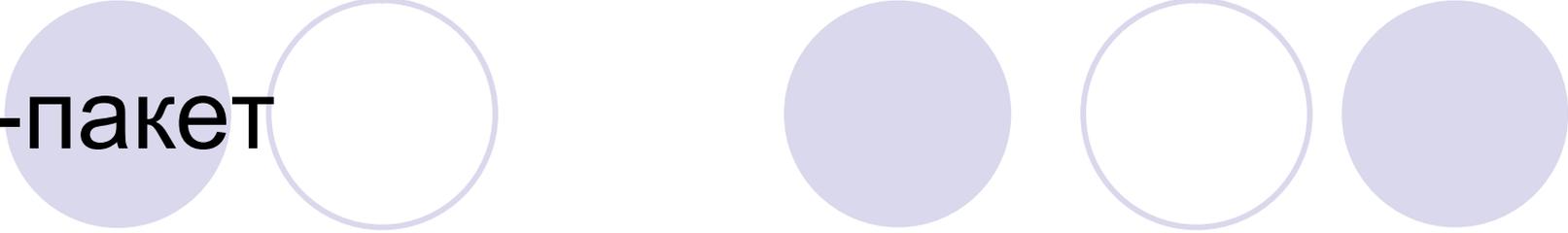
# IP-пакет



## Структура IP-пакета

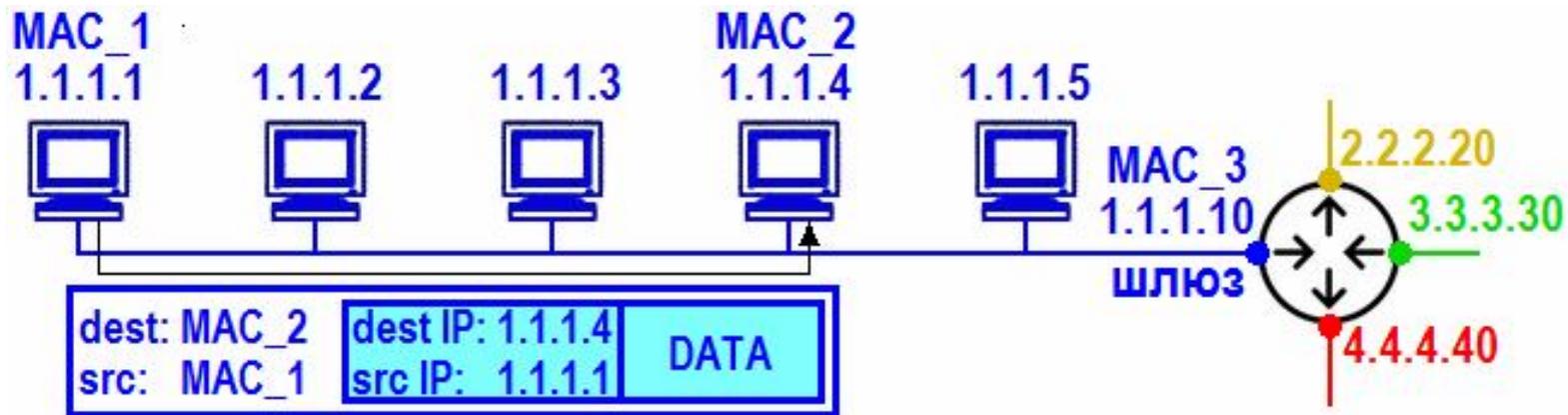
- VERS – версия, = 4 для IPv4;
- H.LEN – длина заголовка в 32-битных словах, = 5 ... 15;
- TOTAL LENGTH – общая длина в байтах, = 20...65535;
- HEADER CHECKSUM – контрольная сумма заголовка;
- SOURCE IP ADDRESS – IP-адрес отправителя;
- DESTINATION IP ADDRESS – IP-адрес получателя;
- IP OPTIONS – необязательные управляющие параметры, от 0 до 10 32-битных слов;
- PAD – заполнитель (нулевые биты) для выравнивания на границу 32-битного слова;
- DATA – пересылаемые данные.

