

## Тема 5 Статическая маршрутизация пакетов

### Функции маршрутизатора

Сети позволяют нам общаться, сотрудничать и взаимодействовать в совершенно новой форме. Мы по-разному используем сети — пользуемся веб-приложениями, IP-телефонией, проводим видеоконференции, играем онлайн, учимся и делаем покупки через Интернет и т.д.

При обсуждении сетевых технологий можно упомянуть множество ключевых структур и свойств, связанных с производительностью сети.

- **Топология:** существуют физические и логические топологии. Физическая топология — схема расположения кабелей, сетевых устройств и конечных систем. В ней описывается, как сетевые устройства соединены между собой с помощью проводов и кабелей. Логическая топология — это путь, по которому данные передаются по сети. В ней описывается, как пользователи видят соединения сетевых устройств.
- **Скорость** — это количество переданных данных по какому-либо каналу сети, измеряемое в битах в секунду (бит/с).
- **Стоимость** указывает общие расходы на приобретение компонентов сети, установку и обслуживание сети.
- **Безопасность** указывает на степень защищённости сети, в том числе защищённости информации, передаваемой по сети. Фактор безопасности играет очень важную роль, поэтому технологии и методы обеспечения безопасности постоянно развиваются. При любых действиях, которые могут повлиять на работу сети, необходимо обращать внимание на обеспечение безопасности.
- **Доступность** указывает на возможность использования сети в момент обращения пользователя.
- **Масштабируемость** показывает, насколько легко сеть может вмещать большее число пользователей и соответствовать требованиям передачи данных. Если проект сети оптимизирован только для выполнения текущих задач, то расширение сети для соответствия растущим требованиям влечёт за собой большие трудности и высокие затраты.
- **Надёжность** указывает на степень безотказности компонентов, из которых состоит сеть: маршрутизаторов, коммутаторов, компьютеров и серверов. Надёжность часто измеряется как вероятность сбоя или как среднее время безотказной работы (MTBF).

Эти характеристики и свойства обеспечивают способы для сравнения различных сетевых решений.

Каким образом, щёлкнув на ссылку в веб-браузере, мы получаем желаемую информацию в считанные секунды? Несмотря на то, что происходит это благодаря слаженной работе множества устройств и технологий, главным устройством является маршрутизатор. Говоря простым языком, маршрутизатор соединяет две сети вместе.

Обмен данными между сетями был бы невозможен без маршрутизатора, который определяет оптимальный путь до пункта назначения и пересылает трафик на следующий маршрутизатор по сети. Маршрутизатор отвечает за выбор маршрута для трафика между сетями.

При получении пакета на интерфейсе маршрутизатор использует свою таблицу маршрутизации для определения оптимального пути до пункта назначения. Пунктом назначения для IP-пакета может быть веб-сервер, расположенный в другой стране, или сервер электронной почты в локальной сети. Именно маршрутизаторы отвечают за эффективную доставку этих пакетов. Эффективность передачи данных между сетями в значительной степени зависит от возможности маршрутизаторов пересылать пакеты по наиболее оптимальному пути.

## Компоненты маршрутизатора

Для работы большинства устройств с поддержкой сети (например компьютеры, планшеты и смартфоны) требуются следующие компоненты:

- центральный процессор (ЦП);
- операционная система (OS);
- память и хранилище данных (ОЗУ, ПЗУ, энергонезависимое ОЗУ, флеш-память, жесткий диск).

По сути, маршрутизатор — это специализированный компьютер. Для его работы необходимы ЦП и память, в которой хранятся данные для выполнения инструкций операционной системы, например инициализации системы, функций маршрутизации и коммутации.

**Примечание.** В качестве системного ПО устройства Cisco используют операционную систему Cisco IOS.

Маршрутизаторы хранят данные, используя следующие типы запоминающих устройств:

Память	Энергозависимая/ энергонезависимая	Хранилища
ОЗУ	Энергозависимая	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Текущая версия IOS</li> <li>• Файл текущей конфигурации</li> <li>• Таблица маршрутизации и таблица ARP</li> <li>• Буфер пакетов</li> </ul>
ПЗУ	Энергонезависимая	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Указания по начальной загрузке</li> <li>• Базовое программное обеспечение для диагностики</li> <li>• Версия IOS с ограниченными возможностями</li> </ul>
Энергонезависимое ОЗУ (NVRAM)	Энергонезависимая	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Файл загрузочной конфигурации</li> </ul>
Флеш-память	Энергонезависимая	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IOS</li> <li>• Прочие системные файлы</li> </ul>

- **Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ)** — обеспечивает временное хранение данных для различных приложений и процессов, включая текущую IOS, файл текущей конфигурации, различные таблицы (например таблицу IP-маршрутизации, таблицу ARP Ethernet) и буферы для обработки пакета. ОЗУ

называют энергозависимым, поскольку при выключении питания оно теряет своё содержимое.

