
Маршрутизация в IP сетях

*Проектирование масштабируемых сетей
передачи данных*

«Живые встречи» 2014

Иерархические структуры корпоративных СПД

Функциональная структура корпорации



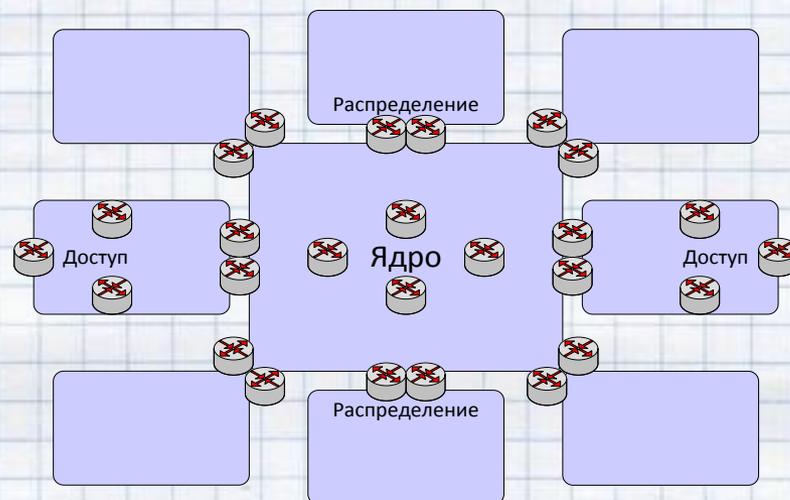
Географическая структура корпорации



Иерархические структуры корпоративных СПД

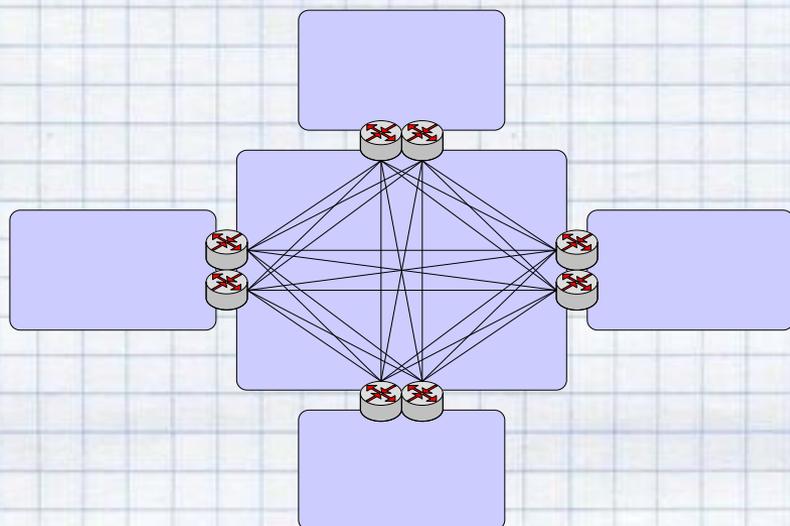
Трехуровневая модель организации СПД

- *Уровень Ядра*
- *Уровень Распределения*
- *Уровень Доступа*

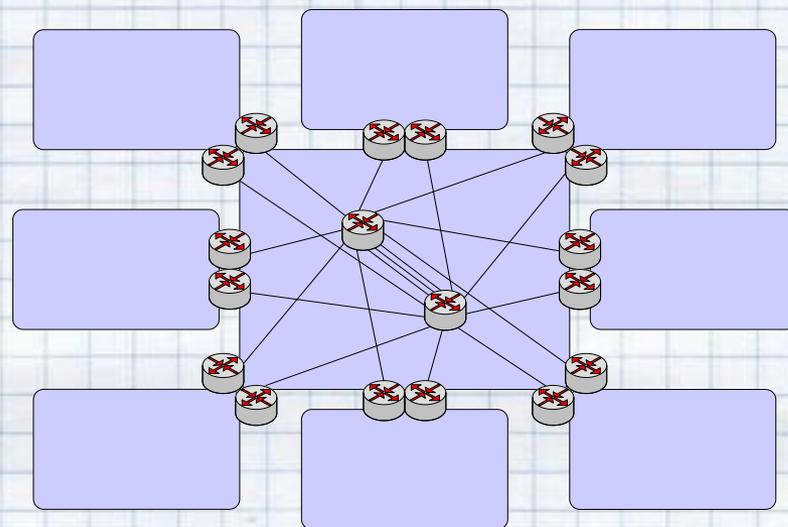


Иерархические структуры корпоративных СПД

Полносвязная топология ядра



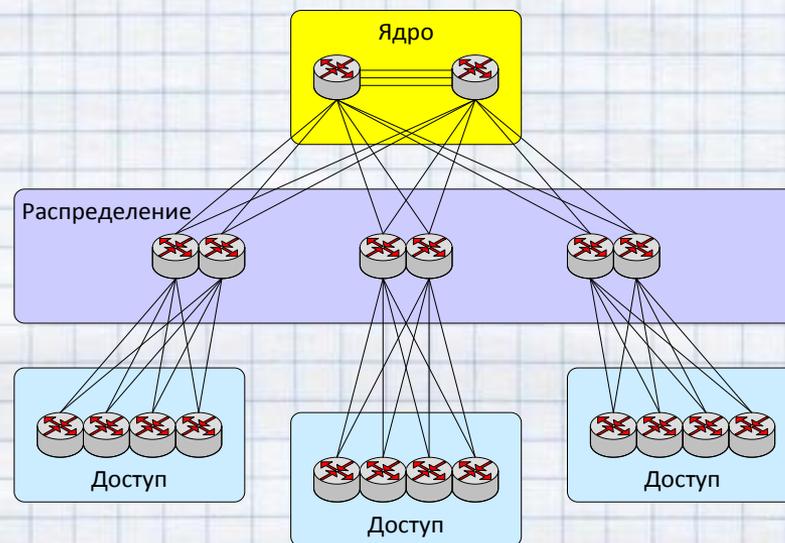
Топология «звезда» в ядре сети



Иерархические структуры корпоративных СПД

Трехуровневая модель организации СПД Схемы резервирования

- Резервирование оборудования

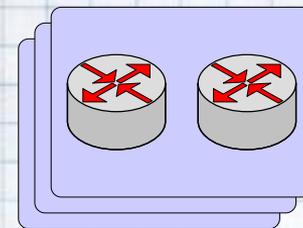


- Резервирование каналов связи

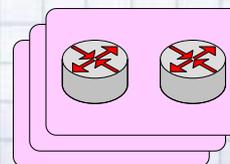
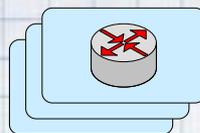
Иерархические структуры корпоративных СПД

Описание типовых схем

- *Описание видов типовых узлов*



- *Подбор типового оборудования*



Требования к архитектуре корпоративных СПД

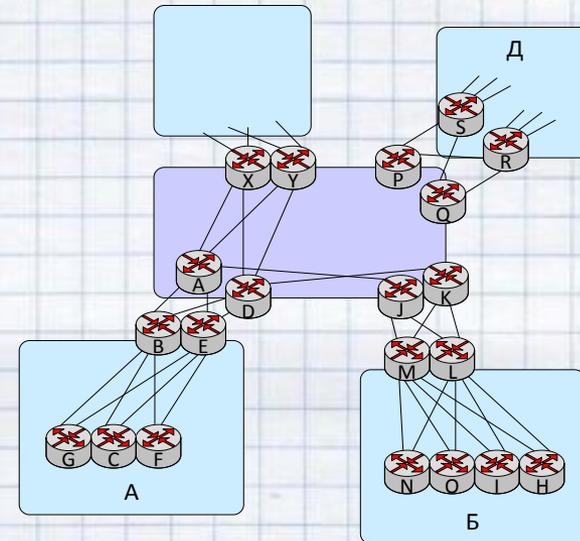
Основные требования к архитектуре СПД

- **Масштабируемость (Scalability).** Учет в дизайне корпоративной СПД возможности многократного увеличения числа узлов;
- **Предсказуемость (Predictability).** Предсказуемое поведение, как всей сети, так и ее частей во всех возможных режимах работы;
- **Гибкость (Flexibility).** Минимизация издержек связанных с дополнением, изменением и удалением узлов внутри сети.

