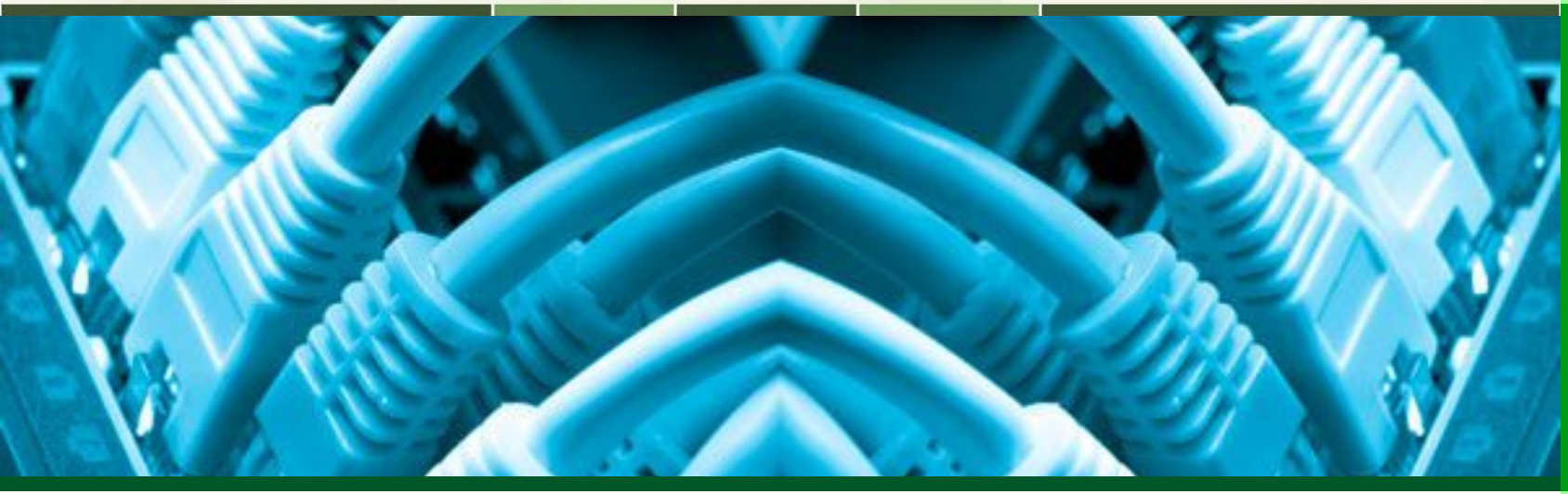
НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР
ФОРС



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

© fors.gtechs.ru

Содержание

- Классовая модель IP адрессции
- 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

© fors.gtechs.ru

Сетевой уровень

- **Цель:**

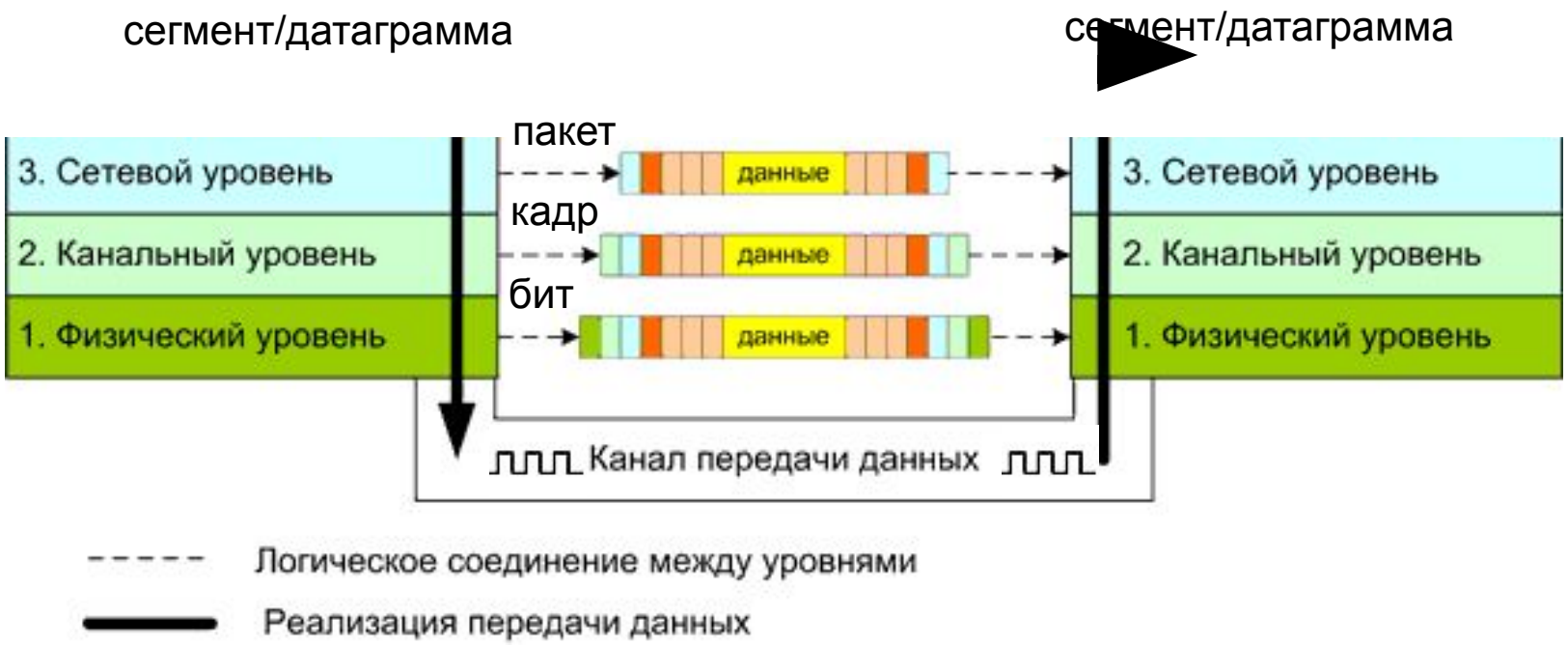
  Решение задачи доставки данных в заданные точки сети.

  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.