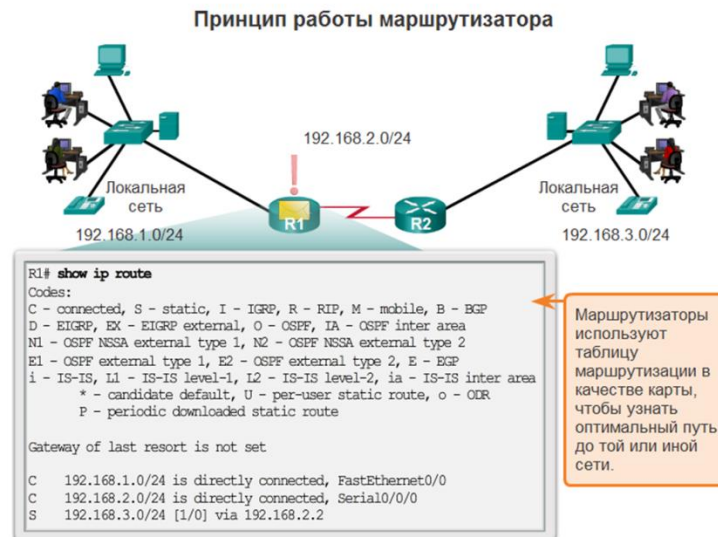
- **Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)** — обеспечивает постоянное хранение инструкций загрузки, базового диагностического программного обеспечения и IOS с ограниченными возможностями, используемой в случае, если маршрутизатор не сможет загрузить полнофункциональную IOS. ПЗУ является встроенной памятью, которую называют энергонезависимой, поскольку при выключении питания она не теряет своё содержимое.
- **Энергонезависимое ОЗУ (NVRAM)** — обеспечивает постоянное хранение файла загрузочной конфигурации (startup-config). NVRAM — это энергонезависимая память, которая не теряет своё содержимое при выключении питания.
- **Флеш-память** обеспечивает постоянное хранение данных для IOS и других системных файлов. Во время процесса загрузки файлы IOS копируются из флеш-памяти в ОЗУ. Флеш-память является энергонезависимой и не теряет своё содержимое при отключении питания.

В отличие от компьютера, маршрутизаторы не имеют видео- и звуковых карт. Вместо этого маршрутизаторы оснащены специализированными портами и сетевыми платами для подключения устройств к другим сетям.

## Функции маршрутизатора

Большинство пользователей не знают о наличии множества маршрутизаторов в собственной сети или в Интернете. Пользователи хотят открывать веб-страницы, отправлять сообщения электронной почты и загружать музыку вне зависимости от того, в собственной или в другой сети находится сервер, к которому они получают доступ. Сетевые специалисты знают, что именно маршрутизатор обеспечивает пересылку пакетов из сети в сеть, от первоисточника до конечного назначения.

Маршрутизатор соединяет много сетей, и это означает, что он оснащён множеством интерфейсов, каждый из которых принадлежит другой IP-сети. Когда маршрутизатор получает IP-пакет на одном интерфейсе, он определяет, какой интерфейс следует использовать для пересылки пакета до места назначения. Интерфейс, который использует маршрутизатор для пересылки пакета, может быть конечной точкой маршрута, или же сетью, подключённой к другому маршрутизатору, используемому для достижения сети назначения.



В анимации на рис. 1 маршрутизаторы R1 и R2 отвечают за получение пакета в одной сети и пересылку этого же пакета из другой сети по направлению в сеть назначения.

Как правило, каждая сеть, к которой подключается маршрутизатор, требует отдельного интерфейса. Эти интерфейсы используются для соединения как локальных (LAN), так и глобальных сетей (WAN). В большинстве случаев, LAN — это сети Ethernet, содержащие такие устройства, как ПК, принтеры и серверы. WAN используются для соединения сетей на больших территориях. Например, подключение к WAN обычно используется для подключения LAN к сети интернет-провайдера (ISP).

Даже в домашнем офисе требуется маршрутизатор. В сетевой топологии домашнего офиса маршрутизатор представляет собой специализированное устройство, которое представляет множество сервисов для домашней сети.

**Основные функции маршрутизаторов:**

- определение оптимального пути для передачи пакетов;
- пересылка пакетов к пункту назначения.

