



НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЦЕНТР

ФОРС  
ФОРС



# Сетевой уровень (Network)



# Содержание

- ❖ **Сетевой уровень, характеристики, свойства, функции;**
- ❖ **Функциональная модель маршрутизатора**
- ❖ **Протокол IP (Internet Protocol)**
- ❖ **Заголовок IP;**
- ❖ **Протокол IP (адресация, фрагментация);**
- ❖ **Приватный и белый IP.**
- ❖ **Способы отправки пакетов**
- ❖ **Широковещательный домен**
- ❖ **Широковещательный шторм**
- ❖ **Протокол IPv4**
- ❖ **Формат заголовка IP. Wireshark.**
- ❖ **Адресация в IP сетях.**
- ❖ **Десятично-точечная нотация IP адреса**





# Содержание

- ❖ **Классовая модель IP адресации**
- ❖ **Диапазоны IP-адресов классов**
- ❖ **Сетевая маска**
- ❖ **Бесклассовая модель IP адресации**
- ❖ **Специальные адреса (зарезервированные)**
- ❖ **Ограниченность ресурсов IPv4**
- ❖ **IP-маршрутизация**
- ❖ **Определение оптимальных трактов маршрутизации**
- ❖ **Фрагментация IP пакетов**
- ❖ **Протокол IPv6**
- ❖ **Особенности IPv6**
- ❖ **Протокол IPv6: Типы адресов**
- ❖ **Заголовок IPv6**
- ❖ **Формы представления IPv6**





# Сетевой уровень



## Цель:

Решение задачи доставки данных в заданные точки сети.

Сетевой уровень описывает методы и средства передачи информации между независимыми (и часто разнородными) логическими сетями, объединенными в одну большую сеть (internetwork), а процессы передачи информации между сетями — межсетевым взаимодействием (internetworking).



## Свойства:

- Не устанавливается соединение;
- Не бывает перегрузок (загрузкой занимается транспортный уровень);
- Нет зависимости от среды.



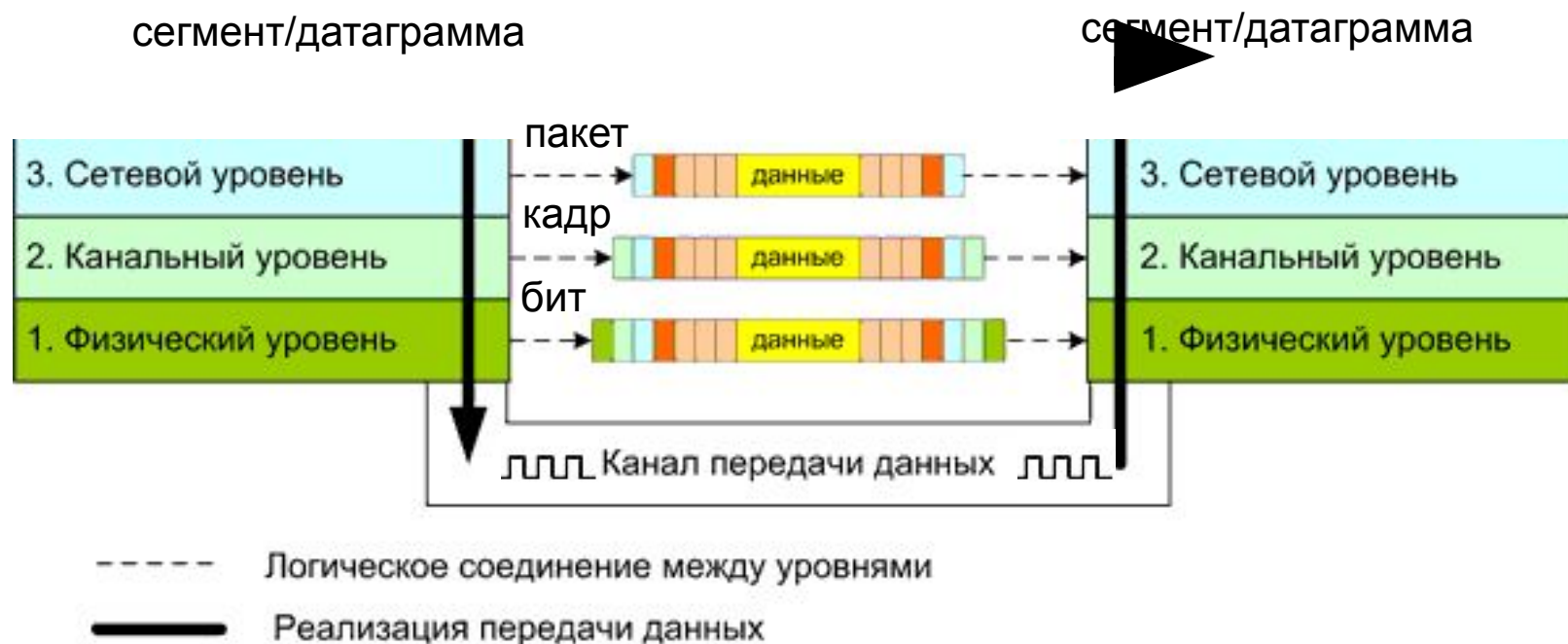
## Функции:

- определить правила доставки данных между логическими сетями, сформировать логические адреса сетевых устройств, выполнить, выбор и поддержание маршрутной информации.





