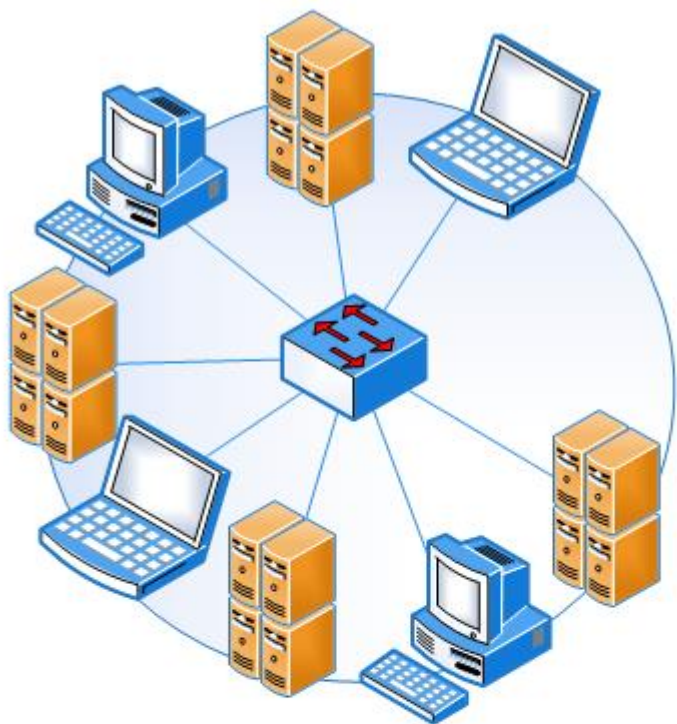


СЕТЕВОЙ УРОВЕНЬ СЕТЕЙ ЭВМ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Сети строятся независимо друг от друга. Необходимо ли обмениваться информацией между ними?



Сеть № 1



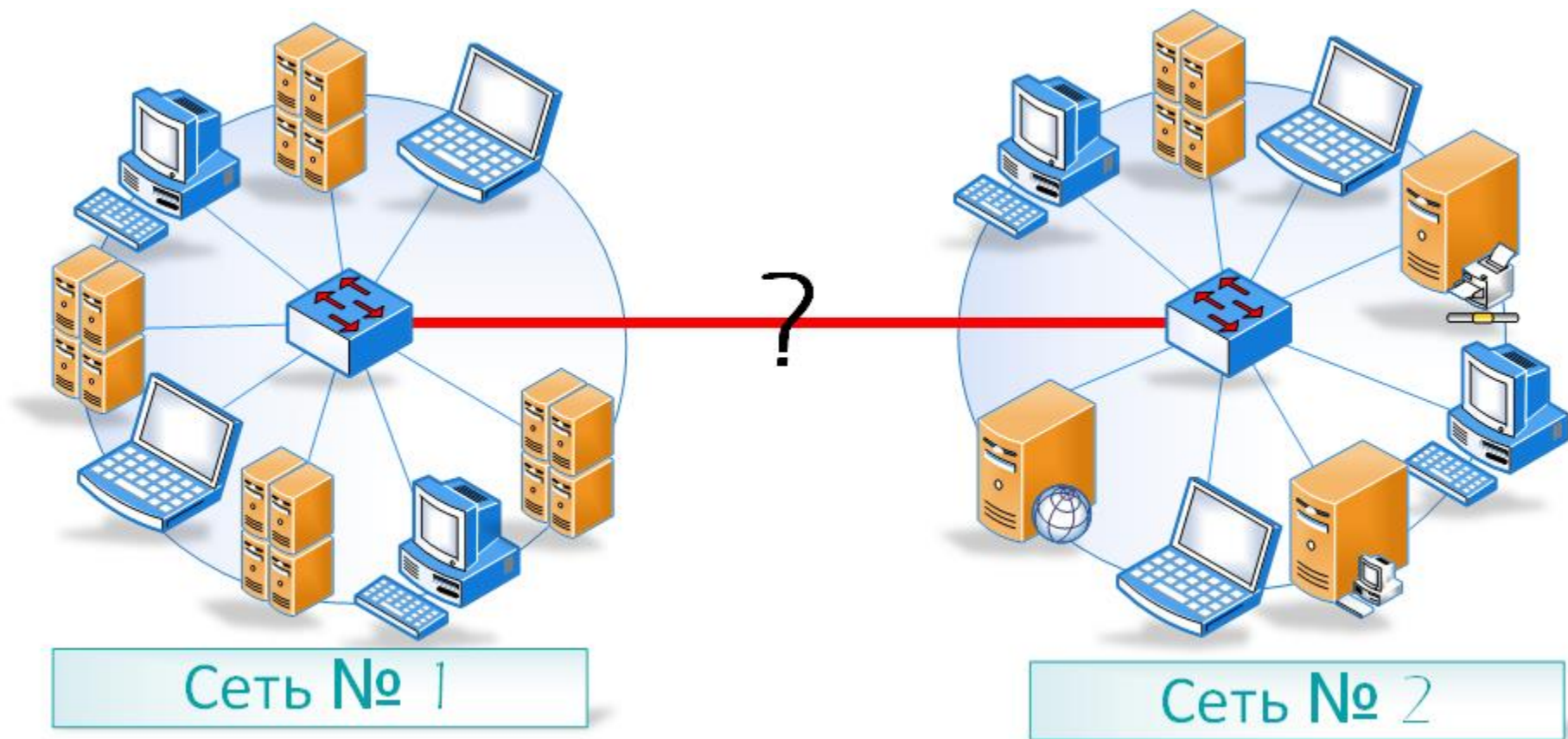
Сеть № 2



Давай обмениваться
информацией ?