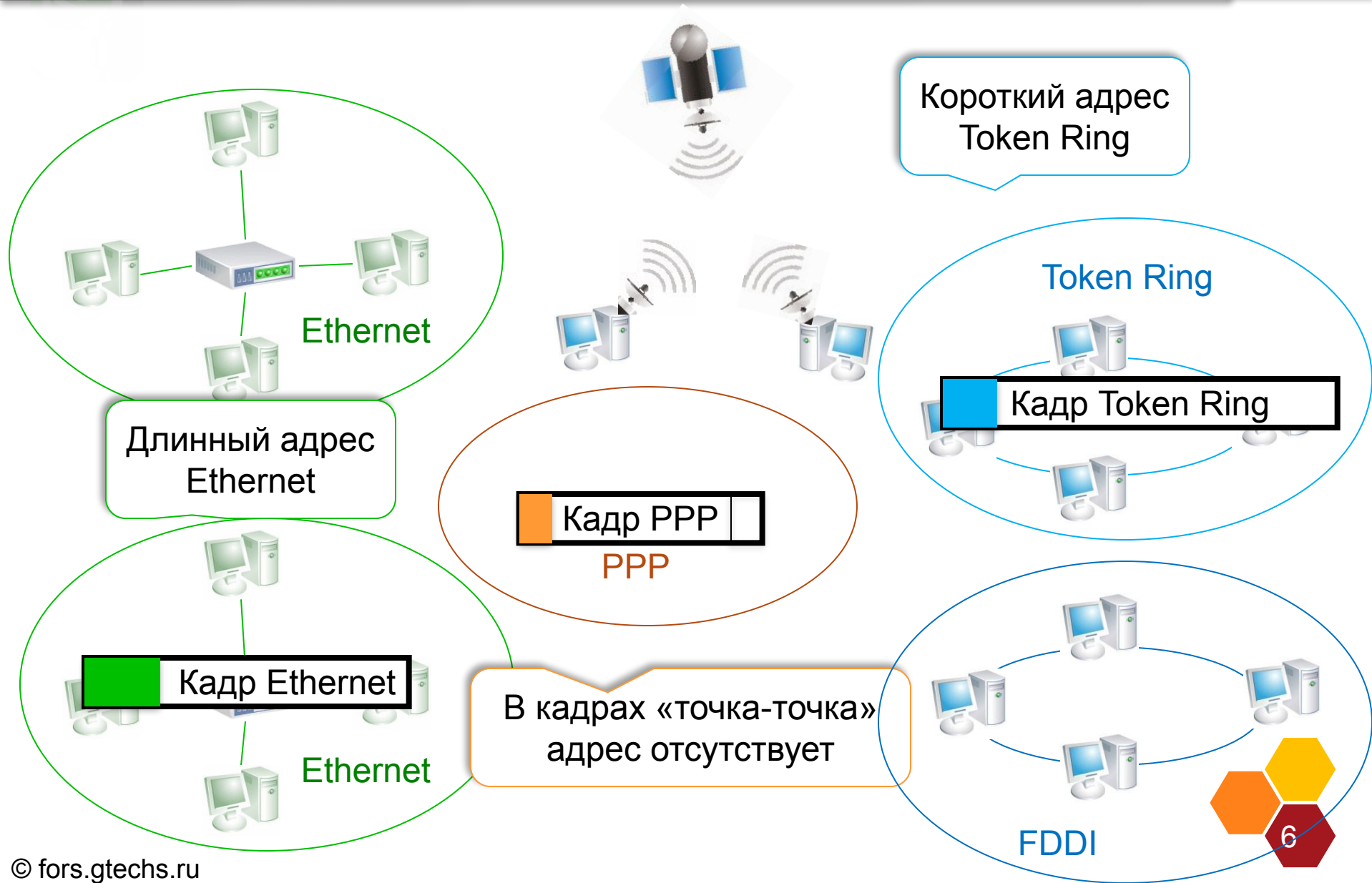
© fors.gtechs.ru

Сетевой уровень



© fors.gtechs.ru

Объединенная сеть



© fors.gtechs.ru

Объединенная сеть

Адреса, присваиваемые на сетевом уровне, не зависят от MAC

Шлюз – это компьютер, который одновременно подключен к нескольким сетям

Адрес 1
Сеть1
Адрес 3
Адрес 5
Адрес 4

Token Ring
Адрес 8
Адрес 9
Адрес 10

Сеть3
PPP

Адрес 17
Сеть2
Адрес 18
Адрес 16
Ethernet
Адрес 15

Сеть4
Адрес 12
Адрес 13
Адрес 14
Адрес 2
FDDI

© fors.gtechs.ru

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

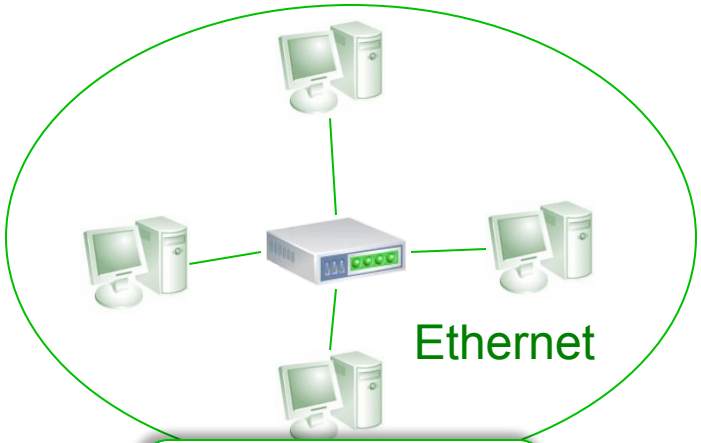
- **I**nternet **P**rotocol
- **I**nternet **C**ontrol **M**essage Protocol
- **A**ddress **R**esolution **P**rotocol
- **R**everse **A**ddress **R**esolution **P**rotocol
- **R**outing **I**nternet **P**rotocol
- **O**pen **S**hortest **P**ath **F**irst

© fors.gtechs.ru

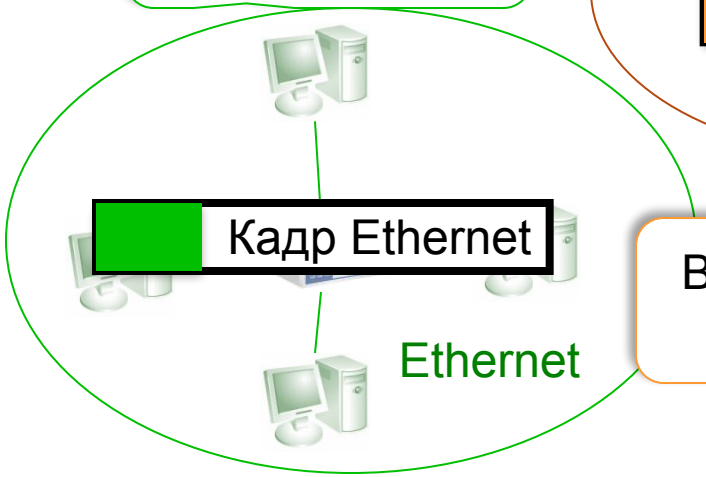
Функциональная модель маршрутизатора

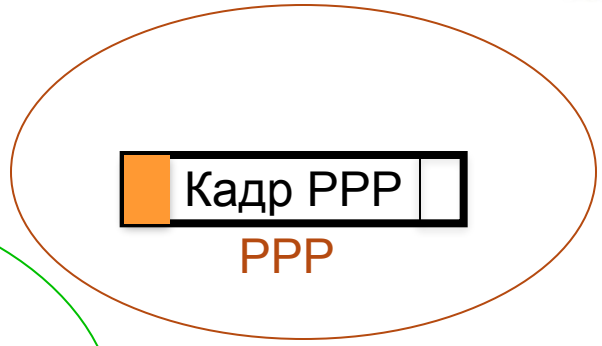
© fors.gtechs.ru

Протокол IP (Internet Protocol)



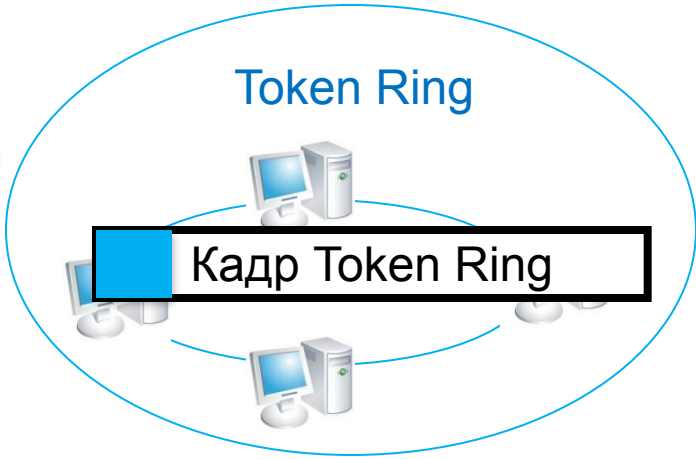
Длинный адрес Ethernet

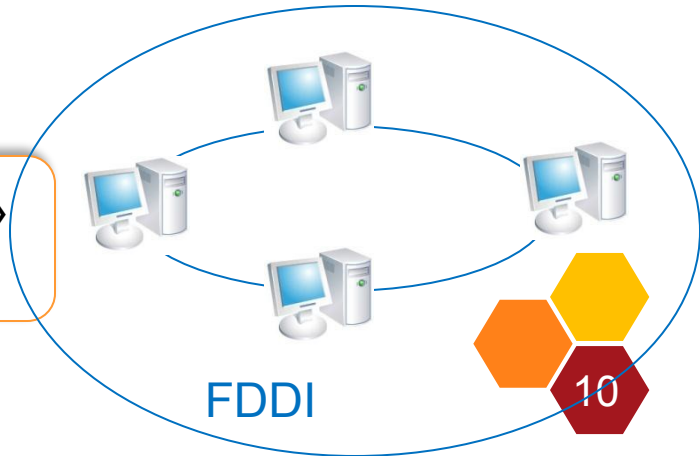




В кадрах «точка-точка» адрес отсутствует

Короткий адрес Token Ring





© fors.gtechs.ru

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-потоком).