# Сетевой уровень





# Объединенная сеть



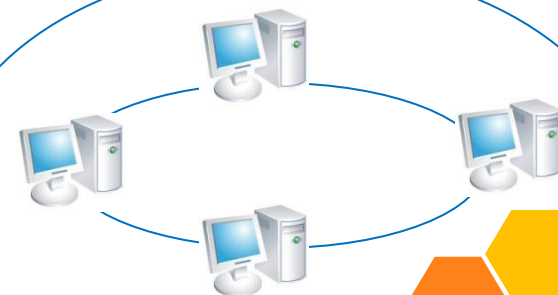
Короткий адрес  
Token Ring



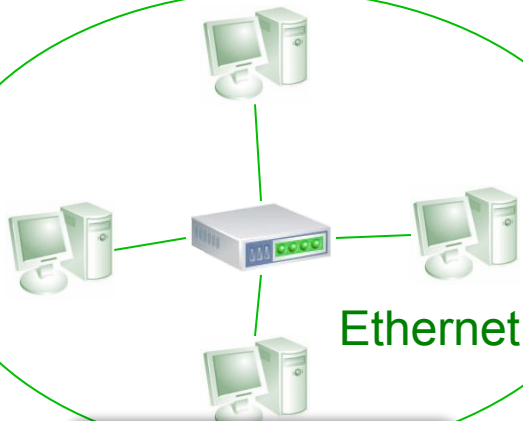
Token Ring

Кадр Token Ring

Кадр PPP  
PPP

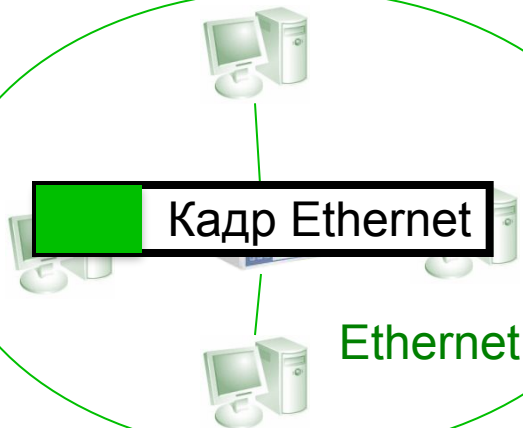


FDDI



Ethernet

Длинный адрес  
Ethernet



Кадр Ethernet

Ethernet

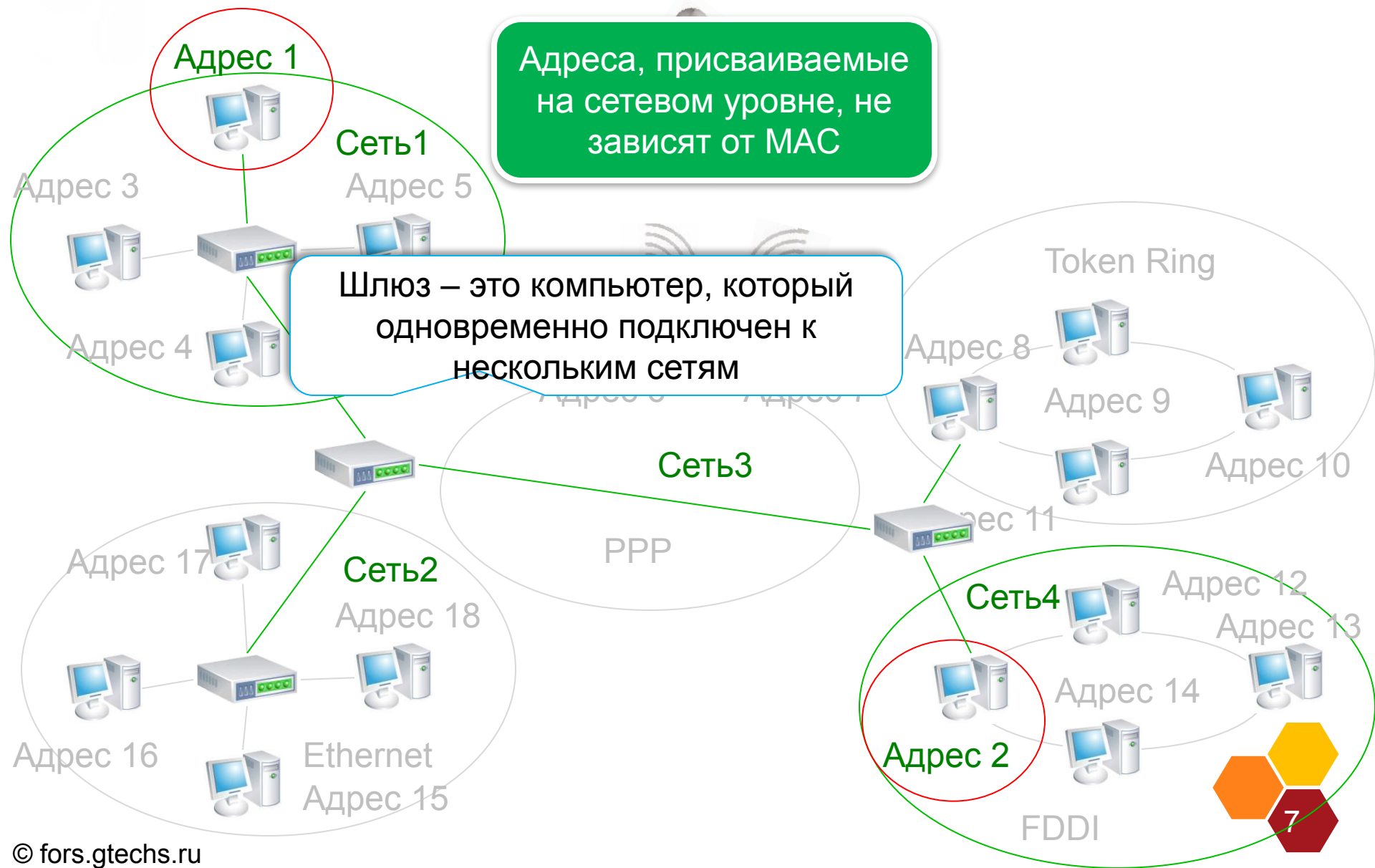
В кадрах «точка-точка»  
адрес отсутствует



# Объединенная сеть

Адреса, присваиваемые на сетевом уровне, не зависят от MAC

Шлюз – это компьютер, который одновременно подключен к нескольким сетям





# Взаимодействие компьютеров

**Шлюз** – это общее название программ и устройств, выполняющих связь между процессами или сетями. Данный тип шлюза принято называть маршрутизатором или роутером.

- Все локальные сети, входящие в объединенную сеть, связываются шлюзами (маршрутизаторами).
- Компьютеры имеют единую систему адресации, независимую от адресации на канальном уровне.
- Для обмена данными компьютеры формируют пакеты сетевого уровня.
- Управлением движения пакетов занимаются маршрутизаторы.

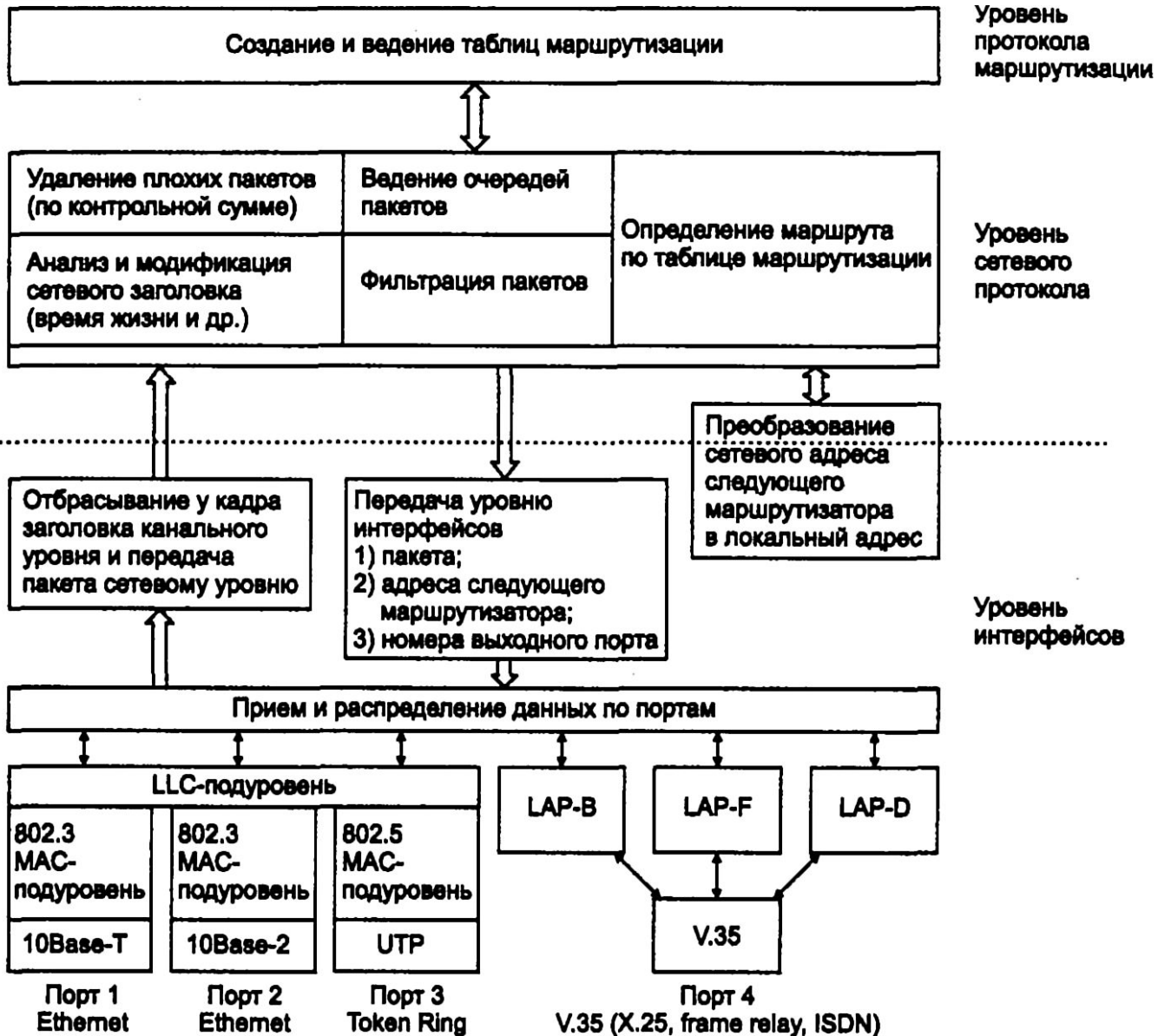
## ПРОТОКОЛЫ СЕТЕВОГО УРОВНЯ

- **I**nternet **P**rotocol
- **I**nternet **C**ontrol **M**essage **P**rotocol
- **A**ddress **R**esolution **P**rotocol
- **R**everse **A**ddress **R**esolution **P**rotocol
- **R**outing **I**nternet **P**rotocol
- **O**pen **S**hortest **P**ath **F**irst





# Функциональная модель маршрутизатора





# Протокол IP (Internet Protocol)



Короткий адрес  
Token Ring



Token Ring

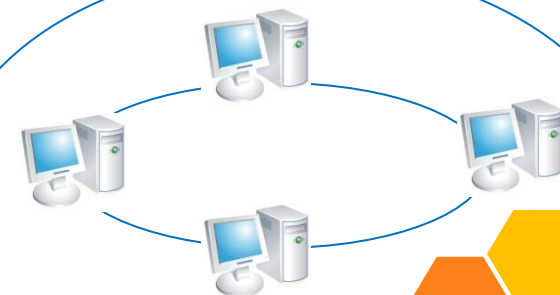
Кадр Token Ring

Кадр PPP  
PPP

Длинный адрес  
Ethernet

Кадр Ethernet

В кадрах «точка-точка»  
адрес отсутствует



FDDI





# Формат заголовка IP

Октет	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	Версия			IHL			Тип обслуживания						Длина пакета																			
4	Идентификатор											Флаги			Смещение фрагмента																	
8	Время жизни						Протокол						Контрольная сумма заголовка																			
12	IP-адрес отправителя																															
16	IP-адрес получателя																															
20	Параметры от 0-я до 10-и 32-х битовых слов																															
	Данные																															

