Лекция 3

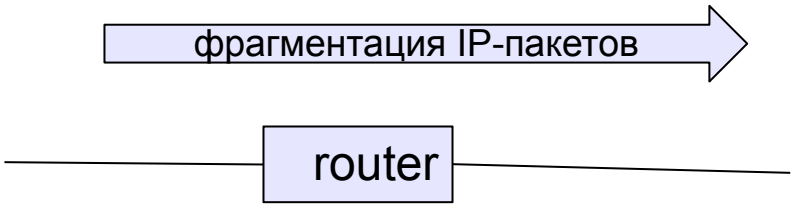
Фрагментация IP-пакетов
Маршрутизация без масок
Формат таблиц маршрутизации
Маршрутизация с масками
Перекрытие адресных пространств

Фрагментация IP-пакетов (1)

Важная особенность протокола IP - возможность *динамической фрагментации*

В узле-отправителе IP обычно не использует возможности (фрагментация TCP)

В маршрутизаторах



$MTU_1 > MTU_2$

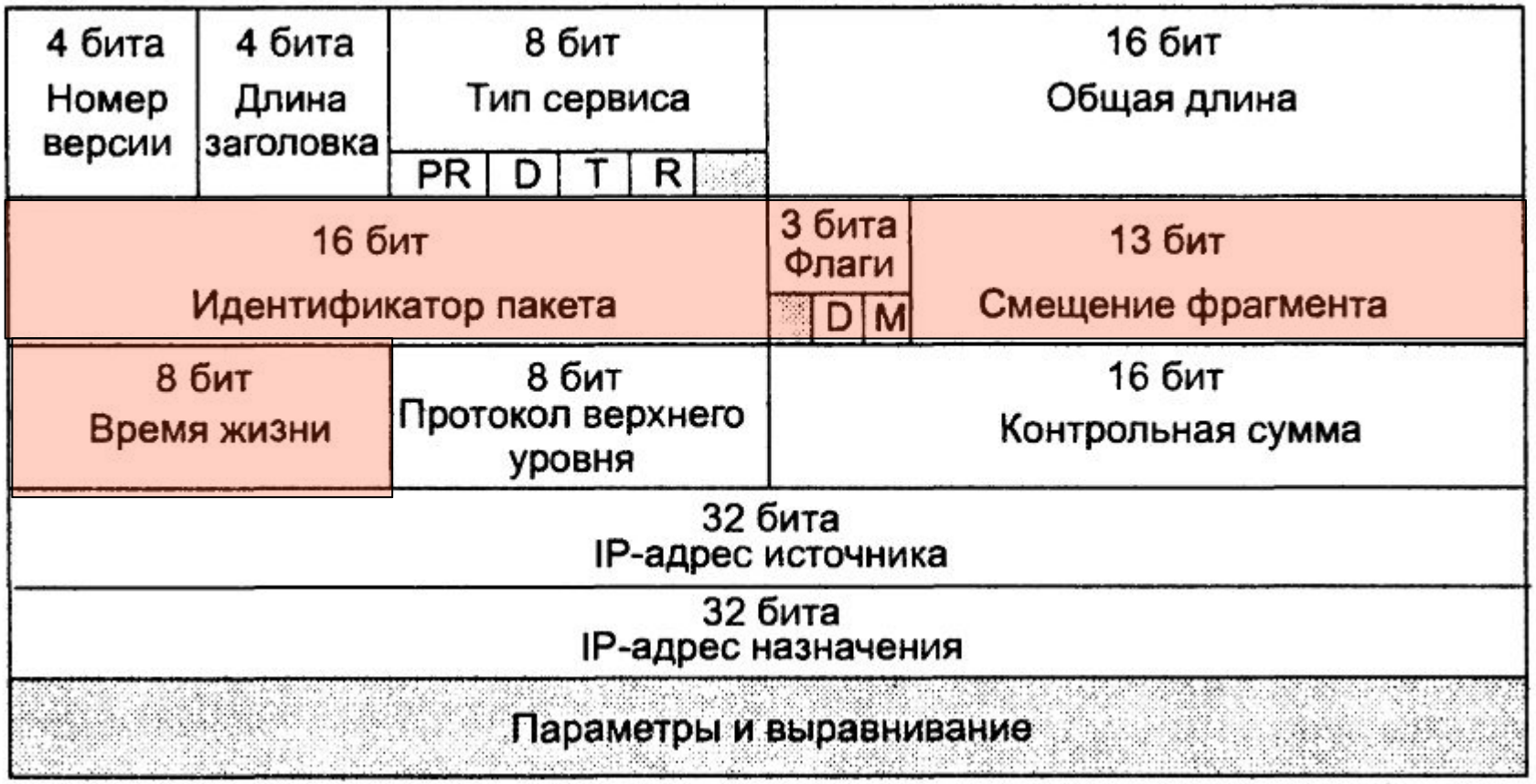
(MTU – Maximum Transmission Unit)

Пример

Frame Relay: MTU = 4080

Ethernet: MTU = 1492

Фрагментация IP-пакетов



Идентификатор - все фрагменты одного пакета должны иметь одинаковый id

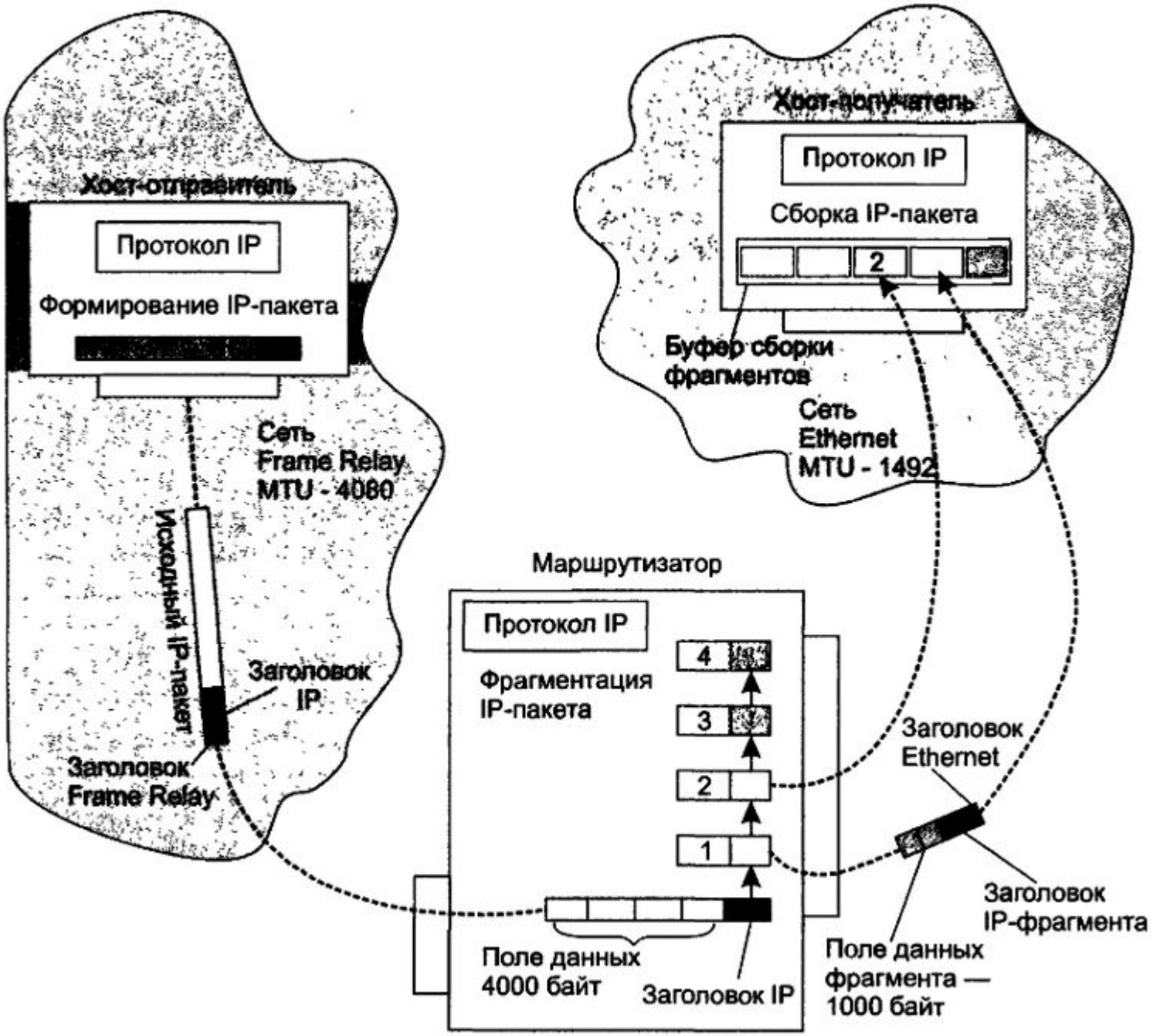
MF (More Fragments) – равен 1, если пакет является промежуточным (не последним)
DF (Do not Fragment) - запрет на фрагментирование пакета (если = 1)

