



# МОДУЛЬ 14. ПРИНЦИПЫ МАРШРУТИЗАЦИИ

КАФЕДРА  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

# 14.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТИ

## 14.1.1 ДВЕ ФУНКЦИИ МАРШРУТИЗАТОРА

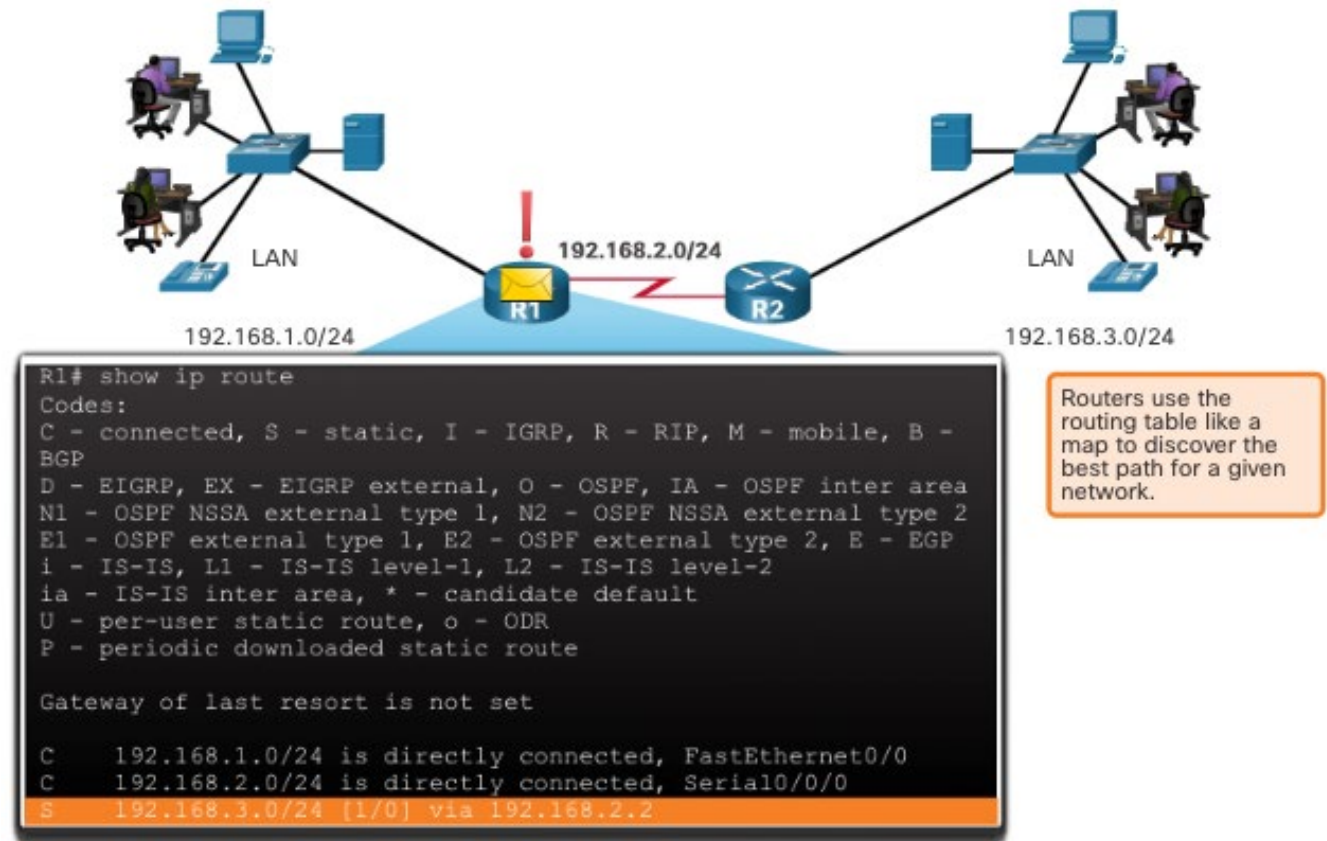
Когда маршрутизатор получает IP-пакет на одном интерфейсе, он определяет, какой интерфейс следует использовать для пересылки пакета до места назначения. Это называется **маршрутизация**. Интерфейс, который использует маршрутизатор для пересылки пакета, может быть конечной точкой маршрута, или же сетью, подключенной к другому маршрутизатору, используемому для достижения сети назначения. Каждая сеть, к которой подключается маршрутизатор, обычно требует отдельного интерфейса, но это не всегда так.

Основными функциями маршрутизатора являются определение наилучшего пути для пересылки пакетов на основе информации, содержащейся в таблице маршрутизации, и пересылка пакетов к месту назначения.

## 14.1.2 ПРИМЕР ФУНКЦИИ МАРШРУТИЗАТОРА

Маршрутизатор использует свою таблицу маршрутизации, чтобы найти оптимальный путь для пересылки пакетов.

R1 и R2 будут использовать соответствующие таблицы IP-маршрутизации, чтобы сначала определить оптимальный путь, а затем переслать пакет.



### 14.1.3 ЛУЧШИЙ ПУТЬ - ДАЮЩИЙ САМОЕ ДЛИННОЕ СОВПАДЕНИЕ

Наилучший путь в таблице маршрутизации также известен как **самое длинное совпадение**.

Таблица маршрутизации содержит записи маршрута, состоящие из префикса (сетевое адреса) и длины префикса. Чтобы IPv4-адрес назначения пакета совпал с маршрутом в таблице маршрутизации, требуется минимальное количество совпадений по крайним левым битам в IPv4-адресе пакета и маршрута в таблице маршрутизации. Маска подсети маршрута в таблице маршрутизации используется для определения обязательного минимального числа совпадающих крайних левых битов.

Наилучшим совпадением является маршрут в таблице маршрутизации, в котором максимальное число крайних левых битов совпадает с IPv4-адресом назначения пакета. Самый длинное совпадение всегда является предпочтительным маршрутом.

**Примечание.** Термин «длина префикса» будет использоваться для обозначения сетевой части адресов IPv4 и IPv6.

## 14.1.4 ПРИМЕР НАИБОЛЕЕ ДЛИННОГО СООТВЕТСТВИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПУТИ IPV4

В таблице пакет IPv4 имеет адрес назначения IPv4 172.16.0.10. Маршрутизатору доступно три возможных маршрута, совпадающих с этим пакетом — 172.16.0.0/12, 172.16.0.0/18 и 172.16.0.0/26. Маршрут 172.16.0.0/26 имеет самое длинное совпадение, поэтому для пересылки пакета выбирается именно этот маршрут. Для того, чтобы эти маршруты рассматривались как совпадающие, необходимо минимальное количество совпадающих битов, указанное маской подсети маршрута.

IPv4-адрес назначения		Адрес в двоичном формате
172.16.0.10		10101100.00010000.00000000.00001010
Маршрутная запись	Длина префикса/префикс	Адрес в двоичном формате
1	172.16.0.0/12	10101100.00010000.00000000.00001010
2	172.16.0.0/18	10101100.00010000.00000000.00001010
3	172.16.0.0/26	10101100.00010000.00000000.00001010

## 14.1.5 ПРИМЕР НАИБОЛЕЕ ДЛИННОГО СООТВЕТСТВИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПУТИ IPv6

Пакет IPv6 имеет адрес назначения IPv6 2001:db8:c000::99. В этом примере показаны три записи маршрута, но только два из них совпадают, причем один из них является самым длинным. Первые две записи маршрута имеют длину префикса, которые имеют необходимое количество совпадающих битов, как указано длиной префикса. Третья запись маршрута не совпадает, поскольку префикс /64 требует 64 совпадающих бита.