Требования к архитектуре корпоративных СПД

Масштабируемость

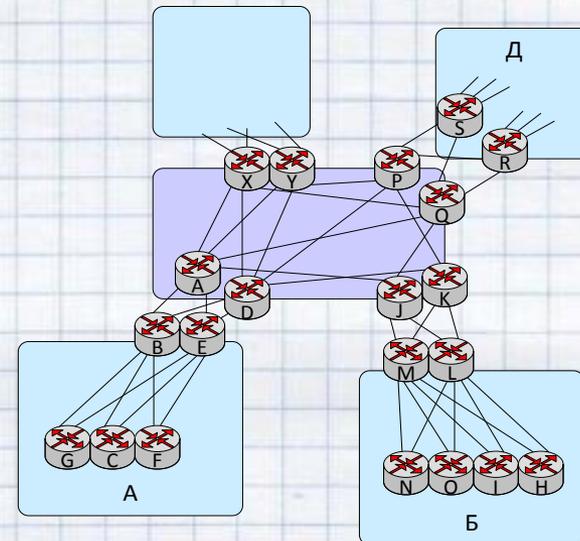
- Подключение маршрутизаторов P и Q к ядру общей сети передачи данных;
- Перевод адресного пространства нового подразделения в общее адресное пространство корпорации и настройка на маршрутизаторах P и Q службы NAT;
- Перевод DHCP сервера подключаемого подразделения в общее адресное пространство;
- Удаление на маршрутизаторах P и Q службы NAT.



Требования к архитектуре корпоративных СПД

Предсказуемость

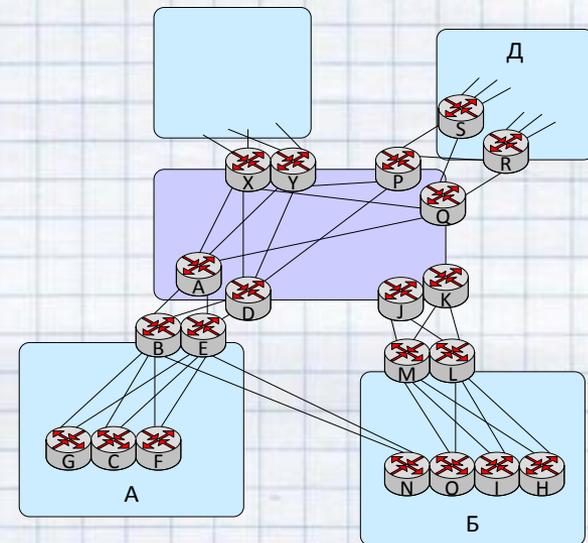
- Маршрутизатор С имеет одинаковые каналы связи до маршрутизаторов В и Е, поэтому маршрутизатор С может использовать механизм балансировки трафика до сетей расположенных за маршрутизаторами В и Е.



Требования к архитектуре корпоративных СПД

Гибкость

- Организовать каналы связи между маршрутизатором N и маршрутизаторами B и E;
- Отключить каналы связи маршрутизатора N с маршрутизаторами M и L;
- Настроить NAT на маршрутизаторе N для трансляции адресов из адресного пространства подразделения A;
- Удалить каналы связи до маршрутизаторов J и K с других маршрутизаторов ядра сети (A, D, P, Q, X и Y);
- Заменить адреса удаленного узла N на адреса из адресного пространства подразделения A.



IP адресация

Форматы записи IP адреса и сетевой маски

Формат записи	IP адрес сетевая маска
Точечно-десятичный	10.16.2.120
Точечно-десятичный	255.0.0.0
Двоичный	00001010.00010000.00000010.01111000
Двоичный	11111111.00000000.00000000.00000000

Сети классов А, В и С, сетевая и узловая части

Класс А	Сеть	Узел		
	0NNNNNNNN			
Октет	1	2	3	4

Класс В	Сеть	Узел		
	10NNNNNNN.NNNNNNNNN			
Октет	1	2	3	4

Класс С	Сеть	Узел		
	110NNNNNN.NNNNNNNNN.NNNNNNNNN			
Октет	1	2	3	4

IP адресация

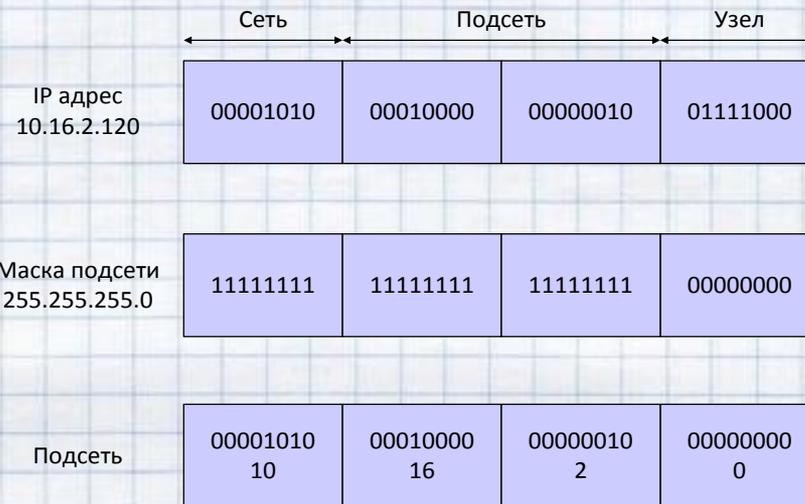
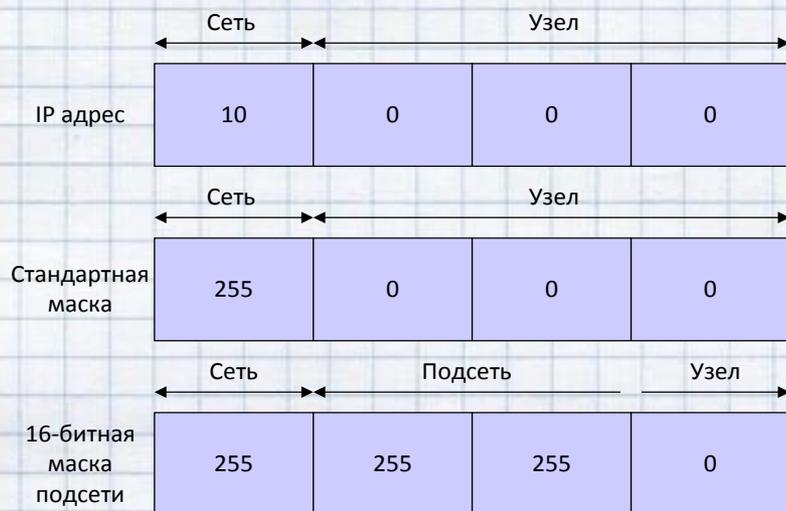
Зарезервированные адреса для частного использования (RFC 1918)