© fors.gtechs.ru

Протокол IP (Internet Protocol)

7 Прикладной уровень
(Application Layer)

6 Представительский
(Presentation Layer)

5 Сеансовый уровень
(Session Layer)

Сегмент транспортного уровня

4 Транспортный уровень
(Transport Layer)

3 Сетевой уровень
(Network Layer)

IP-пакет

заголовок | данные

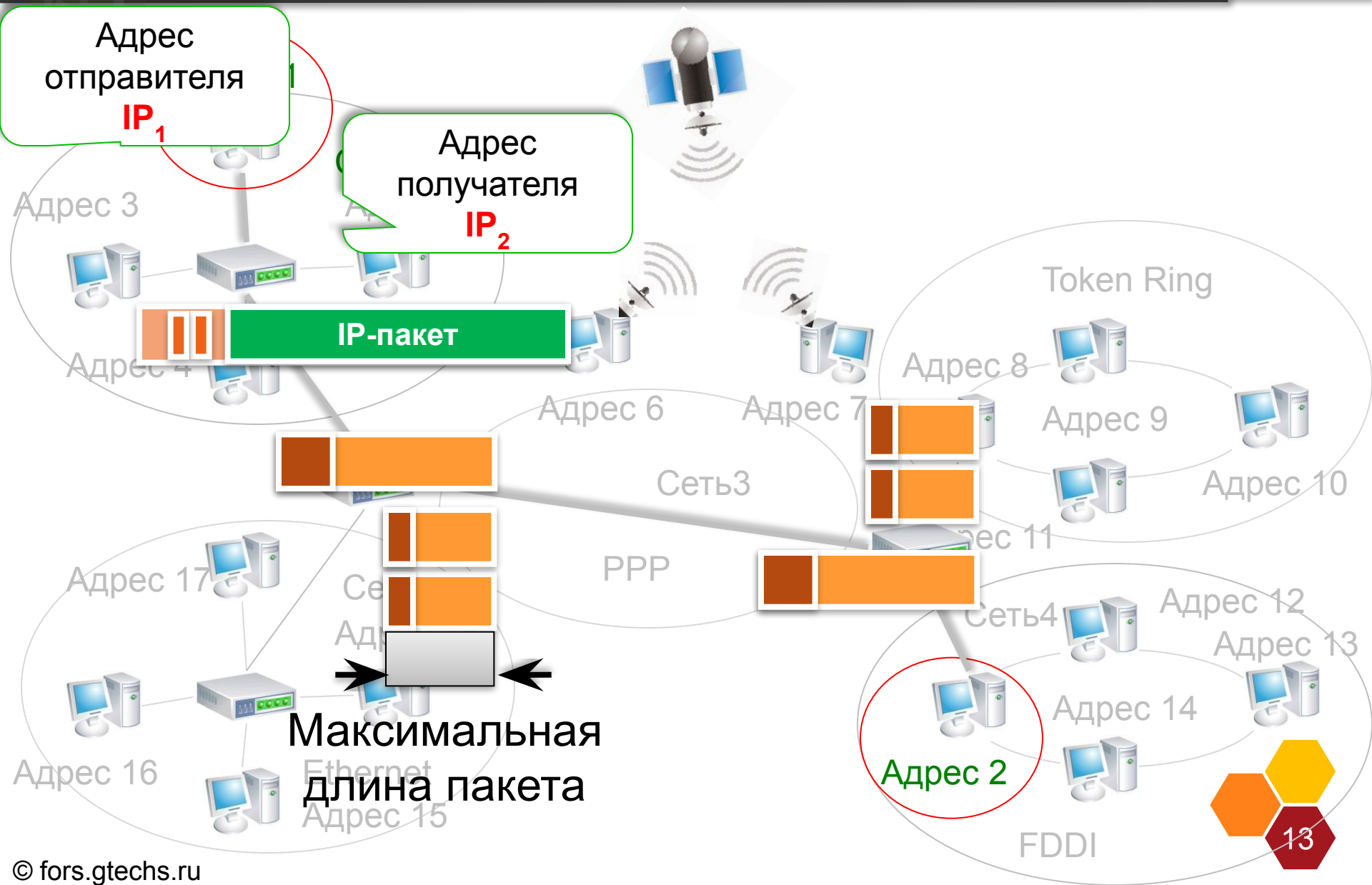
2 Канальный уровень
(Data Link Layer)

заголовок | данные

1 Физический уровень (*Physical Layer*)

© fors.gtechs.ru

Протокол IP (адресация, фрагментация)