Назначение	2001:db8:c000::99	
Маршрутная запись	Длина префикса/префикс	Совпадает ли он?
1	2001:db8:c000::/40	Совпадение 40 бит
2	2001:db8:c000::/48	Совпадение 48 бит (самое длинное совпадение)
3	2001:db8:c000:5555::/64	Не соответствует 64 бита

## 14.1.6 ПОСТРОЕНИЕ ТАБЛИЦЫ МАРШРУТИЗАЦИИ

**Непосредственно подключенная сеть** добавляется в таблицу маршрутизации, когда интерфейс настроен с IP-адресом и маской подсети (длина префикса) и активен (up/up).

**Удаленные сети:** сети, не подключенные напрямую к маршрутизатору. Маршрутизатор получает сведения об удаленных сетях двумя способами:

1. **Статические маршруты** - добавляются в таблицу маршрутизации, когда маршрут настраивается вручную.
2. **Протоколы динамической маршрутизации** - добавляются в таблицу маршрутизации, когда протоколы маршрутизации динамически узнают о удаленной сети.

## 14.1.6 ПОСТРОЕНИЕ ТАБЛИЦЫ МАРШРУТИЗАЦИИ

**Маршрут по умолчанию:** определяет маршрутизатор следующего перехода, который будет использоваться, если таблица маршрутизации не содержит определенного маршрута, соответствующего IP-адресу назначения. Маршрут по умолчанию может быть введен вручную как статический маршрут или автоматически изучен через протокол динамической маршрутизации.

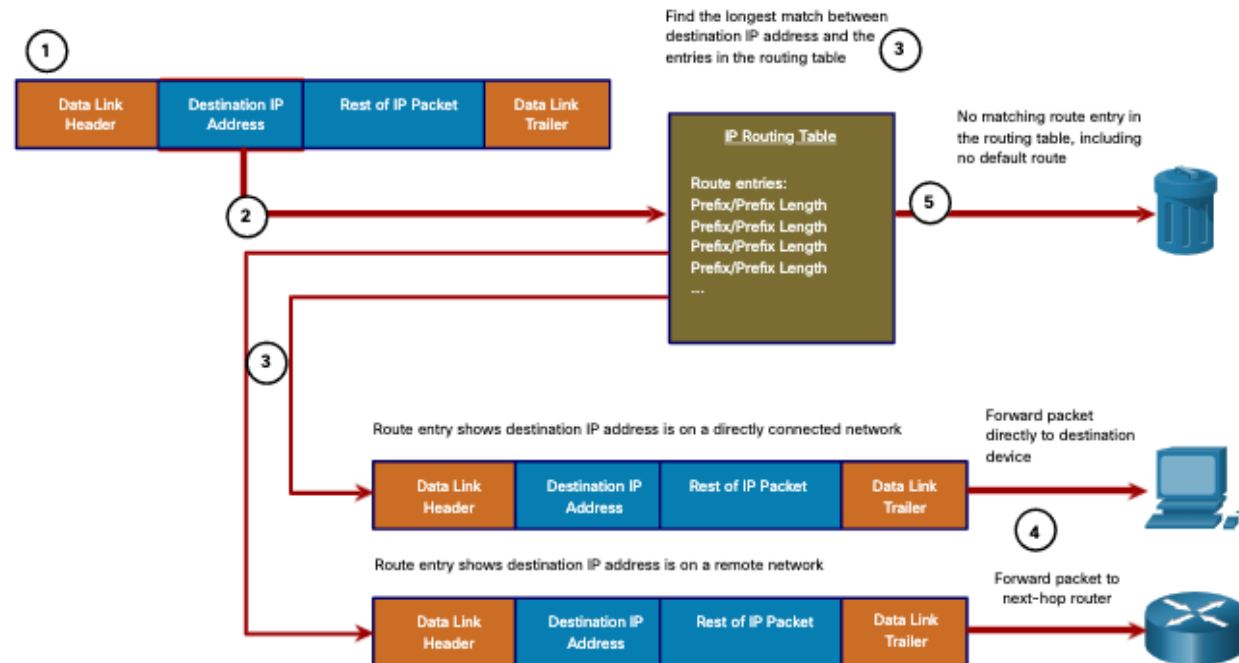
Маршрут по умолчанию имеет длину префикса /0. Длина префикса /0 указывает на то, что нулевые биты или нет битов, которые должны соответствовать IP-адресу назначения для этой записи маршрута, которая будет использоваться. Если нет маршрутов с совпадением длиннее 0 бит, для пересылки пакета используется маршрут по умолчанию. Маршрут по умолчанию иногда называют «**шлюзом последней надежды**».



# 14.2 ПЕРЕСЫЛКА ПАКЕТОВ

## 14.2.1 ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ПЕРЕАДРЕСАЦИИ ПАКЕТОВ

1. Кадр канального уровня с инкапсулированным IP-пакетом поступает на входной интерфейс.
2. Маршрутизатор проверяет IP-адрес назначения в заголовке пакета и обращается к своей таблице IP-маршрутизации.
3. Маршрутизатор находит самый длинный совпадающий префикс в таблице маршрутизации.
4. Маршрутизатор инкапсулирует пакет в кадр канального уровня выходного интерфейса и пересылает его из него. Назначением может быть устройство, подключенное к сети, или маршрутизатор следующего перехода.
5. Однако если нет соответствующей записи маршрута, пакет отбрасывается.



## 14.2.1 ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ПЕРЕАДРЕСАЦИИ ПАКЕТОВ

После того, как маршрутизатор определил оптимальный путь, он может выполнить следующие действия:

### **Переадресации пакета на устройство в сети с прямым подключением**

1. Если запись маршрута указывает, что выходной интерфейс является напрямую подключенной сетью, пакет может быть перенаправлен непосредственно на устройство назначения. Обычно это Ethernet LAN.
2. Чтобы инкапсулировать пакет в кадр Ethernet, маршрутизатор должен определить MAC-адрес назначения, связанный с IP-адресом назначения пакета. Процесс зависит от того, является ли пакет пакетом IPv4 или IPv6.

## 14.2.1 ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ПЕРЕАДРЕСАЦИИ ПАКЕТОВ

После того, как маршрутизатор определил оптимальный путь, он может выполнить следующие действия:

### **Пересылка пакета на маршрутизатор следующего перехода.**

1. Если запись маршрута указывает, что IP-адрес назначения находится в удаленной сети, то есть устройство в сети, не подключенное напрямую. Пакет должен быть перенаправлен на маршрутизатор следующего перехода. Адрес следующего перехода указывается в записи маршрута.
2. Если маршрутизатор пересылки и маршрутизатор следующего перехода находятся в сети Ethernet, аналогичный процесс (ARP и ICMPv6 Neighbor Discovery) будет происходить для определения MAC-адреса назначения пакета, как описано выше. Разница заключается в том, что маршрутизатор будет искать IP-адрес маршрутизатора следующего перехода в таблице ARP или в соседнем кэше вместо IP-адреса назначения пакета.

**Примечание.** Этот процесс будет отличаться для других типов сетей уровня 2.

## 14.2.1 ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О ПЕРЕАДРЕСАЦИИ ПАКЕТОВ

После того, как маршрутизатор определил оптимальный путь, он может выполнить следующие действия:

### **Отбрасывает пакет - нет совпадения в таблице маршрутизации**

Если в таблице маршрутизации нет соответствия между IP-адресом назначения и префиксом, и если маршрут по умолчанию отсутствует, пакет будет отброшен.

## 14.2.2 СКВОЗНАЯ ПЕРЕСЫЛКА ПАКЕТОВ

Основной задачей функции пересылки пакетов является инкапсуляция пакетов в соответствующий тип кадра канала передачи данных для исходящего интерфейса. Например, формат кадра канала передачи данных для последовательного канала может быть протоколом точка-точка (PPP), протоколом управления каналом передачи данных высокого уровня (HDLC) или каким-либо другим протоколом уровня 2.