# IP-пакет



- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Пакет\\_\(сетевые\\_технологии\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пакет_(сетевые_технологии))
- <https://zametkinapolyah.ru/kompyuternye-seti/4-3-struktura-i-zagolovok-ip-paketa-v-protokole-ipv4.html>
- <https://zametkinapolyah.ru/kompyuternye-seti/inkapsulyaciya-dannyx.html>
- <http://iptcp.net/format-ip-paketa.html>
- <https://wiki.dieg.info/ipv4>
- <https://www.luckycom.ru/articles/75.html>
- <https://www.matematicus.ru/soft/struktura-i-soderzhimoe-ip-paketa>

# Маршрутизация

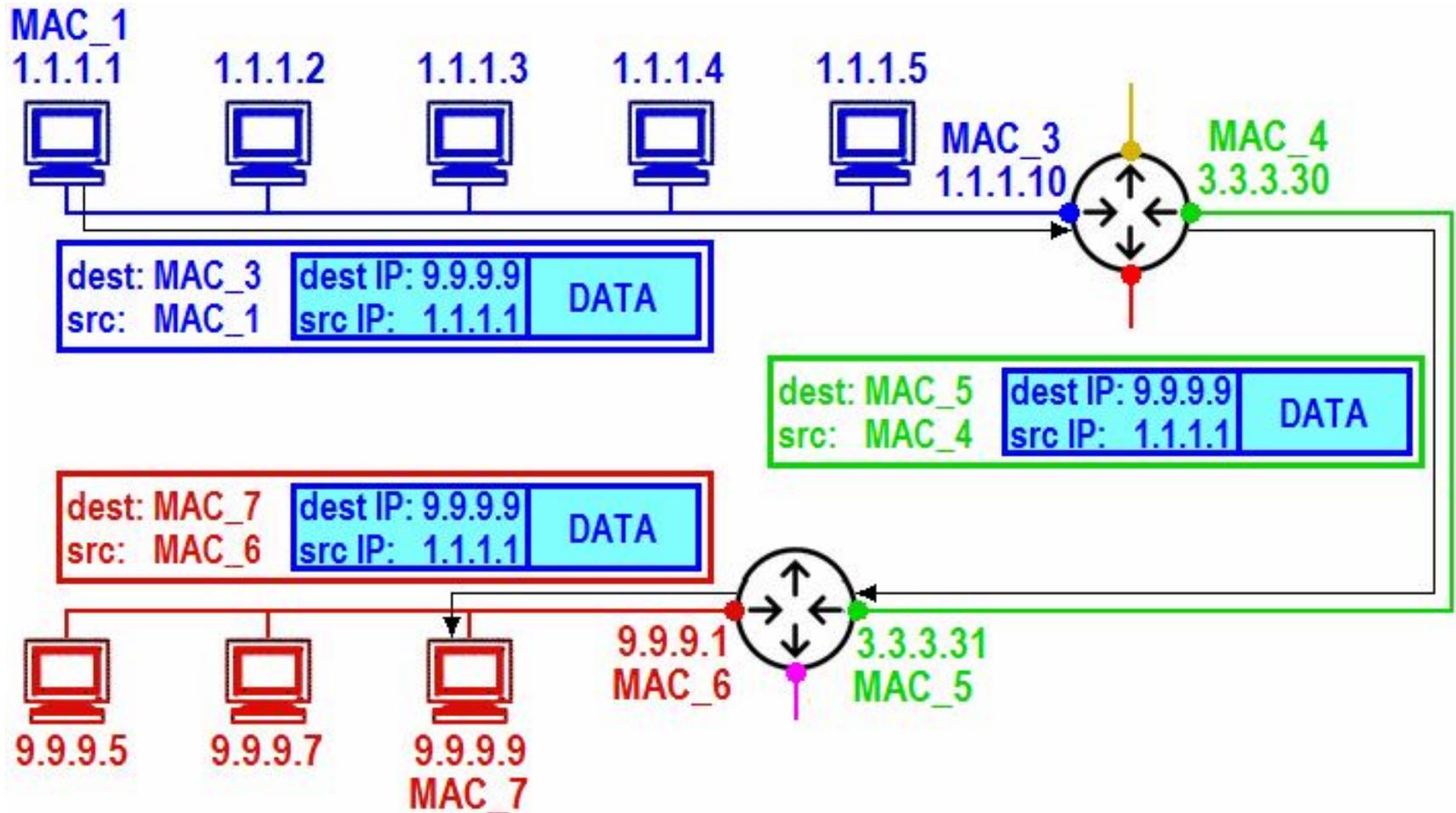


Отправляемый IP-пакет инкапсулируется в Ethernet-кадр, где MAC адрес получателя зависит от IP-адреса получателя:

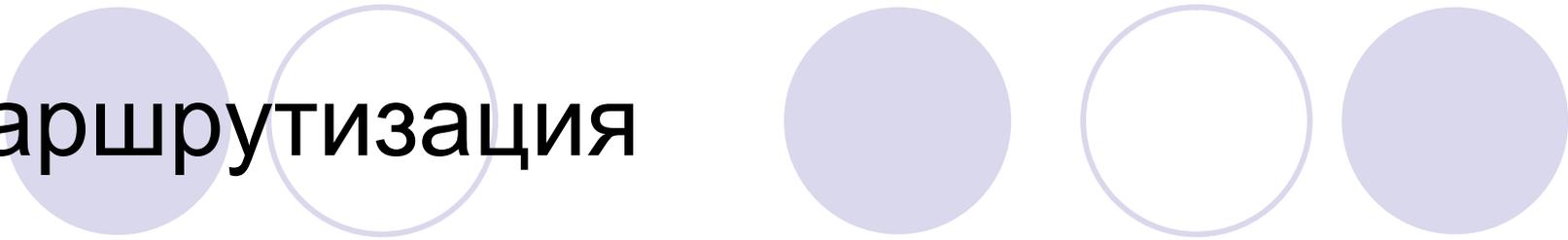
**Прямая (direct) доставка:** если IP-адрес получателя внутри LAN, то MAC адрес получателя – **требуемый узел**.

**Непрямая (indirect) доставка:** если IP-адрес получателя вне LAN, то MAC адрес получателя – **шлюз (1-ый «хоп», hop)**.

# Маршрутизация



# Маршрутизация



Проходя через каждый маршрутизатор IP-пакет меняет обрамляющий Ethernet-кадр, пока не доберется до LAN адресата.

Каждый маршрутизатор содержит **таблицу маршрутизации**, по которой определяется дальнейший путь IP-пакета. Запись в этой таблице определяет адрес следующего маршрутизатора по IP-адресу получателя.