Смещение - положение фрагмента относительно начала поля данных в исходном пакете, задаётся в байтах, должно быть кратно 8 байтам (1000, 10000, 11000, 100000, 101000, 110000, 111000, …)

TTL (Time To Live) – время жизни пакета в секундах, задаётся отправителем

Фрагментация IP-пакетов

id=12345
смещение=0
MF=0
DF=0



Маршрутизация

Упрощенная таблица маршрутизации

Адрес назначения	Сетевой адрес следующего маршрутизатора	Сетевой адрес выходного порта	Расстояние до сети назначения
N1	IP_{12} (R1)	IP41	1
N2	—	IP41	0 (подсоединена)
N3	IP_{12} (R1)	IP41	1
N4	IP_{21} (R2)	IP41	1
N5	—	IP42	0 (подсоединена)
N6	IP_{21} (R2)	IP21	2
IP_B	IP_{21} (R2)	IP41	2
Маршрут по умолчанию	IP_{51} (R5)	IP42	—

Упрощенная таблица маршрутизации

Таблица маршрутизации конечного узла

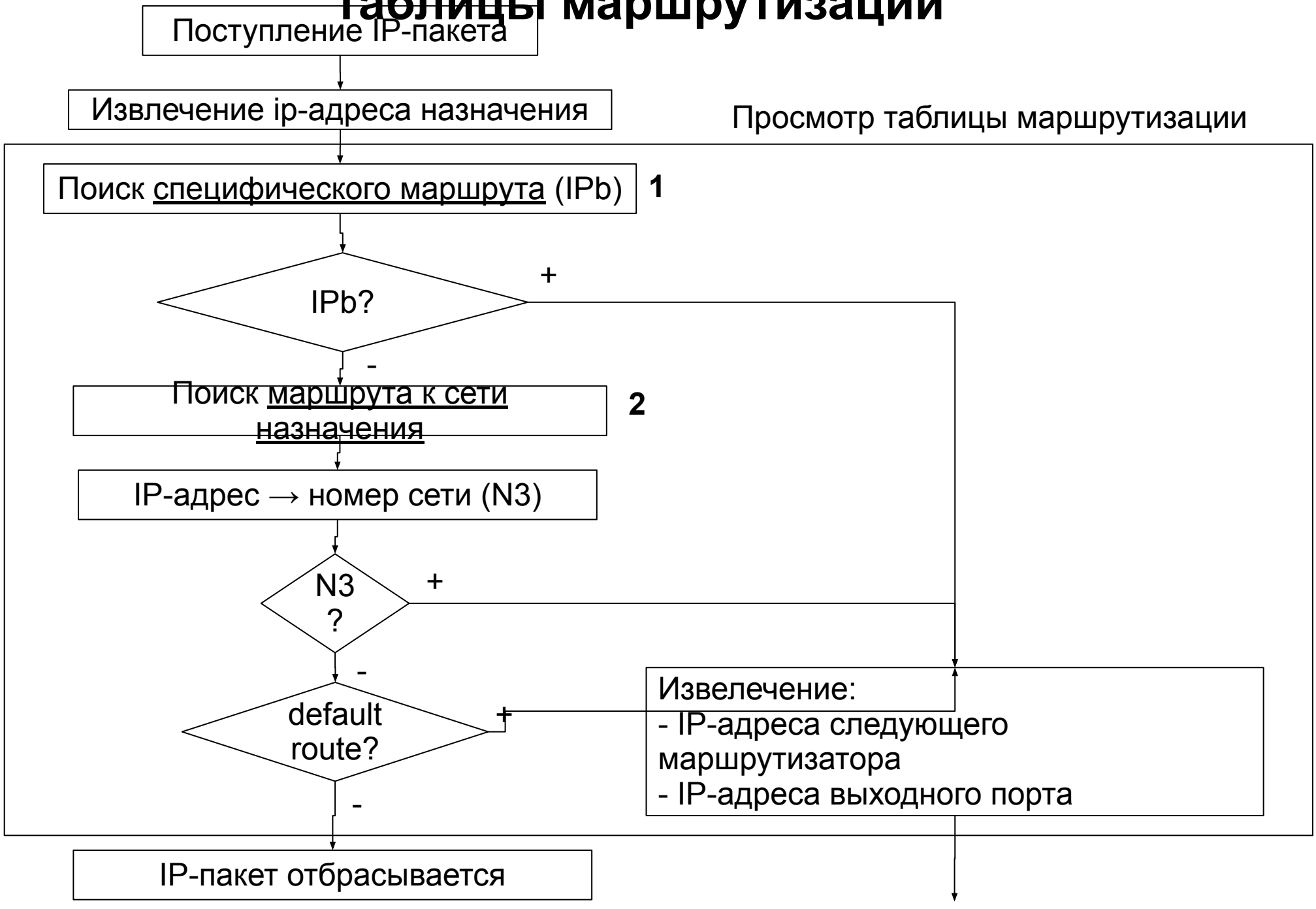
Номер сети назначения	Сетевой адрес следующего маршрутизатора	Сетевой адрес выходного порта	Расстояние до сети назначения
N1	IP_{13} (R1)	IP_B	1
N2	IP_{13} (R1)	IP_B	1
N3	–	IP_B	0
N4	IP_{31} (R3)	IP_B	1
N5	IP_{13} (R1)	IP_B	2
N6	IP_{31} (R3)	IP_B	2
Маршрут по умолчанию	IP_{31} (R3)	IP_B	–

Номер сети назначения	Сетевой адрес следующего маршрутизатора	Сетевой адрес выходного порта	Расстояние до сети назначения
N1	IP_{13} (R1)	IP_B	1
Маршрут по умолчанию	IP_{31} (R3)	IP_B	–

Просмотр таблицы маршрутизации без масок

1. Извлечение из пакета IP-адрес назначения
2. **Поиск специфичного маршрута к узлу**
3. Если точного адреса нет – **поиск адреса к сети назначения**
4. Если совпадений нет в 2, 3 – **выбор маршрута по умолчанию**
5. Если нет маршрута по умолчанию – пакет отбрасывается.