© fors.gtechs.ru

Резюме

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

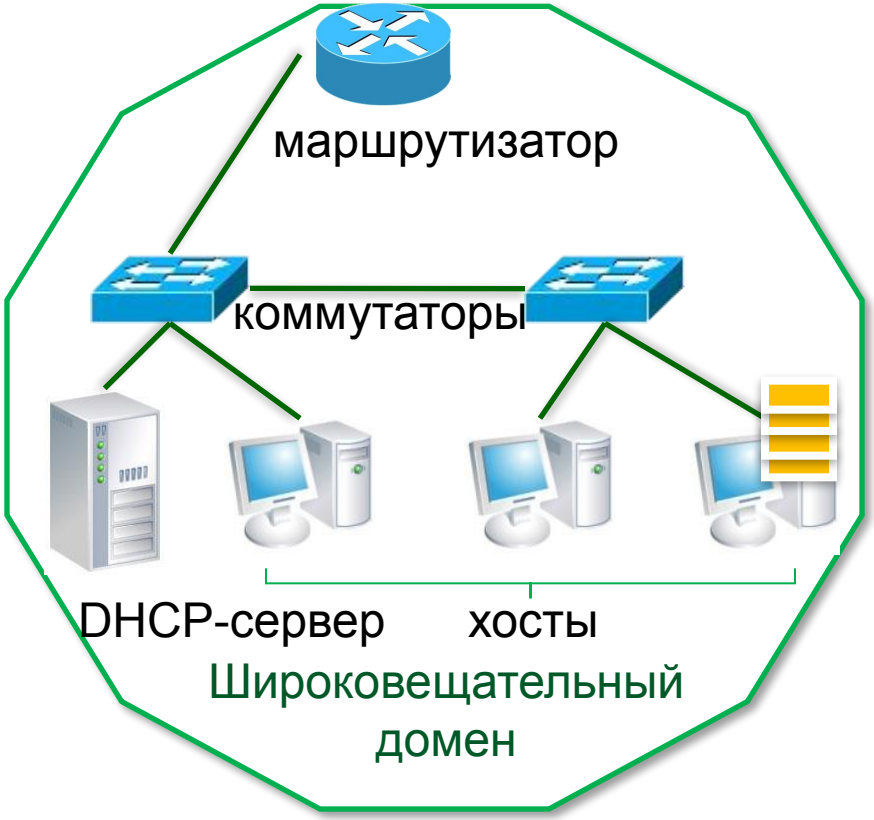
© fors.gtechs.ru

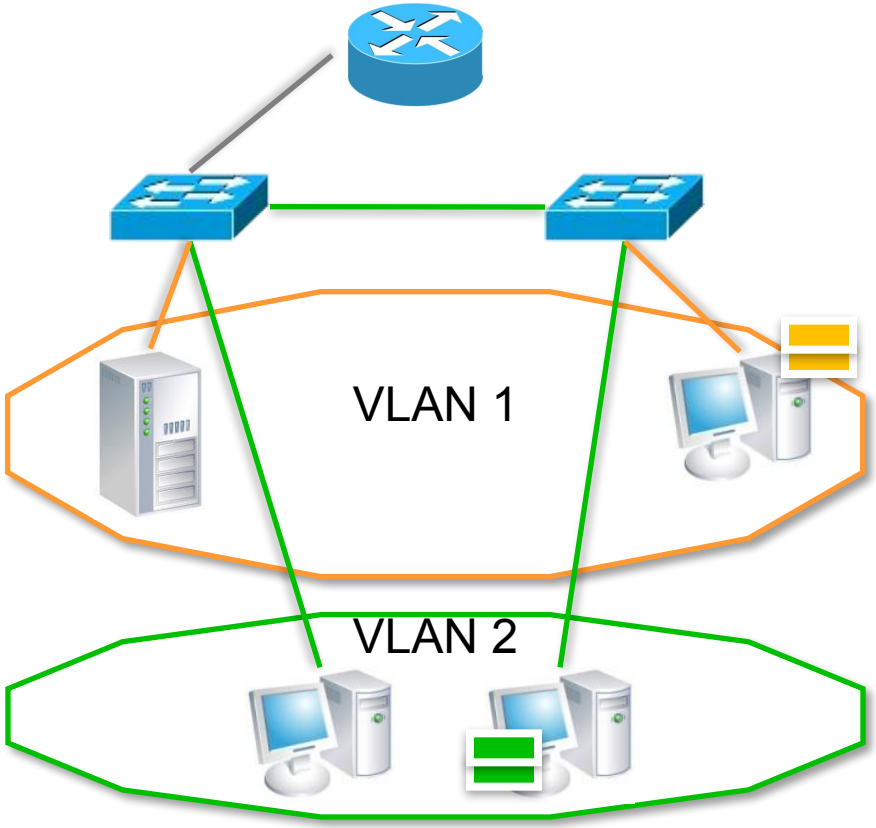
Способы отправки пакетов

- **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.

© fors.gtechs.ru

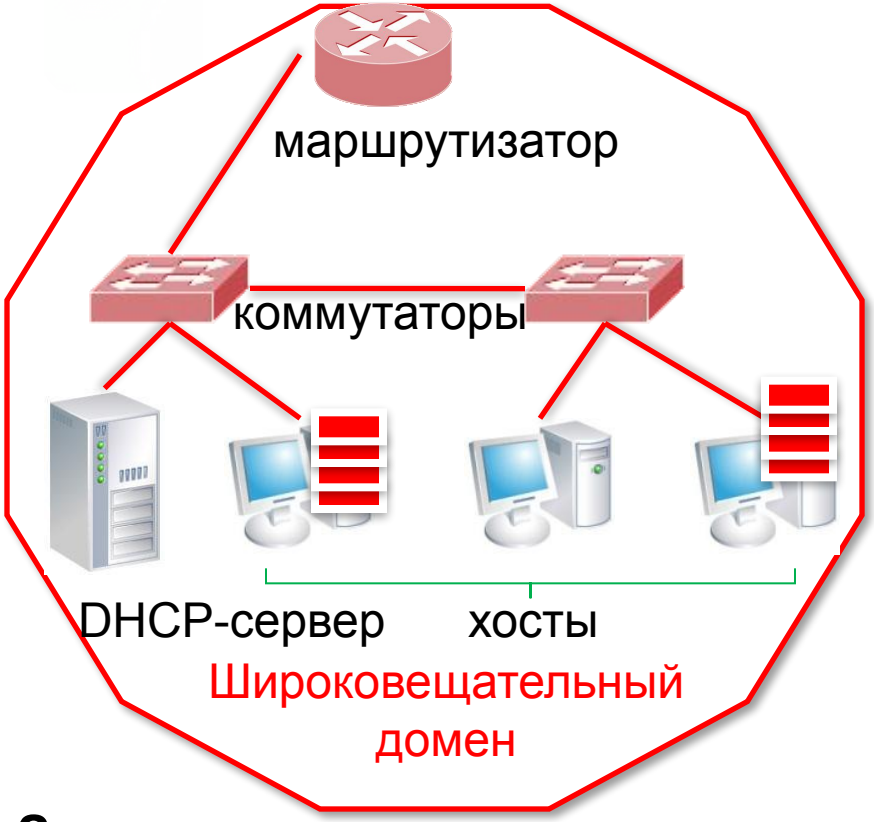
Широковещательный домен





© fors.gtechs.ru

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.

© fors.gtechs.ru

Протокол IPv4

- **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 возложены на протоколы вышестоящего уровня (транспортный уровень, протокол TCP).

© fors.gtechs.ru

Формат заголовка IP. Wireshark.

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

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: ip Expression... Clear Apply Save

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 (01:00:5
⊟ Internet Protocol Version 4, Src: 157.157.10.22 (157.157.10.22), Dst: 224.0.0.252 (224.0.
    Version: 4
    Header length: 20 bytes
  ⊞ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00: Not-ECT (Not ECN-Ca
    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   ..^..... !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