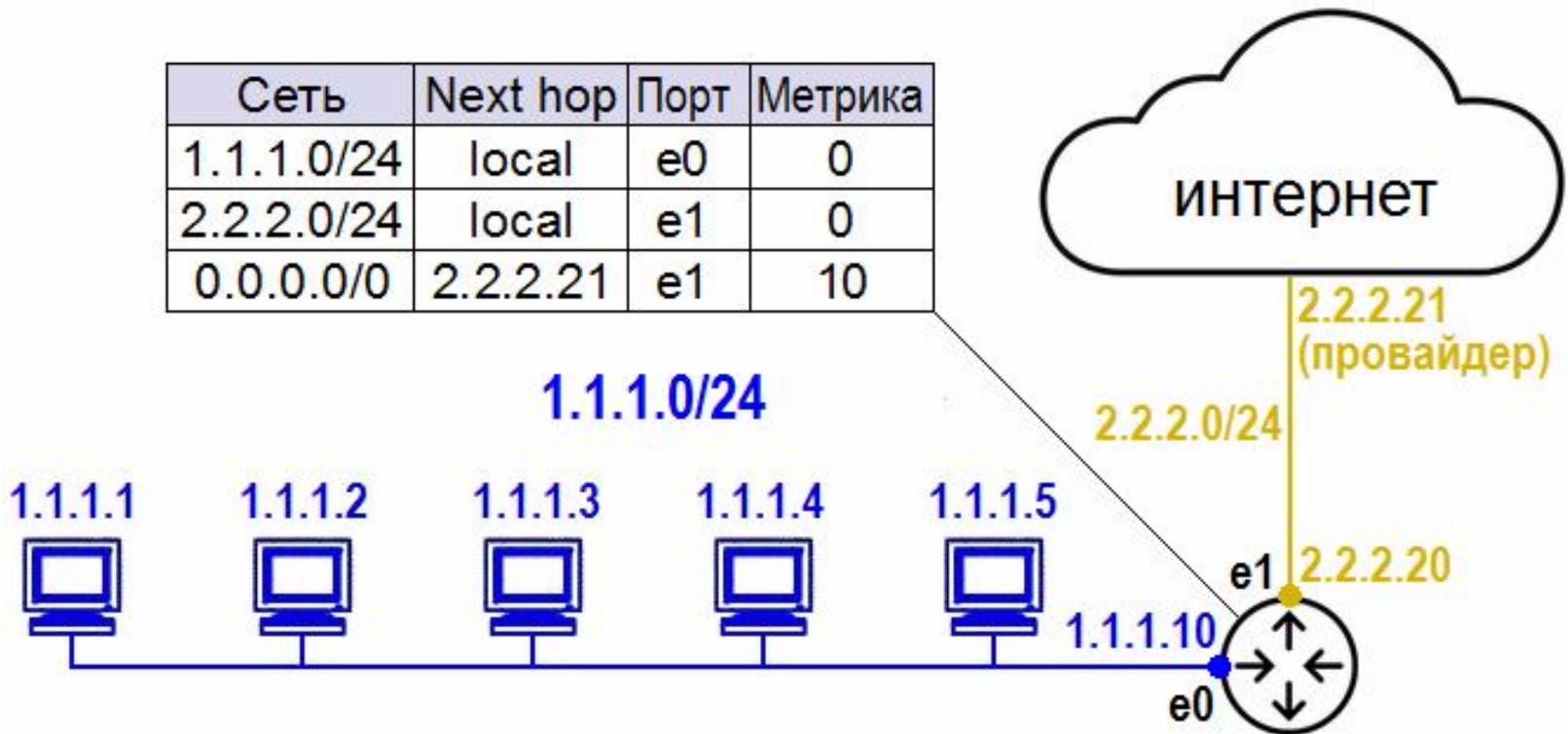
Полная таблица всех сетей («префиксов») интернета содержит ок. 12 000 записей. Она хранится только на магистральных маршрутизаторах больших провайдеров.

Обычно в таблице маршрутизатора, соединенного с интернетом, есть запись – **маршрут по умолчанию (default)**, сеть 0.0.0.0/0. Она содержит информацию, куда направлять пакет, если адрес его сети в таблице маршрутизации отсутствует.