Класс сети	Адресное пространство	Префикс
A	10.0.0.0 – 10.255.255.255	/8
B	172.16.0.0 – 172.31.255.255	/12
C	192.168.0.0 – 192.168.255.255	/16

IP адресация

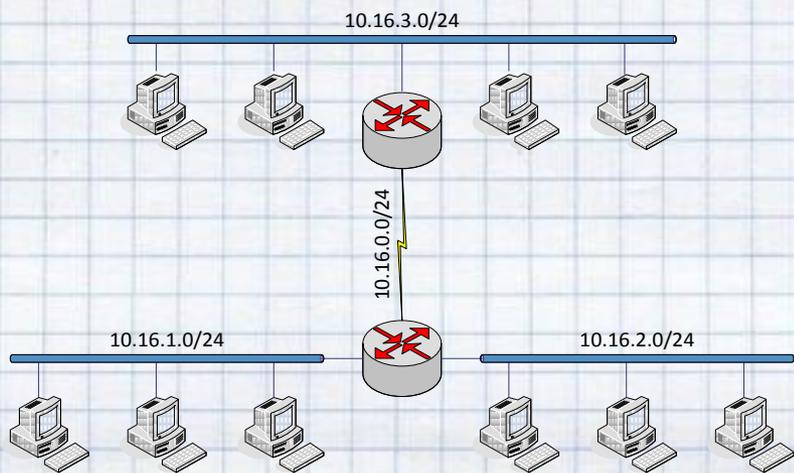
Адреса сети и узла

Использование 16 бит для задания подсети



IP адресация

Четыре подсети сети 10.0.0.0



Адреса подсетей

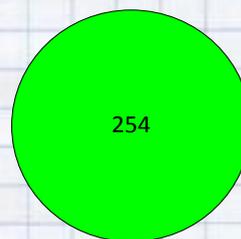


IP адресация

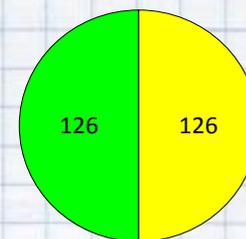
Схема двоичных преобразований

	128	64	32	16	8	4	2	1	
/24	0	0	0	0	0	0	0	0	= 0
/25	1	0	0	0	0	0	0	0	= 128
/26	1	1	0	0	0	0	0	0	= 192
/27	1	1	1	0	0	0	0	0	= 224
/28	1	1	1	1	0	0	0	0	= 240
/29	1	1	1	1	1	0	0	0	= 248
/30	1	1	1	1	1	1	0	0	= 252
/31*	1	1	1	1	1	1	1	0	= 254
/32	1	1	1	1	1	1	1	1	= 255

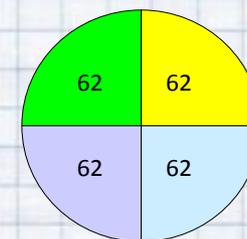
Разделение сети класса С на подсети



10.16.0.0/24



10.16.0.0/25
10.16.0.128/25



10.16.0.0/26
10.16.0.64/26
10.16.0.128/26
10.16.0.192/26

IP адресация

Технология FLSM

- *Распределение адресных блоков одной размерности.*
- *Суммирование маршрутов только на границе классовой сети.*

Технология VLSM

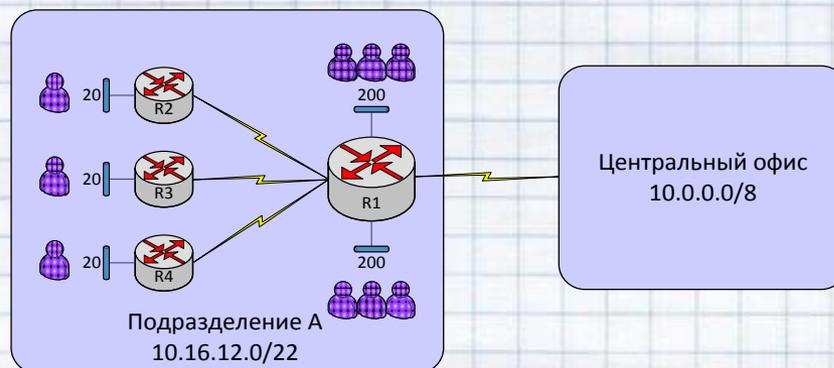
- *Эффективное распределение адресных блоков.*
- *Возможность суммирования маршрутов в ключевых точках сети.*
 - *Небольшое число записей в таблицах маршрутизации.*
 - *Эффективная маршрутизация.*
 - *Уменьшение времени сходимости сети.*

IP адресация

Двоичная запись сетей 10.16.11.0 – 10.16.16.0

Адреса подсетей 10.16.12.0/22	
Десятичная запись	Двоичная запись
10.16.11.0	00001010.00010000.00001011.00000000
10.16.12.0	00001010.00010000.00001100.00000000
10.16.12.255	00001010.00010000.00001100.11111111
10.16.13.0	00001010.00010000.00001101.00000000
10.16.13.255	00001010.00010000.00001101.11111111
10.16.14.0	00001010.00010000.00001110.00000000
10.16.14.255	00001010.00010000.00001110.11111111
10.16.15.0	00001010.00010000.00001111.00000000
10.16.15.255	00001010.00010000.00001111.11111111
10.16.16.0	00001010.00010000.00010000.00000000

Структура СПД Подразделения А



IP адресация

Адресный план Подразделения А

Адреса подсетей 10.16.x.0/24

10.16.12.0	00001010.00010000.00001100.00000000	Локальная сеть 1
10.16.13.0	00001010.00010000.00001101.00000000	Локальная сеть 2
10.16.14.0	00001010.00010000.00001110.00000000	Резерв
10.16.15.0	00001010.00010000.00001111.00000000	Удаленные узлы

Адреса подсетей 10.16.15.x/27

10.16.15.0	00001010.00010000.00001111.00000000	Удаленный узел R1
10.16.15.32	00001010.00010000.00001111.00100000	Удаленный узел R2
10.16.15.64	00001010.00010000.00001111.01000000	Удаленный узел R3