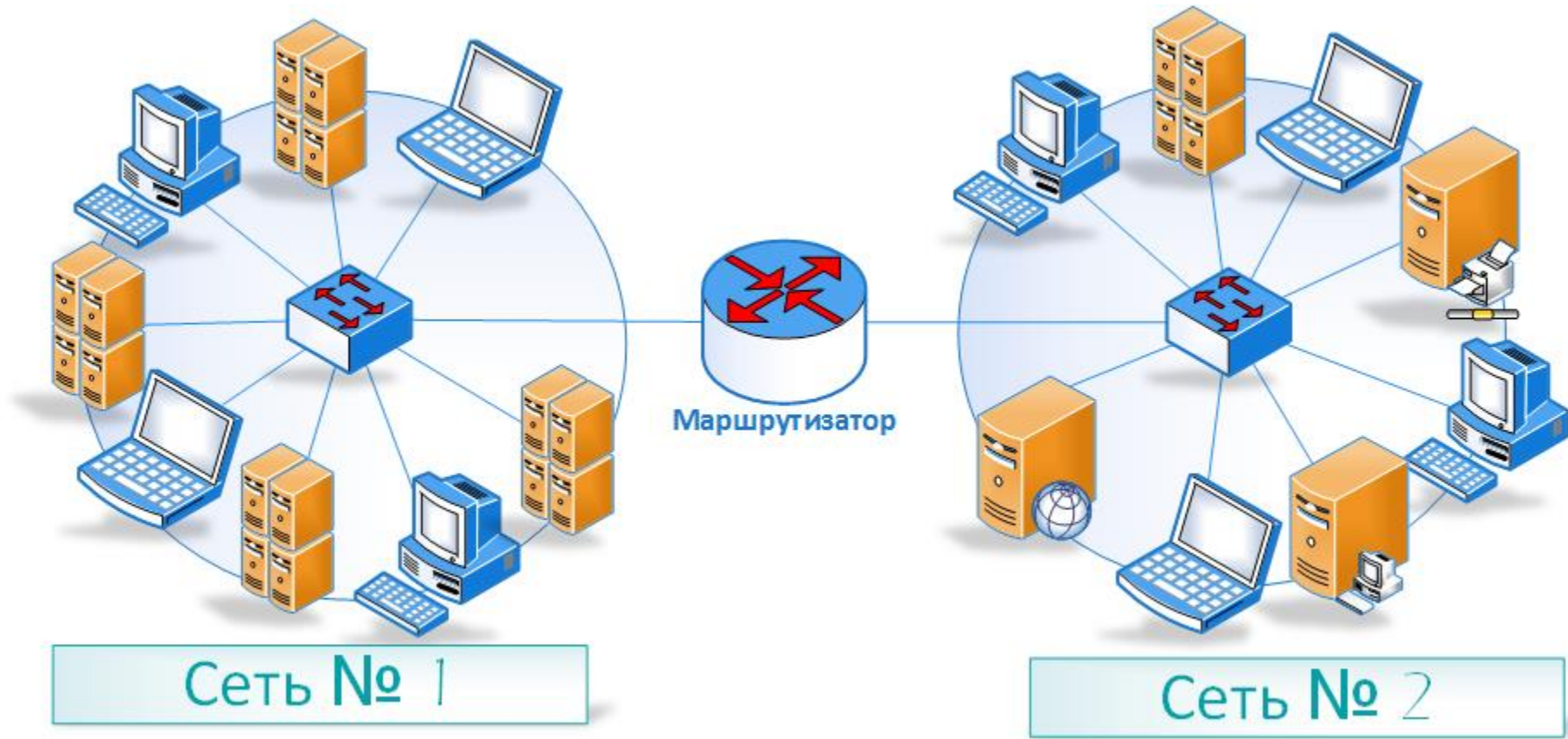


Обсуждение: объединяем сети на физическом и канальном уровне.



Какие проблемы могут возникнуть в процессе реализации такого решения?
(широковещательный домен, домен коллизий, расстояние между сетями,
топология и стандарты сетей, скорость передачи данных и т.п.)

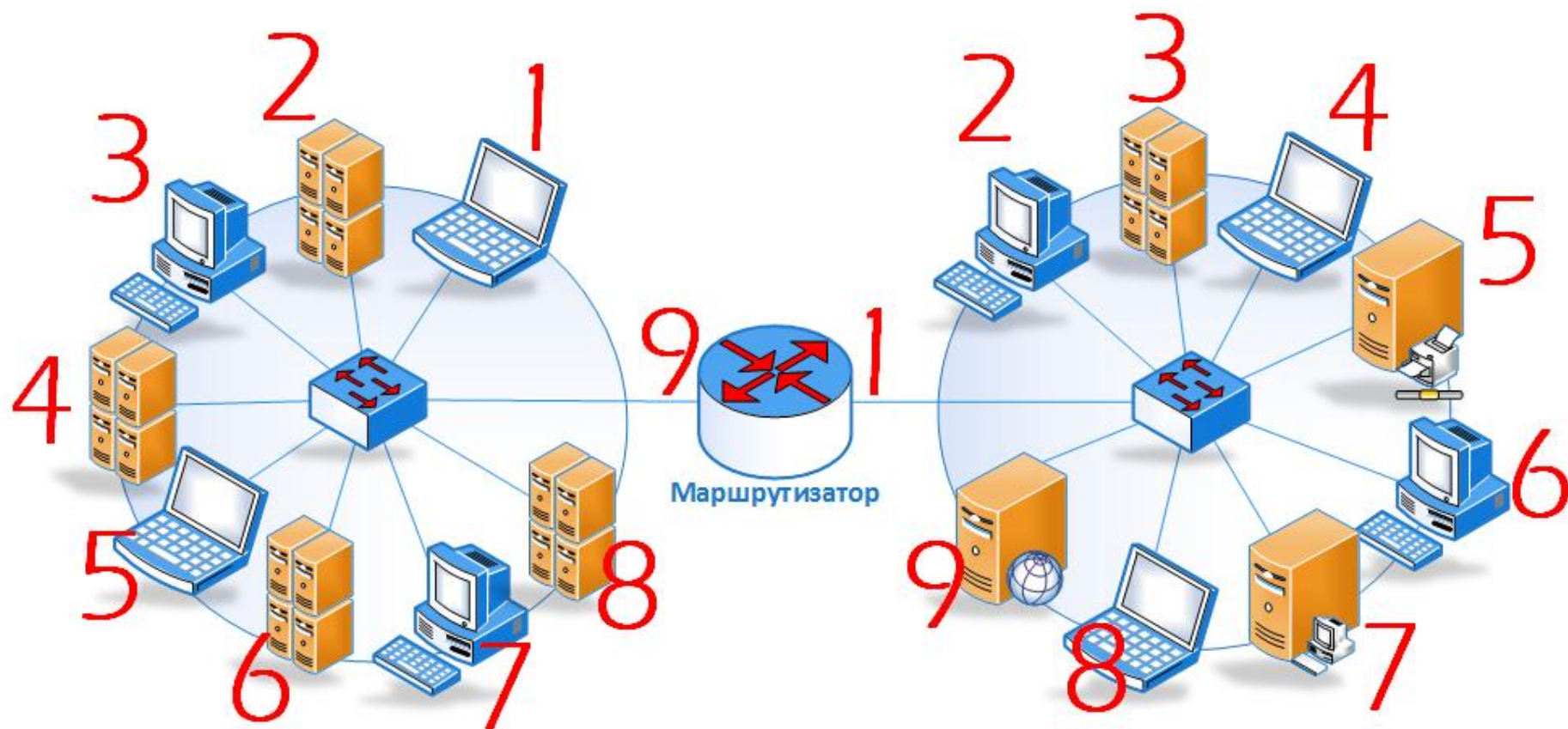
Маршрутизатор – сетевой узел, отвечающий за передачу данных между сетями.



Может ли маршрутизатор иметь только одно физическое подключение?

Ответ – да. Например, при маршрутизации между несколькими VLAN в рамках одного коммутатора.

Для передачи информации каждый сетевой узел должен как-то идентифицироваться.



Задаем узлам номера в каждой сети независимо.

Обращаем внимание, что маршрутизатор имеет два номера (по одному в каждой сети).

Эти номера могут отличаться.

В результате такого способа идентификации имеется два номера:

- Номер узла в сети (имеет ограниченную разрядность, которая определяется максимальным количеством узлов);
- Номер сети, к которой относится узел (имеет также ограниченную разрядность, которая определяется максимальным количеством сетей).



Сеть № 1

Номер узла в сети*:

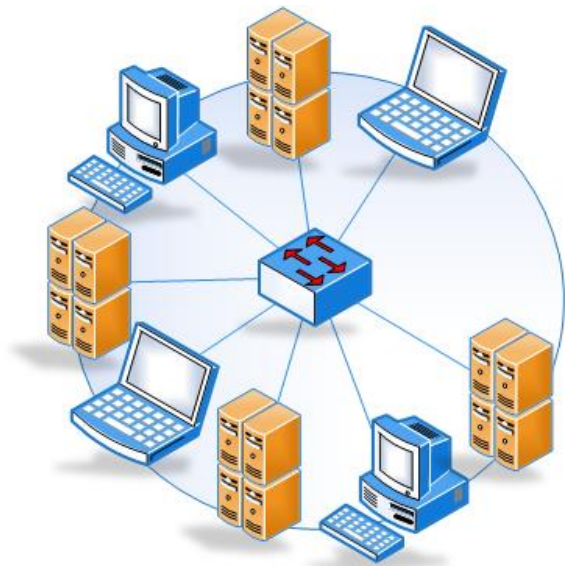
$1_{10} = 0001_2$	$5_{10} = 0101_2$	$9_{10} = 1001_2$
$2_{10} = 0010_2$	$6_{10} = 0110_2$	
$3_{10} = 0011_2$	$7_{10} = 0111_2$	
$4_{10} = 0100_2$	$8_{10} = 1000_2$	

Номер сети*:

$1_{10} = 01_2$	$2_{10} = 10_2$
-----------------	-----------------

*) в реальных сетях ЭВМ нумерация начинается с 0. Здесь, для наглядности, нумеруем с 1.