# Маршрутизация

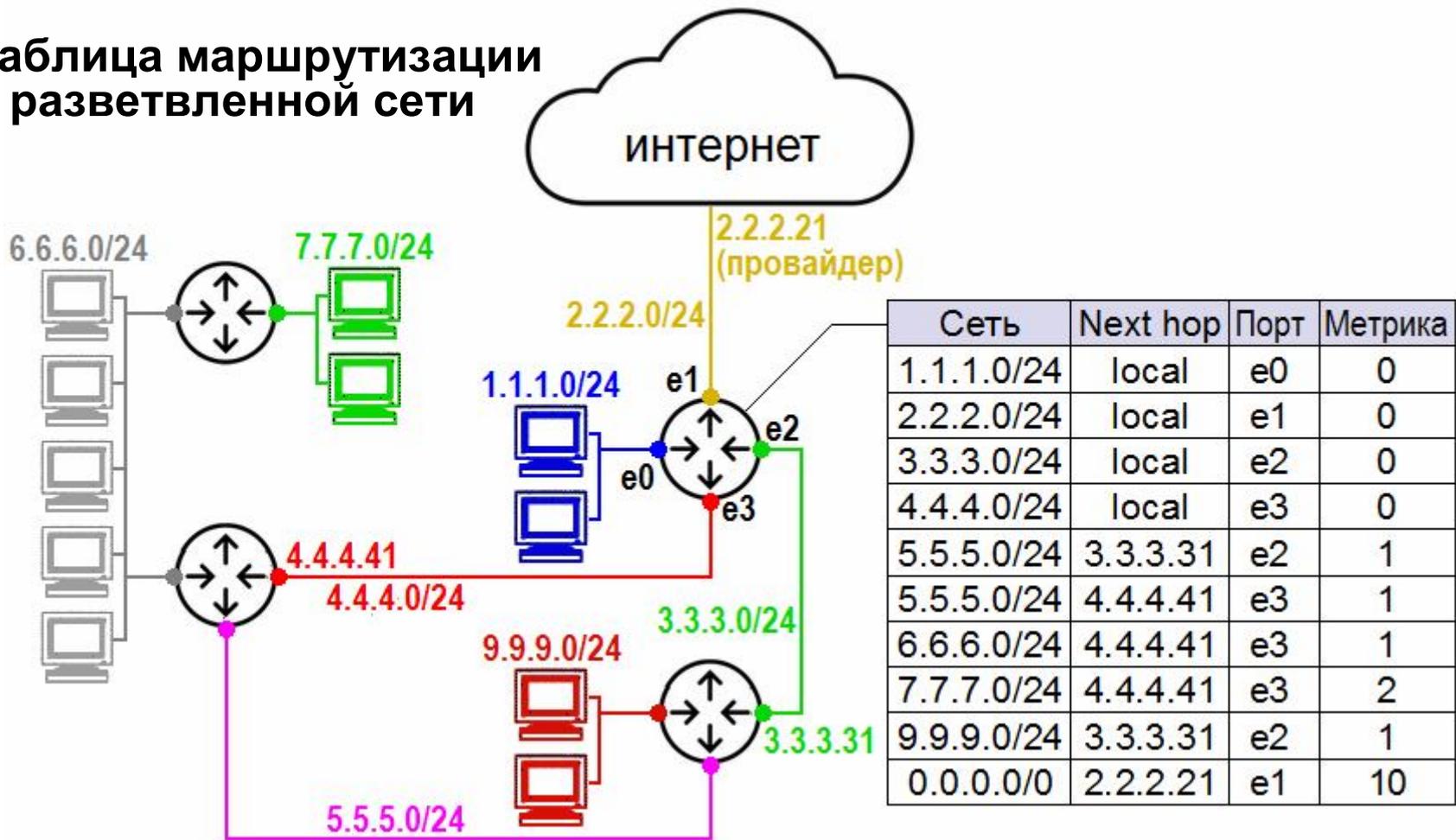
## Простейшая таблица маршрутизации

Сеть	Next hop	Порт	Метрика
1.1.1.0/24	local	e0	0
2.2.2.0/24	local	e1	0
0.0.0.0/0	2.2.2.21	e1	10



# Маршрутизация

## Таблица маршрутизации в разветвленной сети



# Маршрутизация

**Метрика** маршрута – это степень его предпочтения (чем меньше, тем лучше). Может зависеть от:

- Числа промежуточных маршрутизаторов
- Пропускной способности канала связи
- Задержек в канале связи
- Надежности канала связи
- Загрузки канала связи

Таблицы маршрутизации строятся вручную (администратором) или автоматически: маршрутизаторы сами при помощи специальных **протоколов маршрутизации (routing protocols)** обмениваются информацией, на основании которой динамически строят и обновляют таблицы.