Адреса подсетей 10.16.15.x/30

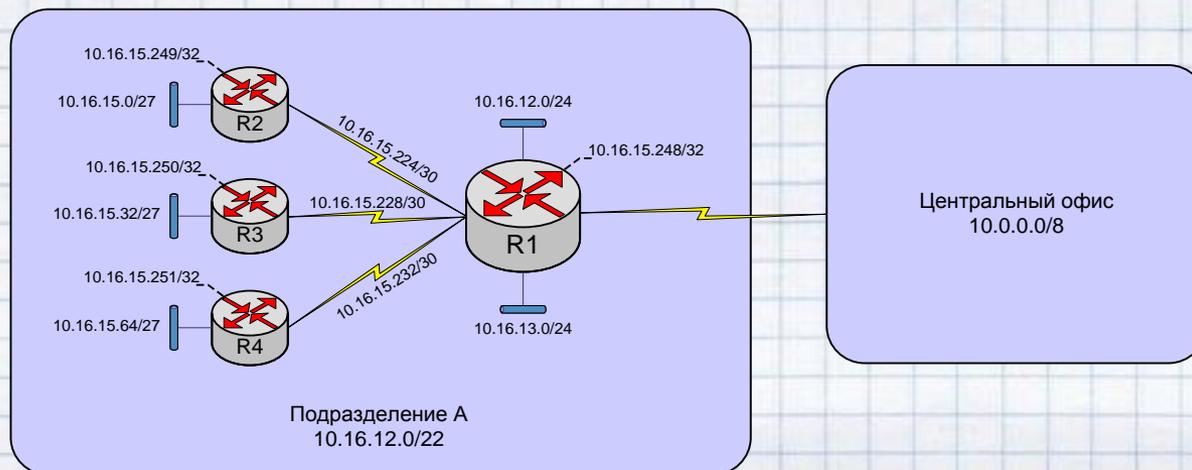
10.16.15.224	00001010.00010000.00001111.11100000	R1–R2
10.16.15.228	00001010.00010000.00001111.11100100	R1–R3
10.16.15.232	00001010.00010000.00001111.11101000	R1–R4
10.16.15.236	00001010.00010000.00001111.11101100	Резерв
10.16.15.240	00001010.00010000.00001111.11110000	Резерв
10.16.15.244	00001010.00010000.00001111.11110100	Резерв

Адреса подсетей 10.16.15.x/32

10.16.15.248	00001010.00010000.00001111.11111000	R1
10.16.15.249	00001010.00010000.00001111.11111001	R2
10.16.15.250	00001010.00010000.00001111.11111010	R3
10.16.15.251	00001010.00010000.00001111.11111011	R4
10.16.15.252	00001010.00010000.00001111.11111100	Резерв
10.16.15.253	00001010.00010000.00001111.11111100	Резерв

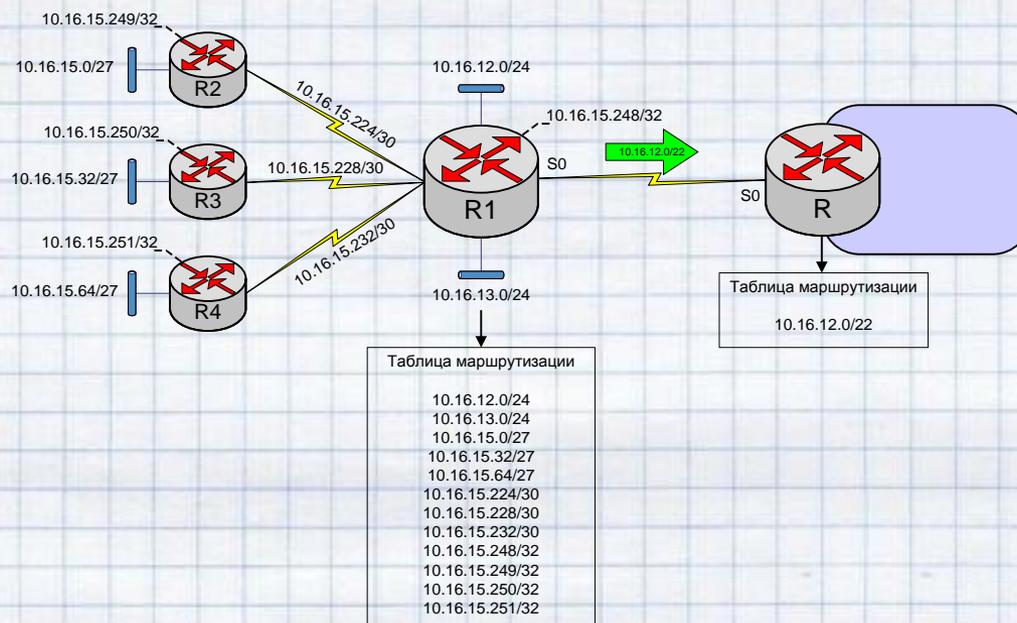
IP адресация

Адресный план Подразделения А



IP адресация

Суммирование маршрутов



Проектирование масштабируемого адресного пространства

Иерархическая структура адресного плана

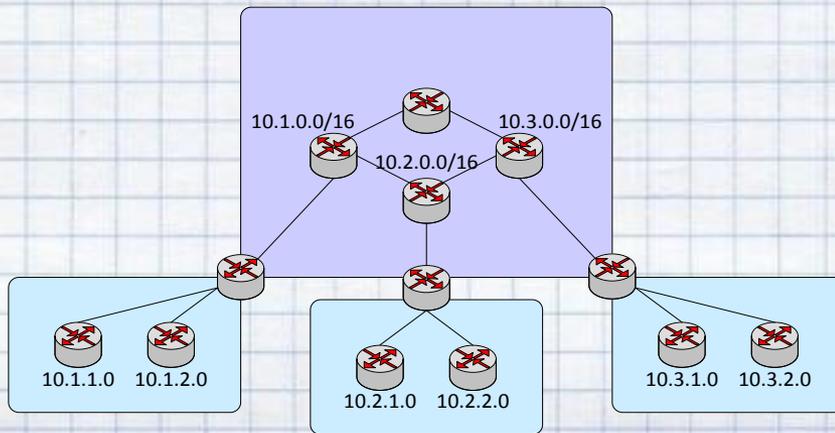
- *Эффективное распределение адресных блоков.*
- *Небольшое число записей в таблицах маршрутизации.*

Иерархическое суммирование маршрутов

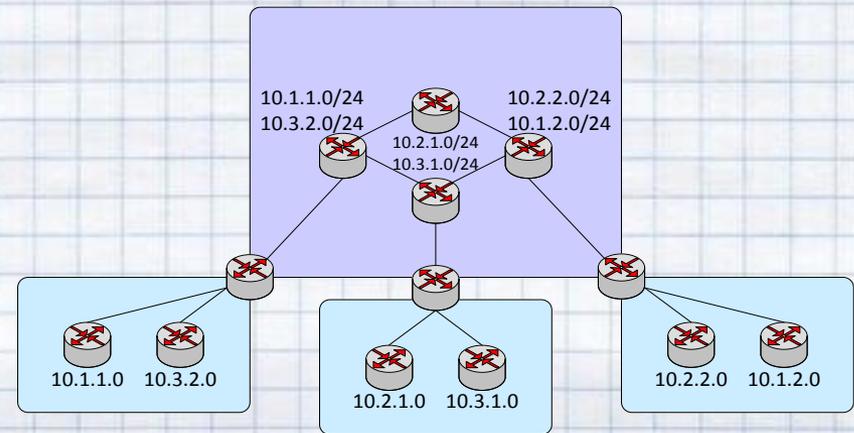
- *Эффективная маршрутизация.*
- *Использование меньших вычислительных ресурсов оборудования.*
- *Уменьшение времени сходимости сети.*
- *Упрощенный поиск и устранение ошибок.*