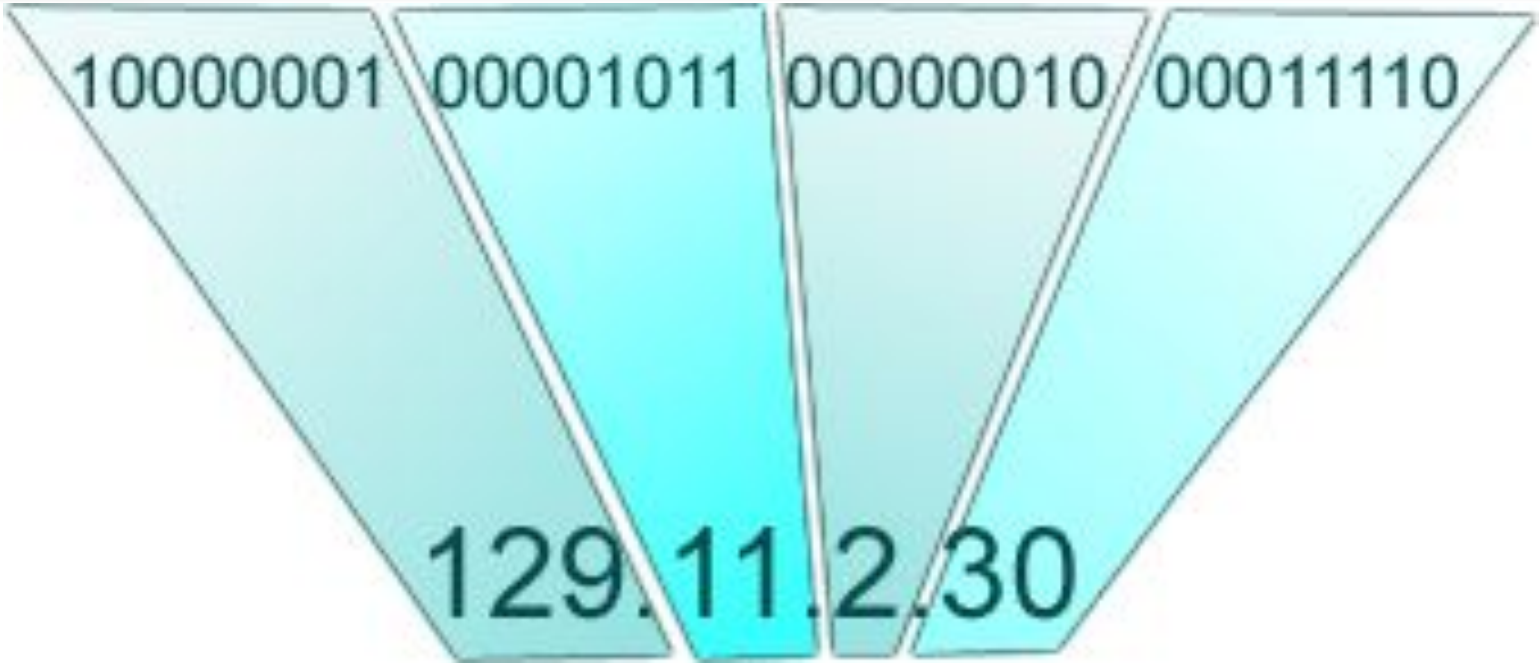
© fors.gtechs.ru

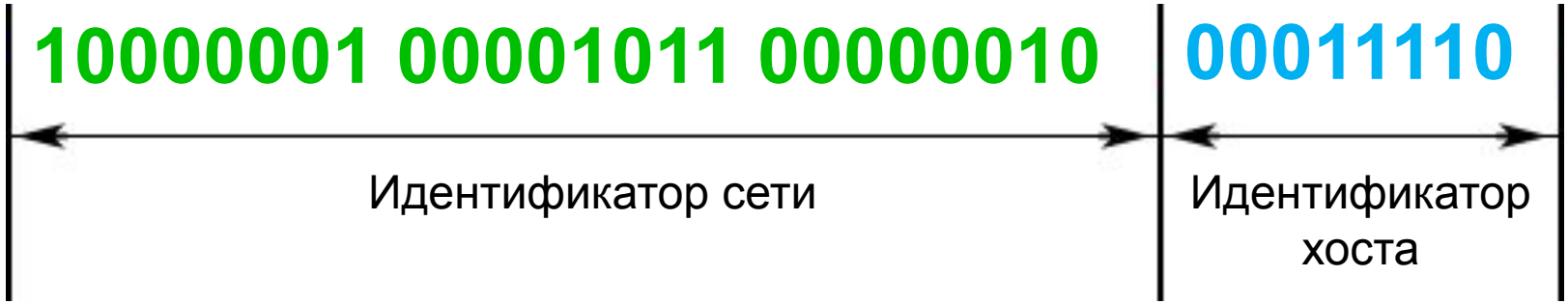
Адресация в IP сетях

- 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.

© fors.gtechs.ru

Десятично-точечная нотация IP адреса



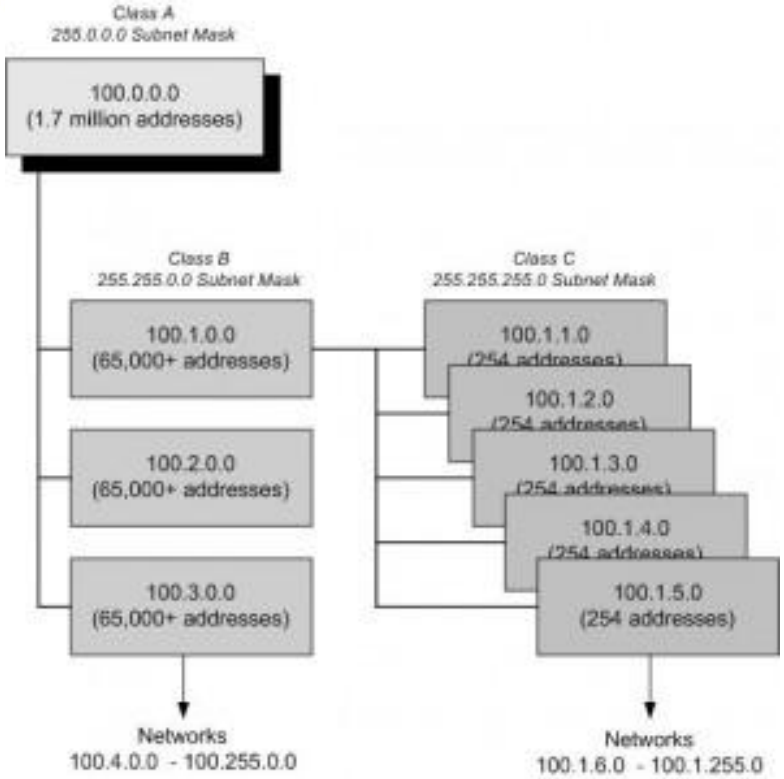


© fors.gtechs.ru

Классовая модель IP адрессции

0XXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	Класс A
10XXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	Класс B
110XXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	Класс C
1110XXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	Класс D
11110XXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXXXXXX	Класс E