Номер узла и сети, к которой он относится, передаются друг за другом в строго заданной последовательности: сначала номер сети, затем номер узла. Эту последовательность можно представить как одно целое число. В результате каждая сеть получает для идентификации своих узлов определённый диапазон чисел.



Сеть № 1

<u>Номер сети</u> + <u>Номер узла</u> = <u>Сетевой адрес</u>			
01 ₂	0001 ₂	010001 ₂ = 17 ₁₀	Сеть 1
01 ₂	0010 ₂	010010 ₂ = 18 ₁₀	
⋮	⋮	⋮	
01 ₂	1001 ₂	011001 ₂ = 27 ₁₀	
<hr/>			
10 ₂	0001 ₂	100001 ₂ = 33 ₁₀	Сеть 2
10 ₂	0010 ₂	100010 ₂ = 34 ₁₀	
⋮	⋮	⋮	
10 ₂	1001 ₂	101001 ₂ = 41 ₁₀	

В результате получаем диапазоны адресов*:

- Сеть № 1 = от 16 до 31
- Сеть № 2 = от 32 до 47

*) При условии нумерации узлов с 0. В нашем примере часть адресов узлов не используется, т.к. количество узлов в сети не кратно числу в степени 2

Модель OSI/ISO	Microsoft	TCP/IP	Novell
ПРИКЛАДНОЙ УРОВЕНЬ	SMB	HTTP, DNS, FTP, SMTP ...	NCP, SAP...
ПРЕДСТАВИТЕЛЬСКИЙ УРОВЕНЬ			
СЕАНСОВЫЙ УРОВЕНЬ	NetBIOS	TCP, UDP	SPX
ТРАНСПОРТНЫЙ УРОВЕНЬ			
СЕТЕВОЙ УРОВЕНЬ			
КАНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ			
ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ			

Получив кадр сетевой узел извлекает данные и анализирует их.

Если в заголовке 3-го уровня адресом получателя указан номер узла, то данные извлекаются из пакета и передаются пользователю.

Если же пакет предназначенся другому сетевому узлу, то он либо игнорируется либо принимается решение о его дальнейшей передаче (маршрутизация)



Версия IP 4 бита	Длина заголовка 4 бита	Тип обслуживания 8 бит	Длина пакета 16 бит			
Идентификатор фрагмента 16 бит			R	D F	M F	Смещение фрагмента 13 бит
Time-To-Live 8 бит	Номер протокола 8 бит		Контрольная сумма заголовка (rfc1071) 16 бит			
IP Адрес отправителя 32 бита						
IP Адрес получателя 32 бита						
Параметры и заполнение (от 0 до 10-и 32-х битных слов)						
Данные пакета						

- TTL – допустимое количество промежуточных узлов при передаче пакета;
- R – зарезервировано (0);
- DF – Разрешить (или запретить) фрагментацию пакета;
- MF – Флаг последнего пакета в фрагментированной серии.

Адреса представляются в десятично-точечной нотации:

$IP_2 =$	00001010	11110010	01011100	00111010
$IP_{DDT} =$	10	242	92	58

111.111.111.111 – это какая форма записи?

Класс А - 0NNNNNNNNHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHHH

- 128 сетей по 16 777 216 узлов каждая.
- Номера сетей от 0 до 127.

Класс В - 10NNNNNNNNNNNNNNNNNNHHHHHHHHHHHHHHHHHH

- 16 384 сети по 65 536 узлов каждая.
- Номера сетей от 128.0 до 191.255.

Класс C - 110NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNHHHHHHHH

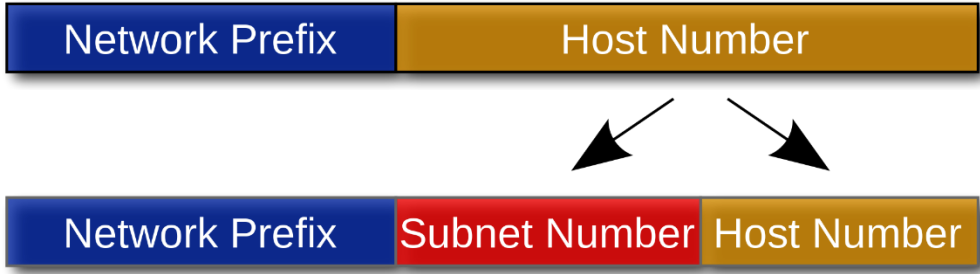
- 2 097 152 сети по 256 узлов каждая.
- Номера сетей от 192.0.0 до 223.255.255.

Класс D - 1110MMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM

- Содержит 268 435 456 адресов для многоадресной передачи данных
- Диапазон адресов – от 224.0.0.0 до 239.255.255.255.

Класс Е - 1111RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR

- Адреса зарезервированы (всего – 268 435 456)
- 240.0.0.0 до 255.255.255.255



Возникла потребность делить большие IP сети на маленькие подсети.
В 1993 году был предложен стандарт CIDR (Classless Inter-Domain Routing – бесклассовая маршрутизация).

Для определения границы «сеть» – «узел» используется дополнительное число, в котором в части, относящейся к сети стоят 1, а в части, относящейся к узлу – 0. Такое число называется МАСКА сети.

Номер сети

Номер узла

IP адрес = 001101010011110011111000001110110

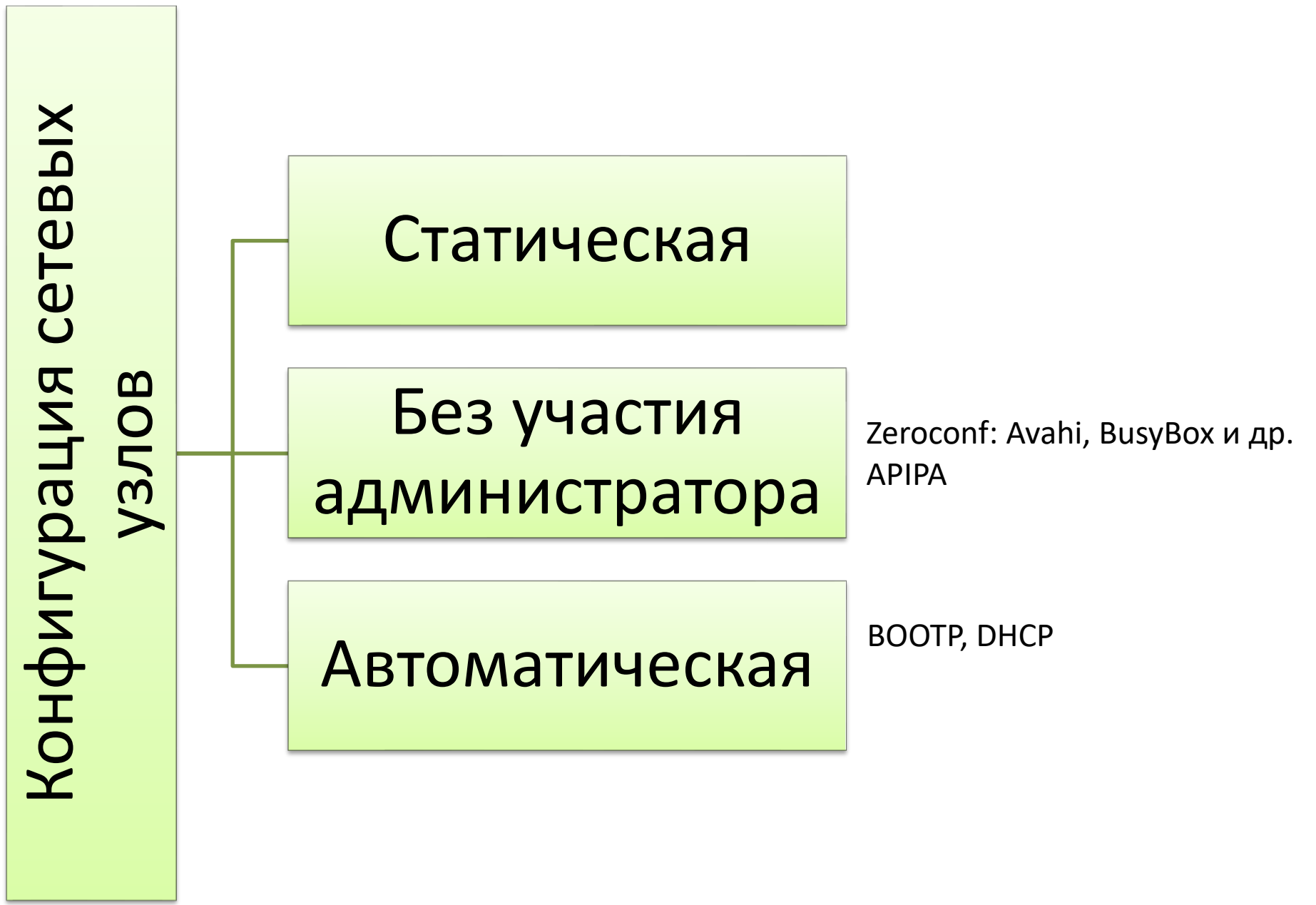
Маска = 1111111111111111111111111111111100000000