## 14.2.3 МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕСЫЛКИ ПАКЕТОВ

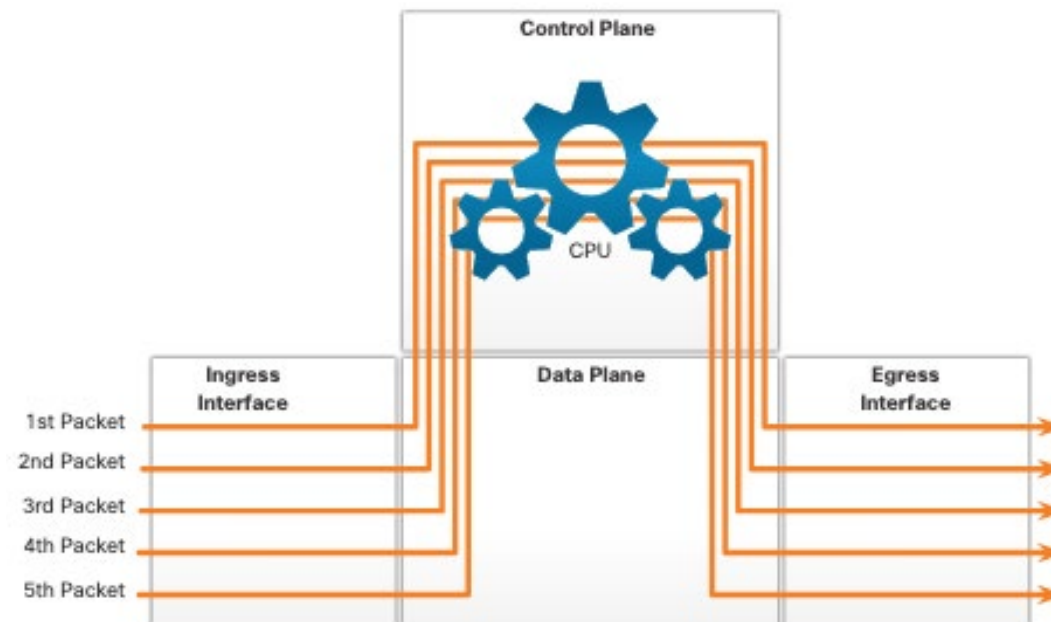
Основной задачей функции пересылки пакетов является инкапсуляция пакетов в соответствующий тип кадра канала передачи данных для исходящего интерфейса. Чем эффективнее маршрутизатор может выполнять эту задачу, тем быстрее пакеты будут пересылаться маршрутизатором.

Маршрутизаторы поддерживают три механизма пересылки пакетов.

1. Процессорная коммутация
2. Быстрая коммутация
3. Cisco Express Forwarding (CEF)

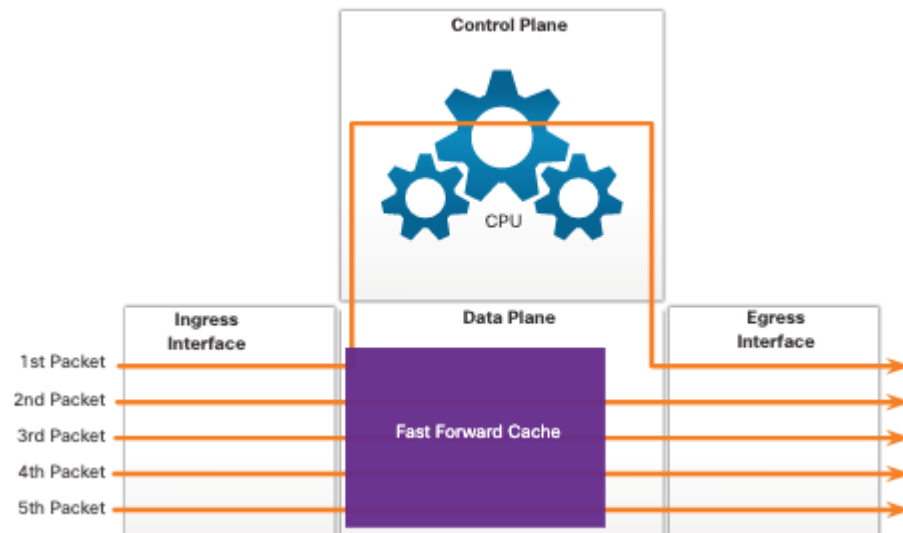
## 14.2.3 МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕСЫЛКИ ПАКЕТОВ

**Программная коммутация:** это устаревший механизм пересылки пакетов, который по-прежнему доступен на маршрутизаторах Cisco. Когда пакет прибывает на интерфейс, он пересылается на уровень управления, где ЦП сопоставляет адрес назначения с записью в таблице маршрутизации, а затем определяет выходной интерфейс и пересылает пакет. Важно понимать, что маршрутизатор совершает это с каждым пакетом, даже если целый поток пакетов предназначен для одного адреса назначения.



## 14.2.3 МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕСЫЛКИ ПАКЕТОВ

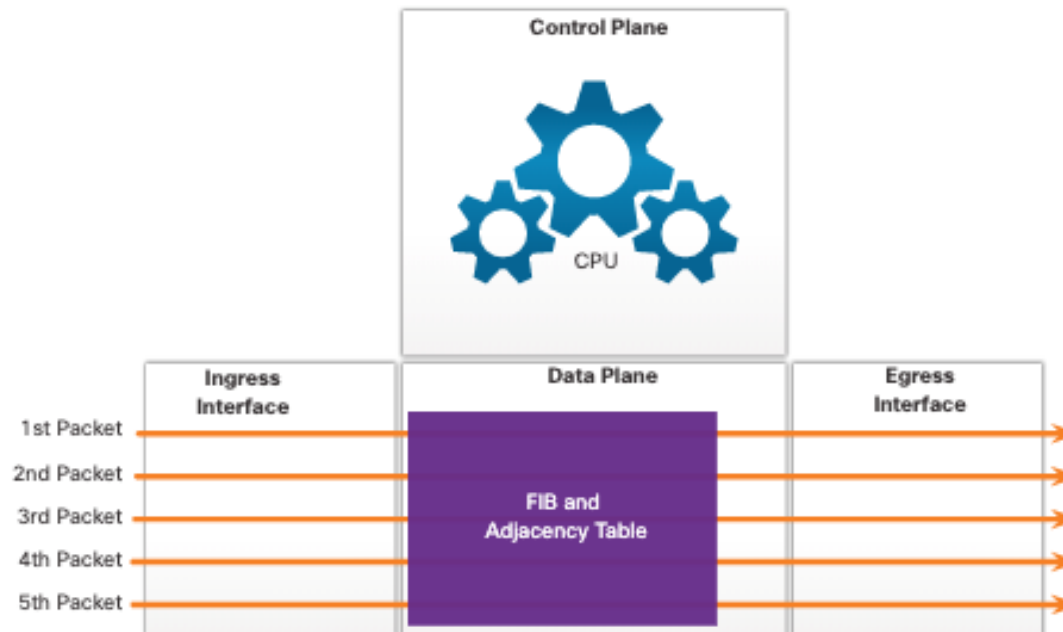
**Быстрая коммутация:** это еще один старый механизм переадресации пакетов, который был преемником процессорной коммутации. Быстрое переключение использует кэш быстрой коммутации для хранения информации следующего перехода. Когда пакет прибывает на интерфейс, он пересылается на уровень управления, где ЦП ищет совпадение в кэше быстрой коммутации. Если совпадение не найдено, пакет проходит программную коммутацию и пересылается на выходной интерфейс. Информация о трафике для пакетов также хранится в кэше быстрой коммутации. Если на интерфейс прибывает другой пакет, адресованный тому же назначению, то из кэш-памяти повторно используется информация о следующем переходе без вмешательства ЦП.