# Маршрутизация

- <https://ru.wikipedia.org/wiki/Маршрутизация>
- <https://net.e-publish.ru/p235aa1.html>
- [http://www.dut.edu.ua/uploads/l\\_1215\\_49011858.pdf](http://www.dut.edu.ua/uploads/l_1215_49011858.pdf)
- <http://kspt.icc.spbstu.ru/media/files/2010/course/networks/routing.pdf>
- <http://distolymp2.spbu.ru/www/edu/doc/tcpip.htm>
- <http://citforum.ck.ua/nets/ito/2.shtml>

# Зарезервированные адреса

Адреса, не предназначенные для глобальной маршрутизации

**Петлевые интерфейсы:**

диапазон **127.0.0.0/8** (до 127.255.255.255).

Любой адрес из этого диапазона (напр. 127.0.0.1) отсылает к локальному сетевому интерфейсу («сам на себя»).

Блоки адресов для использования в **частных сетях:**

**10.0.0.0/8** (до 10.255.255.255)

**172.16.0.0/12** (до 172.31.255.255)

**192.168.0.0/16** (до 192.168.255.255)

Используются во внутренних сетях («интранет») предприятий (напр. В КПИ - 10.0.0.0/8), сети «**Квантён**» (национальный интранет в КНДР).

Частная сеть может соединяться с интернетом при помощи **NAT**.

# Зарезервированные адреса

- <http://www.adminia.ru/zarezervirovannyye-ip-adresa-ipv4/>
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Частный\\_IP-адрес](https://ru.wikipedia.org/wiki/Частный_IP-адрес)

# IP-пакет (продолжение)

## Структура IP-пакета (продолжение). Фрагментация

- IDENTIFICATION – идентификатор пакетов, образующихся путем фрагментации исходного пакета. Все фрагменты должны иметь одинаковое значение этого поля;
- FLAGS – три битовых поля, содержащих признаки фрагментации. DF=1 (Do not Fragment) запрещает маршрутизатору фрагментировать пакет. MF=1 (More Fragments) указывает, что данный фрагмент не последний. Третий бит – резерв;
- FRAGMENT OFFSET – смещение поля данных этого пакета, т.е. сколько восьмерок байтов ему предшествует.

# IP-пакет (продолжение)

## Фрагментация

Поле FRAGMENT OFFSET (FO) используется чтобы определить порядок следования фрагментов с одинаковым IDENTIFICATION.

По значению MF и FO можно определить порядок их следования:

	MF	FO
нефрагментированный пакет	0	0
первый фрагмент	1	0
промежуточный фрагмент	1	>0
последний фрагмент	0	>0

По этим данным получатель восстанавливает поле данных исходного пакета (сборку частей производит только получатель).

# IP-пакет (продолжение)

## ○ TIME TO LIVE (TTL) – оставшееся время жизни

Означает предельное количество хопов, через которые пакет может перемещаться по сети. Исходное значение устанавливает хост-отправитель (обычно 64 или 128, хотя можно до 255), а каждый транзитный маршрутизатор уменьшает его на 1. Если TTL станет =0 до того, как пакет достигнет получателя, пакет уничтожается («**dropped**»).

Это механизм от зацикливания пакетов и предотвращения их вечной циркуляции по сети, если случается ошибка в чьей-то таблице маршрутизации на его пути.

### «За 30-м хопом жизни нет»

Мальчик сказал маме: “Я хочу кушать” и мама отправила его к папе.  
Мальчик сказал папе: “Я хочу кушать” и папа отправил его назад к маме.  
Мальчик сказал маме: “Я хочу кушать” и мама снова отправила его к папе.  
Так мальчик бегал туда-обратно, пока не упал...  
Что случилось с мальчиком? TTL кончился.