Алгоритм просмотра таблицы маршрутизации



Упрощенная таблица маршрутизации

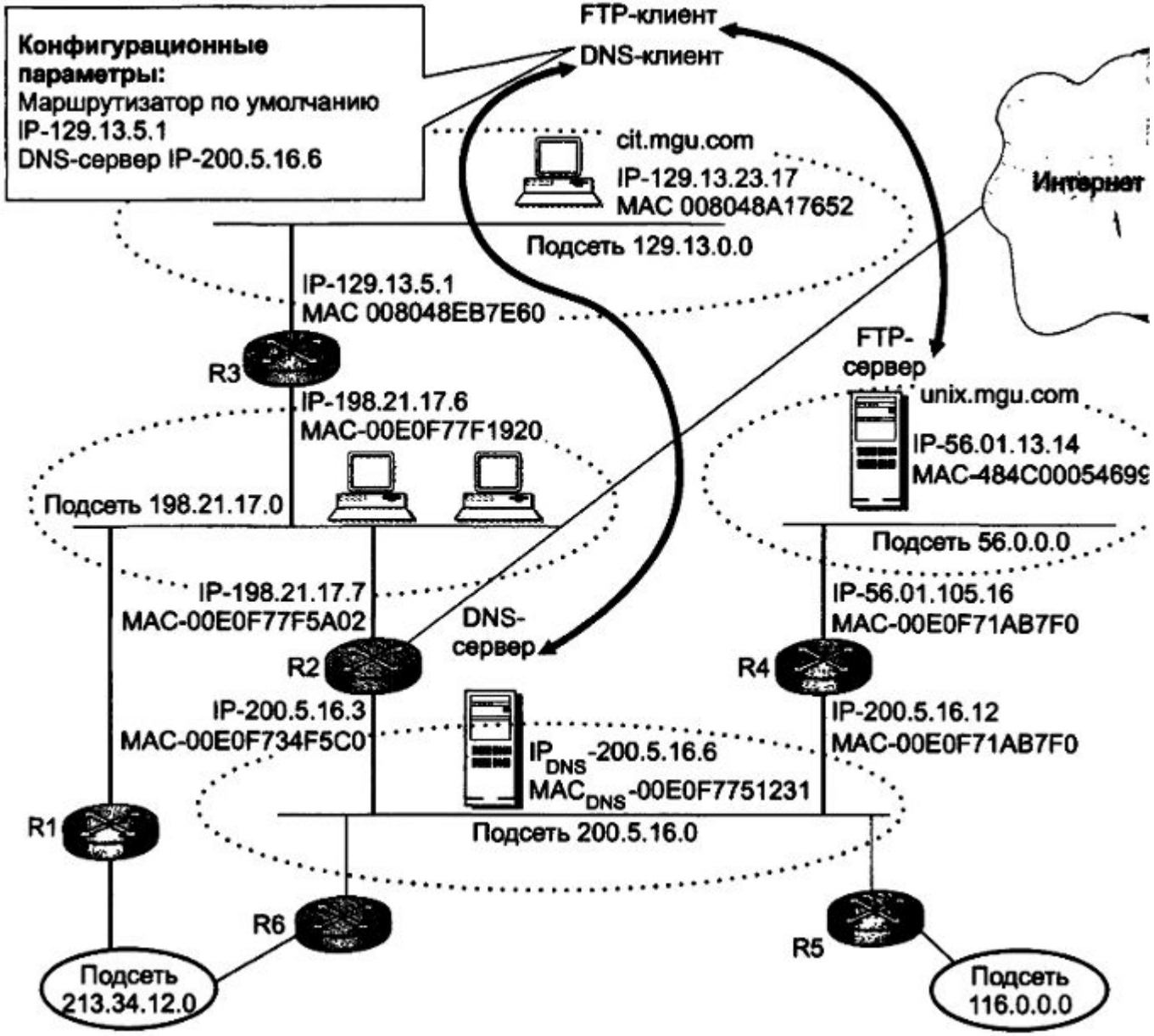
Адрес назначения	Сетевой адрес следующего маршрутизатора	Сетевой адрес выходного порта	Расстояние до сети назначения
N1	IP_{12} (R1)	IP41	1
N2	—	IP41	0 (подсоединена)
N3	IP_{12} (R1)	IP41	1
N4	IP_{21} (R2)	IP41	1
N5	—	IP42	0 (подсоединена)
N6	IP_{21} (R2)	IP21	2
IP_B	IP_{21} (R2)	IP41	2
Маршрут по умолчанию	IP_{51} (R5)	IP42	—

Метрики — учитываются если существует несколько маршрутов к одной сети

Специфический маршрут — приоритет перед не специфическими маршрутами

default route (default gateway) — для уменьшения таблицы маршрутизации

Пример IP-маршрутизации



> ftp unix.mgu.com

1. Запрос DNS-серверу
2. Ответ DNS-клиенту
3. Сообщение FTP-серверу

<u>Запрос DNS-серверу</u>

1. Создание IP-пакета с DNS-запросом

2. Передача кадра Ethernet с IP-пакетом на R3

3. Определение MAC и IP следующего маршрутизатора

4. Передача кадра Ethernet R3 -> R2

5. Передача R2 – DNS-сервер

6. Формирование DNS-ответа

Олифер «Компьютерные сети» 4-е издание - с. 528

Примеры таблиц маршрутизации

Программный маршрутизатор ОС Windows

Сетевой адрес	Маска	Адрес шлюза	Интерфейс	Метрика
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
0.0.0.0	0.0.0.0	198.21.17.7	198.21.17.5	1
56.0.0.0	255.0.0.0	213.34.12.4	213.34.12.3	15
116.0.0.0	255.0.0.0	213.34.12.4	213.34.12.3	13
129.13.0.0	255.255.0.0	198.21.17.6	198.21.17.5	2
198.21.17.0	255.255.255.0	198.21.17.5	198.21.17.5	1
198.21.17.5	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
198.21.17.255	255.255.255.255	198.21.17.5	198.21.17.5	1
213.34.12.0	255.255.255.0	213.34.12.3	213.34.12.3	1
213.34.12.3	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	1
213.34.12.255	255.255.255.255	213.34.12.3	213.34.12.3	1
224.0.0.0	224.0.0.0	198.21.17.6	198.21.17.6	1
224.0.0.0	224.0.0.0	213.34.12.3	213.34.12.3	1
255.255.255.255	255.255.255.255	198.21.17.6	198.21.17.6	1