Маска может записываться в форме DDT (как IP адрес) или в CIDR (префикс сети):

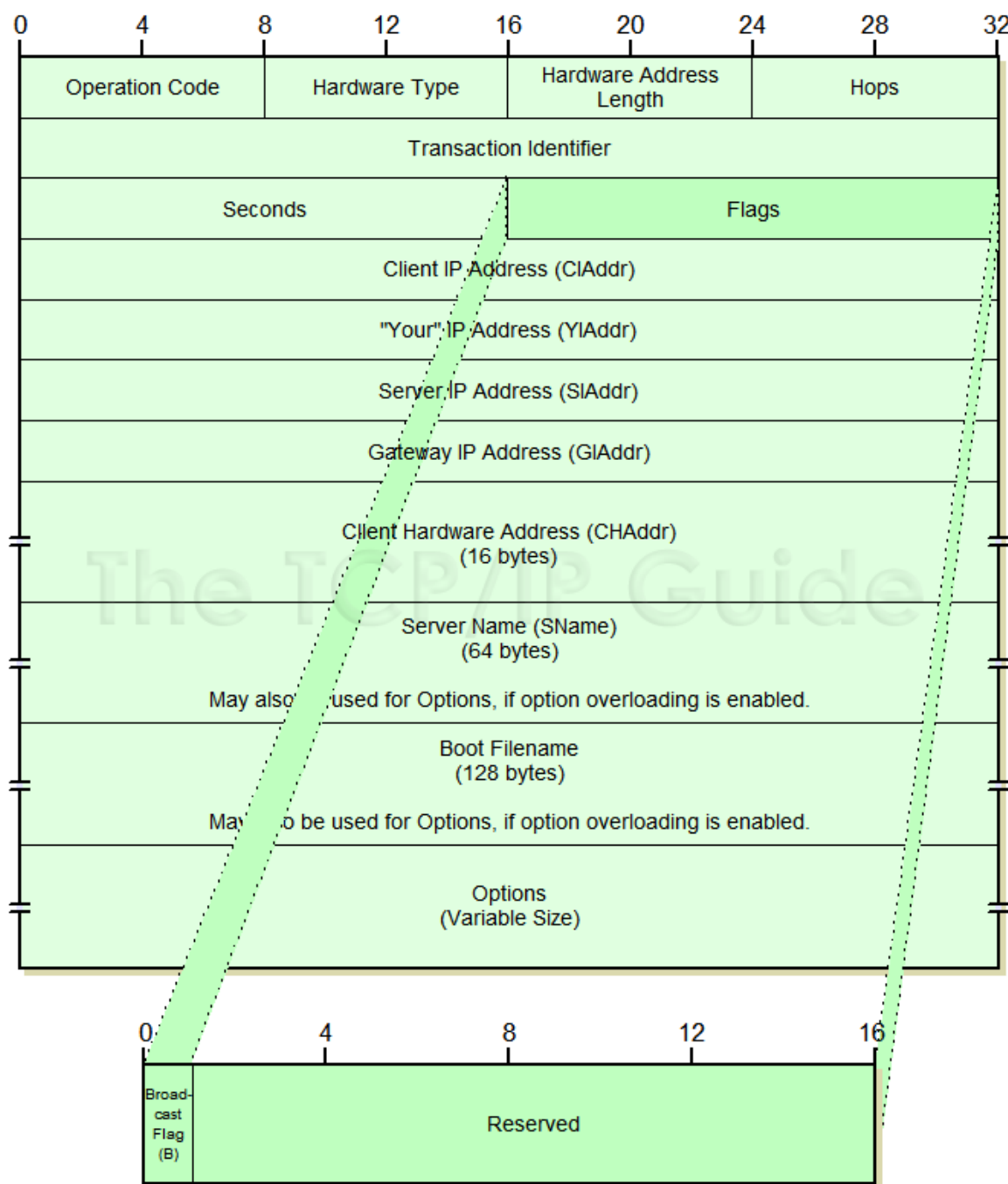
53.60.248.118
255.255.255.128

53.60.248.118/25

- В каждой сети узел с номером 0 не используется. Считается, что он задает «номер сети»;
- В каждой сети узел с максимальным номером используется для широковещательной передачи данных. Например для сети 192.168.1 широковещательным будет адрес 255.
- 0.0.0.0/8 – Служебные адреса источников и приемников «своей» сети;
- 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/16, 192.168.0.0/16 – адреса, предназначенные для использования в частных (глобальное не маршрутизируемых) сетях.
- 169.254.0.0/16 – Сеть для сети с автоматической конфигурацией сетевых узлов.
- 127.0.0.0/8 – Искусственная сеть в рамках одного узла (используется для отладки сетевого программного обеспечения).