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



© fors.gtechs.ru

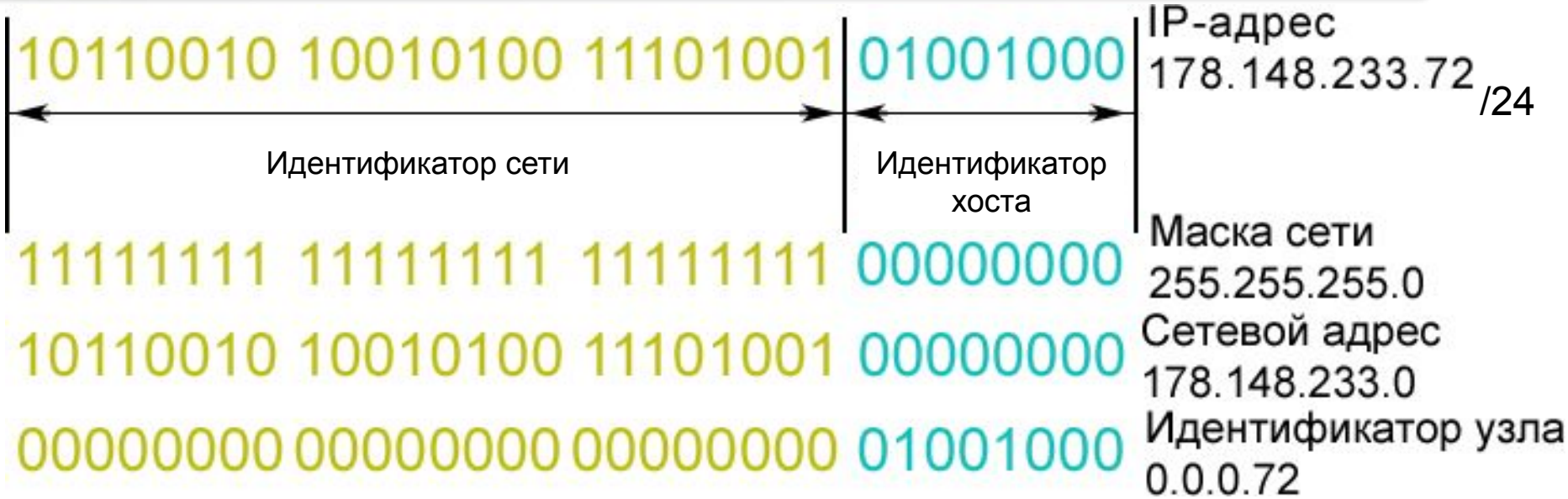
Диапазоны IP-адресов классов

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

© fors.gtechs.ru

Сетевая маска

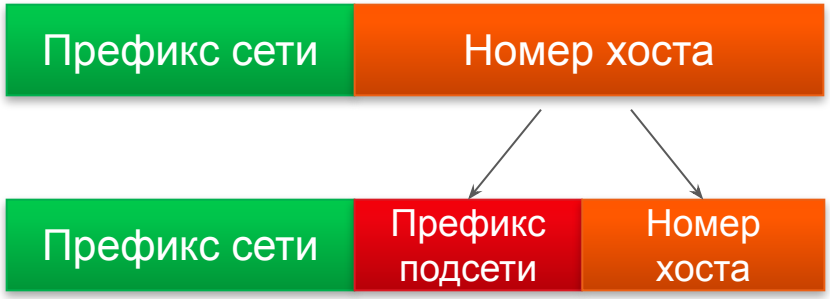


Маска	Префикс	Количество адресов	Количество узлов в сети
255.255.255.252	/30	4	2
255.255.255.248	/29	8	6
255.255.255.240	/28	16	14
255.255.255.224	/27	32	30
255.255.255.192	/26	64	62
255.255.255.128	/25	128	126
255.255.255.0	/24	256	254

© fors.gtechs.ru

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.



«Subnetting»

131 . 107 . 0 . 0	
10000011.01101011.00000000.00000000	сеть
11111111.11111111.00000000.00000000	Маска подсети по умолчанию 255.255.0.0
11111111.11111111.11000000.00000000	Новая маска подсети 255.255.192.0
10000011.01101011.00000000.00000000	Создано 4 новых сети:
10000011.01101011.01000000.00000000	131.107.0.0;
10000011.01101011.10000000.00000000	131.107.64.0;
10000011.01101011.11000000.00000000	131.107.128.0;
	131.107.192.0;

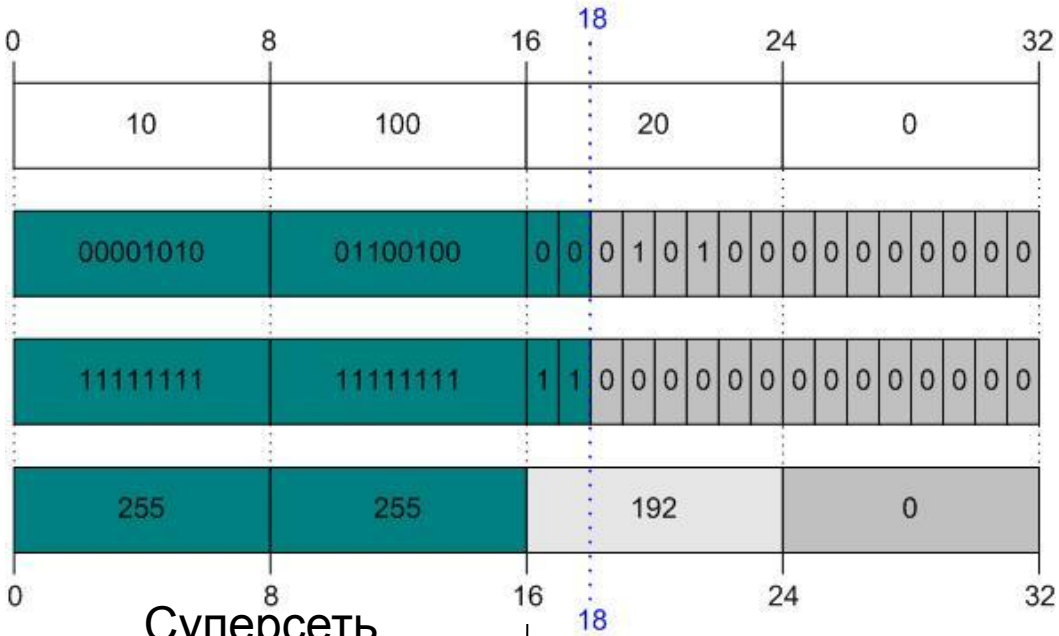
© fors.gtechs.ru

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



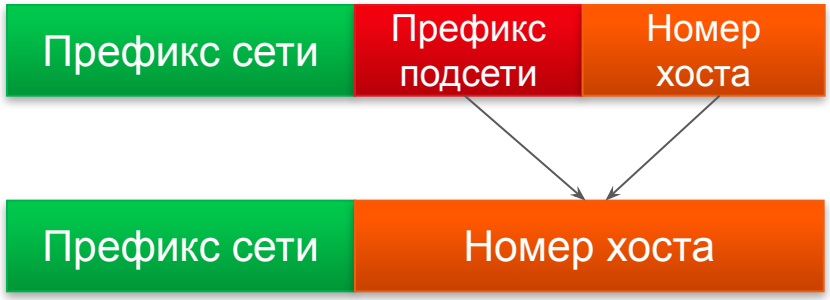
10.100.0.0/18

10.100.192.0/18

10.100.192.0/16

Суперсеть

Маска подсети



© fors.gtechs.ru

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.