Проектирование масштабируемого адресного пространства

Иерархическое распределение адресного пространства

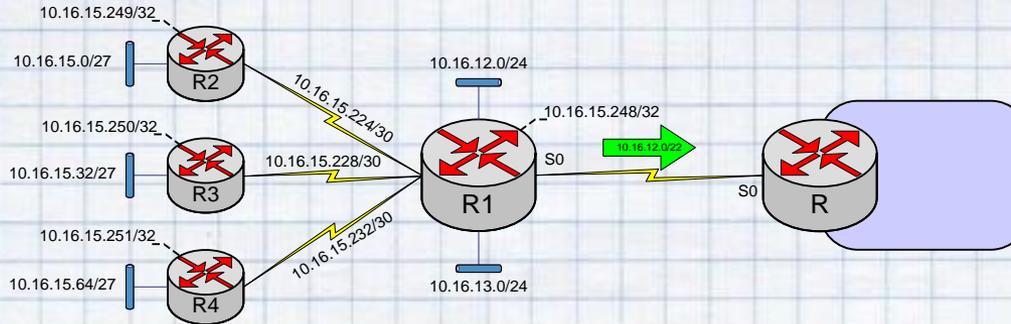


Произвольное распределение адресного пространства

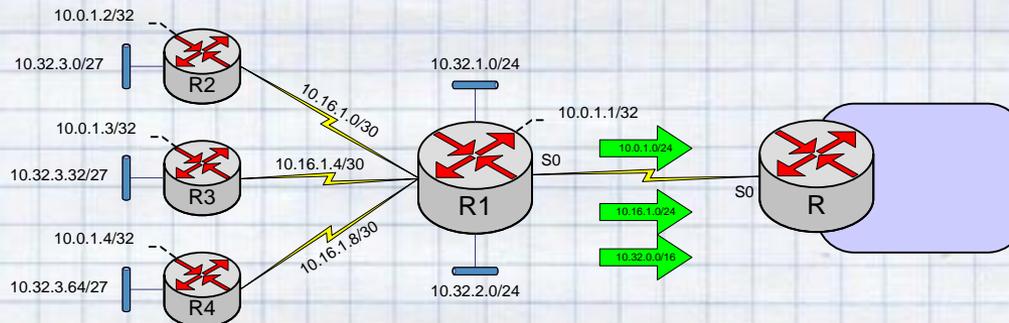


Функциональное распределение адресного пространства

Иерархическое распределение адресного пространства

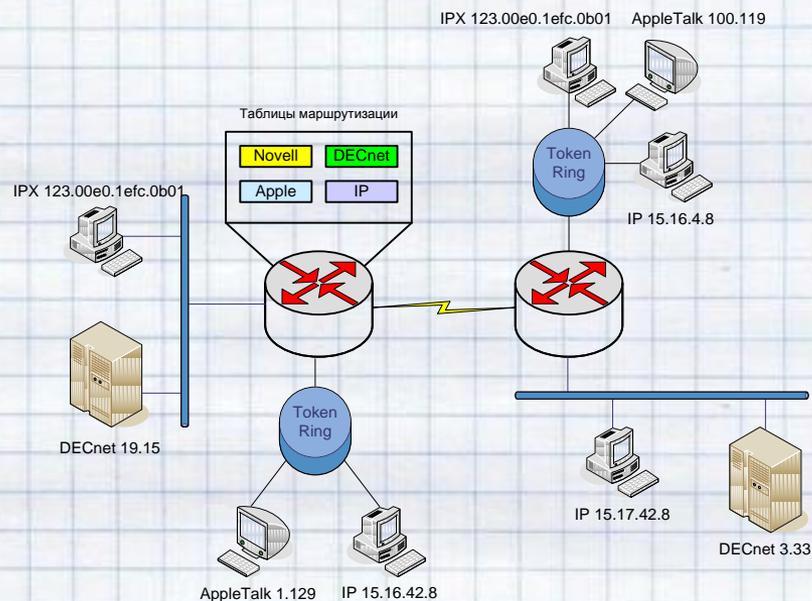


Функциональное распределение адресного пространства



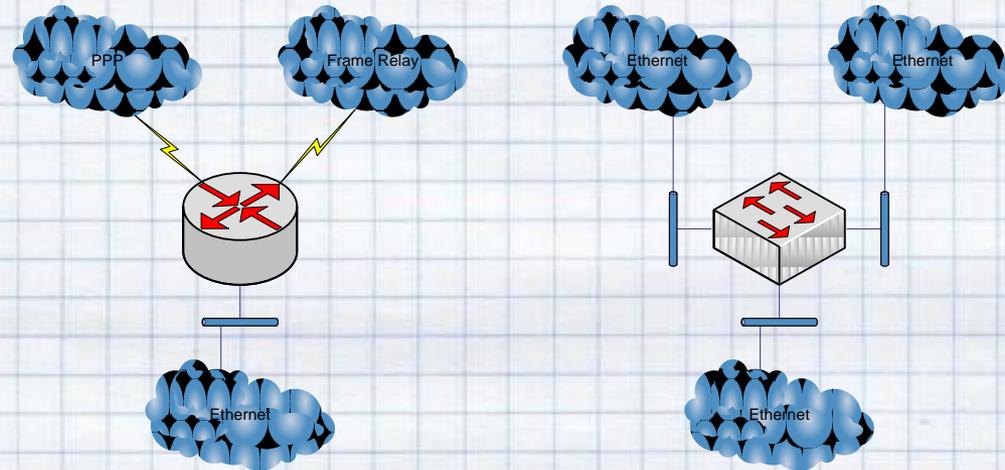
Принципы маршрутизации

- **Маршрутизируемый протокол** – любой сетевой протокол, адрес сетевого уровня которого предоставляет достаточное количество информации для доставки пакета от одного сетевого узла другому на основе используемой схемы адресации.
- **Маршрутизирующий протокол** – поддерживающий маршрутизируемые протоколы и предоставляющий механизмы обмена маршрутной информацией.
- **Маршрутизация** – процесс, при котором осуществляется передача пакетов маршрутизируемого протокола, при помощи протокола маршрутизации от логического отправителя логическому получателю.



Основные функции маршрутизаторов

- **Маршрутизация** – поддержание таблицы маршрутизации и обмен информацией об изменениях в топологии сети с другими маршрутизаторами.
- **Коммутация** – перенаправление пакетов от входного интерфейса маршрутизатора на выходной интерфейс в зависимости от таблицы маршрутизации.



Запуск процесса маршрутизации

```
(config) ip routing  
(config) no ip routing
```

Концептуальные основы маршрутизации

Таблица маршрутизации

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 17 subnets, 6 masks

```
D 10.16.0.16/30 [90/2304000] via 10.16.0.1, 00:55:37, Serial0/0/0
C 10.16.0.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
D 10.32.1.32/27 [90/1794560] via 10.16.1.6, 00:11:18, Serial0/1/0
C 10.16.1.4/30 is directly connected, Serial0/1/0
D 10.0.1.2/32 [90/1920000] via 10.16.1.2, 00:52:27, Serial0/0/1
D 10.0.1.3/32 [90/1920000] via 10.16.1.6, 00:52:27, Serial0/1/0
D 10.32.2.0/26 [90/2944000] via 10.16.0.1, 00:01:59, Serial0/0/0
D 10.32.1.0/27 [90/1794560] via 10.16.1.2, 00:12:15, Serial0/0/1
D 10.32.1.0/26 is a summary, 00:09:14, Null0
D 10.32.0.0/28 [90/1794560] via 10.16.0.1, 00:55:38, Serial0/0/0
D 10.0.1.0/30 is a summary, 00:07:53, Null0
D 10.0.0.1/32 [90/1920000] via 10.16.0.1, 00:55:39, Serial0/0/0
D 10.16.2.0/29 [90/2816000] via 10.16.0.1, 00:02:00, Serial0/0/0
C 10.0.1.1/32 is directly connected, Loopback0
C 10.16.1.0/30 is directly connected, Serial0/0/1
D 10.16.1.0/29 is a summary, 00:09:31, Null0
D 10.0.2.0/30 [90/2432000] via 10.16.0.1, 00:02:00, Serial0/0/0
```

Концептуальные основы маршрутизации

Административное расстояние

- **Административное расстояние** – мера достоверности источника информации о маршруте.