## 14.2.3 МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕСЫЛКИ ПАКЕТОВ

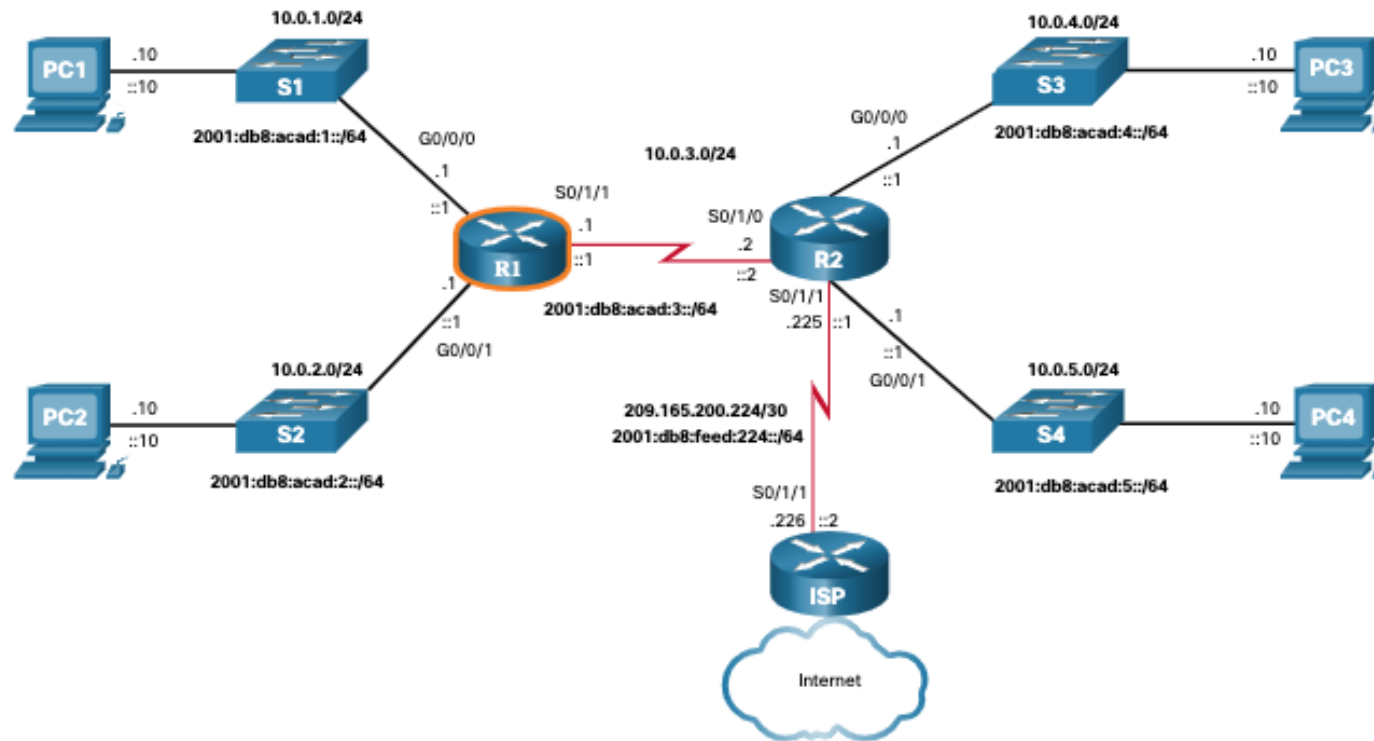
**Cisco Express Forwarding (CEF):** самый современный, быстрый и наиболее предпочтительный для Cisco IOS механизм пересылки пакетов. CEF создает таблицу для быстрой пересылки пакетов (**FIB**) и **таблицу смежности**. Записи таблицы инициированы не пакетами, как при быстрой коммутации, а изменениями — например, изменениями в сетевой топологии. Когда конвергенция сети обеспечена, в FIB и таблице смежности содержится вся информация, необходимая маршрутизатору при переадресации пакета.



# 14.3 ОБЗОР БАЗОВОЙ КОНФИГУРАЦИИ МАРШРУТИЗАТОРА

## 14.3.1 ТОПОЛОГИЯ

Топология на рисунке будет использоваться для примеров конфигурации и проверки. Она также будет использована в следующем разделе для обсуждения таблицы IP-маршрутизации.



## 14.3.2 КОМАНДЫ КОНФИГУРАЦИИ

```
Router> enable
Router# configure terminal
Введите построчно команды настройки. В конце нажмите
CNTL/Z.
Router(config)# hostname R1
R1(config)# enable secret class
R1(config)# line console 0
R1(config-line)# logging synchronous
R1(config-line)# password cisco
R1(config-line)# login
R1(config-line)# exit
R1(config)# line vty 0 4
R1(config-line)# password cisco
R1(config-line)# login
R1(config-line)# transport input ssh telnet
R1(config-line)# exit
R1(config)# service password-encryption R1(config)#
banner motd #
Введите ТЕКСТ сообщения. Заканчивается новой строкой
и #*****
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Несанкционированный доступ запрещен!
*****
#
```

```
R1(config)# ipv6 unicast-routing
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/0
R1(config-if)# description Link to LAN 1
R1(config-if)# ip address 10.0.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1:a link-local
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/1
R1(config-if)# description Link to LAN 2
R1(config-if)# ip address 10.0.2.1 255.255.255.0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1:b link-local
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface serial 0/1/1
R1(config-if)# description Link to R2
R1(config-if)# ip address 10.0.3.1 255.255.255.0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:3::1/64
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1:c link-local
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1# copy running-config startup-config
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...
[OK]
R1#
```

### 14.3.3 КОМАНДЫ ПРОВЕРКИ

Общие команды проверки включают следующее:

**show ip interface brief**

**show running-config interface interface-type number**

**show interfaces**

**show ip interface**

**show ip route**

**ping**

В каждом случае замените ip на ipv6 для версии команды IPv6.

## 14.3.4 ФИЛЬТРАЦИЯ ВЫХОДНЫХ ДАННЫХ

Для отображения определенных разделов выходных данных можно использовать команды фильтрации. Чтобы включить фильтрацию, введите вертикальную черту (|) после команды **show**, а затем введите параметр и выражение фильтрации.

К параметрам фильтрации, которые следует указывать после вертикальной черты, относятся:

**section** — показать целый раздел, который начинается с заданного фильтра.

**include** — включить все строки выходных данных, которые соответствуют заданному фильтру.

**exclude** — исключить все строки выходных данных, которые соответствуют заданному фильтру.

**begin** — показать все строки выходных данных от конкретного места, начиная с линии, которая соответствует заданному фильтру.

**Примечание.** Фильтры выходных данных можно использовать в сочетании с любой командой **show**.

# 14.4 ТАБЛИЦА IP-МАРШРУТИЗАЦИИ

## 14.4.1 МАРШРУТ ИСТОЧНИКА

Таблица маршрутизации содержит список маршрутов к известным сетям (префиксы и длины префикса). Источниками этой информации могут быть:

- непосредственно подключенные сети;
- статические маршруты;
- протоколы динамической маршрутизации.

Источник для каждого маршрута в таблице маршрутизации идентифицируется кодом. К числу распространенных кодов относятся следующие:

**L** - указывает адрес, назначенный интерфейсу маршрутизатора.

**C** - определяет сеть с прямым подключением.

**S** - определяет статический маршрут, созданный для достижения конкретной сети.

**O** - определяет сеть, динамически полученную от другого маршрутизатора с помощью протокола маршрутизатора OSPF.

**\*** - маршрут является кандидатом на маршрут по умолчанию.

## 14.4.2 ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ТАБЛИЦЫ МАРШРУТИЗАЦИИ

Существует три принципа работы таблицы маршрутизации, указанных в таблице. Это проблемы, которые решаются правильной конфигурацией протоколов динамической маршрутизации или статических маршрутов на всех маршрутизаторах между устройствами источника и назначения.