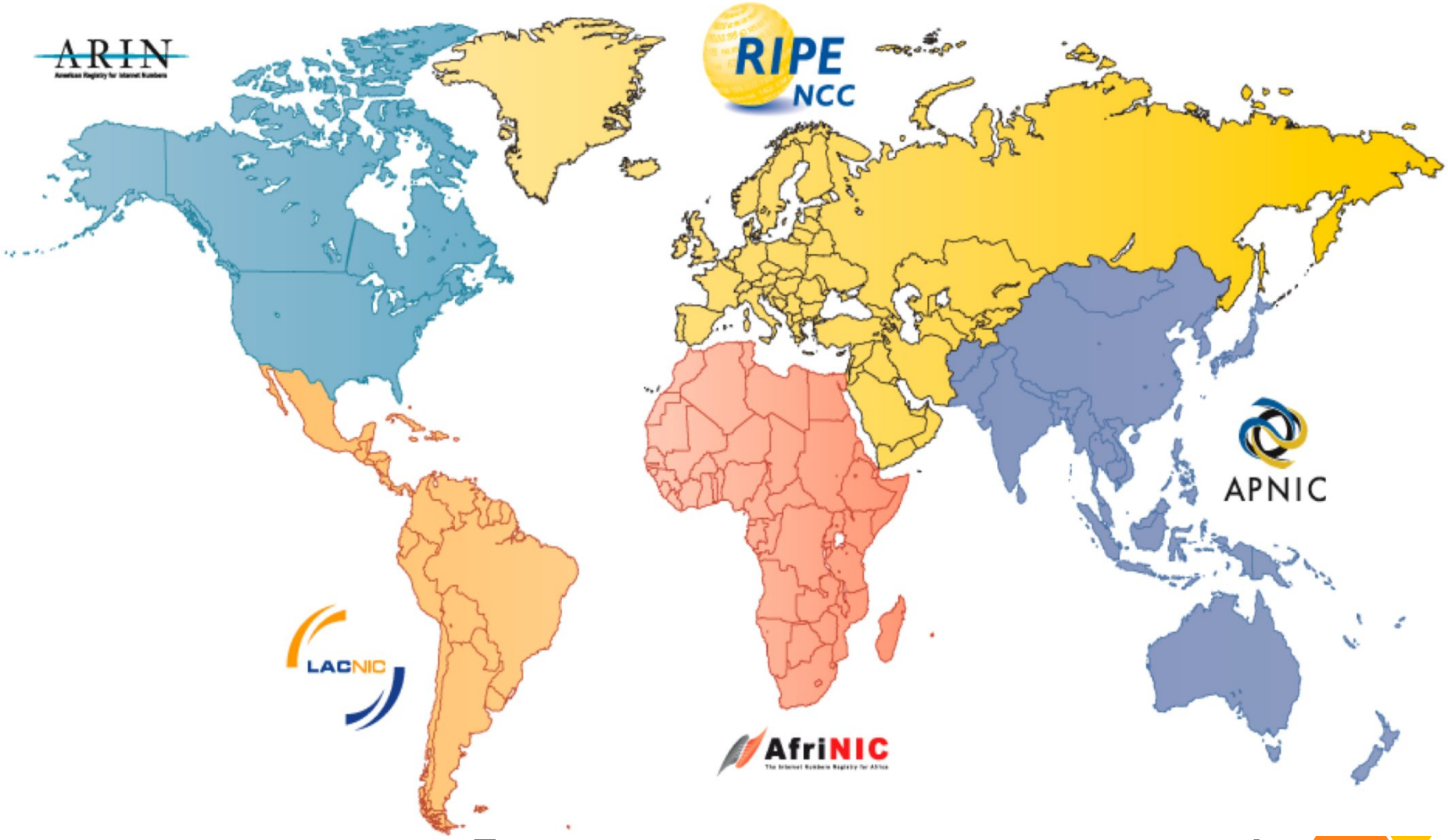
© fors.gtechs.ru

Примеры для решения…

Class C		
200.10.1.1	**129.10.53.2**	**9.0.1.2**
255.255.255.0	**255.255.0.0**	**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	?	?

© fors.gtechs.ru

Ограниченность ресурсов IPv4



Приватные адреса не маршрутизируются!

© fors.gtechs.ru

IP-маршрутизация

Сеть 192.168.10.0

Сеть 196.136.5.0

192.168.10.20

192.168.10.10

196.136.5.10

196.136.5.15

192.168.10.1

196.136.5.1

172.16.1.1

Сеть 172.16.0.0

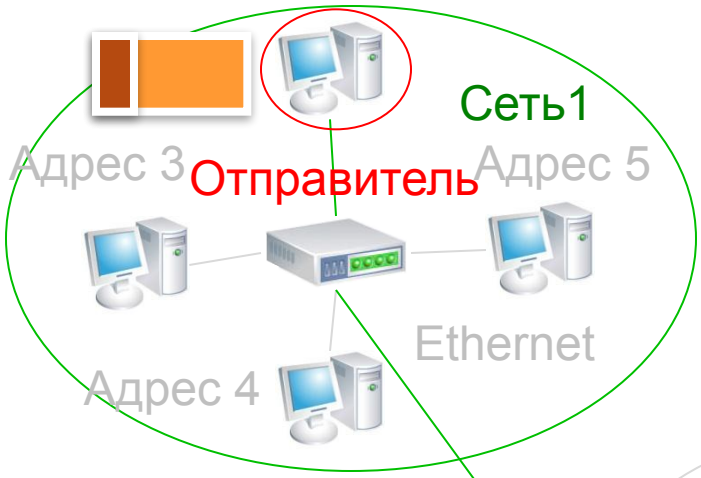
172.16.1.5

172.16.1.6

ıи на узле не настроен адрес утизатора, то доставка данных телю, расположенному в другой сети, окажется невозможной.

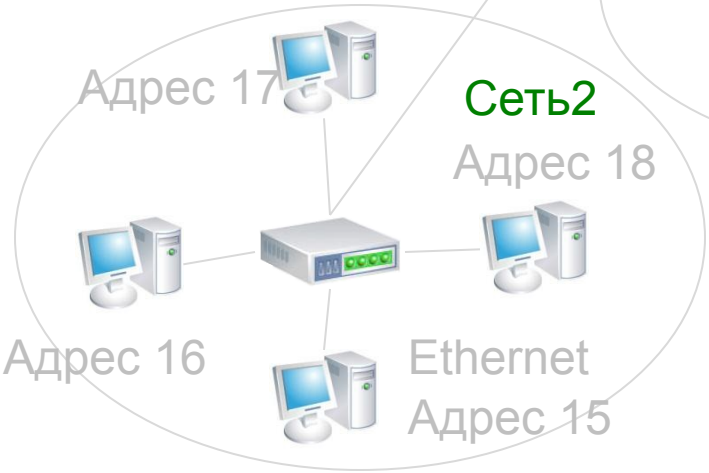
© fors.gtechs.ru

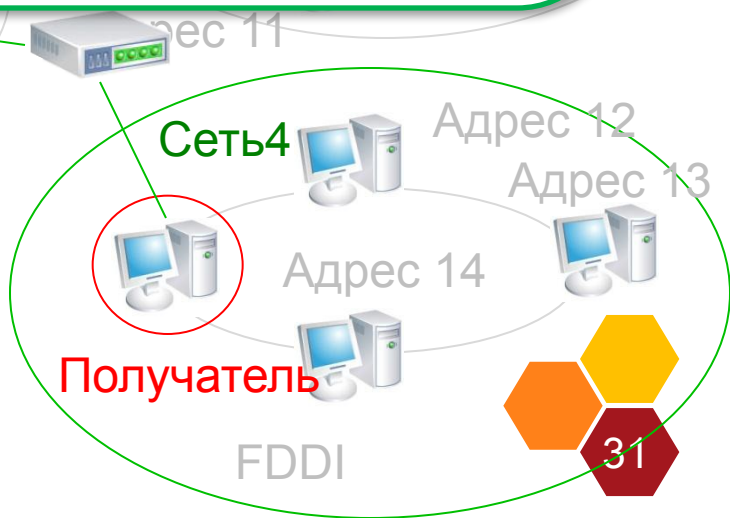
IP-маршрутизация



Основные компоненты маршрутизации:

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





© fors.gtechs.ru

Определение оптимальных трактов маршрутизации

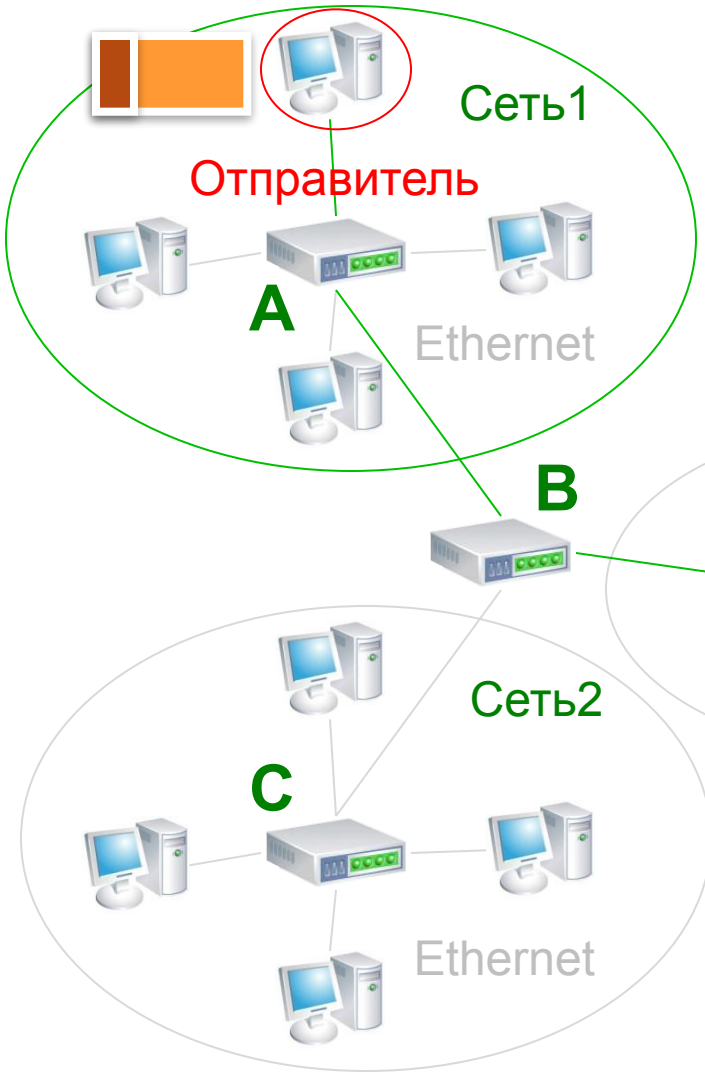
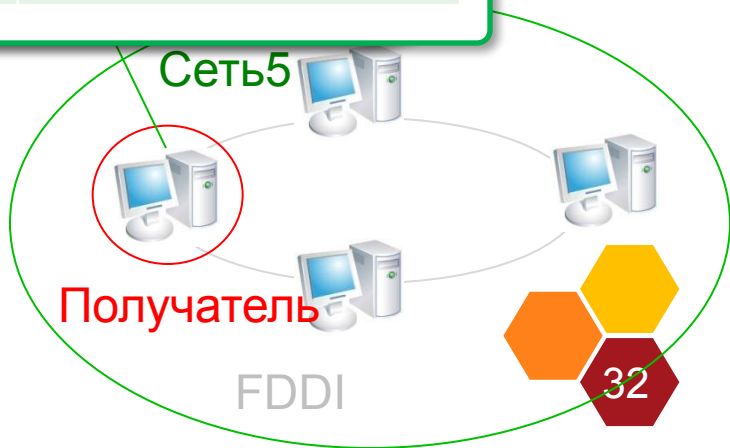