Источник информации о маршруте	Административное расстояние Cisco
Прямое соединение	0
Статический маршрут	1
Суммарный маршрут EIGRP	5
Внешний BGP	20
Внутренний EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIPv1 RIPv2	120
Внешний EIGRP	170
Внутренний BGP	200
Неизвестный	255

Концептуальные основы маршрутизации

Метрика маршрута

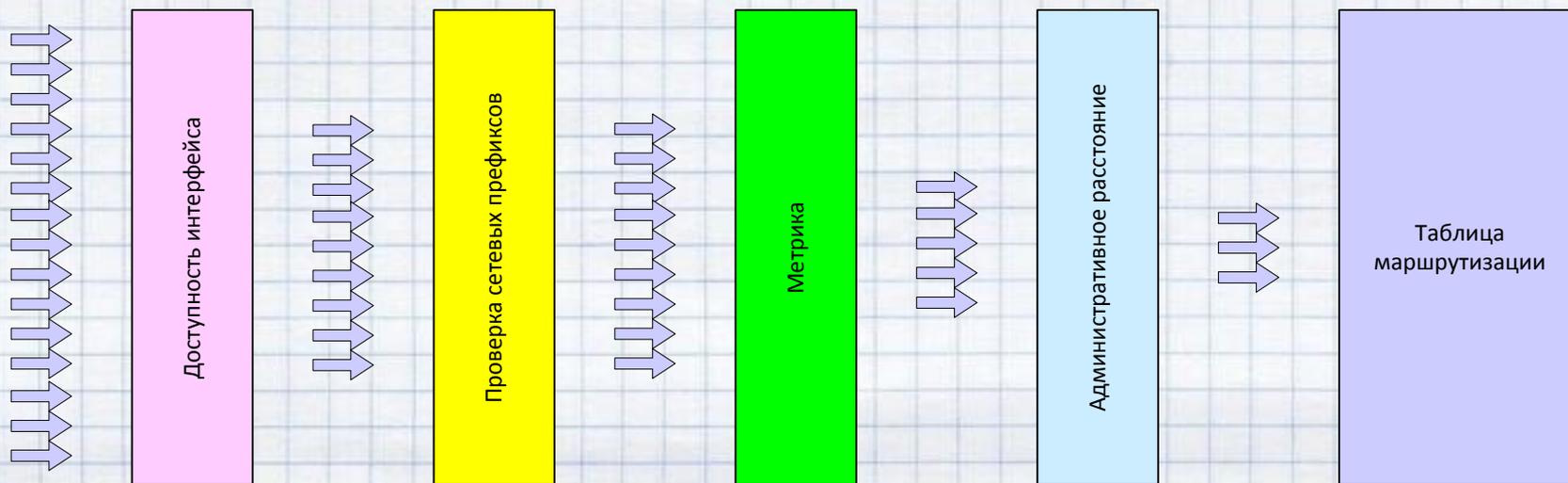
- **Метрика маршрута** – стоимость маршрута до сете получателя с точки зрения механизма маршрутизации.

Параметры маршрута для расчета метрики

- Скорость
 - Задержка
 - Загрузка
 - Надежность
 - Количество переходов
 - Стоимость
- Протоколы маршрутизации поддерживают механизм балансировки нагрузки, при котором в таблицу маршрутизации могут быть записаны несколько возможных маршрутов, и передача потока данных будет осуществляться по каждому из них

Концептуальные основы маршрутизации

Построение таблицы маршрутизации



Концептуальные основы маршрутизации

Механизмы маршрутизации

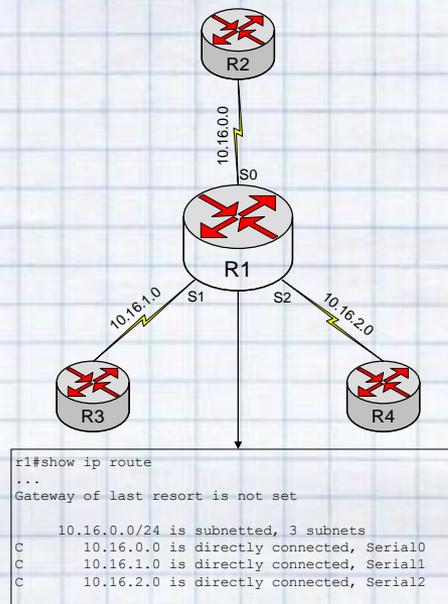
В общем случае при построении таблицы маршрутизации маршрутизатор применяет комбинацию из следующих механизмов маршрутизации;

- *Прямое соединение;*
- *Статическая маршрутизация;*
- *Маршрутизация по умолчанию;*
- *Динамическая маршрутизация.*

Механизмы маршрутизации

Прямое соединение

- **Прямое соединение** – это маршрут, который является локальным по отношению к маршрутизатору. При прямом соединении маршрутизация между сетями настроенными на интерфейсах маршрутизатора включается автоматически и применение дополнительных настроек не требуется.



Механизмы маршрутизации

Статическая маршрутизация

- **Статические маршруты** – это такие маршруты к сетям получателям, которые администратор сети вручную вносит в таблицу маршрутизации.

Статическая маршрутизация может быть использована в следующих ситуациях:

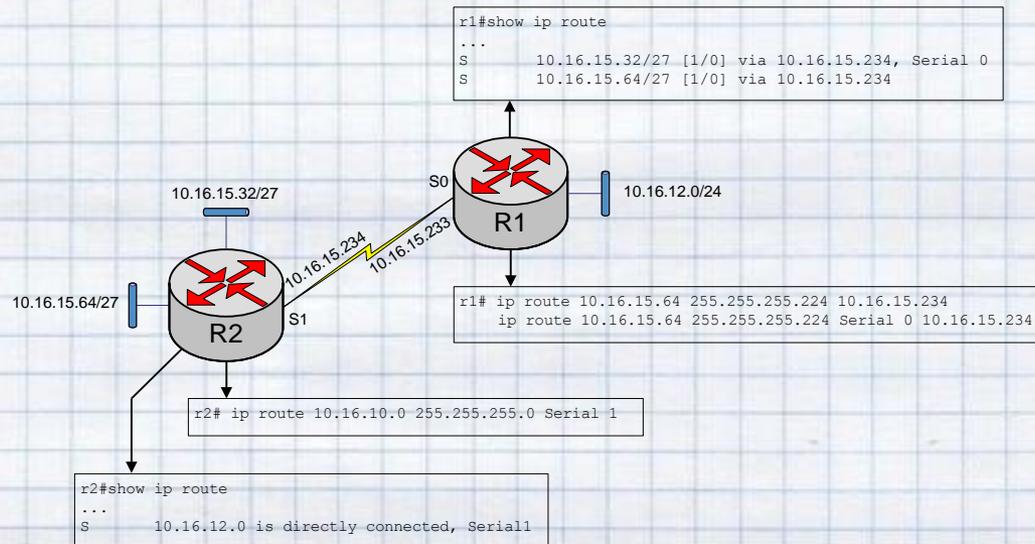
- Администратор нуждается в полном контроле маршрутов используемых в сети;
- Необходимо резервирование динамических маршрутов;
- Есть сети достижимые единственно возможным путем;
- Нежелательно иметь служебный трафик протоколов маршрутизации;
- Используются устаревшие маршрутизаторы.