Примеры таблиц маршрутизации

Аппаратный маршрутизатор

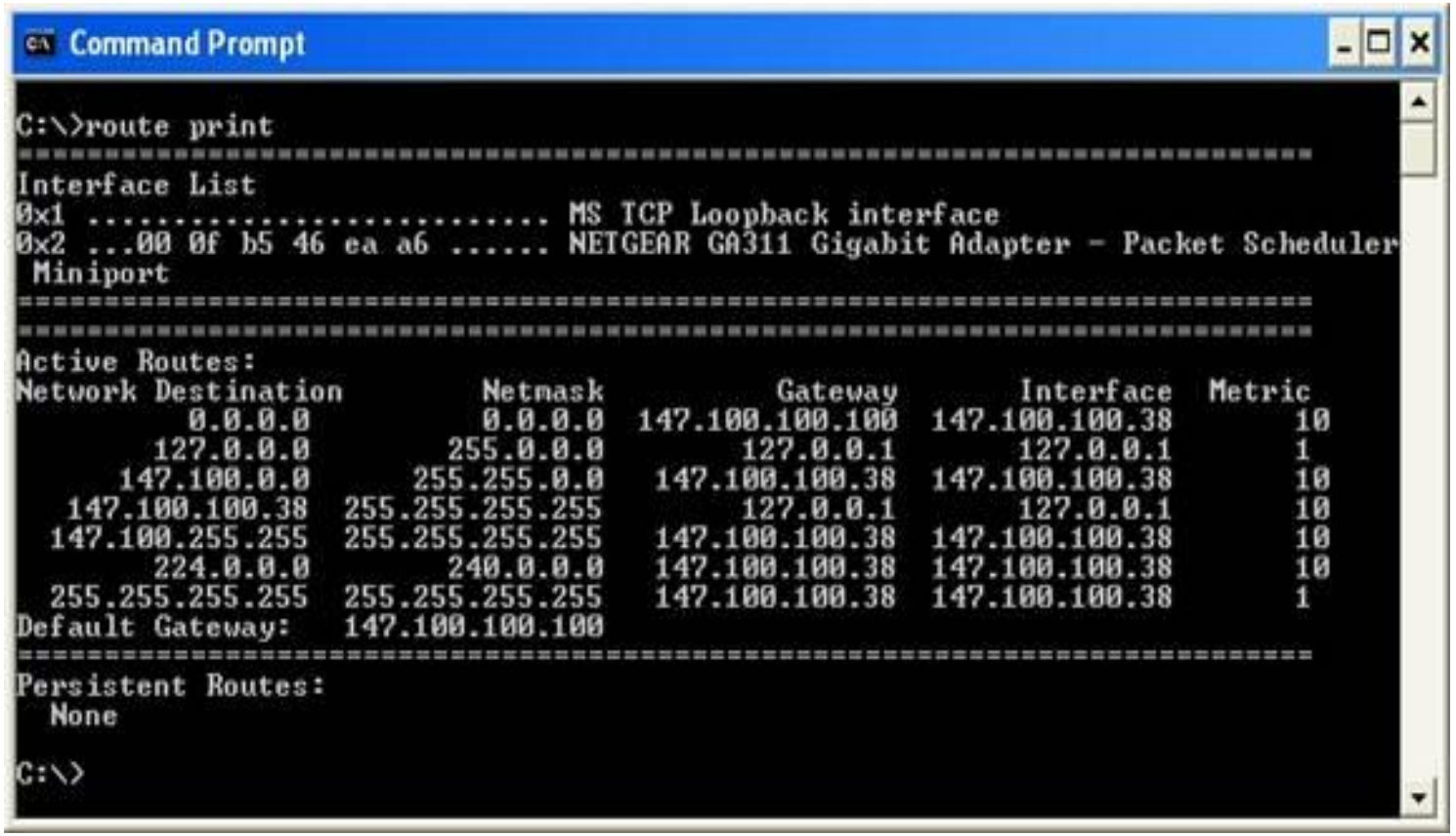
Адрес назначения	Маска	Шлюз	Метрика	Статус	TTL	Источник
198.21.17.0	255.255.255.0	198.21.17.5	0	Up	—	Подключена
213.34.12.0	255.255.255.0	213.34.12.3	0	Up	—	Подключена
56.0.0.0	255.0.0.0	213.34.12.4	14	Up	—	Статическая
116.0.0.0	255.0.0.0	213.34.12.4	12	Up	—	Статическая
129.13.0.0	255.255.0.0	198.21.17.6	1	Up	160	RIP

Unix-маршрутизатор

Адрес назначения	Шлюз	Флаги	Число ссылок	Загрузка	Интерфейс
127.0.0.0	127.0.0.1	UH	1	154	lo0
Маршрут по умолчанию	198.21.17.7	UG	5	43270	le0
198.21.17.0	198.21.17.5	U	35	246876	le0
213.34.12.0	213.34.12.3	U	44	132435	le1
129.13.0.0	198.21.1.7.6	UG	6	16450	le0
56.0.0.0	213.34.12.4	UG	12	5764	le1
116.0.0.0	213.34.12.4	UG	21	23544	le1

Примеры таблиц маршрутизации

C:\>route print



http://www.netdocs.ru/articles/Making-Sense-Windows-Routing-Tables.html

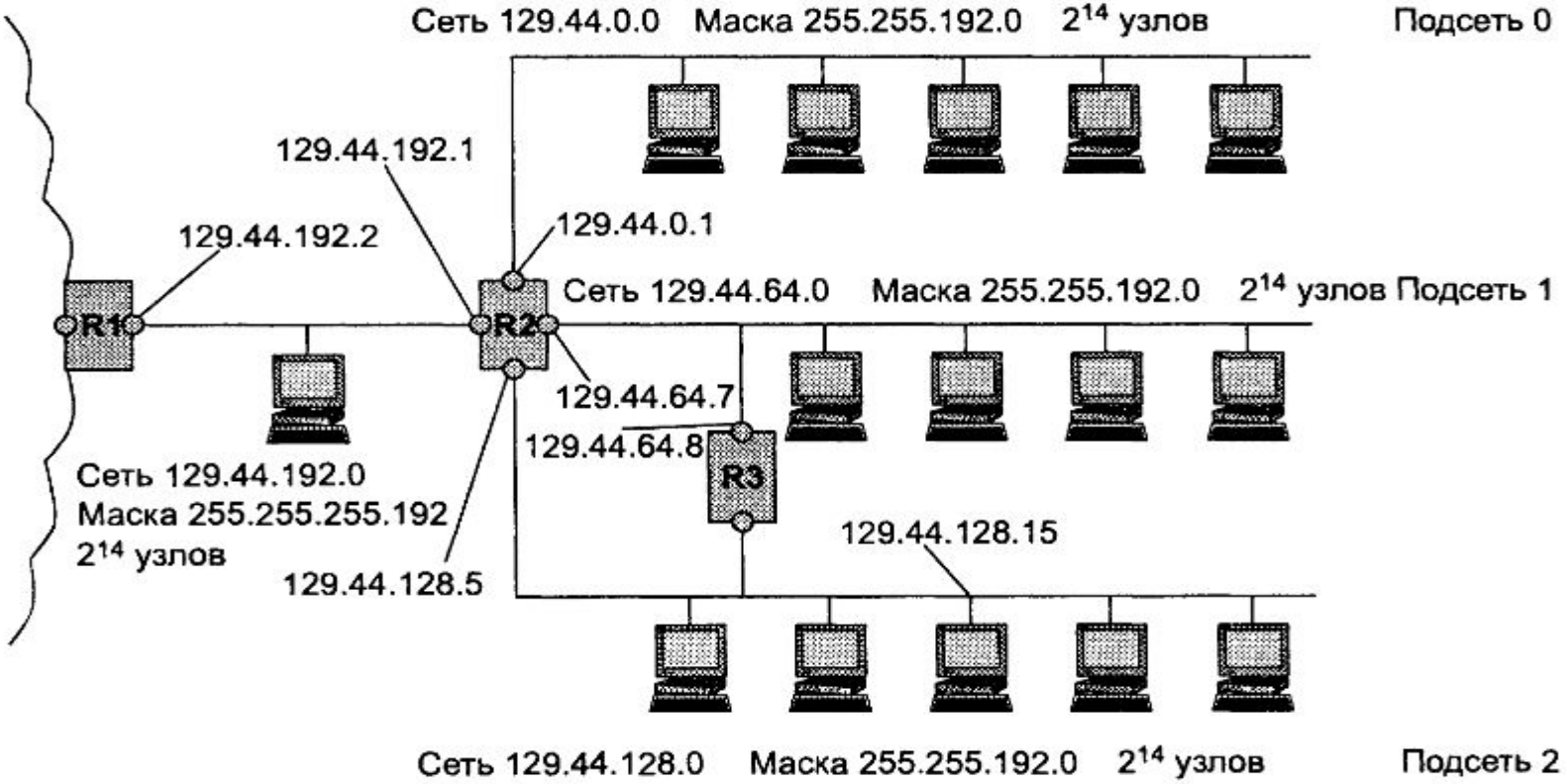
Источники записей в таблице маршрутизации