## ◆ Тип обслуживания:

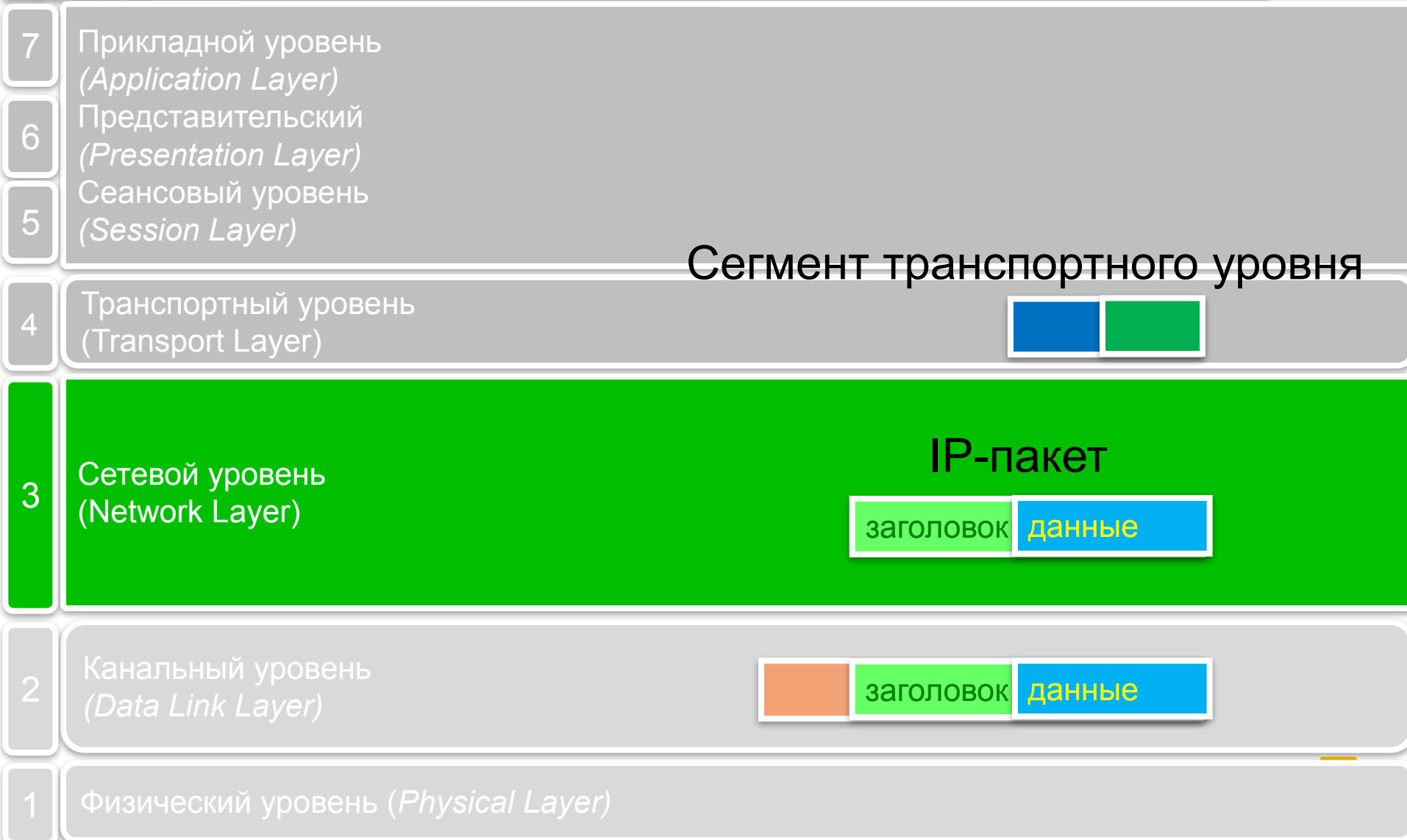
0	1	2	3	4	5	6	7
Приоритет			D	T	R	ECN	

- **0-2** приоритет (precedence) IP-сегмента;
- **3** требование к задержке (delay) передачи IP-сегмента (0-нормальная, 1-низкая);
- **4** требование к пропускной способности (throughput) маршрута, по которому должен отправляться IP-сегмент (0-низкая, 1-высокая);
- **5** требование к надежности (reliability) передачи IP-сегмента (0-нормальная, 1-высокая);
- **6-7** ECN-явное сообщение о задержке (управление IP-потокм).



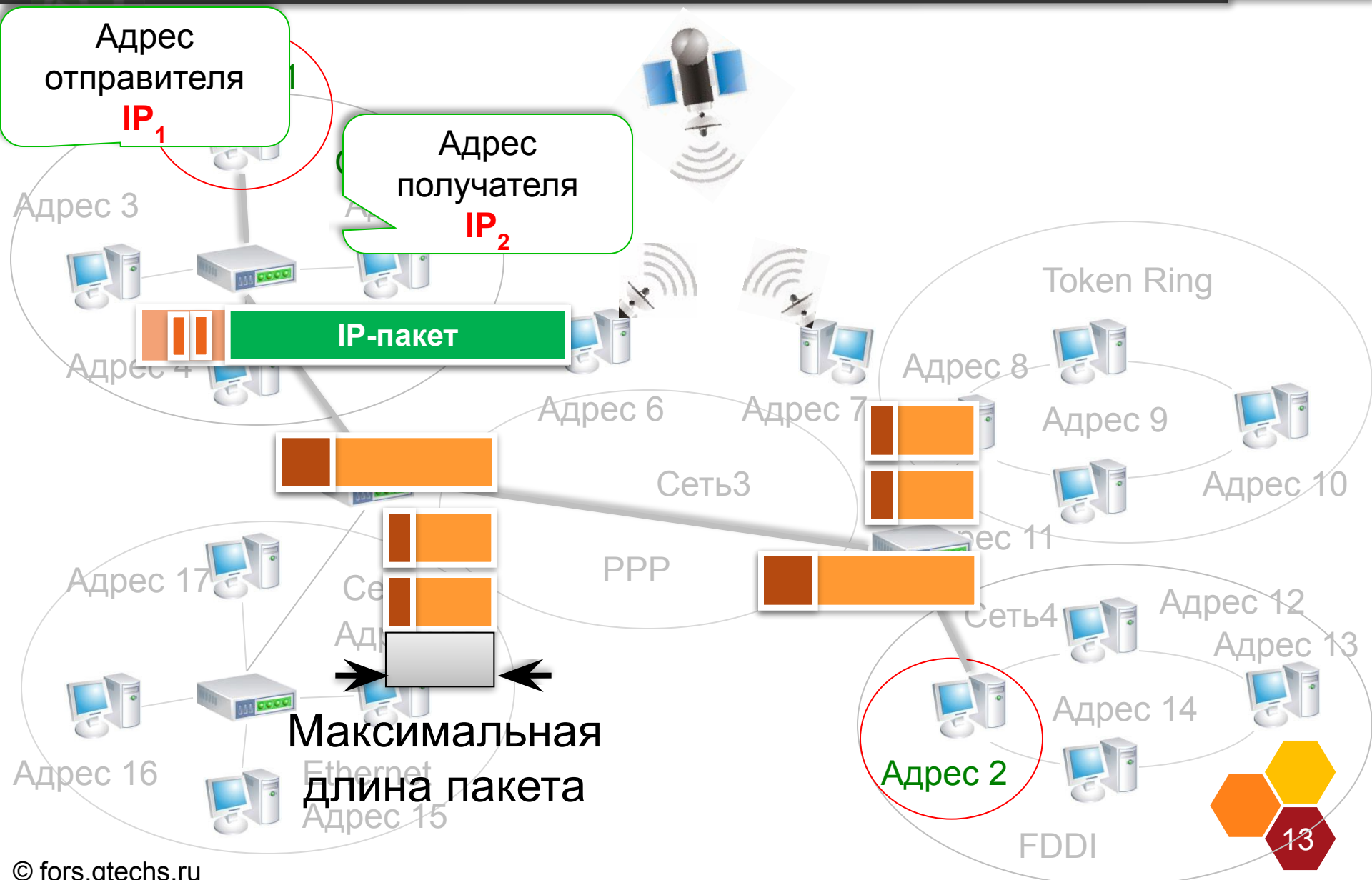


# Протокол IP (Internet Protocol)





# Протокол IP (адресация, фрагментация)





- ❖ IP-протокол – протокол сетевого уровня;
- ❖ IP-протокол обеспечивает независимую от канального уровня адресацию.
- ❖ Протокол IP выполняет функции:
  - Адресация;
  - Фрагментация.