Маршрутизатор использует свою таблицу маршрутизации, чтобы найти оптимальный путь для пересылки пакетов. Когда маршрутизатор получает пакет, он проверяет адрес назначения пакета и использует таблицу маршрутизации для поиска оптимального пути к нужной сети. Кроме того, в таблице маршрутизации учитывается, какой интерфейс следует использовать для пересылки пакетов в каждую известную сеть. Если оптимальный маршрут найден, маршрутизатор инкапсулирует пакет в кадр канала передачи данных исходящего или выходного интерфейса и пересылает пакет до пункта назначения.

Маршрутизатор может получать пакет, который инкапсулирован в кадр канала передачи данных одного типа, и отправить пакет из интерфейса, который использует другой тип кадра канала передачи данных. Например, маршрутизатор может получить пакет на интерфейсе Ethernet, но должен переслать пакет из интерфейса, настроенного с помощью протокола «точка-точка» (PPP). Инкапсуляция канала передачи данных зависит от типа интерфейса маршрутизатора и типа передающей среды, к которой он подключён. Различные технологии канала

передачи данных, к которым может подключиться маршрутизатор, включают Ethernet, PPP, Frame Relay, DSL, кабельные и беспроводные сети (802.11, Bluetooth).

Анимация на рисунке демонстрирует передачу пакета от ПК источника до ПК назначения. Обратите внимание, что именно маршрутизатор отвечает за поиск сети назначения в своей таблице маршрутизации и пересылку пакета до пункта назначения. В этом примере маршрутизатор R1 получает пакет, инкапсулированный в кадр Ethernet. После деинкапсуляции пакета маршрутизатор R1 использует IP-адрес назначения пакета для поиска соответствующего сетевого адреса в своей таблице маршрутизации. После того, как в таблице маршрутизации найден сетевой адрес, маршрутизатор R1 инкапсулирует пакет внутри кадра PPP и пересылает пакет маршрутизатору R2. Аналогичный процесс выполняется на маршрутизаторе R2.

**Примечание.** Для того чтобы узнать об удалённых сетях и построить таблицы маршрутизации, маршрутизаторы используют протоколы статической и динамической маршрутизации.

## Подключение устройств

Как правило, сетевые устройства и конечные пользователи подключаются к сети с помощью проводного соединения Ethernet или беспроводного соединения. На рисунке приводится пример топологии. Локальные сети на рисунке выступают в качестве примера возможного подключения пользователей и сетевых устройств к сетям.

Устройства домашнего офиса подключаются следующим образом:

- Ноутбуки и планшетные ПК подключаются к домашнему маршрутизатору по беспроводному соединению.
- Сетевой принтер подключается к порту коммутатора на домашнем маршрутизаторе через кабель Ethernet.
- Домашний маршрутизатор подключается к кабельному модему оператора связи через кабель Ethernet.
- Кабельный модем подключается к сети интернет-провайдера.

Устройства филиала подключаются следующим образом:

- Корпоративные ресурсы (например файловые серверы и принтеры) подключаются к коммутаторам 2-го уровня с помощью кабелей Ethernet.
- Настольные ПК и устройства IP-телефонии (VoIP) подключаются к коммутаторам 2-го уровня с помощью кабелей Ethernet.
- Ноутбуки и смартфоны подключаются к точкам беспроводного доступа (WAP).
- Точки беспроводного доступа подключаются к коммутаторам с помощью кабелей Ethernet.
- Коммутаторы 2-го уровня подключаются к интерфейсу Ethernet на пограничном маршрутизаторе с помощью кабелей Ethernet. Пограничный маршрутизатор — это устройство, которое находится на границе или по периметру сети и осуществляет маршрутизацию между разными сетями, например между LAN и WAN.
- Пограничный маршрутизатор подключается к глобальной сети оператора связи.
- Пограничный маршрутизатор также подключается к ISP для резервного копирования.

Устройства центрального офиса подключаются следующим образом:

- Настольные ПК и устройства IP-телефонии (VoIP) подключаются к коммутаторам 2-го уровня с помощью кабелей Ethernet.
- Коммутаторы 2-го уровня подключаются дублированными соединениями к многоуровневым коммутаторам 3-го уровня с помощью оптоволоконных кабелей Ethernet (оранжевые соединения).
- Многоуровневые коммутаторы 3-го уровня подключаются к интерфейсу Ethernet на пограничном маршрутизаторе с помощью кабелей Ethernet.
- Корпоративный сервер подключается к интерфейсу пограничного маршрутизатора с помощью кабеля Ethernet.
- Пограничный маршрутизатор подключается к WAN оператора связи.
- Пограничный маршрутизатор также подключается к ISP для резервного копирования.