Принципы таблицы маршрутизации	Пример
Каждый маршрутизатор принимает решение самостоятельно, основываясь на информации, содержащейся в собственной таблице маршрутизации.	R1 может пересылать пакеты только с помощью собственной таблицы маршрутизации. R1 не знает, какие маршруты находятся в таблицах маршрутизации других маршрутизаторов (например, R2).
Информация в таблице маршрутизации одного маршрутизатора не обязательно совпадает с таблицей маршрутизации другого маршрутизатора.	Просто потому, что R1 имеет маршрут в своей таблице маршрутизации к сети в Интернете через R2, это не означает, что R2 знает об этой же сети.
Информация о маршруте для пути не предоставляет возвратную информацию о маршруте.	R1 получает пакет с IP-адресом назначения PC1 и IP-адресом источника PC3. Только потому, что R1 знает, что пакет пересылается через интерфейс G0/0/0, не обязательно означает, что он знает, как пересылать пакеты, исходящие от PC1, обратно в удаленную сеть PC3

## 14.4.3 ЗАПИСИ ТАБЛИЦЫ МАРШРУТИЗАЦИИ

На рисунке на следующем слайде цифры идентифицируют следующую информацию:

**Источник маршрута** — определяет, каким способом был получен маршрут.

**Сеть назначения** (длина префикса и префикс) — определяет адрес удаленной сети.

**Административная дистанция** — определение надежности источника маршрута. Низкие значения указывают на предпочтительный источник маршрута.

**Метрика** — определяет значения, назначенные для доступа к удаленной сети. Предпочтительные маршруты имеют низкие значения.

**Следующий переход** — определение IPv4-адреса следующего маршрутизатора, на который следует переслать пакет.

**Временная метка маршрута** — определение количества времени, прошедшего с тех пор, как был получен маршрут.

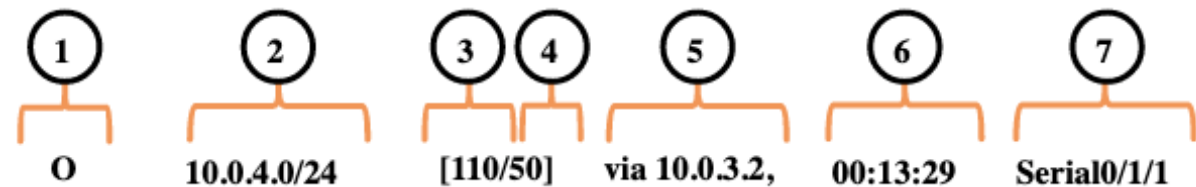
**Выходной интерфейс** — определяет выходной интерфейс для отправки пакета к конечному пункту назначения.



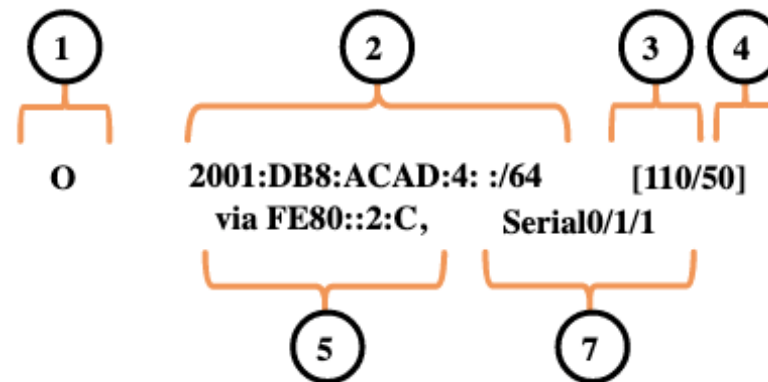
## 14.4.3 ЗАПИСИ ТАБЛИЦЫ МАРШРУТИЗАЦИИ

**Примечание.** Длина префикса сети назначения указывает минимальное количество крайних левых битов, которые должны совпадать между IP-адресом пакета и сетью назначения (префиксом) для этого маршрута, который будет использоваться.

IPv4 Routing Table



IPv6 Routing Table



## 14.4.4 НАПРЯМУЮ ПОДКЛЮЧЁННЫЕ СЕТИ

Прежде чем маршрутизатор сможет узнать о любых удаленных сетях, маршрутизатор должен иметь хотя бы один активный интерфейс, настроенный с IP-адресом и маской подсети (длина префикса). Это называется напрямую подключенной сетью или напрямую подключенным маршрутом. Маршрутизаторы добавляют маршрут с прямым подключением, когда интерфейс настроен с IP-адресом и активирован.

Непосредственно подключенная сеть обозначается кодом состояния C в таблице маршрутизации. Маршрут содержит префикс сети и длину префикса.

Таблица маршрутизации также содержит локальный маршрут для каждой из непосредственно подключенных сетей, обозначенный кодом состояния L.

Для локальных маршрутов IPv4 длина префикса равна /32, а для локальных маршрутов IPv6 длина префикса равна /128. Это означает, что IP-адрес назначения пакета должен совпадать со всеми битами локального маршрута, чтобы этот маршрут полностью соответствовал. Цель локального маршрута состоит в том, чтобы эффективно определить, когда он получает пакет для интерфейса вместо пакета, который должен быть передан.

## 14.4.5 СТАТИЧЕСКИЕ МАРШРУТЫ

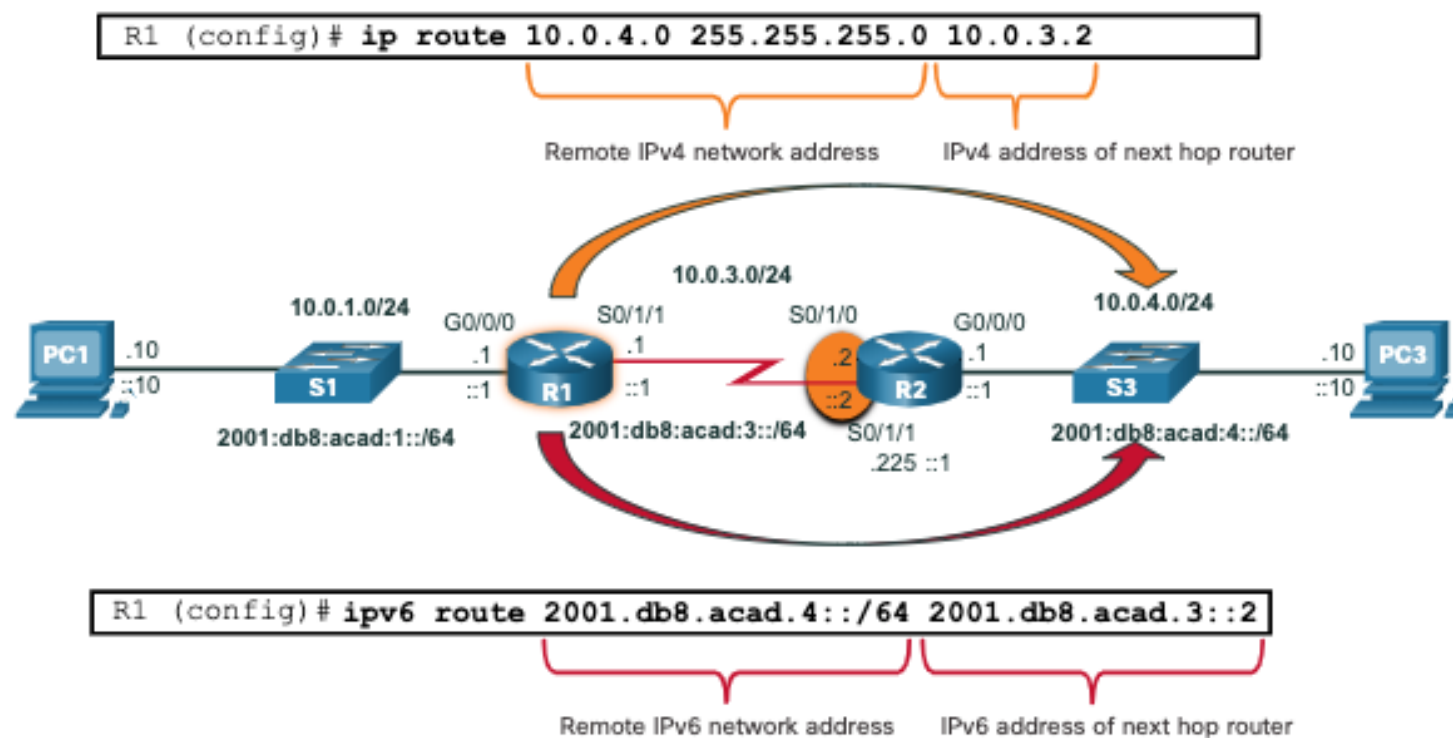
После настройки и добавления напрямую подключенных интерфейсов в таблицу маршрутизации можно реализовать статическую или динамическую маршрутизацию для доступа к удаленным сетям. Статические маршруты настраиваются вручную. Они определяют точный маршрут между двумя сетевыми устройствами. Статические маршруты не обновляются автоматически. При изменении сетевой топологии такие маршруты нужно менять вручную.