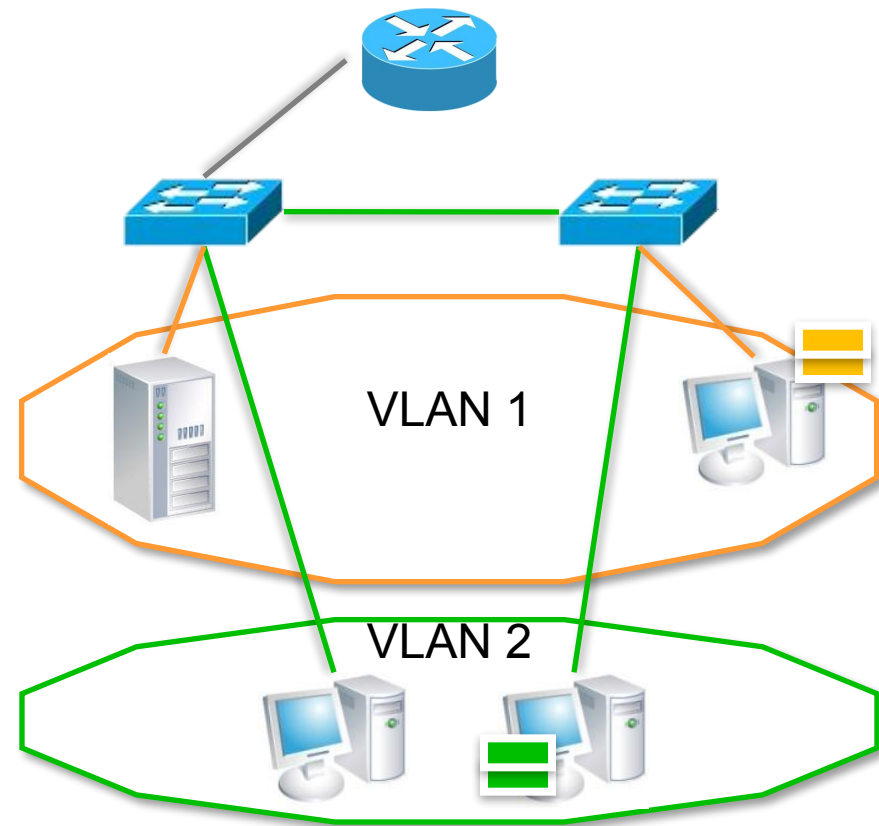
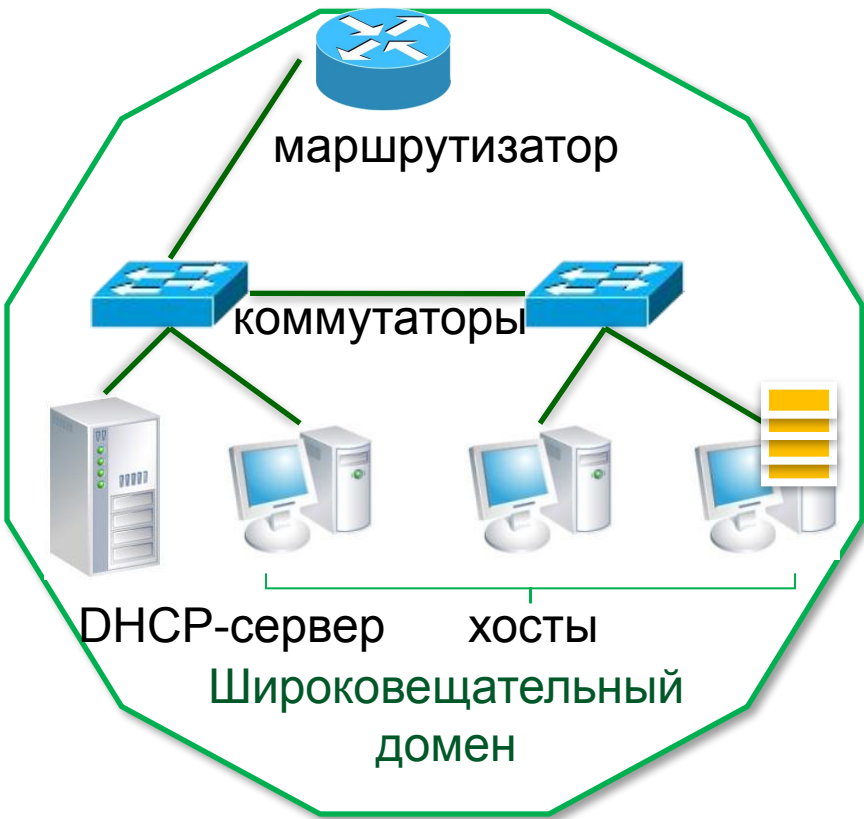
# Способы отправки пакетов

- ❖ **одноадресная передача (Unicast);**
- ❖ **широковещательная передача (Broadcast);**
- ❖ **многоадресная рассылка (Multicast)**
  - Internet Group Management Protocol (IGMP), межсетевой протокол управления группами;
  - + отправитель передает одну копию пакета данных всем членам группы;
  - UDP - протокол транспортного уровня.





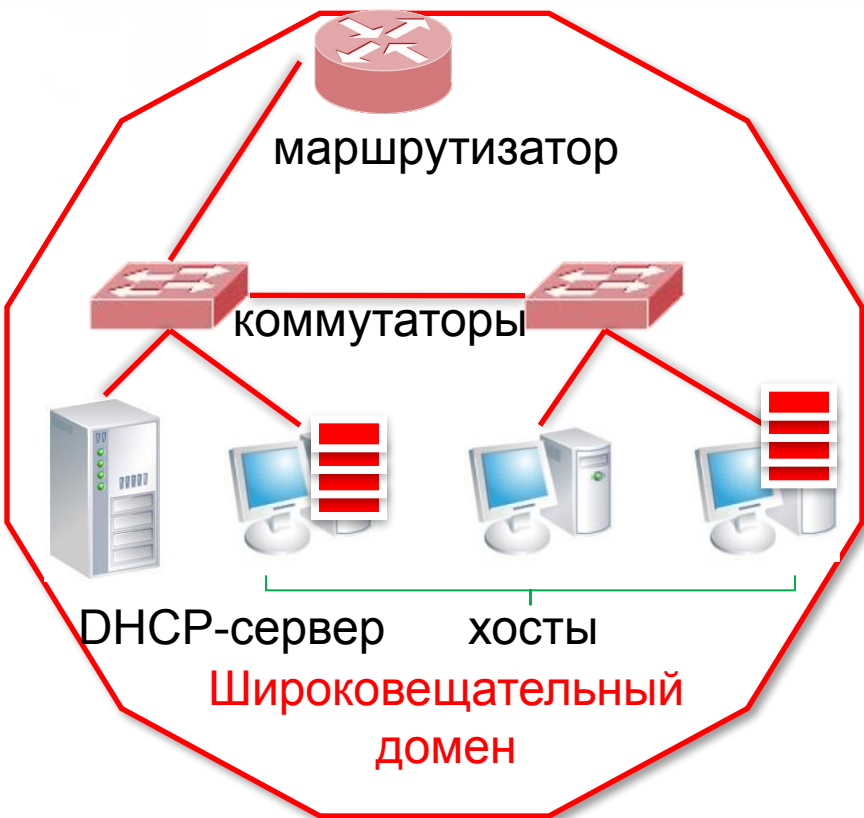
# Широковещательный домен







# Широковещательный шторм



**Широковещательный шторм (broadcast storm)** - передача большого количества широковещательных пакетов в сети, часто с последующим увеличением их количества.

## Причины:

- петли коммутации;
- атаки на сеть (например, Smurf-атака);
- неисправная сетевая карта. ( порт коммутатора);
- зараженные ПК.

## Защита:

- на всех портах коммутаторов доступа установить функцию «storm control», кроме up-link портов;
- разделить сеть на VLAN;
- включить функцию «LoopDetect»;
- использовать протоколы STP - блокирует петли на канальном уровне.



- ❖ **Пример IP адреса: 192.168.100.111**
- ❖ **Недостатки протокола IP:**
  - не подтверждается доставка пакетов;
  - не осуществляется контроль корректности полученных данных;
  - не выполняется операция квитирования;
  - протокол IP отправляет и обрабатывает дейтаграммы как независимые порции данных, гарантия доставки данных возложена на протоколы вышестоящего уровня (транспортный уровень, протокол TCP).





# Формат заголовка IP. Wireshark.

Capturing from Realtek RTL8139/810x Family Fast Ethernet NIC (Microsoft's Packet Scheduler) : \Device\NPF\_{A854EC0...}

Filter: ip

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
2491	237.01399	157.157.10.22	224.0.0.252	LLMNR	69	Standard query 0xe11b A NPI88EB0D
2492	237.01407	192.168.1.11	224.0.0.252	LLMNR	69	Standard query 0xe11b A NPI88EB0D
2495	237.11409	157.157.10.22	224.0.0.252	LLMNR	69	Standard query 0xe11b A NPI88EB0D

Frame 2491: 69 bytes on wire (552 bits), 69 bytes captured (552 bits) on interface 0

Ethernet II, Src: IntelCor\_49:81:de (00:1b:21:49:81:de), Dst: IPv4mcast\_00:00:fc (01:00:5e:00:00:fc)

Internet Protocol Version 4, Src: 157.157.10.22 (157.157.10.22), Dst: 224.0.0.252 (224.0.0.252)

- Version: 4
- Header length: 20 bytes
- Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00: Not-ECT (Not ECN-Capable))
- Total Length: 55
- Identification: 0x26aa (9898)
- Flags: 0x00
- Fragment offset: 0
- Time to live: 1
- Protocol: UDP (17)
- Header checksum: 0x0a5d [correct]
- Source: 157.157.10.22 (157.157.10.22)
- Destination: 224.0.0.252 (224.0.0.252)
- [Source GeoIP: Unknown]
- [Destination GeoIP: Unknown]

0000 01 00 5e 00 00 fc 00 1b 21 49 81 de 08 00 45 00 ..A....!I...E.  
0010 00 37 26 aa 00 00 01 11 0a 5d 9d 9d 0a 16 e0 00 .7&.....].....  
0020 00 fc f7 d8 14 eb 00 23 7f c1 e1 1b 00 00 00 01 ..#.....  
0030 00 00 00 00 00 00 09 4e 50 49 38 38 45 42 30 44 .....N PI88EB0D  
0040 00 00 01 00 01 .....