В локальных сетях филиала и центрального офиса узлы подключаются к сетевой инфраструктуре либо напрямую, либо через точки беспроводного доступа с помощью коммутатора 2-го уровня.

Для обеспечения сетевого доступа на устройствах должны быть настроены следующие параметры IP:

- **IP-адрес** — определяет уникальный узел в локальной сети.
- **Маска подсети** — определяет, с какой подсетью сети узел может обмениваться данными.
- **Шлюз по умолчанию** — определяет, на какой маршрутизатор следует отправлять пакет, когда устройство назначения находится в другой подсети локальной сети.

Когда узел отправляет пакет устройству, которое находится в той же IP-сети, пакет просто пересылается из интерфейса узла на устройство назначения.

Когда узел отправляет пакет устройству в другой IP-сети, то пакет пересылается на шлюз по умолчанию, поскольку устройство узла не может взаимодействовать напрямую с устройствами вне локальной сети. Пунктом назначения в маршрутах трафика из локальной сети к устройствам в удалённых сетях является шлюз по умолчанию. Этот шлюз часто используется для подключения локальной сети к Интернету.

Обычно шлюз по умолчанию — это адрес интерфейса маршрутизатора, подключённого к локальной сети. Маршрутизатор вносит записи в таблицу маршрутизации для всех подключённых сетей, равно как и для удалённых сетей, и определяет оптимальный маршрут для достижения этих пунктов назначения.

Например, если компьютер PC1 отправляет пакет на веб-сервер, расположенный по адресу 176.16.1.99, то он обнаружит, что веб-сервер находится вне локальной сети, и поэтому он должен отправить пакет на MAC-адрес шлюза по умолчанию. Пакет протокольного блока данных (PDU) на рисунке определяет IP- и MAC-адреса источника и назначения.

**Примечание.** Обычно маршрутизатор настраивается со своим собственным шлюзом по умолчанию. Иногда его называют «шлюзом последней надежды».

Параметры IP узла можно настроить следующими способами:

- **Статически:** узлу вручную назначаются верные IP-адрес, маска подсети и шлюз по умолчанию. Кроме того, можно настроить IP-адрес DNS-сервера.

- Динамически:** параметры IP предоставляются сервером с помощью протокола динамической конфигурации сетевого узла (DHCP). Сервер DHCP предоставляет правильный IP-адрес, маску подсети и шлюз по умолчанию для конечных устройств. Дополнительная информация может быть предоставлена сервером.

Статически назначенные адреса обычно используются для определения конкретных сетевых ресурсов, например сетевых серверов и принтеров. Их также можно использовать в меньших сетях с небольшим количеством узлов. Однако большинство узловых устройств получают настройки параметров IPv4 путём доступа к серверу DHCP. В крупных корпорациях реализованы выделенные серверы DHCP, предоставляющие сервисы для множества локальных сетей. В малых филиалах или офисах в качестве сервера DHCP могут использоваться коммутаторы Cisco Catalyst или Cisco ISR.

### Индикация устройств

Узловые компьютеры подключаются к проводной сети через сетевой интерфейс и кабель RJ-45 Ethernet. Большинство сетевых интерфейсов используют один или два светодиодных индикатора канала, расположенных рядом с интерфейсом. Как правило, зелёный индикатор обозначает рабочее подключение, а мигающий зелёным индикатор указывает на сетевую активность.

**Светодиодные индикаторы Cisco 1941**

#	Порт	Индикатор	Цвет	Описание
1	GE0/0 и GE0/1	S (скорость)	Одноразовое мигание и пауза	Порт работает на скорости 10 Мбит/с
			Двухразовое мигание и пауза	Порт работает на скорости 100 Мбит/с
			Трёхразовое мигание и пауза	Порт работает на скорости 1000 Мбит/с
		L (канал)	Зелёный	Канал активен
			Выкл.	Канал неактивен
2	Консоль	EN	Зелёный	Порт активен
			Выкл.	Порт неактивен
3	USB	EN	Зелёный	Порт активен
			Выкл.	Порт неактивен

Если индикатор активности канала не включён, то в кабеле или самой сети, вероятно, возникла проблема. Порт коммутатора, где заканчивается соединение, тоже должен быть оснащён индикатором, свидетельствующим о его работе.

**Примечание.** Значения индикаторов могут отличаться в зависимости от производителя компьютеров.

Схожим образом, для быстрой проверки состояния в устройствах сетевой инфраструктуры используются светодиодные индикаторы. Например, коммутатор Cisco Catalyst 2960 оснащён несколькими светодиодными индикаторами состояния для отслеживания системной активности и производительности. Обычно, если коммутатор функционирует нормально, индикаторы горят зелёным цветом, в то время как жёлтый цвет индикатора свидетельствует о возникновении неполадки.