Статическая маршрутизация используется в трех ситуациях:

1. Это обеспечивает простоту обслуживания таблиц маршрутизации в небольших сетях, рост которых не ожидается.
2. Использование единого маршрута по умолчанию для представления пути к любой сети, которая не имеет более точного соответствия с другим маршрутом в таблице маршрутизации. Маршруты по умолчанию используются для отправки трафика к любому целевому адресу за пределами следующего вышестоящего маршрутизатора.
3. Маршрутизация к тупиковым сетям и от них. Тупиковая сеть представляет собой сеть, доступ к которой осуществляется через один маршрут, и маршрутизатор имеет только одно соседнее устройство.

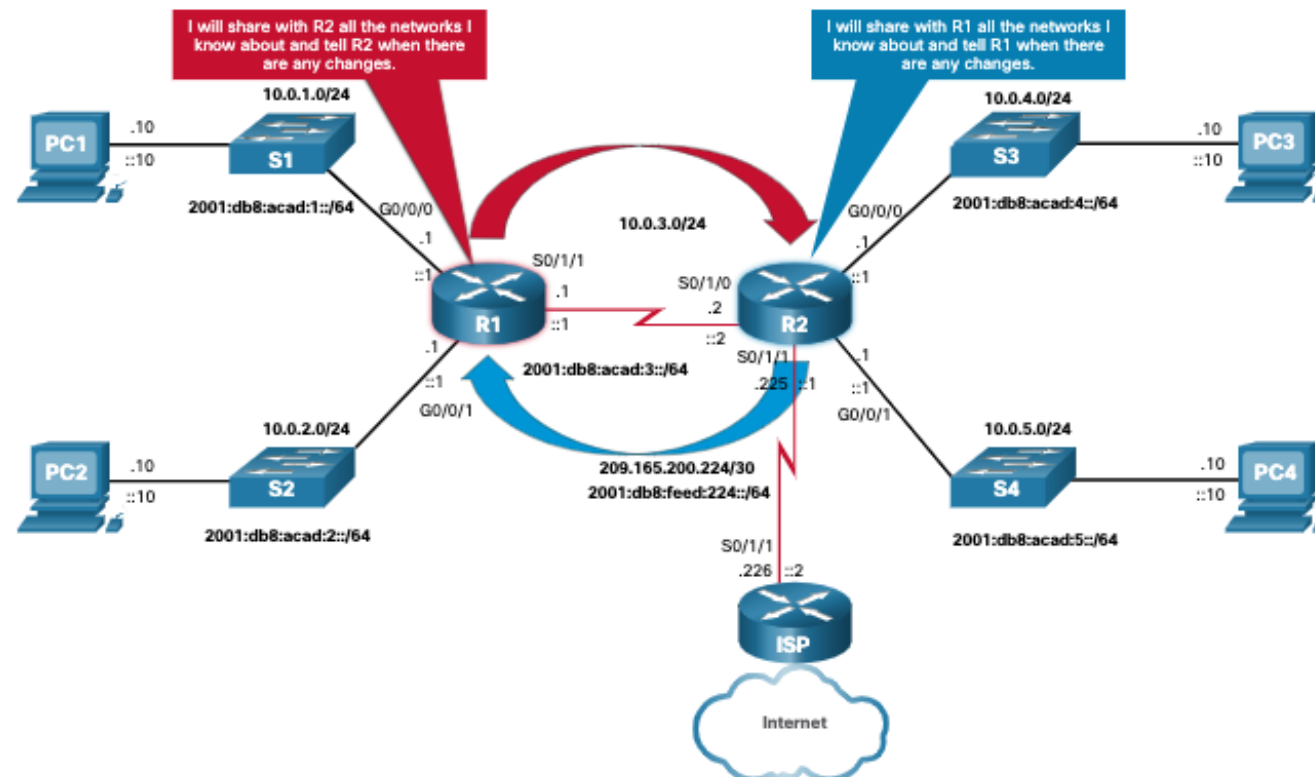
## 14.4.6 СТАТИЧЕСКИЕ МАРШРУТЫ В ТАБЛИЦЕ МАРШРУТИЗАЦИИ

Топология на рисунке упрощена, чтобы показать только одну локальную сеть, подключенную к каждому маршрутизатору. На рисунке показаны статические маршруты IPv4 и IPv6, настроенные на R1 для достижения сетей 10.0.4.0/24 и 2001:db8:acad:4::/64 на R2.



## 14.4.6 ПРОТОКОЛЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

Протоколы динамической маршрутизации позволяют маршрутизаторам совместно использовать сведения о надежности и состоянии удаленных сетей. Протоколы динамической маршрутизации выполняют ряд операций, включая обнаружение сетей и ведение таблиц маршрутизации.



## 14.4.7 ДИНАМИЧЕСКИЕ МАРШРУТЫ В ТАБЛИЦЕ МАРШРУТИЗАЦИИ

OSPF теперь используется в нашей пробной топологии для динамического изучения всех сетей, подключенных к R1 и R2. В записях таблицы маршрутизации используется код состояния O, чтобы указать, что маршрут был выучен протоколом маршрутизации OSPF. Обе записи также включают IP-адрес маршрутизатора следующего перехода через ip-адрес.

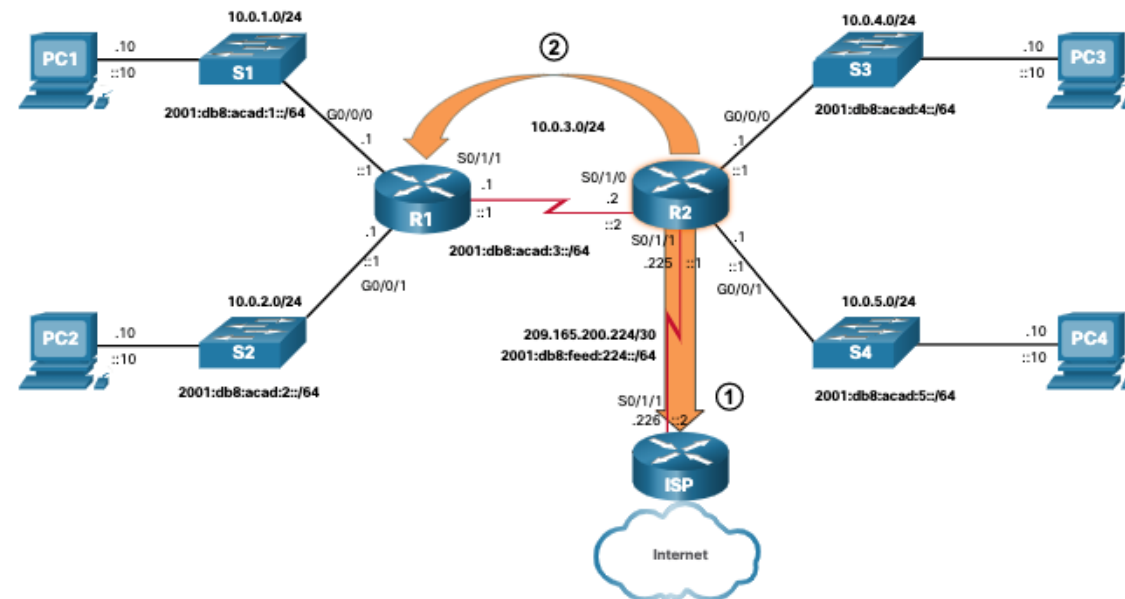
**Примечание.** В протоколах маршрутизации IPv6 используется локальный адрес канала маршрутизатора следующего перехода.