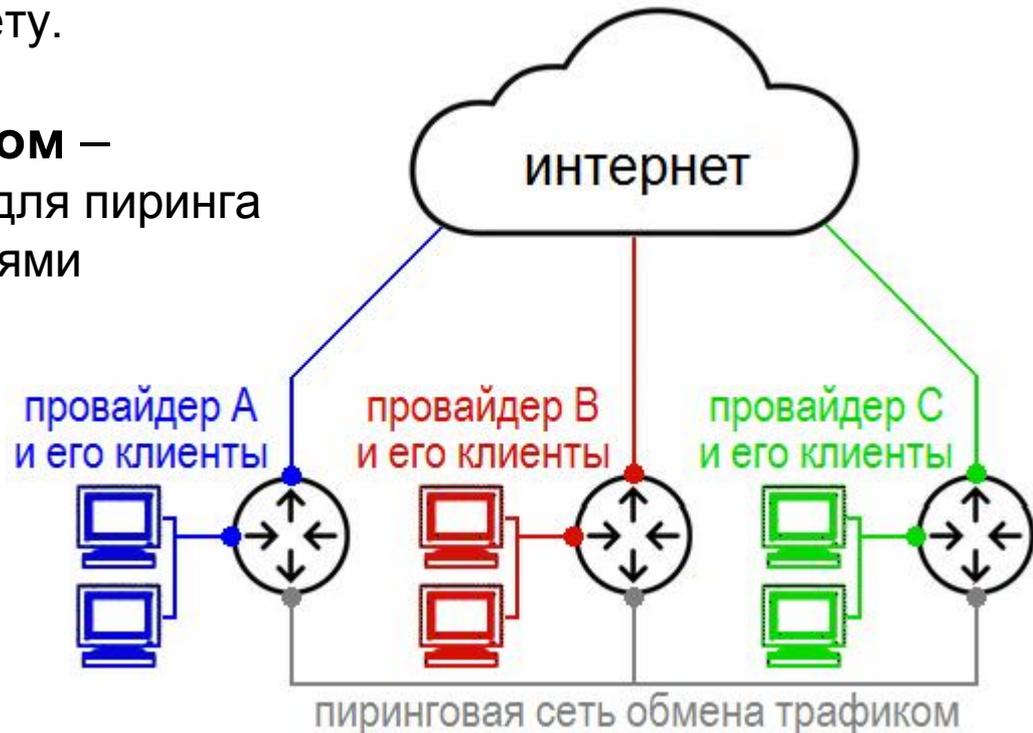
# IP-пакет (продолжение)

- <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фрагментация>
- <https://studfile.net/preview/6070830/page:73/>
- <https://www.delphiplus.org/obnaruzhenie-narushenii-bezopasnosti-v-setyakh/osnovy-fragmentatsii.html>
- <http://it-digger.net/index.php/2012-09-27-13-14-09/105--ip->
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Time\\_to\\_live](https://ru.wikipedia.org/wiki/Time_to_live)
- <https://webistore.ru/internet/что-такое-время-жизни-пакета-ttl/>

# Точки обмена IP-трафиком

**Пиринг (peering, соседство)** – соглашение интернет-операторов об обмене IP-трафиком между своими сетями. Позволяет снизить затраты на внешние каналы доступа к интернету.

**Точка обмена трафиком** – сетевая инфраструктура для пиринга между независимыми сетями в Интернете.



# Точки обмена IP-трафиком

## Крупнейшие точки обмена в Украине:

- <https://giganet.ua/uk>
- <https://dtel-ix.net/ua/>
- <https://www.ix.net.ua/>

## Полный список точек обмена в мире:

- <https://bgp.he.net/report/exchanges>

## 3-й (сетевой) уровень модели OSI

### **Назначение:**

Определение маршрута и логическая адресация

### **Оборудование:**

Маршрутизаторы (роутеры), сетевые карты

### **Тип обрабатываемых данных:**

IP-пакеты

### **Адресация:**

IP-адреса