Internet Protocol Version 4 (ip), 20 bytes Pack... Profile: Default





# Адресация в IP сетях

- ❖ Разрабатывалась для больших сетей с ненадежной доставкой.
- ❖ Адрес - уникальный 32-разрядный номер.
- ❖ В адресе закодирована сетевая и узловая части.
- ❖ Адрес описывает соединение, а не оборудование сети.
- ❖ Некоторые адреса зарезервированы.
- ❖ Требуется механизм сопоставления с адресами канального уровня.





# Десятично-точечная нотация IP адреса



**10000001 00001011 00000010**

**00011110**

Идентификатор сети

Идентификатор  
хоста



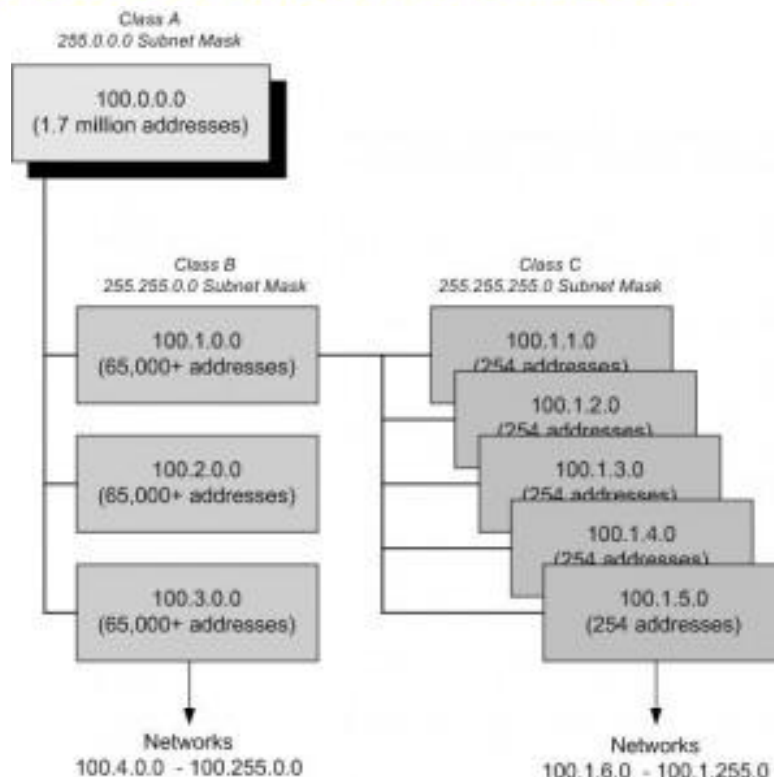


# Классовая модель IP адресации



Класс А  
 Класс В  
 Класс С  
 Класс D  
 Класс E

XX Идентификатор сети  
 XX Идентификатор узла  
 10 Определяющие биты  
 XX Групповой адрес  
 XX Зарезервировано





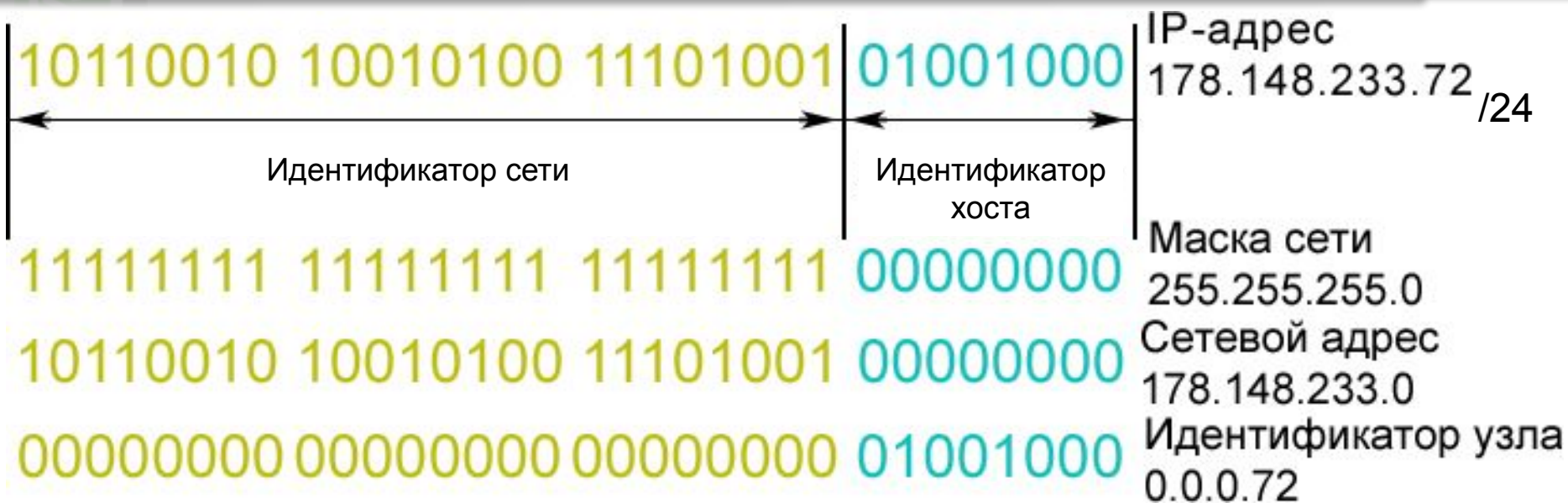
# Диапазоны IP-адресов классов

Класс	Наименьший адрес	Наибольший адрес
A	0000 0001 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1. 0. 0. 0	0111 1110 0000 0000 0000 0000 0000 0000 126. 0. 0. 0
B	1000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 128. 0. 0. 0	1011 1111 1111 1111 0000 0000 0000 0000 191. 255. 0. 0
C	1100 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 192. 0. 0. 0	1101 1111 1111 1111 1111 1111 0000 0000 223. 255. 255. 0
D	1110 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 224. 0. 0. 0	1110 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 239. 255. 255. 255
E	1111 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 240. 0. 0. 0	1111 0111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 247. 255. 255. 255

Характеристика	Класс		
	A	B	C
Номер сети	W	W.X	W.X.Y
Номер узла	X.Y.Z	Y.Z	Z
Возможное количество сетей	126	16 384	2 097 151
Возможное количество узлов	16 777 214	65 534	254
Запись адреса сети в целом	W.0.0.0	W.X.0.0	W.X.Y.0
Широковещательный адрес в сети	W.255.255.255	W.X.255.255	W.X.Y.255



# Сетевая маска



Маска	Префикс	Количество адресов	Количество узлов в сети
255.255.255.252	/30	4	2
255.255.255.248	/29	8	6
255.255.255.240	/28	16	14
255.255.255.224	/27	32	30
255.255.255.192	/26	64	62
255.255.255.128	/25	128	126
255.255.255.0	/24	256	254

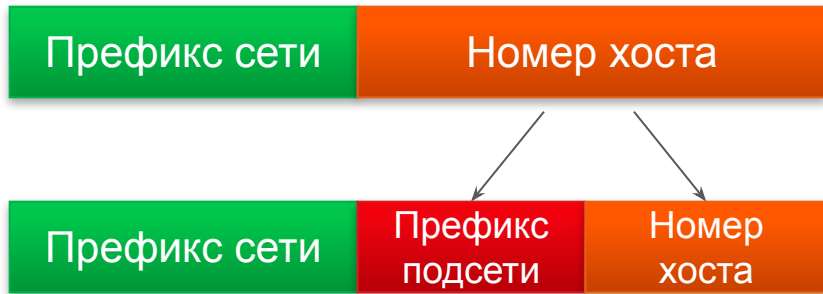






# Бесклассовая модель IP адресации

Маска сети может быть отличной от стандартных, «классовых» масок.  
**Subnetting** - разделение «классовых» сетей на более мелкие подсети.  
**Supernetting** - объединение «классовых» сетей в одну большую сеть.