Статическая маршрутизация

Настройка статических маршрутов

```
(config) ip route prefix mask {next-hop-address | outgoing interface [next-hop-address]} [dhcp] [distance]
[name] [permanent] [tag tag]
(config) no ip route prefix mask
```

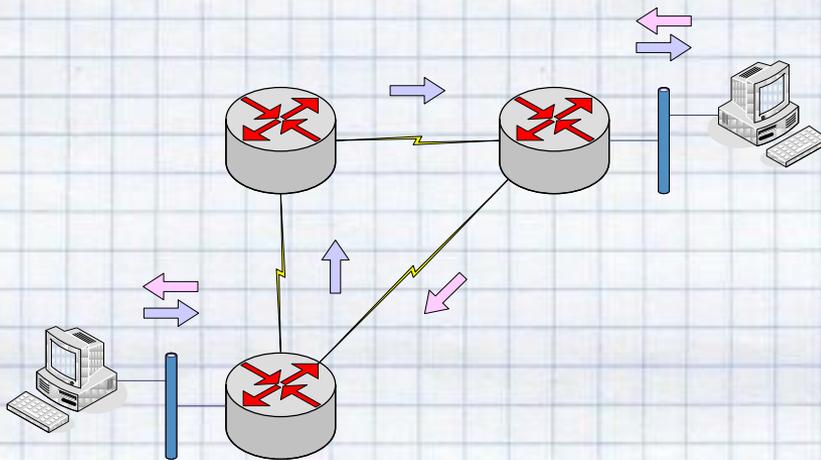
Из синтаксиса команды видно, что основными параметрами команды выступают сеть, до которой осуществляется маршрутизация и следующий получатель маршрутизируемой информации. Другими словами, указывается «Что» и «Куда» перенаправляется.



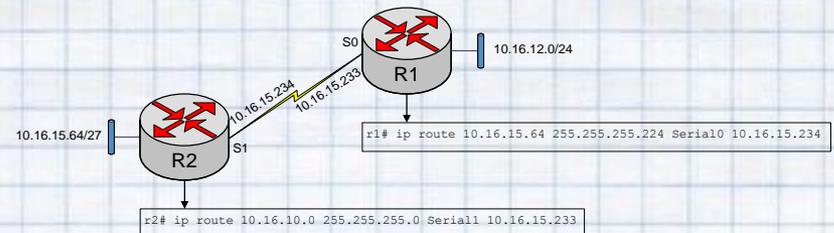
Статическая маршрутизация

Настройка статических маршрутов

Прямой и обратный маршрут



Пример настройки статической маршрутизации

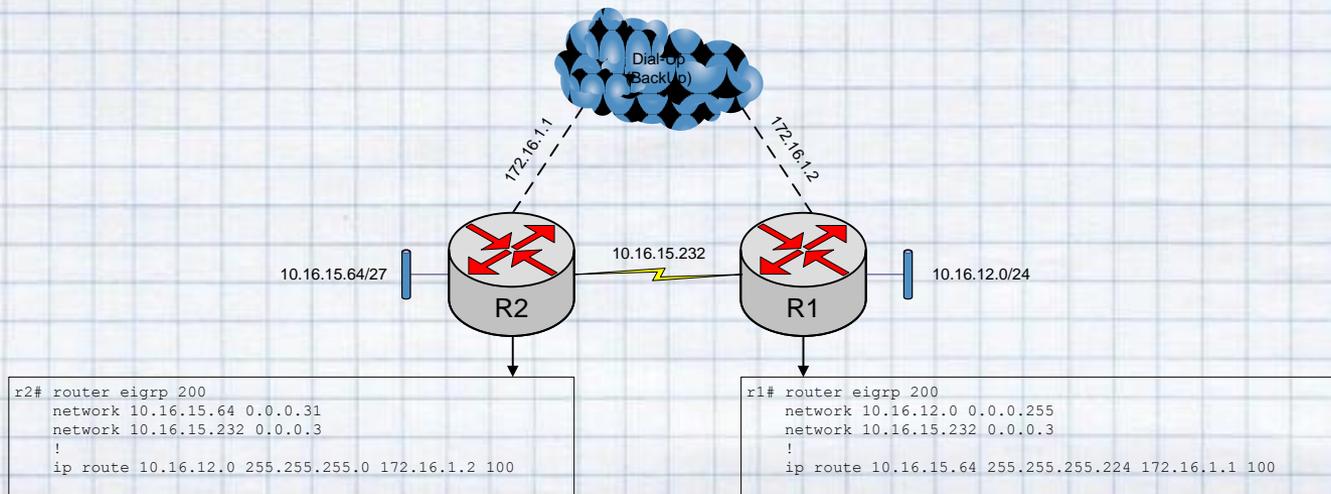


Актуальность статических маршрутов в таблице маршрутизации по умолчанию проверяется каждые 60 секунд

```
(config) ip route static adjust-time seconds  
(config) no ip route static adjust-time seconds
```