- **Программное обеспечение стека TCP/IP**
  - непосредственно подключенные сети
  - маршруты по умолчанию
  - адреса особого назначения

- **Администратор** (*статические маршруты*)
  - специфические маршруты
  - маршруты по умолчанию

- **Протоколы маршрутизации** (*динамические маршруты*)
  RIP, OSPF, BGP…

Маршрутизация с



Адрес назначения	Маска	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
129.44.0.0	255.255.192.0	129.44.0.1	129.44.0.1	Подключена
129.44.64.0	255.255.192.0	129.44.64.7	129.44.64.7	Подключена
129.44.128.0	255.255.192.0	129.44.128.5	129.44.128.5	Подключена
129.44.192.0	255.255.192.0	129.44.192.1	129.44.192.1	Подключена
0.0.0.0	0.0.0.0	129.44.192.2	129.44.192.1	—
129.44.128.15	255.255.255.255	129.44.64.8	129.44.64.7	—

Алгоритм просмотра таблицы маршрутизации с маской

0. Извлечение из пакета адреса назначения (IP_d)

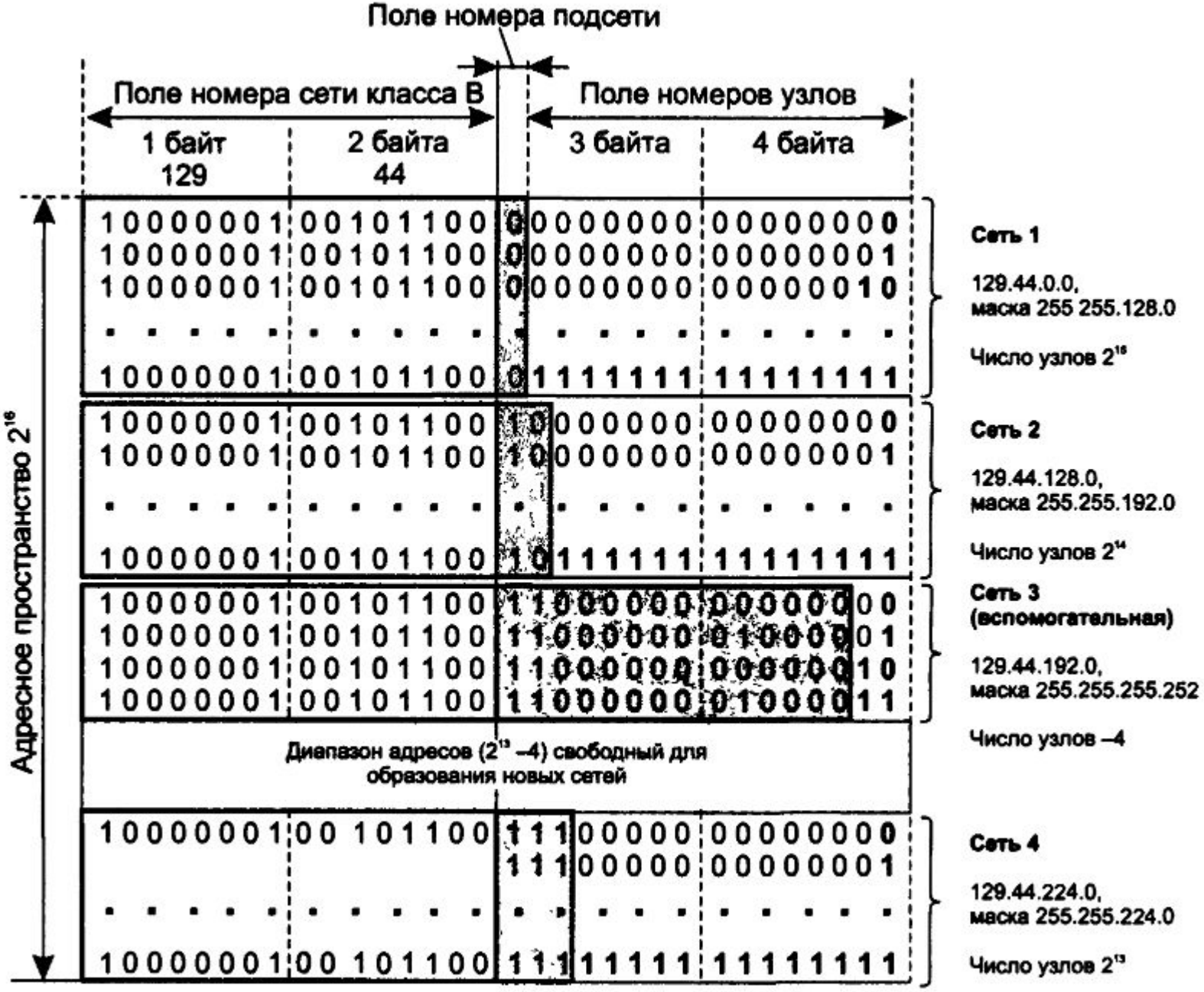
1. Поиск специфичного маршрута (просмотр записей с маской 255.255.255.255)
   Если специфичный маршрут найден – пакет отправляется по указанному маршруту
   Если не найден – переход к шагу 2

2. Поиск неспецифичного маршрута
   IP_d AND M (логическое умножение/конъюнкция)
   Сравнение полученного значения с полем адреса назначения из строки
   Если есть совпадение – строка помечается
   Если просмотрены не все строки – переход к следующей