**Примечание.** Настройка маршрутизации OSPF для IPv4 и IPv6 выходит за рамки данного курса.

```
R1# show ip route
Коды: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP,
EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
(выход опущен для краткости)
O 10.0.4.0/24 [110/50] via 10.0.3.2, 00:24:22, Serial0/1/1
O 10.0.5.0/24 [110/50] via 10.0.3.2, 00:24:15, Serial0/1/1
R1# show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 10 entries
<Данные опущены>
NDR - Redirect, RL - RPL, O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter
O 2001:DB8:ACAD:4::/64 [110/50]
    via FE80::2:C, Serial0/1/1
O 2001:DB8:ACAD:5::/64 [110/50]
    via FE80::2:C, Serial0/1/1
```

## 14.4.7 МАРШРУТ ПО УМОЛЧАНИЮ

Маршрут по умолчанию определяет маршрутизатор следующего перехода, который будет использоваться, если таблица маршрутизации не содержит определенного маршрута, соответствующего IP-адресу назначения. Маршрут по умолчанию может быть либо статическим маршрутом, либо автоматически извлеченным из протокола динамической маршрутизации. Маршрут по умолчанию имеет запись маршрута IPv4 0.0.0/0 или запись маршрута IPv6 ::/0. Это означает, что нулевые или нулевые биты должны совпадать между IP-адресом назначения и маршрутом по умолчанию.



## 14.4.8 СТРУКТУРА ТАБЛИЦЫ МАРШРУТИЗАЦИИ IPV4

IPv4 был стандартизирован с использованием устаревшей классической архитектуры адресации. Таблица маршрутизации IPv4 организована с использованием той же классовой структуры. Хотя процесс поиска больше не использует классы, структура таблицы маршрутизации IPv4 по-прежнему сохраняется в этом формате.

Запись с отступом называется дочерним маршрутом. Запись маршрута имеет отступ, если она является подсетью классического адреса (сеть класса А, В или С). Непосредственно подключенные сети всегда будут иметь отступ (дочерние маршруты), так как локальный адрес интерфейса всегда вводится в таблицу маршрутизации как /32. Дочерний маршрут будет включать источник маршрута и всю информацию о пересылке, такую как адрес следующего перехода. Классовый сетевой адрес этой подсети будет показан над записью маршрута, с меньшим отступом и без исходного кода. Подобную запись называют родительским маршрутом.



## 14.4.8 СТРУКТУРА ТАБЛИЦЫ МАРШРУТИЗАЦИИ IPV4

Запись с отступом называется **дочерним маршрутом**. Запись маршрута имеет отступ, если она является подсетью классического адреса (сеть класса А, В или С).

Непосредственно подключенные сети всегда будут иметь отступ (дочерние маршруты), так как локальный адрес интерфейса всегда вводится в таблицу маршрутизации как /32.

Дочерний маршрут будет включать источник маршрута и всю информацию о пересылке, такую как адрес следующего перехода.

Классовый сетевой адрес этой подсети будет показан над записью маршрута, с меньшим отступом и без исходного кода. Подобную запись называют **родительским маршрутом**.

```
Router# show ip route
<Данные опущены>
  192.168.1.0/24 is variably..
C 192.168.1.0/24 is direct..
L 192.168.1.1/32 is direct..
O 192.168.2.0/24 [110/65]..
O 192.168.3.0/24 [110/65]..
  192.168.12.0/24 is variab..
C 192.168.12.0/30 is direct..
L 192.168.12.1/32 is direct..
  192.168.13.0/24 is variably..
C 192.168.13.0/30 is direct..
L 192.168.13.1/32 is direct..
  192.168.23.0/30 is subnette..
O 192.168.23.0/30 [110/128]..
Router#
```

## 14.4.9 СТРУКТУРА ТАБЛИЦЫ МАРШРУТИЗАЦИИ IPV4

Концепция классической адресации никогда не была частью IPv6, поэтому структура таблицы маршрутизации IPv6 очень прямолинейна. Каждая запись маршрута IPv6 форматируется и выравнивается таким же образом.

```
R1# show ipv6 route
(выход опущен для краткости)
OE2 ::/0 [110/1], tag 2
    via FE80::2:C, Serial0/0/1
C 2001:DB8:ACAD:1::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0/0, directly connected
L 2001:DB8:ACAD:1::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0/0, receive
C 2001:DB8:ACAD:2::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0/1, directly connected
L 2001:DB8:ACAD:2::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0/1, receive
C 2001:DB8:ACAD:3::/64 [0/0]
    via Serial0/1/1, directly connected
L 2001:DB8:ACAD:3::1/128 [0/0]
    via Serial0/1/1, receive
O 2001:DB8:ACAD:4::/64 [110/50]
    via FE80::2:C, Serial0/1/1
O 2001:DB8:ACAD:5::/64 [110/50]
    via FE80::2:C, Serial0/1/1
L FF00::/8 [0/0]
    via Null0, receive
R1#
```

## 14.4.10 АДМИНИСТРАТИВНОЕ РАССТОЯНИЕ

Запись маршрута для определенного сетевого адреса (префикса и длины префикса) может отображаться только один раз в таблице маршрутизации. Однако возможно, что таблица маршрутизации узнает об одном и том же сетевом адресе из нескольких источников маршрутизации. За исключением особых обстоятельств, на маршрутизаторе должен быть реализован только один протокол динамической маршрутизации. Каждый протокол маршрутизации может выбирать свой путь для достижения пункта назначения на основе метрики этого протокола маршрутизации.

В связи с этим возникает несколько вопросов, таких как:

1. Как маршрутизатор знает, какой источник использовать?
2. Какой маршрут следует установить в таблице маршрутизации?

В операционной системе Cisco IOS для определения маршрута и занесения его в таблицу IP-маршрутизации применяется так называемое **административное расстояние (AD)**. Эта величина выражает надежность маршрута. Чем ниже значение AD, тем выше надежность.

## 14.4.10 АДМИНИСТРАТИВНОЕ РАССТОЯНИЕ

На рисунке приведены различные протоколы маршрутизации и соответствующие им значения AD.

Источник маршрута	Административное расстояние
Непосредственное подключение	0
Статический маршрут	1
Суммарный маршрут EIGRP	5
Внешний BGP	20
Внутренний EIGRP	90
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
Внешний EIGRP	170
Внутренний BGP	200

# 14.5 СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ

## 14.5.1 СТАТИЧЕСКАЯ ИЛИ ДИНАМИЧЕСКАЯ?

Важно понимать, что статическая и динамическая маршрутизация не являются взаимоисключающими. В большинстве сетей используется комбинация протоколов динамической маршрутизации и статических маршрутов.

Статические маршруты обычно используются в следующих сценариях:

1. В качестве маршрута по умолчанию для пересылки пакетов поставщику услуг.
2. Для маршрутов за пределами домена маршрутизации, которые не были изучены протоколом динамической маршрутизации.
3. Когда сетевой администратор хочет явно определить путь для определенной сети.
4. Для маршрутизации между тупиковыми сетями.

Статические маршруты рекомендуется использовать в небольших сетях, для которых задан только один путь к внешней сети. Они также обеспечивают безопасность в больших сетях с определенным типом трафика или в каналах к другим сетям, для которых требуются расширенные функции контроля.