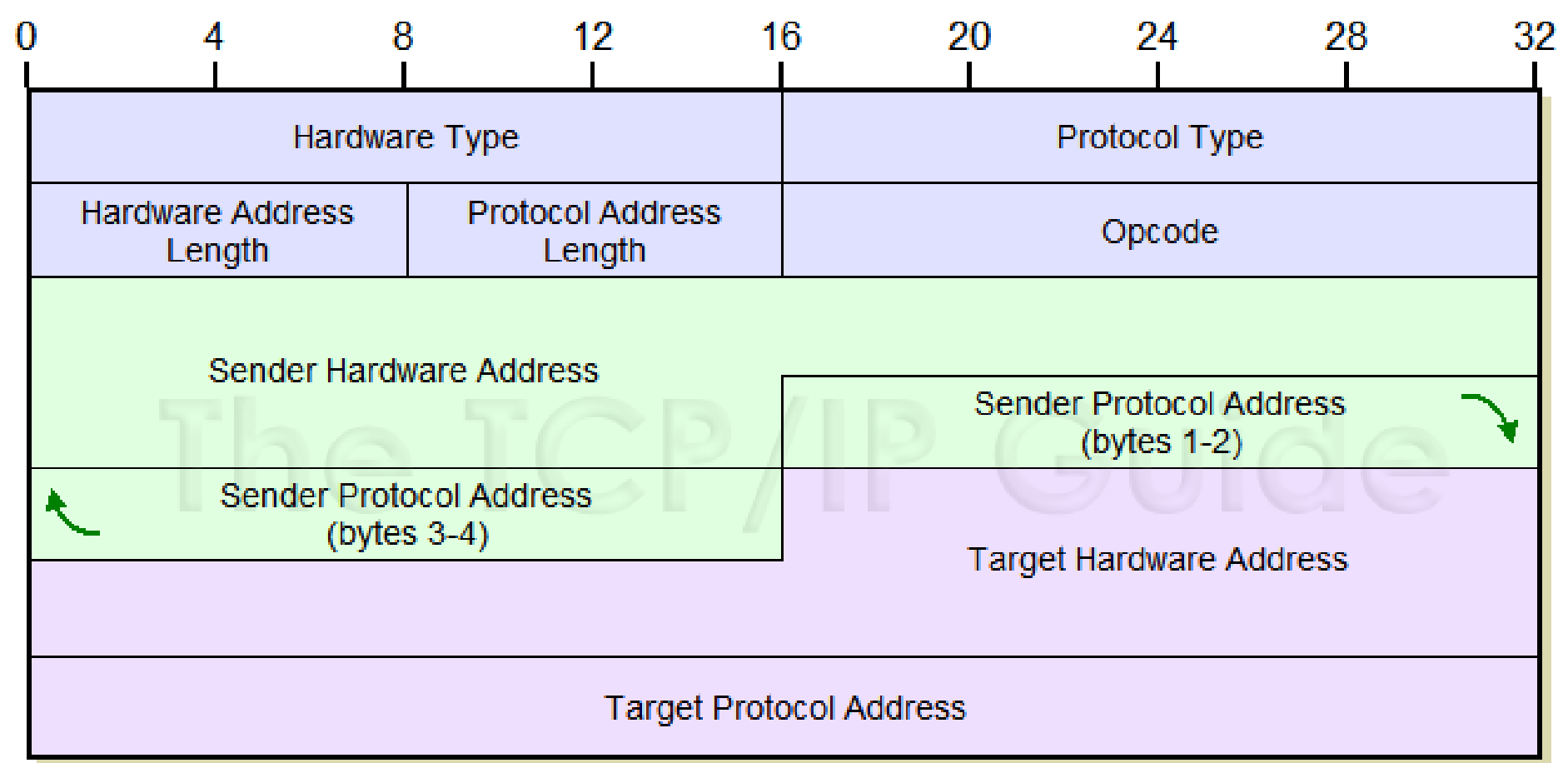


DHCP формат пакета



Код	Длина	Назначение
1	4	Маска подсети
3	4+	Маршрутизаторы
6	4+	DNS сервер
12	1+	Имя узла
15	1+	Имя домена (суффикс)
23	1	IP TTL «по умолчанию»
28	4	Широковещательный адрес
33	8+	Таблица маршрутов
58	4	Время обновления аренды адреса
66	1+	TFTP сервер (имя)
67	1+	Файл начальной загрузки (имя)
252	1+	WPAD URL

```
function FindProxyForURL(url, host)
{
// If URL has no dots in host name, send traffic direct.
if (isPlainHostName(host))
return "DIRECT";
// If specific URL needs to bypass proxy, send traffic direct.
if (shExpMatch(host,"*domain.local*") ||
shExpMatch(host,"*domain2.local*") ||
shExpMatch(host,"mail.domain.ru") ||
shExpMatch(host,"ftp.domain.ru") ||
shExpMatch(host,"192.168.*") ||
shExpMatch(host,"127.*") ||
dnsDomainIs(host,".domain.local") )
return "DIRECT";
// All other traffic uses below proxies, in fail-over order.
return "PROXY 192.168.xxx.xxx:8080";
}
```



Для определения связи IP и MAC используются протоколы – ARP, RARP.

Адрес	Маска	Шлюз	Метрика
192.168.10.0	255.255.255.128	192.168.9.1	0
192.168.10.0	255.255.255.128	192.168.9.10	1
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.9.3	0
192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.9.1	0
192.168.10.128	255.255.255.128	192.168.9.10	0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.9.3	0

У каждого сетевого узла таблица маршрутизации своя.
Строятся они независимо друг от друга!

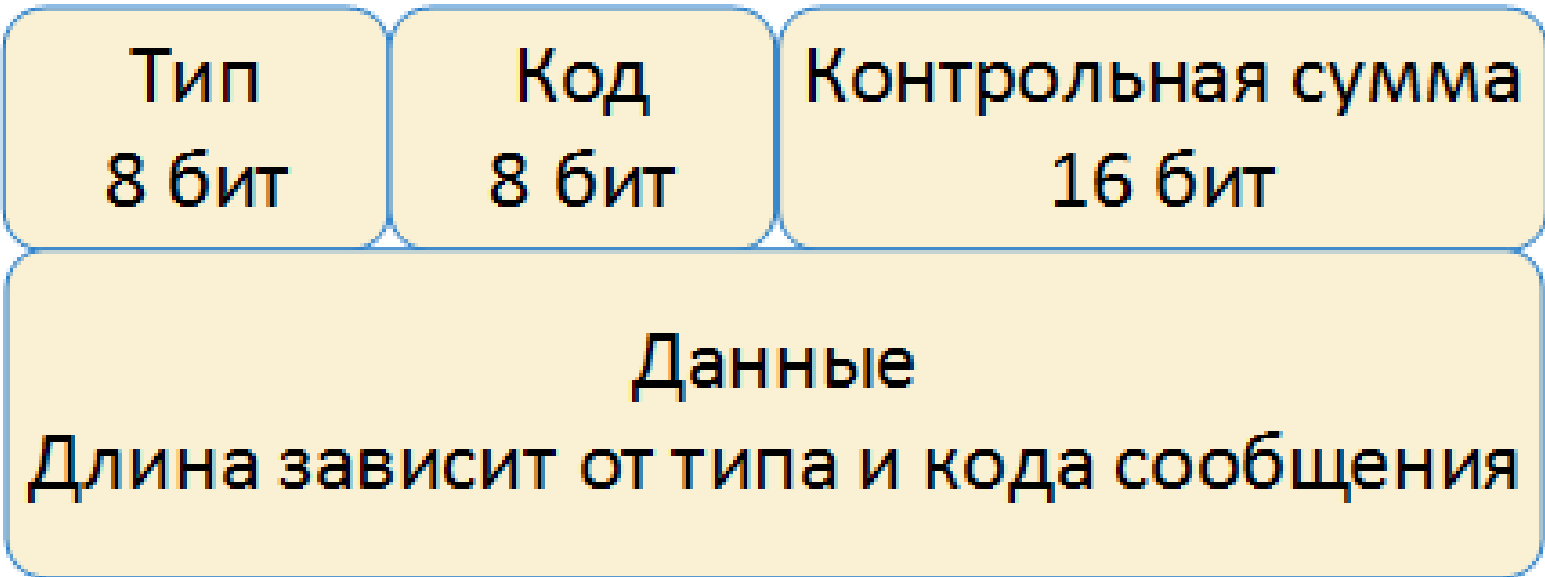

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\sergey>arp -a

Интерфейс: 192.168.5.4 --- 0xb
    адрес в Интернете      Физический адрес      Тип
192.168.5.1                00-21-91-1a-13-5f      динамический
192.168.5.2                00-24-01-48-4b-c9      динамический
192.168.5.5                f0-de-f1-67-a1-e1      динамический
192.168.5.8                00-26-18-d6-a4-29      динамический
192.168.5.9                00-21-91-87-aa-0d      динамический
192.168.5.11               00-26-18-d6-a4-58      динамический
192.168.5.26               00-26-18-d6-a4-39      динамический
192.168.5.36               00-26-18-d6-a4-38      динамический
192.168.5.255              ff-ff-ff-ff-ff-ff      статический
224.0.0.2                  01-00-5e-00-00-02      статический
224.0.0.22                 01-00-5e-00-00-16      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