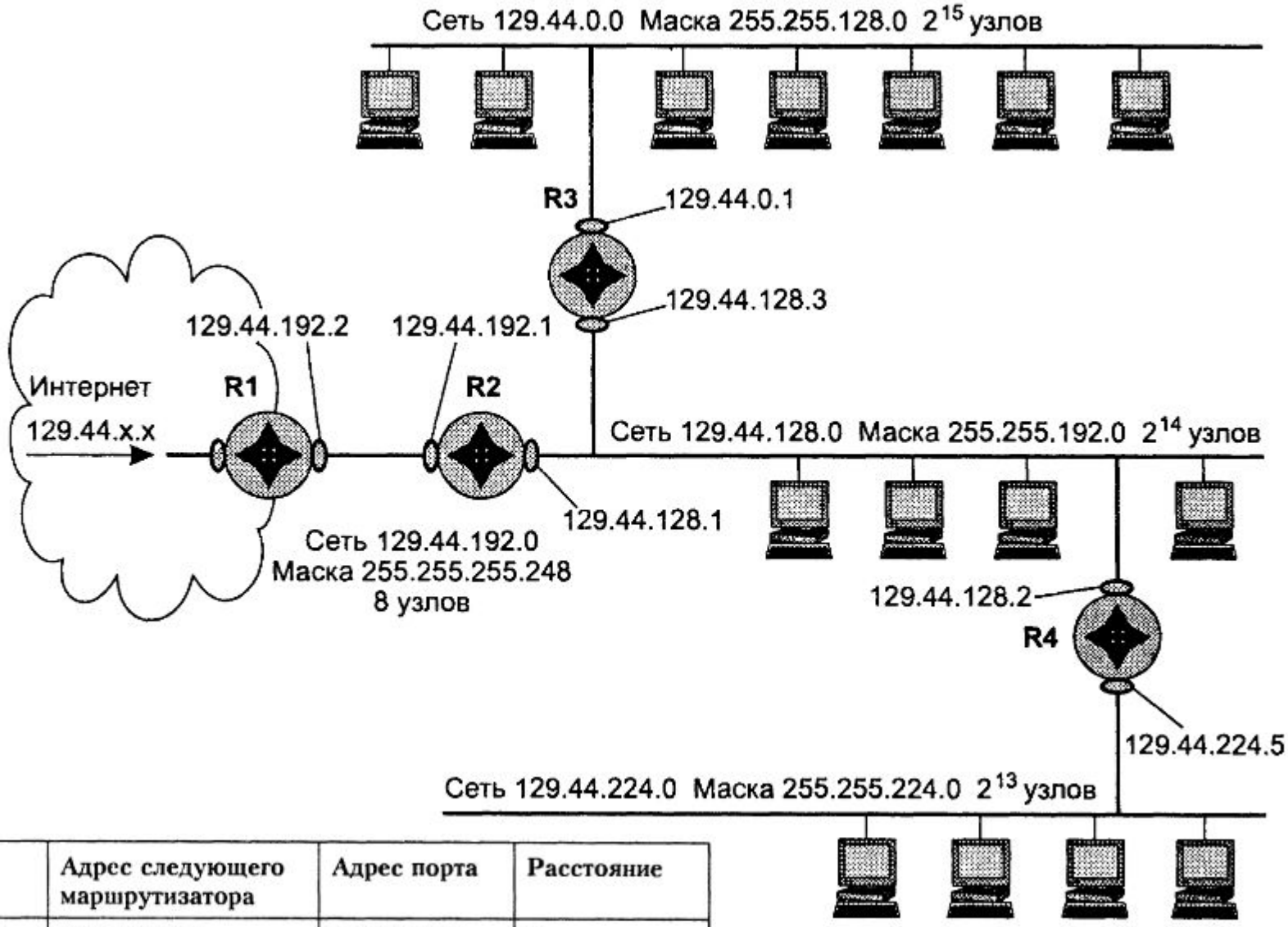
3. Если просмотрены все строки
   Если нет совпадений (маршрут по умолчанию отсутствует) – **пакет отбрасывается**
   Если одно совпадение – **пакет отправляется по указанному маршруту**
   Если несколько совпадений - сравнение отмеченных строк

Выбирается строка, где **количество совпавших двоичных разрядов наибольшее**, т.е. выбирается самый специфичный маршрут

Использование масок переменной длины (1)