## 14.5.1 СТАТИЧЕСКАЯ ИЛИ ДИНАМИЧЕСКАЯ?

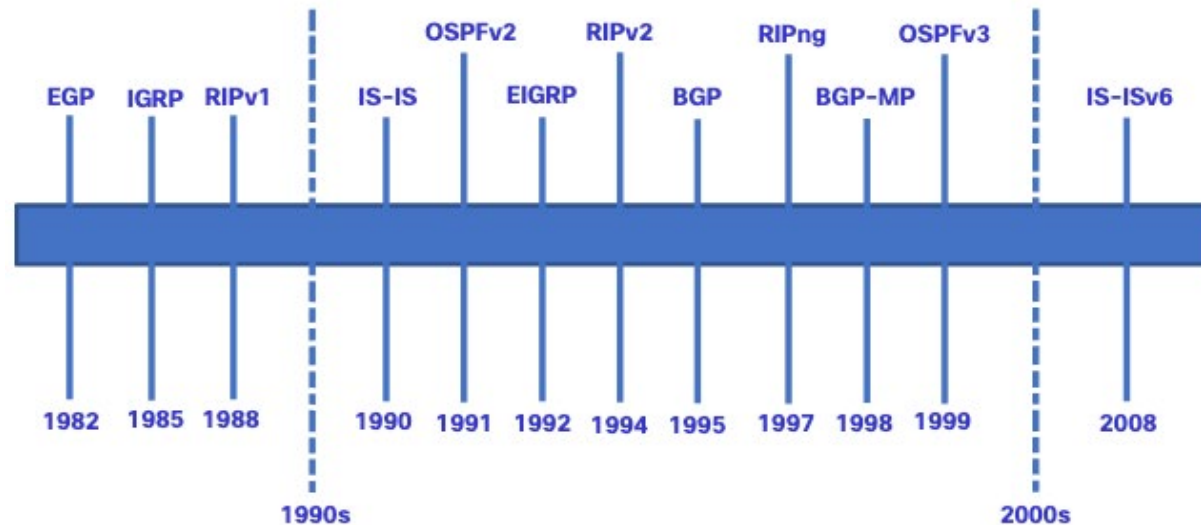
Протоколы динамической маршрутизации реализованы в сетях любого типа, состоящих из нескольких маршрутизаторов. Протоколы динамической маршрутизации являются масштабируемыми и автоматически определяют лучшие маршруты в случае изменения топологии.

Протоколы динамической маршрутизации обычно используются в следующих сценариях:

1. В сетях, состоящих из более чем нескольких маршрутизаторов.
2. Когда изменение топологии сети требует от сети автоматического определения другого пути.
3. Для масштабируемости. По мере роста сети протокол динамической маршрутизации автоматически узнает о новых сетях.

## 14.5.2 ЭВОЛЮЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

Протоколы динамической маршрутизации используются в сетях с конца 80-х гг. XX в. Протокол RIP стал одним из первых протоколов маршрутизации. Первая версия (RIPv1) появилась в 1988 г., однако отдельные базовые алгоритмы этого протокола применялись еще в сети ARPANET, созданной Агентством Министерства обороны США по перспективным исследованиям в 1969 г. Наряду с развитием и усложнением сетей, возникла необходимость в новых протоколах маршрутизации.



## 14.5.2 ЭВОЛЮЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

Таблица классифицирует текущие протоколы маршрутизации. Протоколы внутреннего шлюза (IGP) — это протоколы маршрутизации, используемые для обмена информацией о маршрутизации в домене маршрутизации, управляемом одной организацией. Существует только один IGP и это BGP. BGP используется для обмена информацией о маршрутизации между различными организациями, известными как автономные системы (AS). BGP используется провайдерами для маршрутизации пакетов через Интернет. Протоколы маршрутизации вектора расстояния, состояния канала и векторного пути относятся к типу алгоритма маршрутизации, используемого для определения наилучшего пути.

	Протоколы внутренней маршрутизации				Протоколы внешнего шлюза
	Вектор расстояния		Состояние канала		Вектор пути
IPv4	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS	BGP-4
IPv6	RIPng	EIGRP для IPv6	OSPFv3	IS-IS для IPv6	BGP-MP



### 14.5.3 ПРИНЦИПЫ ПРОТОКОЛОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

Протокол маршрутизации представляет собой набор процессов, алгоритмов и сообщений, используемых для обмена данными маршрутизации и наполнения таблицы маршрутизации оптимальными путями. Назначение протоколов динамической маршрутизации состоит в следующем:

- обнаружение удаленных сетей;
- обновление данных маршрутизации;
- выбор оптимального пути к сетям назначения;
- поиск нового оптимального пути в случае, если текущий путь недоступен.

### 14.5.3 ПРИНЦИПЫ ПРОТОКОЛОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

Протоколы динамической маршрутизации включают в себя следующие компоненты:

**Структуры данных** — протоколы маршрутизации обычно используют для своих операций таблицы или базы данных. Данная информация хранится в ОЗУ.

**Сообщения протокола маршрутизации** — протоколы маршрутизации используют различные типы сообщений для обнаружения соседних маршрутизаторов, обмена информацией о маршрутах и выполнения других задач, связанных с получением точной информации о сети.

**Алгоритм** — алгоритм представляет собой определенный список действий, используемых для выполнения задачи. Протоколы маршрутизации используют алгоритмы, упрощающие обмен данными маршрутизации и определение оптимального пути.

Протоколы маршрутизации определяют оптимальный путь или маршрут к каждой сети. Затем маршрут сверяется с таблицей маршрутизации. Этот маршрут будет добавлен в таблицу маршрутизации, если в таблице нет другого источника маршрутизации с меньшим административным расстоянием.

## 14.5.4 ЛУЧШИЙ ПУТЬ

Протокол маршрутизации выбирает наилучший путь, исходя из значения или метрики, используемых для определения расстояния до сети. **Метрика** — это числовое значение, используемое для измерения расстояния до заданной сети. Наиболее оптимальным путем к сети является путь с наименьшей метрикой.

Протоколы динамической маршрутизации обычно используют собственные правила и метрики для построения и обновления таблиц маршрутизации. В следующей таблице перечислены общие динамические протоколы и их метрики.

Протокол маршрутизации	Метрика
Протокол маршрутной информации (RIP)	Метрика — это количество переходов. Каждый маршрутизатор вдоль пути добавляет единицу к количеству переходов. Допустимо максимум 15 переходов.
Алгоритм выбора кратчайшего пути (OSPF)	Метрикой является «стоимость», которая основана на совокупной пропускной способности от источника к месту назначения. Более быстрым каналам назначаются более низкие стоимости по сравнению с более медленными (более высокая стоимость)
Усовершенствованный протокол внутренней маршрутизации между шлюзами (EIGRP)	Он вычисляет метрику на основе самой медленной полосы пропускания и задержки. Он также может включать нагрузку и надежность в расчет метрики.

## 14.5.5 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ

Если маршрутизатор располагает двумя или более путями к пункту назначения с метриками равной стоимости, он отправляет пакеты по обоим путям. Это называется распределением нагрузки в соответствии с равной стоимостью.

Таблица маршрутизации содержит одну сеть назначения, но несколько выходных интерфейсов — по одному для каждого пути с равной стоимостью. Маршрутизатор пересылает пакеты через несколько выходных интерфейсов, указанных в таблице маршрутизации.

При правильной конфигурации распределение нагрузки может повысить эффективность и производительность сети.

Балансировка нагрузки с одинаковой стоимостью реализуется автоматически с помощью протоколов динамической маршрутизации. Он включается для статических маршрутов, когда существует несколько статических маршрутов в одну и ту же сеть назначения с использованием разных маршрутизаторов следующего перехода.

**Примечание.** Только протокол EIGRP поддерживает распределение нагрузки с неравной стоимостью.