Интерфейс: 10.28.156.253 --- 0x19
    адрес в Интернете      Физический адрес      Тип
10.28.156.249              статический
224.0.0.22                 статический
224.0.0.252                статический
239.255.255.250            статический
255.255.255.255            статический
```

В локальную ARP таблицу записи могут добавляться как автоматически, так и «вручную»

Internet Control Message Protocol – протокол информирования о событиях в сети.



Тип	Код	Сообщение	Данные
8	0	Эхо запрос	Идентификатор (16), Номер последовательности (16), Данные (нули)
0	0	Эхо ответ	Идентификатор (16), Номер последовательности (16), Данные (нули)
3	0	Сеть недостижима	Заголовок IP
3	1	Узел недостижим	Заголовок IP
3	4	Необходима фрагментация, но установлен флаг ее запрета (DF)	Заголовок IP

C:\Windows\system32\cmd.exe

C:\Users\sergey>ping 192.168.5.1

Обмен пакетами с 192.168.5.1 по 32 байтами данных:

Ответ от 192.168.5.1: число байт=32 время<1мс TTL=255

Ответ от 192.168.5.1: число байт=32 время<1мс TTL=255

Ответ от 192.168.5.1: число байт=32 время<1мс TTL=255

Ответ от 192.168.5.1: число байт=32 время<1мс TTL=255

Статистика Ping для 192.168.5.1:

Пакетов: отправлено = 4, получено = 4, потеряно = 0
(0% потерь)

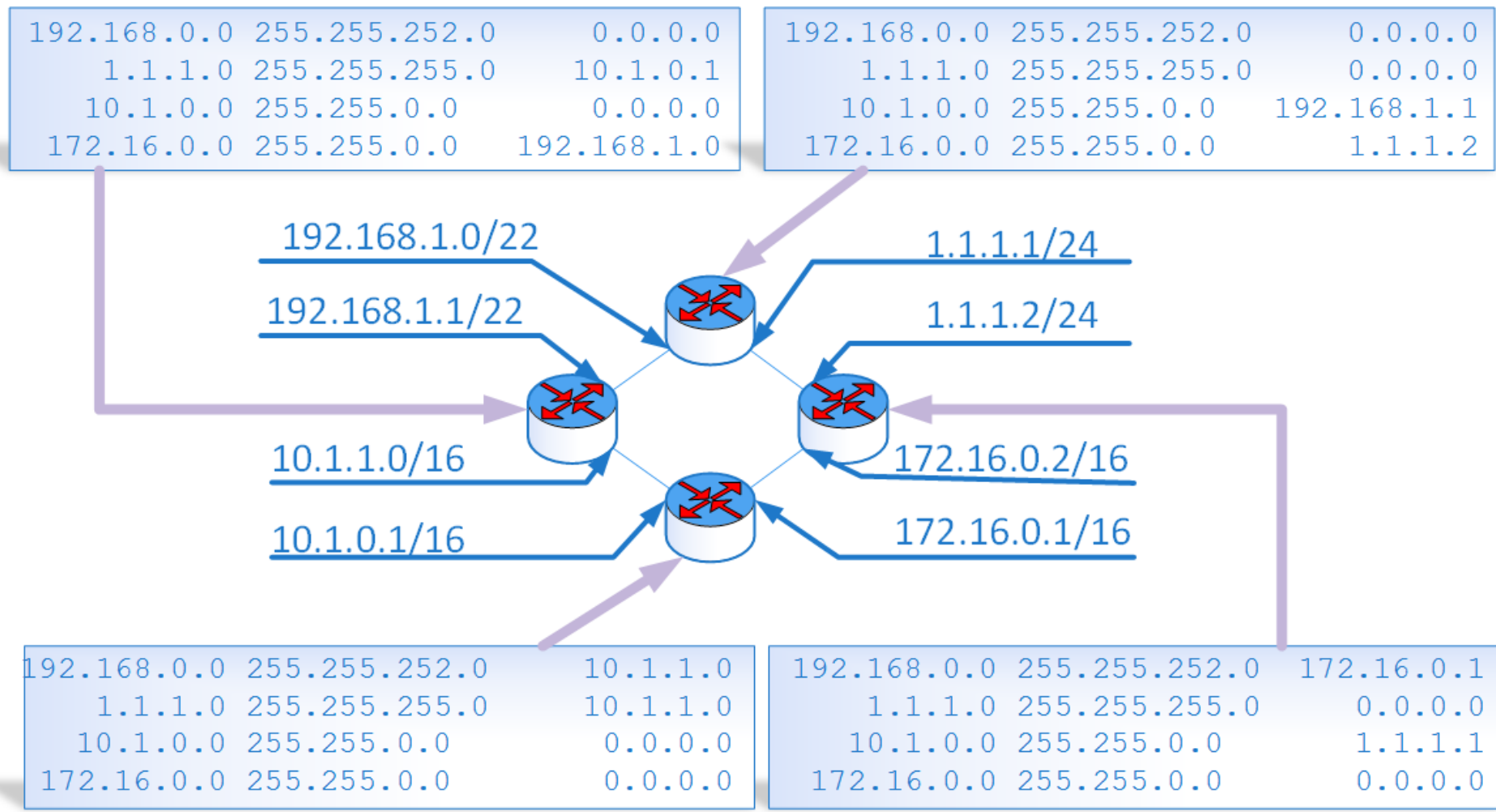
Приблизительное время приема-передачи в мс:

Минимальное = 0мсек, Максимальное = 0 мсек, Среднее = 0 мсек

Вопрос – почему при подключении сетевого устройства к коммутатору несколько первых пакетов «ping» могут быть неудачными?

Вопрос – почему при подключении сетевого устройства к коммутатору в порт, на котором настроен STP устройство будет считать, что «кабель не подключен» в течении 20 секунд, а затем ещё 10 секунд попытки передачи данных по каналу связи будут неудачными?

Пример статической маршрутизации



Найдите проблему в указанной конфигурации маршрутизаторов, приводящую к невозможности передавать информацию между некоторыми подсистемами

Способы передачи данных

Точка-точка (unicast)

Точка-Группа точек
(multicast)

Точка – Многоточие
(broadcast)