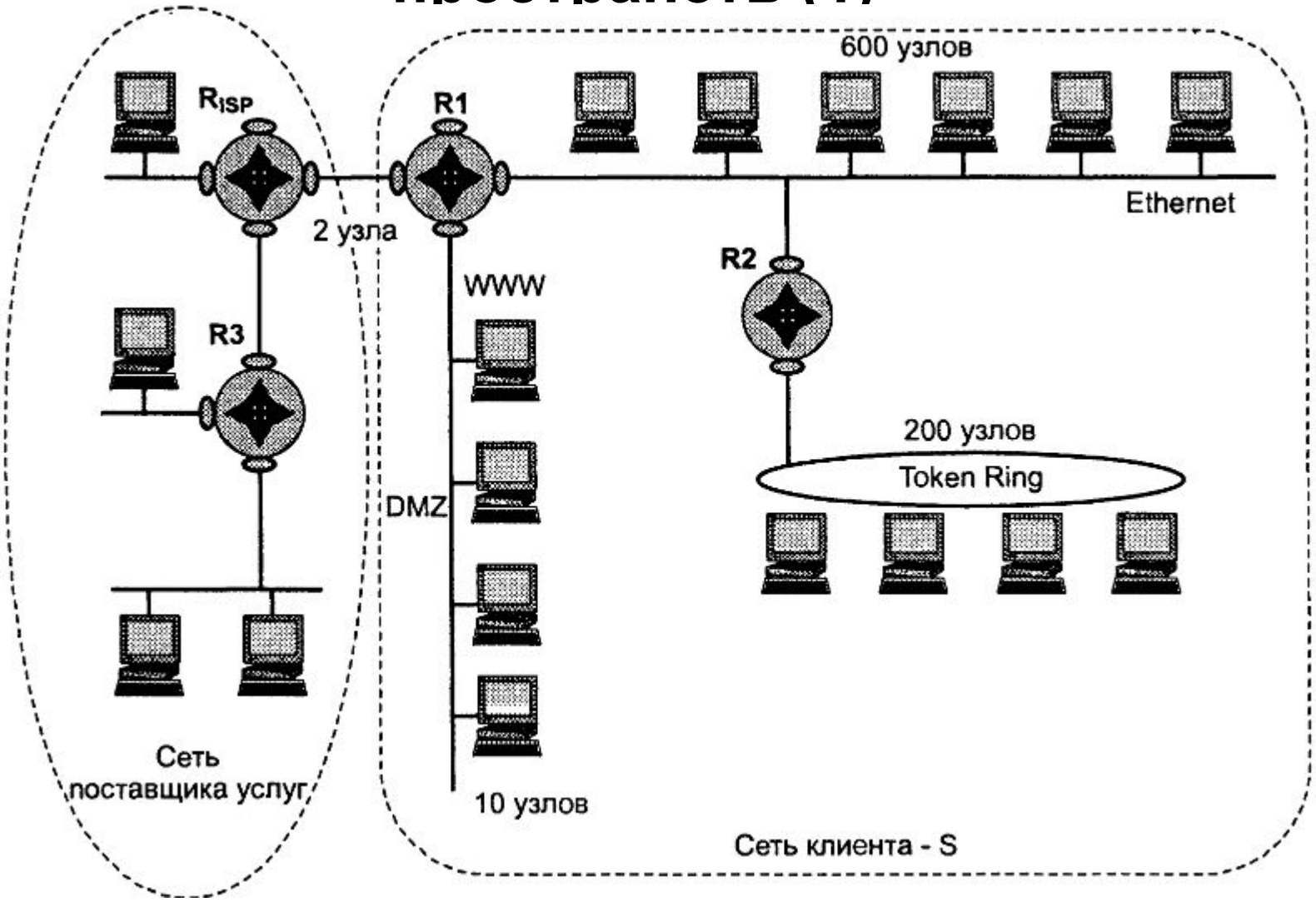


Использование масок



Адрес назначения	Маска	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес порта	Расстояние
129.44.0.0	255.255.128.0	129.44.128.3	129.44.128.1	1
129.44.128.0	255.255.192.0	129.44.128.1	129.44.128.1	Подключена
129.44.192.0	255.255.255.248	129.44.192.1	129.44.192.1	Подключена
129.44.224.0	255.255.224.0	129.44.128.2	129.44.128.1	1
0.0.0.0	0.0.0.0	129.44.192.2	129.44.192.1	--

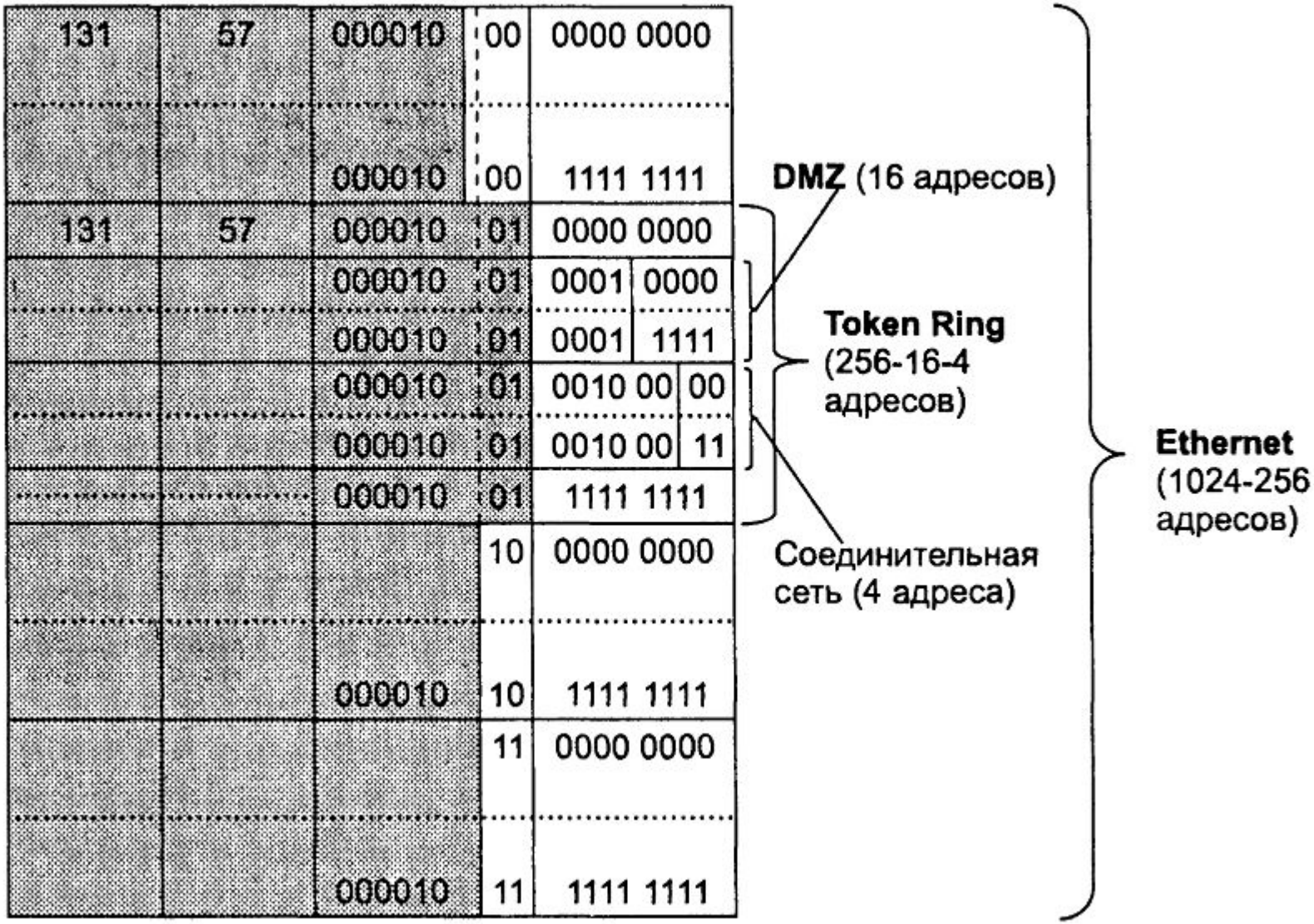
Перекрытие адресных пространств (1)



Поставщик услуг -> пул на 1024 адреса
131.57.8.0/22
10000011.00111001.00001000.00000000