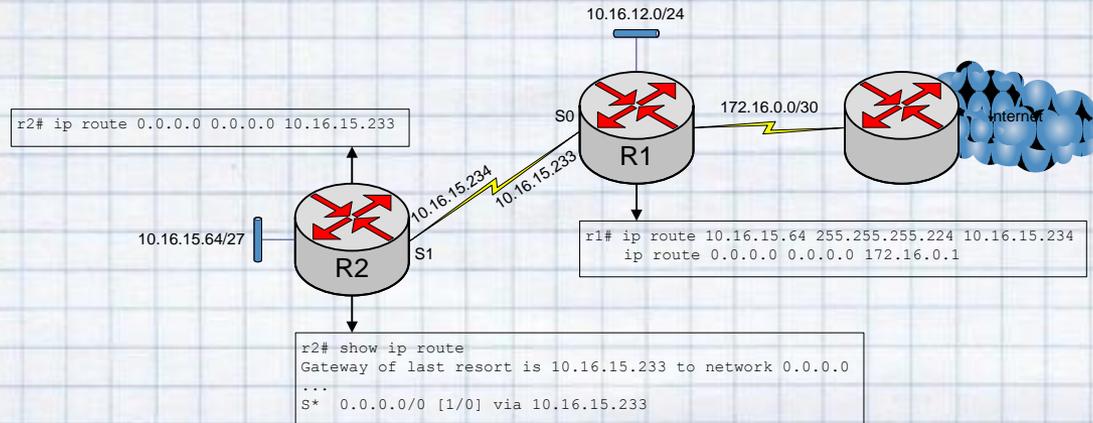
Статическая маршрутизация

Использование «плавающих» маршрутов



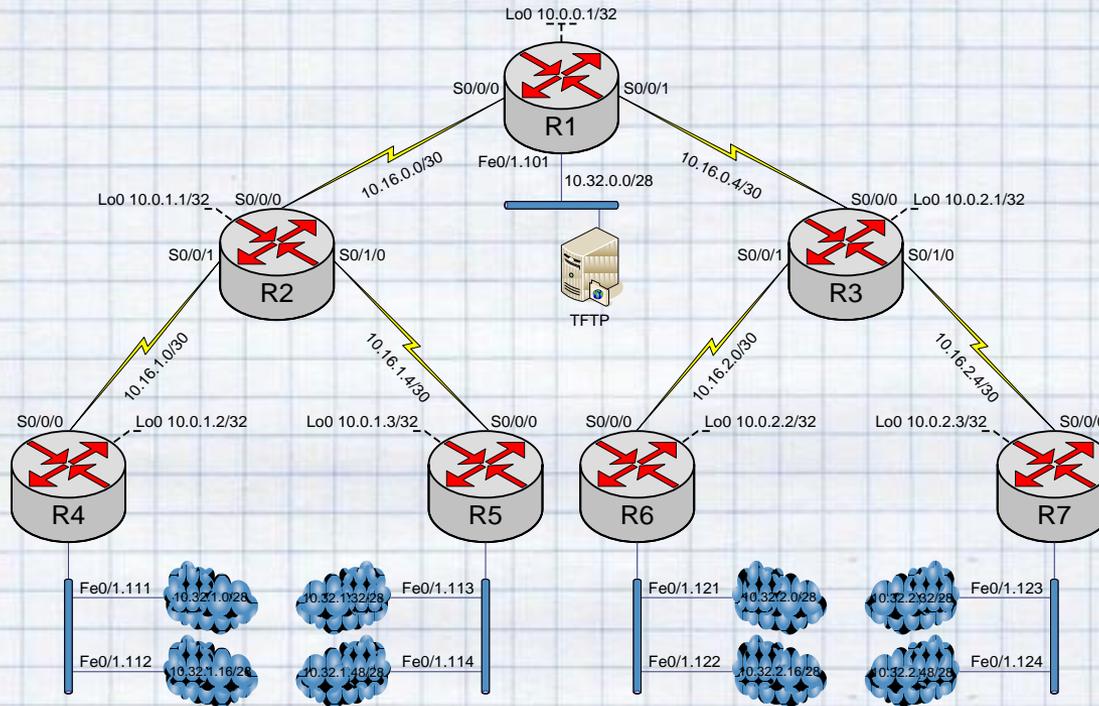
Статическая маршрутизация

Маршрутизация по умолчанию



Статическая маршрутизация

Настройка таблиц статических маршрутов в корпоративной СПД



Статическая маршрутизация

Настройка таблиц статических маршрутов в корпоративной СПД

На первом этапе необходимо составить таблицу, в которую заносятся все сети получатели из данной корпоративной сети.

Сеть	Сетевая маска
10.0.0.1	255.255.255.255
10.0.1.1	255.255.255.255
10.0.1.2	255.255.255.255
10.0.1.3	255.255.255.255
10.0.2.1	255.255.255.255
10.0.2.2	255.255.255.255
10.0.2.3	255.255.255.255
10.16.0.0	255.255.255.252
10.16.0.4	255.255.255.252
10.16.1.0	255.255.255.252
10.16.1.4	255.255.255.252
10.16.2.0	255.255.255.252
10.16.2.4	255.255.255.252
10.32.0.0	255.255.255.240
10.32.1.0	255.255.255.240
10.32.1.16	255.255.255.240
10.32.1.32	255.255.255.240
10.32.1.48	255.255.255.240
10.32.2.0	255.255.255.240
10.32.2.16	255.255.255.240
10.32.2.32	255.255.255.240
10.32.2.48	255.255.255.240

Из первоначальной таблицы необходимо вычеркнуть сети, которые являются непосредственно подключенными к настраиваемому маршрутизатору.

Сеть	Сетевая маска
10.0.0.1	255.255.255.255
10.0.1.2	255.255.255.255
10.0.1.3	255.255.255.255
10.0.2.1	255.255.255.255
10.0.2.2	255.255.255.255
10.0.2.3	255.255.255.255
10.16.0.4	255.255.255.252
10.16.2.0	255.255.255.252
10.16.2.4	255.255.255.252
10.32.0.0	255.255.255.240
10.32.1.0	255.255.255.240
10.32.1.16	255.255.255.240
10.32.1.32	255.255.255.240
10.32.1.48	255.255.255.240
10.32.2.0	255.255.255.240
10.32.2.16	255.255.255.240
10.32.2.32	255.255.255.240
10.32.2.48	255.255.255.240

Статическая маршрутизация

Настройка таблиц статических маршрутов в корпоративной СПД

Сеть	Сетевая маска	Выходной интерфейс	IP адрес соседа
10.0.0.1	255.255.255.255	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.0.1.2	255.255.255.255	Serial 0/0/1	10.16.1.2
10.0.1.3	255.255.255.255	Serial 0/1/0	10.16.1.6
10.0.2.1	255.255.255.255	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.0.2.2	255.255.255.255	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.0.2.3	255.255.255.255	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.16.0.4	255.255.255.252	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.16.2.0	255.255.255.252	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.16.2.4	255.255.255.252	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.32.0.0	255.255.255.240	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.32.1.0	255.255.255.240	Serial 0/0/1	10.16.1.2
10.32.1.16	255.255.255.240	Serial 0/0/1	10.16.1.2
10.32.1.32	255.255.255.240	Serial 0/1/0	10.16.1.6
10.32.1.48	255.255.255.240	Serial 0/1/0	10.16.1.6
10.32.2.0	255.255.255.240	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.32.2.16	255.255.255.240	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.32.2.32	255.255.255.240	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.32.2.48	255.255.255.240	Serial 0/0/0	10.16.0.1

Статическая маршрутизация

Настройка таблиц статических маршрутов в корпоративной СПД

Сеть	Сетевая маска	Выходной интерфейс	IP адрес соседа
10.0.0.1	255.255.255.255	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.0.1.2	255.255.255.255	Serial 0/0/1	10.16.1.2
10.0.1.3	255.255.255.255	Serial 0/1/0	10.16.1.6
10.0.2.1	255.255.255.252	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.16.0.4	255.255.255.252	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.16.2.0	255.255.255.248	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.32.0.0	255.255.255.240	Serial 0/0/0	10.16.0.1
10.32.1.0	255.255.255.224	Serial 0/0/1	10.16.1.2
10.32.1.32	255.255.255.224	Serial 0/1/0	10.16.1.6
10.32.2.0	255.255.255.192	Serial 0/0/0	10.16.0.1

Механизмы маршрутизации

Проверка и устранение ошибок

```
show ip route [ip-address [mask] [longer-prefixes] | protocol [process-id] | list [access-list-number | access-list-name] | static | update-queue
```

```
show ip route summary
```

```
r6#show ip route summary
IP routing table name is Default-IP-Routing-Table(0)
IP routing table maximum-paths is 16
Route Source      Networks      Subnets      Overhead      Memory (bytes)
connected         0             6             432           816
static            0             1             72            136
rip               0             5             360           680
internal          1             1             1156
Total             1             11            792           2652
Removing Queue Size 0
```

```
# debug ip routing
# no debug ip routing
```

Вопросы.