Диапазон адресов 224.0.0.0 - 239.255.255.255 используется для организации групповой рассылки.

224.0.0.0 – 224.0.0.255 – Служебные адреса:

224.0.1.0 – 238.255.255.255 – Глобально-маршрутизируемые групповые адреса

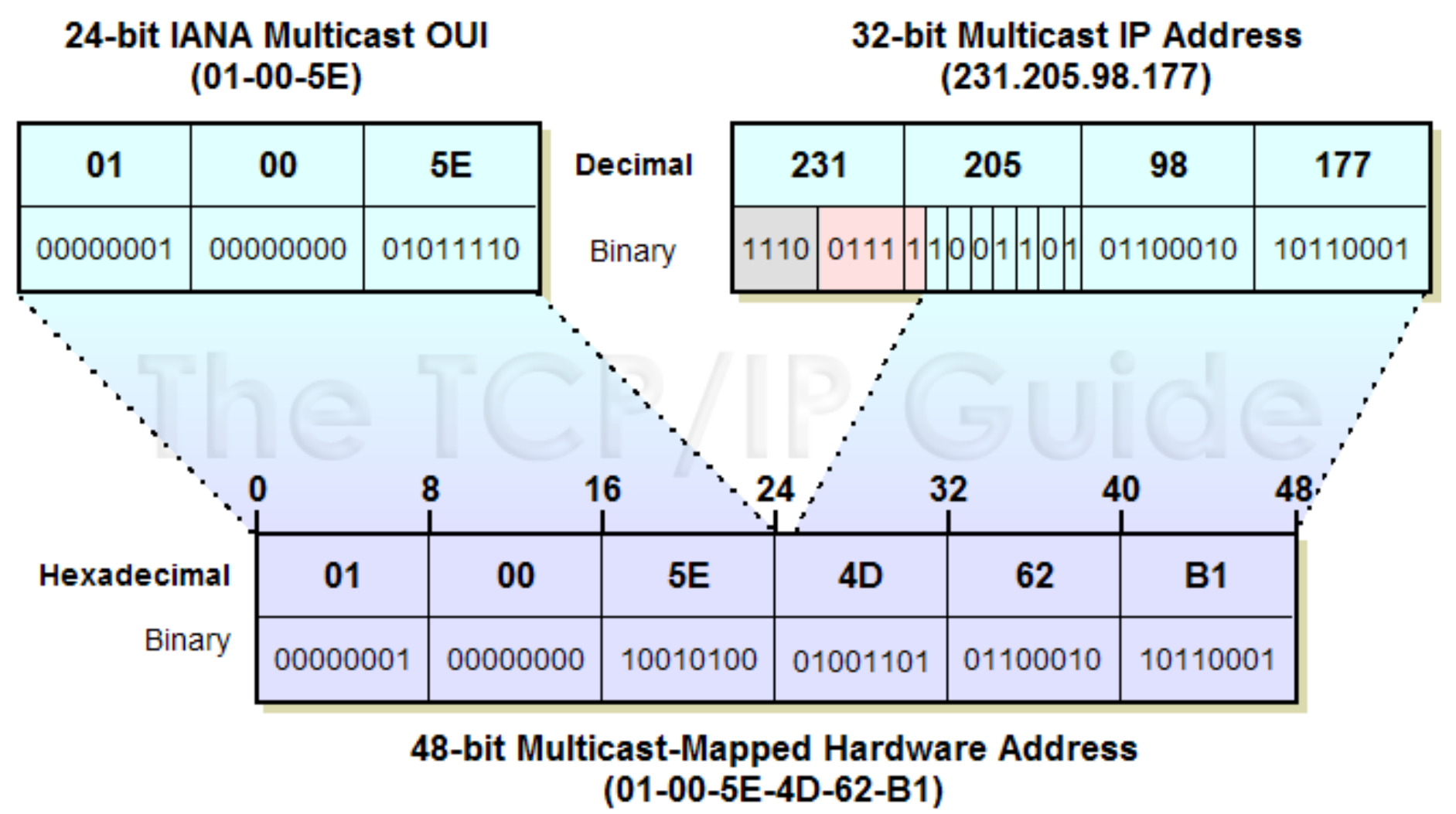
239.0.0.0 – 239.255.255.255 – Локально-маршрутизируемые групповые адреса

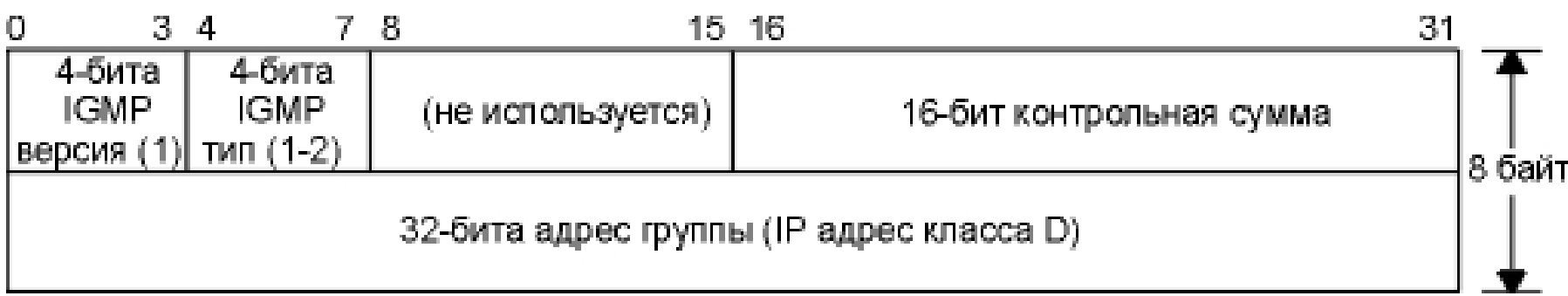
224.0.0.1 – Все узлы локальной сети

224.0.0.2 – Все маршрутизаторы локальной сети

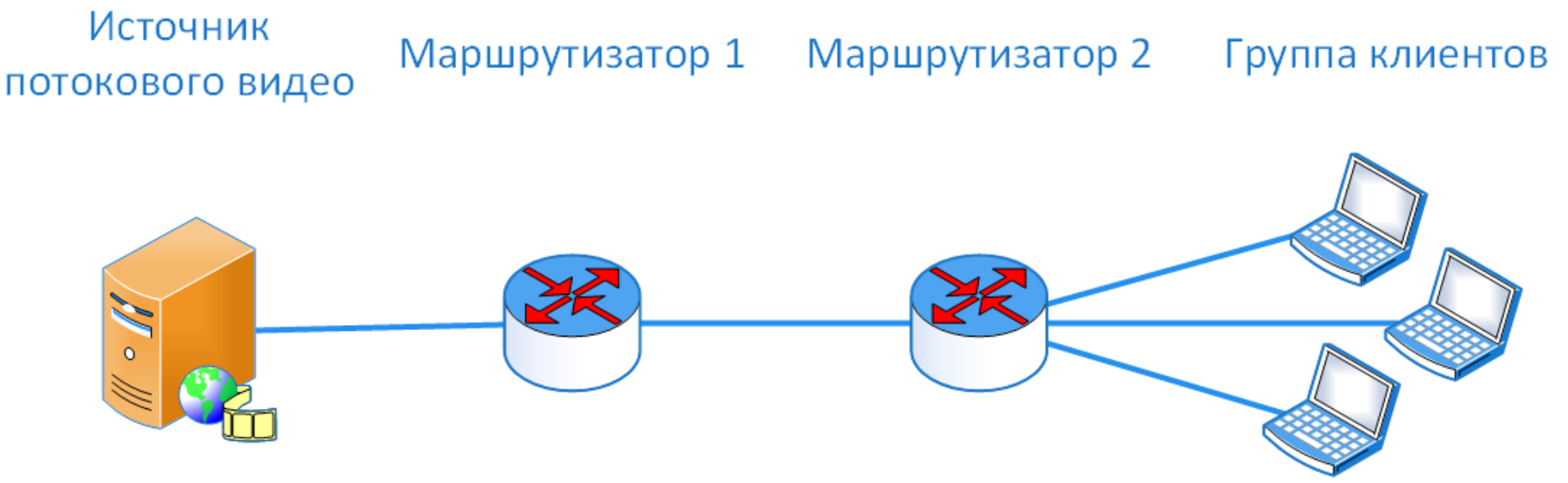
224.0.0.5 – Все маршрутизаторы, поддерживающие протокол OSPF

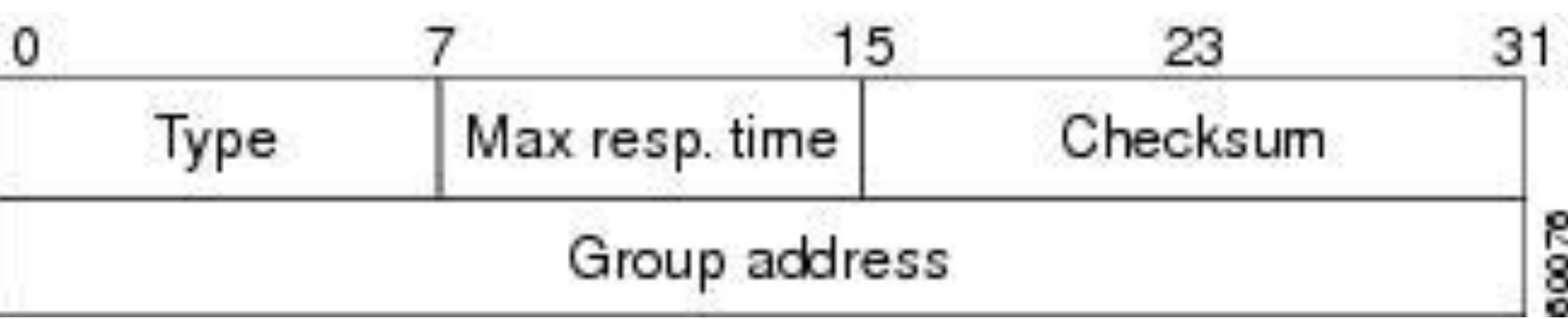
224.0.0.251 – Multicast DNS



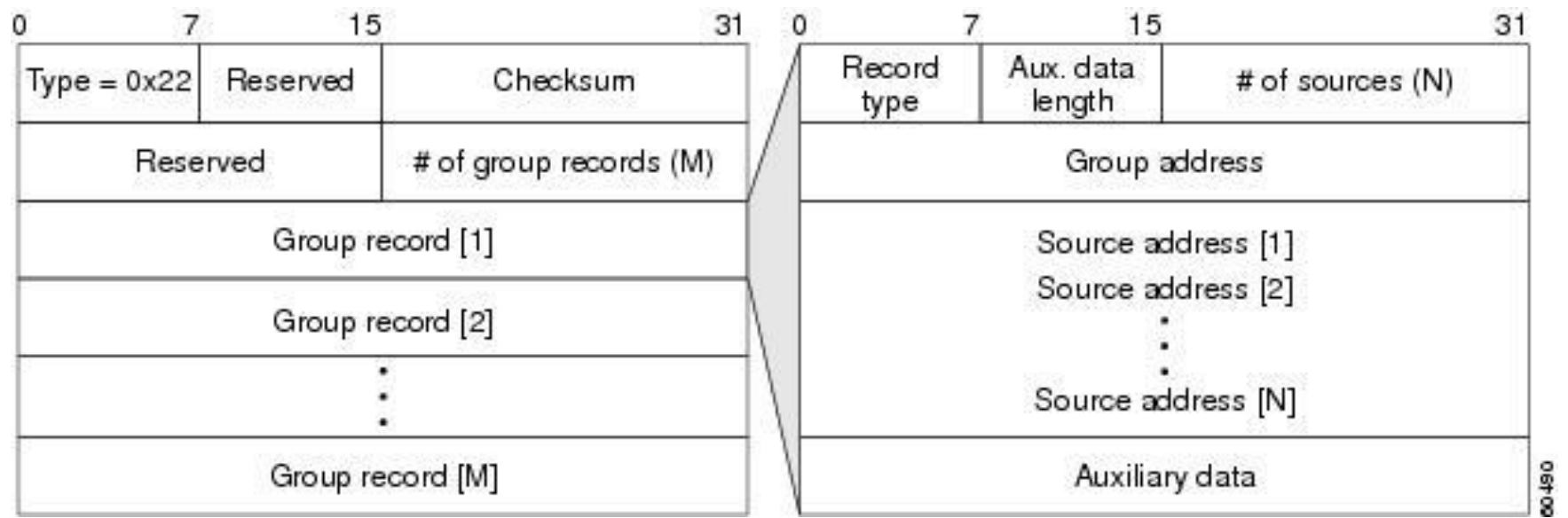


Типа сообщений 2: Запрос о членстве в группу и Отчет о членстве в группах (IGMPv1)

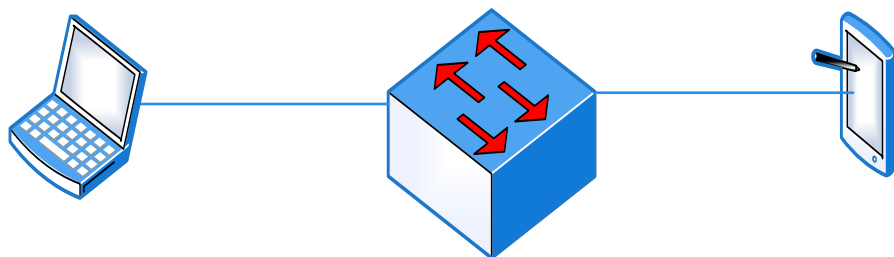




Протоколы версии 2 и 3 поддерживают маршрутизацию групповой рассылки данных.



Формат пакетов с ответами о членстве в группах (IGMPv3)



Коммутаторы, используя технологию IGMP snooping....



Две стадии: подготовка материала для определения маршрутов и выбор маршрута

Ограничение на количество сетей – 15. Метрика 16 считается бесконечностью.
Версии протокола – 1 (классовая маршрутизация), 2 (бесклассовая маршрутизация)
Аутентификация маршрутизаторов – допускается в версии 2.

Функционирует на прикладном уровне:
Для передачи данных использует протокол UDP;
Порт службы – 520;

Формат пакета (версия 1 протокола)

Команда (8 бит)	Версия (8 бит)	Должно быть ноль (16 бит)
Идентификатор адресной схемы (16 бит)		Должно быть ноль (16 бит)
IP-адрес (32 бита)		
Должно быть ноль (32 бита)		
Должно быть ноль (32 бита)		
Количество переходов (32 бита)		
Идентификатор адресной схемы (16 бит)		Должно быть ноль (16 бит)
IP-адрес (32 бита)		
Должно быть ноль (32 бита)		
Должно быть ноль (32 бита)		
Количество переходов (32 бита)		
...		
Идентификатор адресной схемы (16 бит)		Должно быть ноль (16 бит)
IP-адрес (32 бита)		
Должно быть ноль (32 бита)		
Должно быть ноль (32 бита)		
Количество переходов (32 бита)		

Идентификатор адресной схемы – тип сетевой адресации (TCP/IP = 0x02)