131 . 107 . 0 . 0

1000011.01101011.00000000.00000000

11111111.11111111.00000000.00000000

11111111.11111111.11000000.00000000

1000011.01101011.00000000.00000000

1000011.01101011.01000000.00000000

1000011.01101011.10000000.00000000

1000011.01101011.11000000.00000000

## «Subnetting»

сеть

Маска подсети по умолчанию 255.255.0.0

Новая маска подсети 255.255.192.0

Создано 4 новых сети:

131.107.0.0;

131.107.64.0;

131.107.128.0;

131.107.192.0;



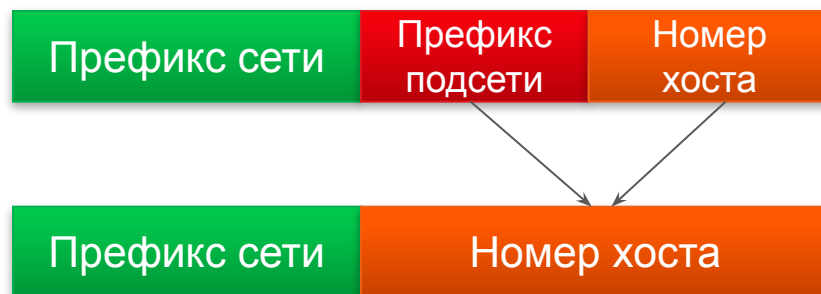
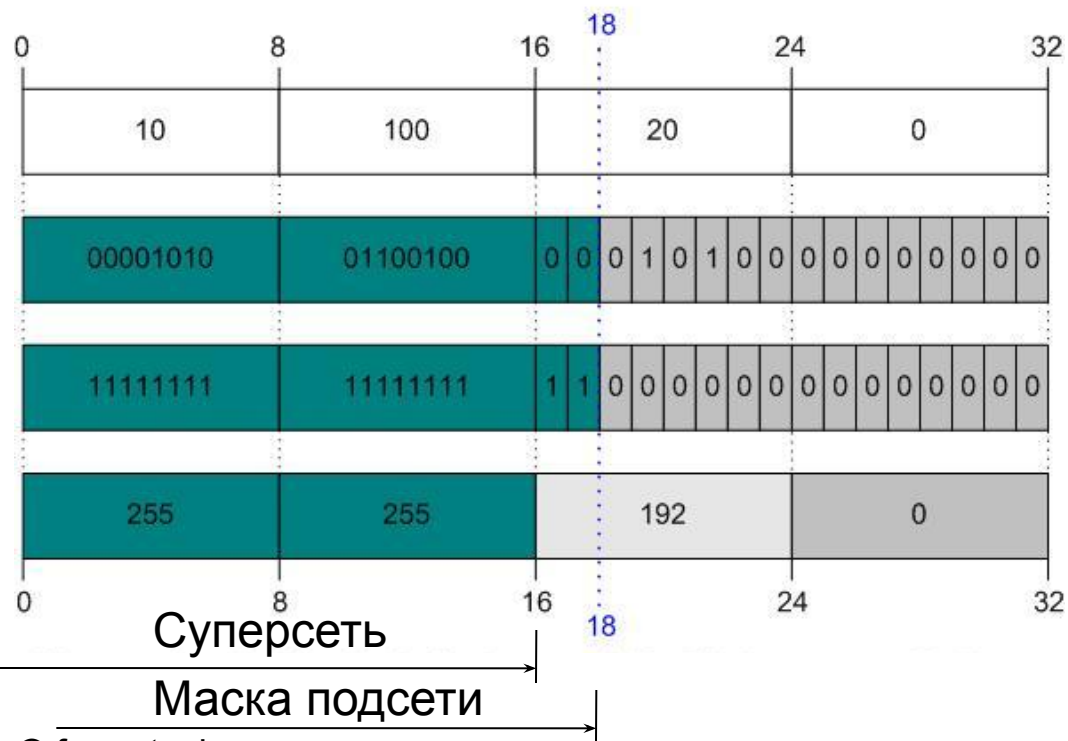


# Бесклассовая модель IP адресации

Маска сети может быть отличной от стандартных, «классовых» масок.  
**Subnetting** - разделение «классовых» сетей на более мелкие подсети.  
**Supernetting** - объединение «классовых» сетей в одну большую сеть.

## «Supernetting»

10.100.20.0/18



10.100.0.0/18

10.100.192.0/18

10.100.192.0/16





# Специальные адреса (зарезервированные)

- ❖ **Адреса зарезервированные для закрытых локальных сетей:**
  - 10.0.0.0/8;
  - 172.16.0.0 - 172.31.255.255;
  - 192.168.0.0 - 192.168.255.255;
- ❖ **Специальные адреса (зарезервированные):**
  - 127.0.0.1 - это адрес обратной связи (loopback), по умолчанию назначают имя localhost;
  - 255.255.255.255;
  - 0.0.0.0/0;
- ❖ **Широковещательный (broadcast) адрес сети.** Пакеты, посланные на широковещательный адрес, должны принимать все компьютеры этой сети (последний адрес сети, кроме случая, когда используется маска 32, для указания одного unicast-адреса, например - 83.149.236.36/32).
- ❖ **Групповой адрес (multicast).** Предназначен для группы хостов.
  - **Пример**, адрес 224.0.0.5 - адрес OSPF - маршрутизаторов, т.е. все OSPF - маршрутизаторы обязаны принимать пакеты с адресом назначения 224.0.0.5.





# Примеры для решения...

## Class C

**200.10.1.1**  
**255.255.255.0**

**129.10.53.2**  
**255.255.0.0**

**9.0.1.2**  
**255.0.0.0**

**Block size**  $2^8=256$

?

?

**Use Addr**  $2^8-2 = 254$

?

?

**Networks**  $2^{24}=16000000$

?

?

**Net address** 200.10.1.0

?

?

**Broadcast address** 200.10.1.255

?

?

**First use** 200.10.1.1

?

?

**Last use** 200.10.1.254

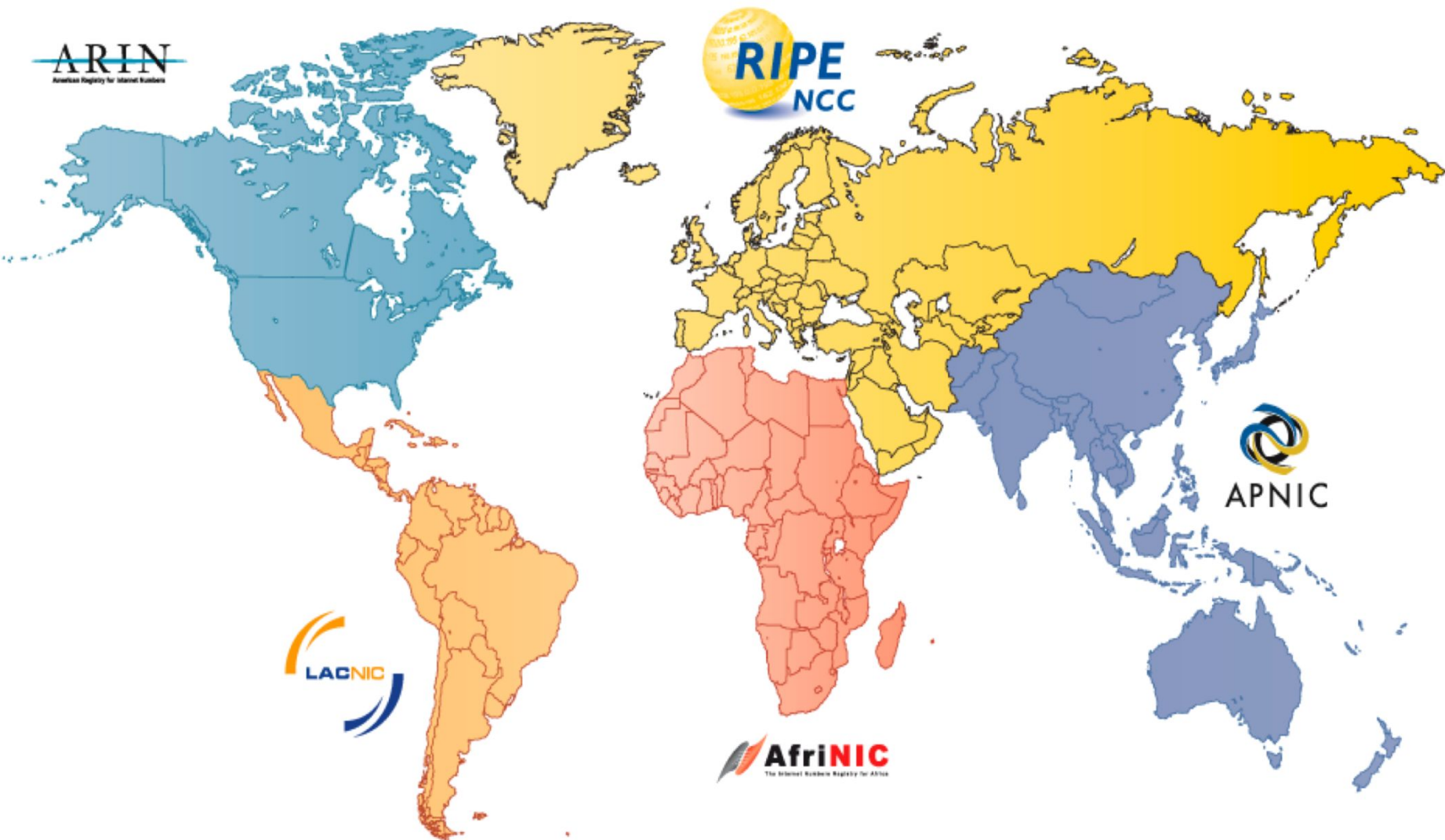
?

?





# Ограниченность ресурсов IPv4



Приватные адреса не маршрутизируются!