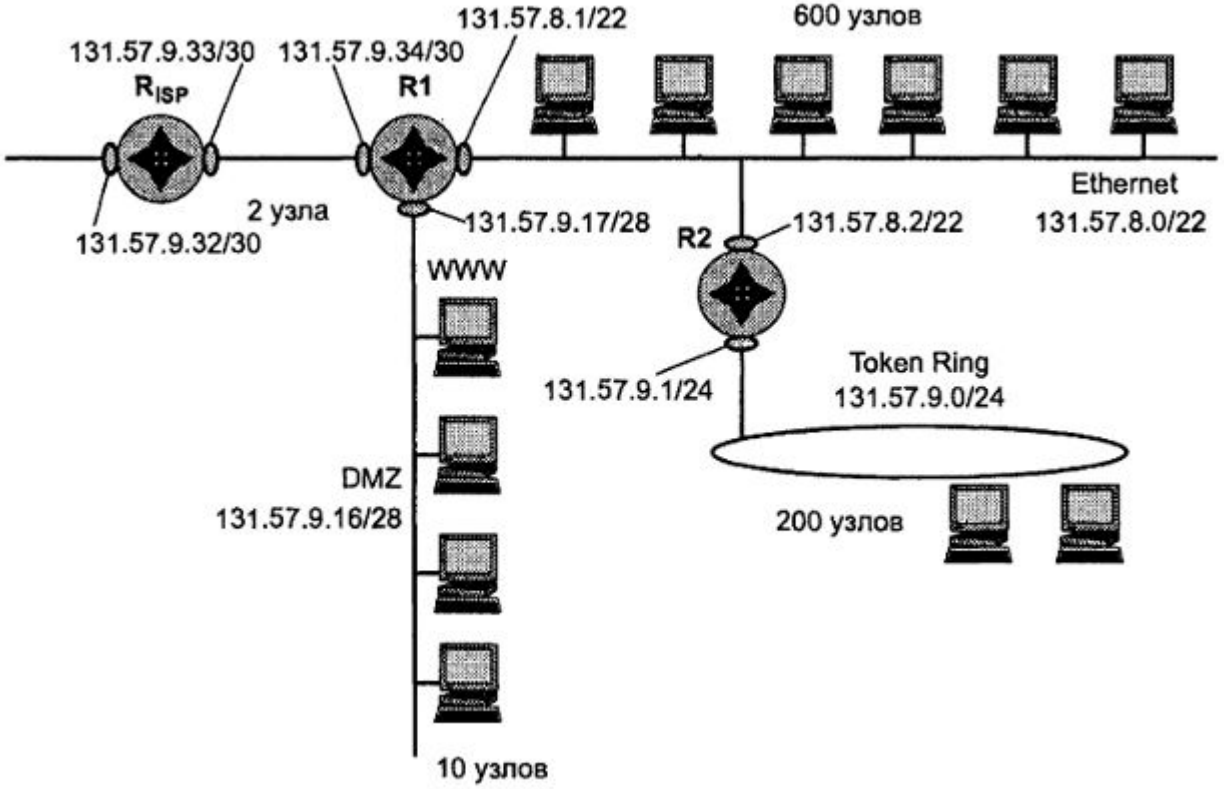
Всего необходимо 812 адресов

Перекрытие адресных



Ethernet	131.57.8.0	1… . …1.1111 1100.0000 0000 (255.255.252.0)
Token Ring	131.57.9.0	1… . …1.1111 1111.0000 0000 (255.255.255.0)
DMZ	131.57.9.16	1… . …1.1111 1111.1111 0000 (255.255.255.240)
Соед. сеть	131.57.9.32	1... . … 1.1111 1111.1111 1100 (255.255.255.252)

Перекрытие адресных пространств (2)



Адрес назначения	Маска	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес выходного интерфейса	Расстояние
131.57.8.0	255.255.252.0	131.57.8.2	131.57.8.2	Подключена
131.57.9.0	255.255.255.0	131.57.9.1	131.57.9.1	Подключена
131.57.9.16	255.255.255.240	131.57.8.1	131.57.8.2	1
131.57.9.32	255.255.255.252	131.57.8.1	131.57.8.2	1

Технология CIDR (1)

Бесклассовая междоменная маршрутизация (Classless Inter-Domain Routing)

Особенности технологии:

- каждый провайдер получает непрерывный диапазон IP-адресов
- все адреса провайдера имеют общий **префикс**
- **локализация сетей** - сети с общим префиксом

располагаются территориально рядом

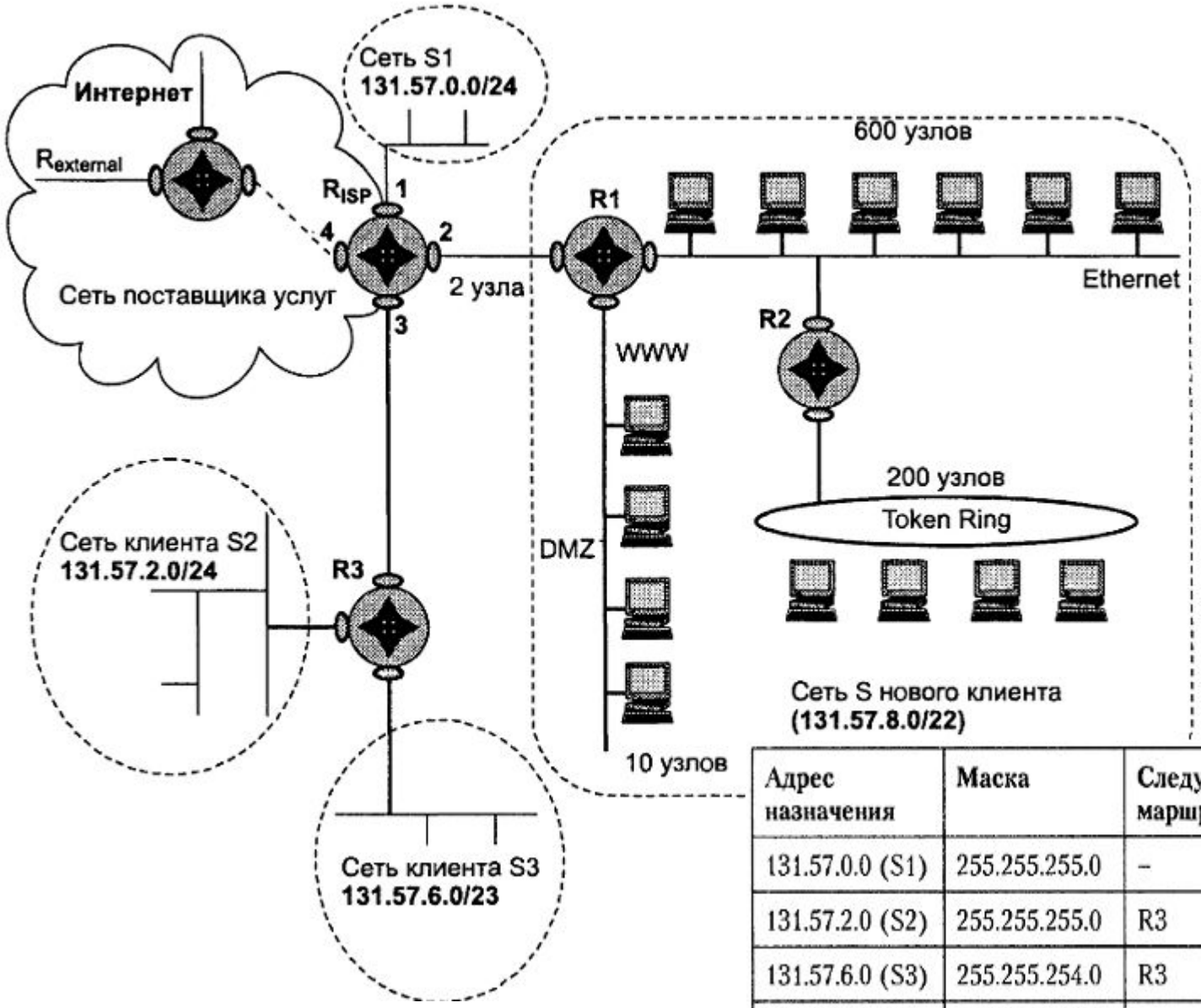
- **маршрутизация** на магистралях осуществляется на основе **префиксов**

Эффекты CIDR:

экономичное использование адресного пространства

уменьшение числа записей в таблицах маршрутизации

Технология CIDR (2)



Адрес назначения	Маска	Следующий маршрутизатор	Номер выходного интерфейса	Расстояние
131.57.0.0 (S1)	255.255.255.0	–	1	Подключена
131.57.2.0 (S2)	255.255.255.0	R3	3	1
131.57.6.0 (S3)	255.255.254.0	R3	3	1
131.57.8.0 (S)	**255.255.252.0**	–	**2**	**1**
Маршрут по умолчанию	0.0.0.0	$R_{external}$	4	–