Формат пакета (версия 2 протокола)

Команда(8 бит)	Версия(8 бит)	Домен маршрутизации(16 бит)
Идентификатор адресной схемы(16 бит)		Метка маршрута(16 бит)
IP-адрес(32 бита)		
Маска подсети(32 бита)		
Следующий переход(32 бита)		
Метрика(32 бита)		

В векторе присутствует маска.

Каждый маршрутизатор хранит и распространяет вектор, содержащий информацию обо всех известных ему сетях и расстояний до них.

Получив вектор от соседа каждый коммутатор пересчитывает свой вектор и выбирает наилучший (имеющий минимальную метрику) маршрут до каждой сети.

Метрика (обычно) – количество прыжков до сети.

$W_x = (\omega(x, 1), \dots, \omega(x, M))$ - вектор стоимости локальных каналов (количество = M);

$L_x = (L(x, 1), \dots, L(x, N))$ - вектор расстояний до сетей;

$R_x = (R(x, 1), \dots, R(x, N))$ - вектор следующих маршрутизаторов до сетей;

Алгоритм пересчета вектора:

$$L(x, j) = \min_{y \in A} (L(y, j) + \omega(x, N_{xy})),$$

где A - множество соседних узлов.

Автономная система – совокупность локальных сетей, имеющих один административный домен и одну политику маршрутизации.

Термин введен в начале 1990-х годов.

Пограничный маршрутизатор – это маршрутизатор, обеспечивающий передачу данных между несколькими (как минимум двумя) автономными системами.

Классификация протоколов маршрутизации:

1) Маршрутизация внутри автономных систем:

- ❖ Дистанционно-векторные алгоритмы (англ. Distance-Vector Algorithm, DVA):
 - RIP (англ. Routing Information Protocol);
 - IGRP (англ. Interior Gateway Routing Protocol), CISCO™;
 - AODV (англ. Ad hoc On-Demand Distance Vector) – для мобильных сетей;
- ❖ Алгоритмы состояния связей (англ. Link-State Algorithm, LSA):
 - OSPF (англ. Open Shortest Path First);
 - IS-IS (англ. Intermediate System to Intermediate System), OSI;
 - NLSP (англ. NetWare Link-Services Protocol);
- ❖ Гибридные алгоритмы:
 - EIGRP (англ. Enhanced Interior Gateway Routing Protocol), CISCO™

2) Маршрутизация между автономными системами:

- ❖ BGP (англ. Border Gateway Protocol);
- ❖ EGP (англ. Exterior Gateway Protocol);
- ❖ IS-IS (level 3).