# IP-маршрутизация



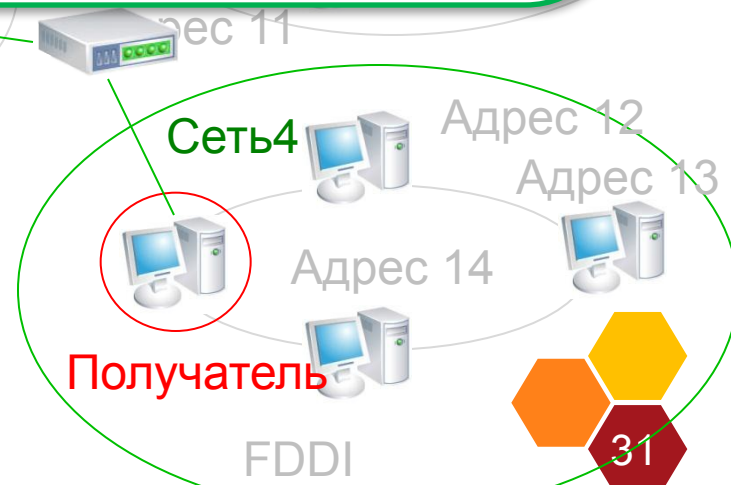
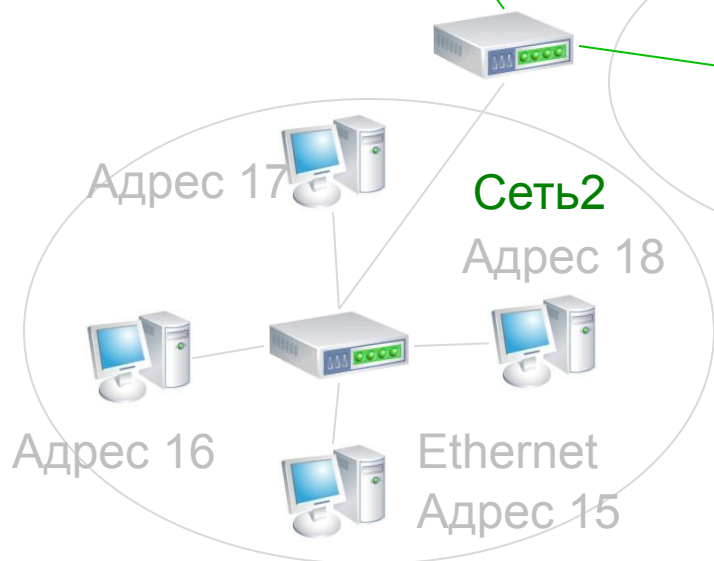
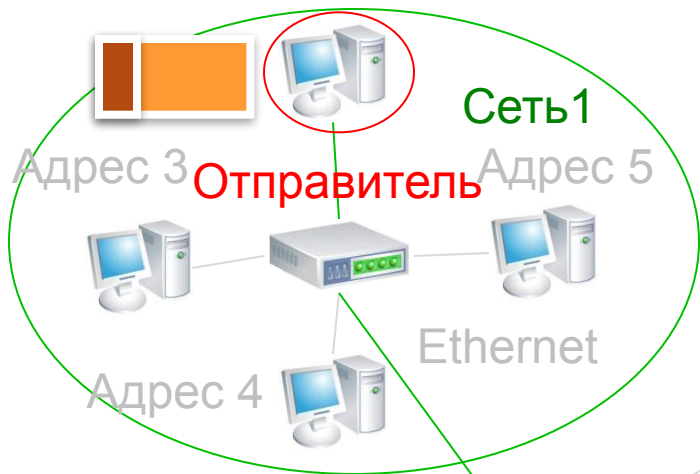


# IP-маршрутизация



## Основные компоненты маршрутизации:

1. Определение оптимальных трактов маршрутизации;
2. Транспортировка пакетов через объединенную сеть.



PPP

Адрес 11

Адрес 10

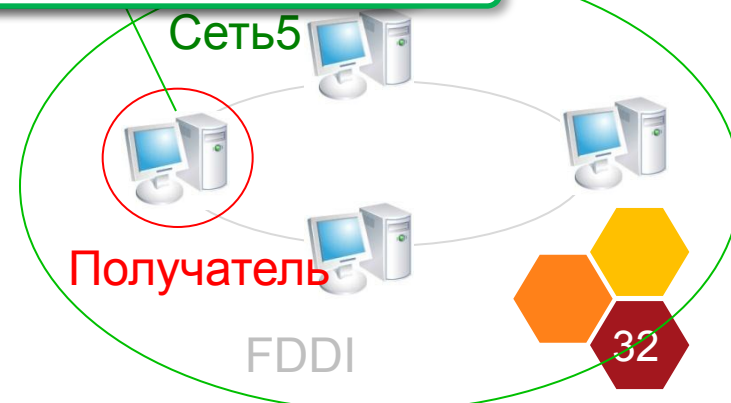
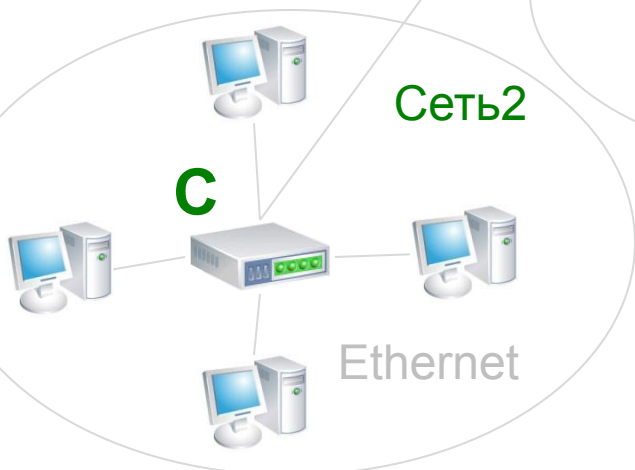
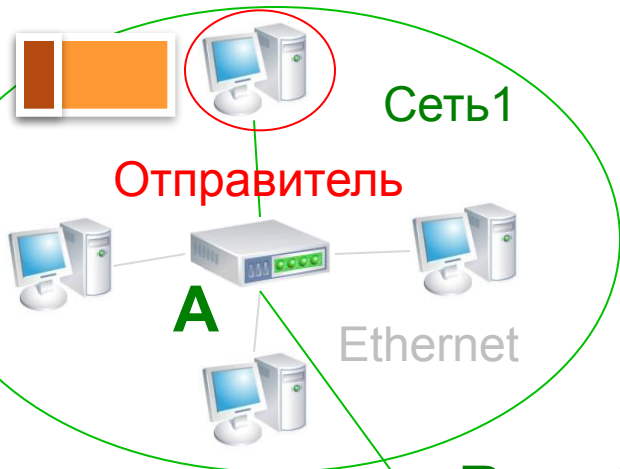


# Определение оптимальных трактов маршрутизации

## Таблица маршрутизации

«пункт назначения – следующая пересылка»

Чтобы достичь сети:	Пересылай пакеты на:
1	Узел А
2	Узел В
...	...
<b>В остальных случаях</b>	<b>Узел А</b>







# Определение оптимальных трактов маршрутизации

Для обмена маршрутной информацией используются протоколы:

**Внутренние:**

1. Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP)

1.1. **RIP** (Routing Information Protocol) v1, v2 (используется v2)

1.2. **IGRP** (не используется)

1.3. **EIGRP** (используется)

2. Link-state routing protocols

2.1. **IS-IS** (не используется)

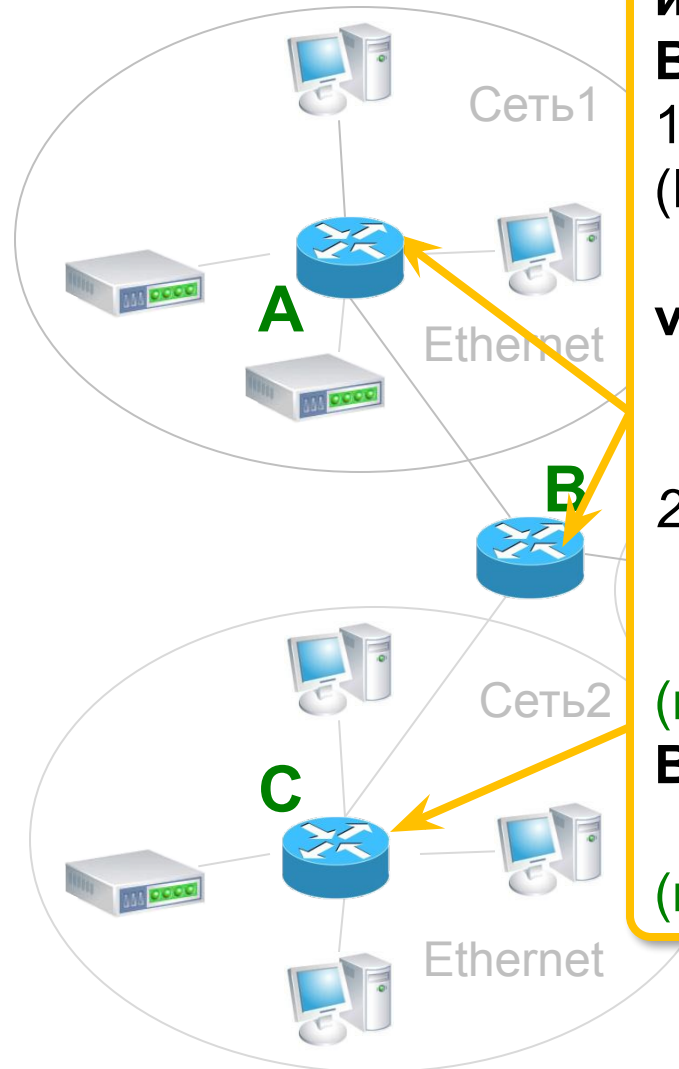
2.2. **OSPF** (Open Shortest Path First)