Таблица маршрутизации

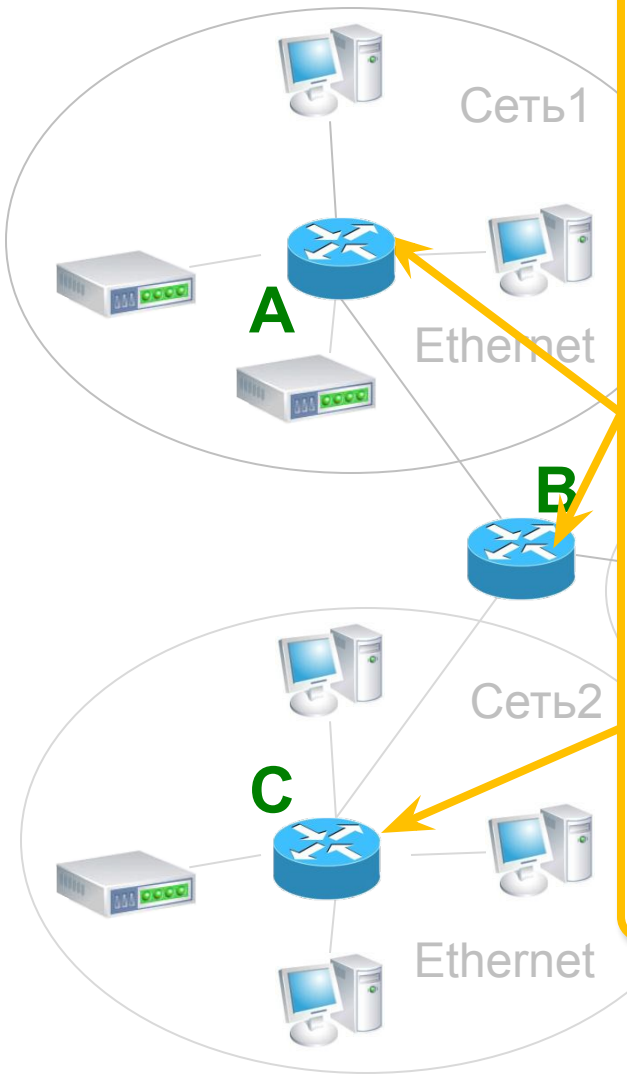
«пункт назначения – следующая пересылка»

Чтобы достичь сети:	Пересылай пакеты на:
1	Узел А
2	Узел В
…	…
В остальных случаях	**Узел А**



© fors.gtechs.ru

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)

© fors.gtechs.ru

Фрагментация IP пакетов

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

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

© fors.gtechs.ru

Фрагментация IP пакетов

5600 байт

Сообщение

Компьютер 1

Транспортный уровень

Компьютер 2

Транспортный уровень

Сообщение

4 * (1400 + 20)

Маршрутизатор

IP

L3_1

L2_1

Передача

IP

L3_1 | L3_2

L2_1 | L2_2

IP

L3_2

L2_2

2 * (2800 + 20)

4 * (1400 + 20)

Сеть 1

Сеть 2

MTU = 4096

MTU = 1500

Пакет

Заголовок

Поле данных

L2_X - физический уровень сети X;
L3_X - канальный уровень сети X.

© fors.gtechs.ru

Протокол IPv6

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.

© fors.gtechs.ru

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 представляемых услуг. Для этой цели в заголовке пакета IPv4 было отведено 8-разрядное поле.
6. Поддержка мобильности в IP.

© fors.gtechs.ru

Протокол IPv6: Типы адресов

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

© fors.gtechs.ru

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	Max 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.

© fors.gtechs.ru

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 ::

© fors.gtechs.ru

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:

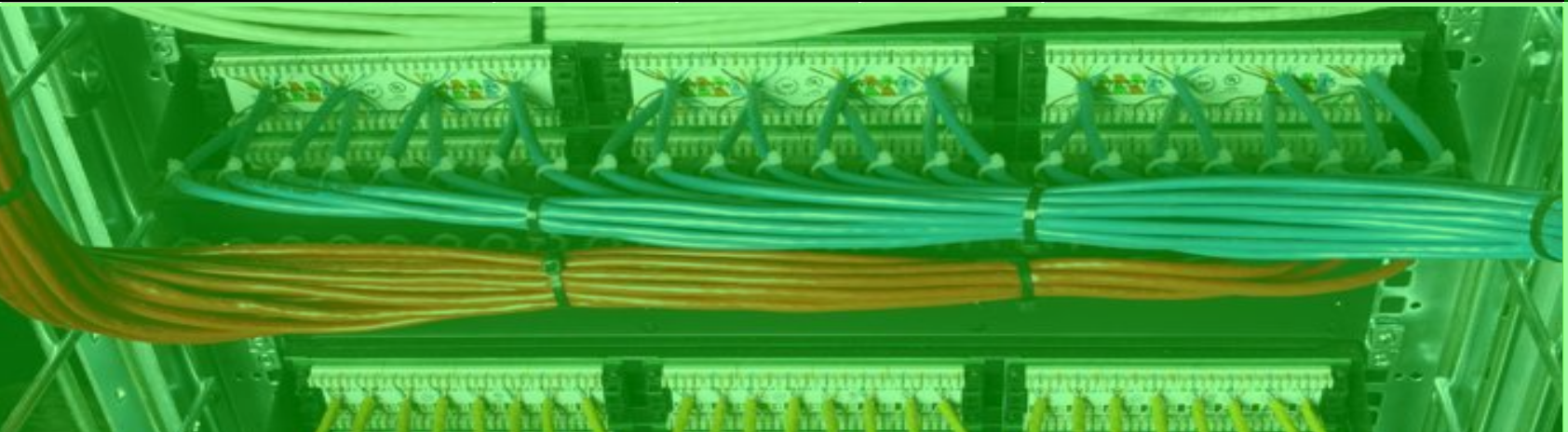
- ::73.3.68.45
- ::F2F3:129.131.32.31

© fors.gtechs.ru

Резюме

- 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.

© fors.gtechs.ru

НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР
ФОРС

Вопросы?