(используется)

**Внешний:**

**BGP** (*Border Gateway Protocol*)

(используется)





# Фрагментация IP пакетов

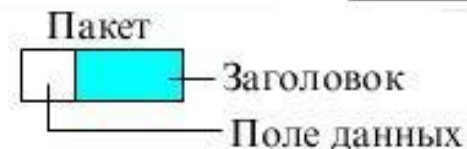
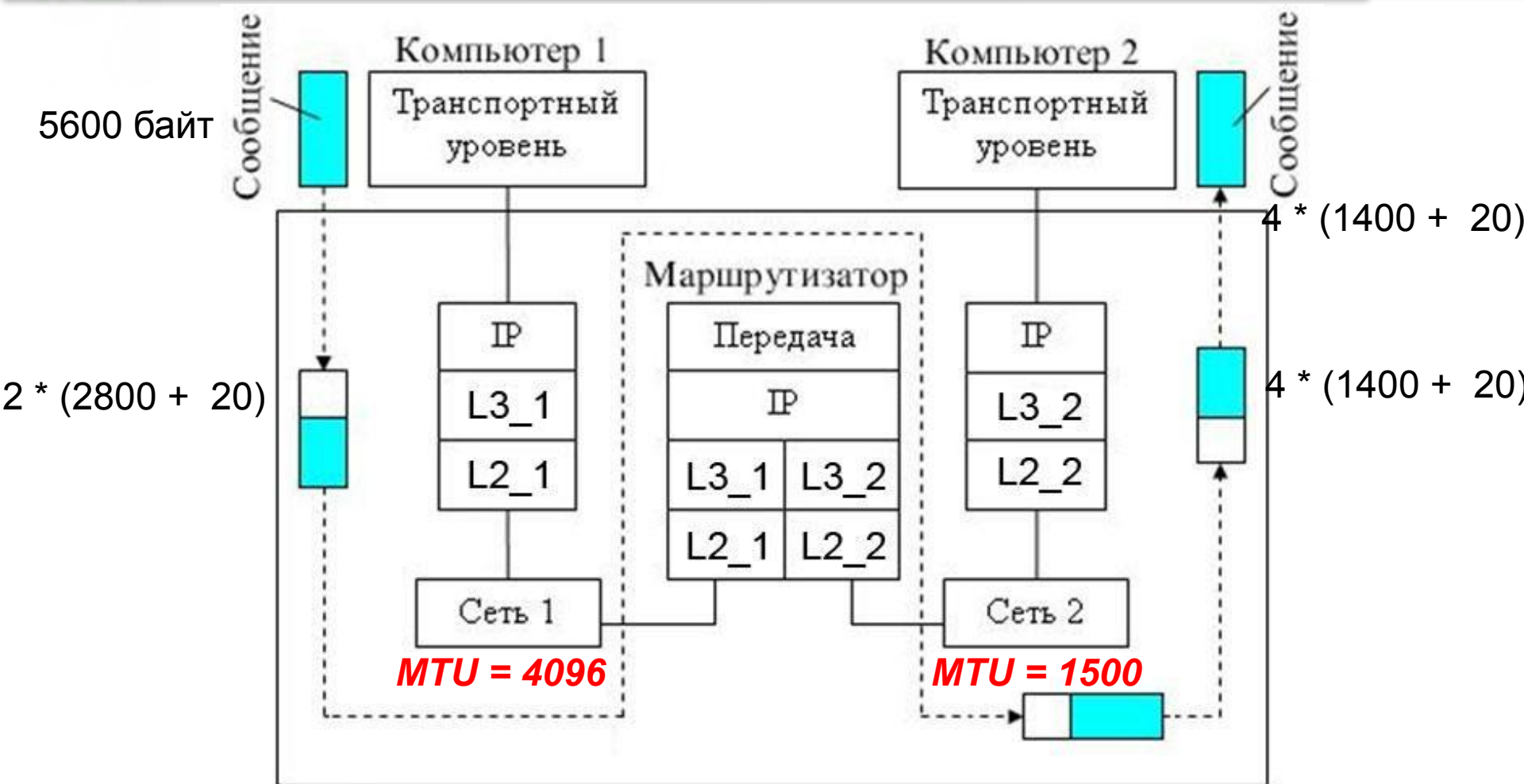
Допустимый размер поля данных кадров канального уровня (Maximum Transfer Unit, MTU):

Сеть	MTU, байт
Ethernet	1500
X.25	128
FDDI	4500





# Фрагментация IP пакетов



L2\_X - физический уровень сети X;  
L3\_X - канальный уровень сети X.





## Основные решаемые задачи:

- ❖ Возможность доступа к глобальной сети миллиардов хостов даже при нерациональном использовании адресного пространства.
- ❖ Сокращение размера таблиц маршрутизации.
- ❖ Упрощение протокола для ускорения обработки пакетов маршрутизации.
- ❖ Повышение уровня безопасности протокола.
- ❖ Упрощение работы многоадресных рассылок с помощью указания областей рассылки.
- ❖ Перспективы дальнейшего развития протокола в будущем.
- ❖ Организация совместимости старого и нового протокола.





# Особенности IPv6

1. Позволяет обеспечить практически неограниченный запас интернет – адресов.
2. Маршрутизаторы могут быстрее обрабатывать пакеты, что повышает производительность.
3. Улучшенная поддержка необязательных параметров.
4. Повышен уровень безопасности, аутентификация и конфиденциальность являются ключевыми чертами нового IP-протокола.
5. Уделено больше внимание типу предоставляемых услуг. Для этой цели в заголовке пакета IPv4 было отведено 8-разрядное поле.
6. Поддержка мобильности в IP.





# Протокол IPv6: Типы адресов

- ❖ **Unicast** - идентификатор одиночного интерфейса.
- ❖ **Anycast** - Идентификатор набора интерфейсов (принадлежащих разным узлам).
- ❖ **Multicast** - Идентификатор набора интерфейсов (обычно принадлежащих разным узлам).





# Заголовок IPv6

Октет	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
0	Версия			Приоритет			Метка потока																													
4	Длина полезной нагрузки												Следующий заголовок						Мах число транзитных узлов																	
8 - 20	IP-адрес отправителя																																			
24 - 36	IP-адрес получателя																																			
	Дополнительный заголовок (необязательно)																																			
	Данные																																			

## Дополнительные заголовки:

- Параметры маршрутизации – информация для маршрутизаторов;
- Параметры получения – дополнительная информация для получателя
- Маршрутизация – частичный список транзитных маршрутизаторов на пути пакета;
- Фрагментация – управление фрагментами дейтаграмм;
- Аутентификация – проверка подлинности отправителя;
- Шифрованные данные – информация о зашифрованном содержимом.





# Формы представления IPv6

## ❖ Форма шестнадцатеричных чисел и двоеточий

формат n:n:n:n:n:n:n:n

7FA3:FFFA:2626:ACD3:2244:BF97:3212:4137

## ❖ Сжатая форма

- адрес групповой рассылки

FFEA:0:0:0:0:CA28:1210:4362

FFEA::CA28:1210:4362 (сжатая форма)

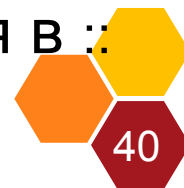
- адрес одноадресной рассылки

3FFE:FFFF:0:0:8:800:02A1:0

3FFE:FFFF::8:800:02A1:0 (сжатая форма)

- шлейфовый адрес 0:0:0:0:0:0:0:1 в сжатой форме выглядит так ::1

- неопределенный адрес 0:0:0:0:0:0:0:0 превращается в ::







# Формы представления IPv6

- ❖ **Форма шестнадцатеричных чисел и двоеточий**
- ❖ **Сжатая форма**
- ❖ **Смешанная форма**

формат n:n:n:n:n:n:d.d.d.d

- 0:0:0:0:0:0:19.8.62.32
- 0:0:0:0:0:FFFF:111.214.2.34

или в сжатом виде:

- ::73.3.68.45
- ::F2F3:129.131.32.31





- ❖ сетевой уровень - функциональная надстройка над канальным уровнем для объединения сетей;
- ❖ главными функциями сетевого уровня являются:
  - обеспечение единой системы адресации,
  - маршрутизация пакетов данных,
  - обеспечение сквозной передачи данных;
- ❖ протокол IP определяет схему адресации узлов сети и обеспечивает маршрутизацию и фрагментацию пакетов;
- ❖ совместно с протоколом IP используются вспомогательные протоколы сетевого уровня:
  - ARP (Address Resolution Protocol);
  - ICMP (Internet Control Message Protocol);
  - протоколы динамической маршрутизации – для автоматизации построения таблиц маршрутизации.





НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЦЕНТР  
ФОРС

# Вопросы?