## **Решения маршрутизации**

### **Коммутация пакетов между сетями**

Основная функция маршрутизатора — пересылка пакетов до места назначения. Для этого используется функция коммутации, т.е. процесс, применяемый маршрутизатором для приёма пакета на одном интерфейсе и его пересылки из другого интерфейса. Основное назначение коммутации заключается в инкапсуляции пакетов в нужный тип кадра канала передачи данных для исходящего канала.

**Примечание.** В настоящем контексте термин «коммутация» означает перемещение пакетов от источника до места назначения; его не следует путать с работой коммутатора 2-го уровня.

После того, как маршрутизатор определил выходной интерфейс с помощью функции определения пути, маршрутизатор должен инкапсулировать пакет в кадр канала передачи данных исходящего интерфейса.

Какую операцию выполняет маршрутизатор с пакетом, полученным из одной сети и адресованным для другой? Маршрутизатор выполняет три основных шага:

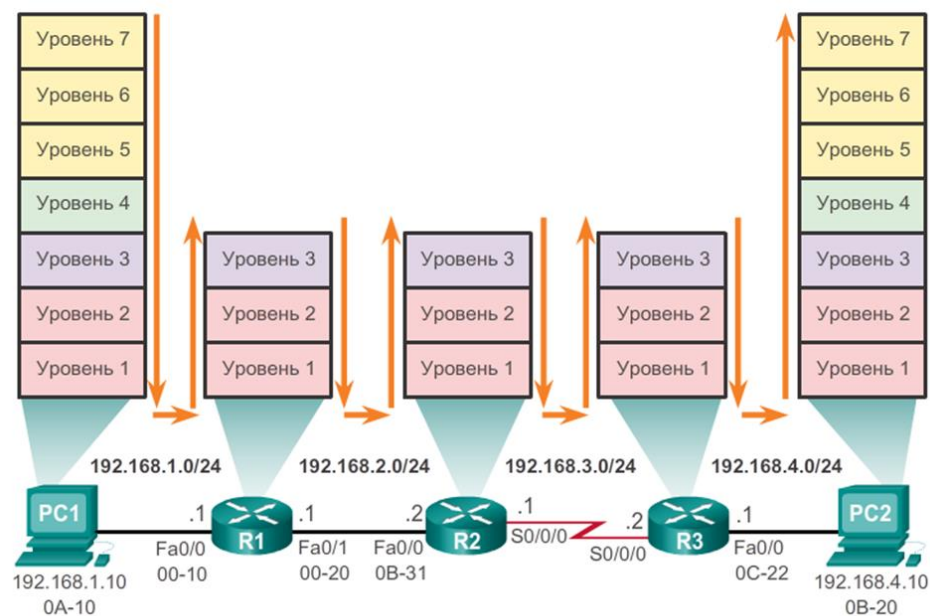
**Шаг 1.** Деинкапсуляция пакета 3-го уровня путём удаления заголовка и концевика (trailer) кадра 2-го уровня.

**Шаг 2.** Поиск оптимального пути в таблице маршрутизации в соответствии с IP-адресом места назначения.

**Шаг 3.** Если маршрутизатор находит путь до места назначения, он инкапсулирует пакет 3-го уровня в новый кадр 2-го уровня и пересылает кадр из выходного интерфейса.



## Инкапсуляция и деинкапсуляция пакетов



Как показано на рисунке, устройства имеют IPv4-адреса 3-го уровня, в то время как интерфейсы Ethernet имеют адреса каналов передачи данных 2-го уровня. Например, на компьютере PC1 настроен IPv4-адрес 192.168.1.10 и пример MAC-адреса 0A-10. По мере прохождения пакета от устройства-источника до устройства назначения IP-адреса 3-го уровня не меняются. Однако адреса каналов передачи данных 2-го уровня меняются на каждом переходе, т. к. каждый маршрутизатор деинкапсулирует и повторно инкапсулирует пакет в новый кадр. Вполне вероятно, что пакет может быть инкапсулирован в кадр 2-го уровня иного типа, нежели тот, в котором он был получен. Например, маршрутизатор может получить инкапсулированный кадр Ethernet на интерфейсе FastEthernet, а затем обработать его для пересылки из последовательного интерфейса в виде инкапсулированного кадра протокола «точка-точка» (PPP).

## Определение пути

Основная функция маршрутизатора заключается в определении оптимального пути для отправки пакетов. Для определения оптимального пути маршрутизатор ищет в своей таблице маршрутизации сетевой адрес, соответствующий IP-адресу места назначения пакета.

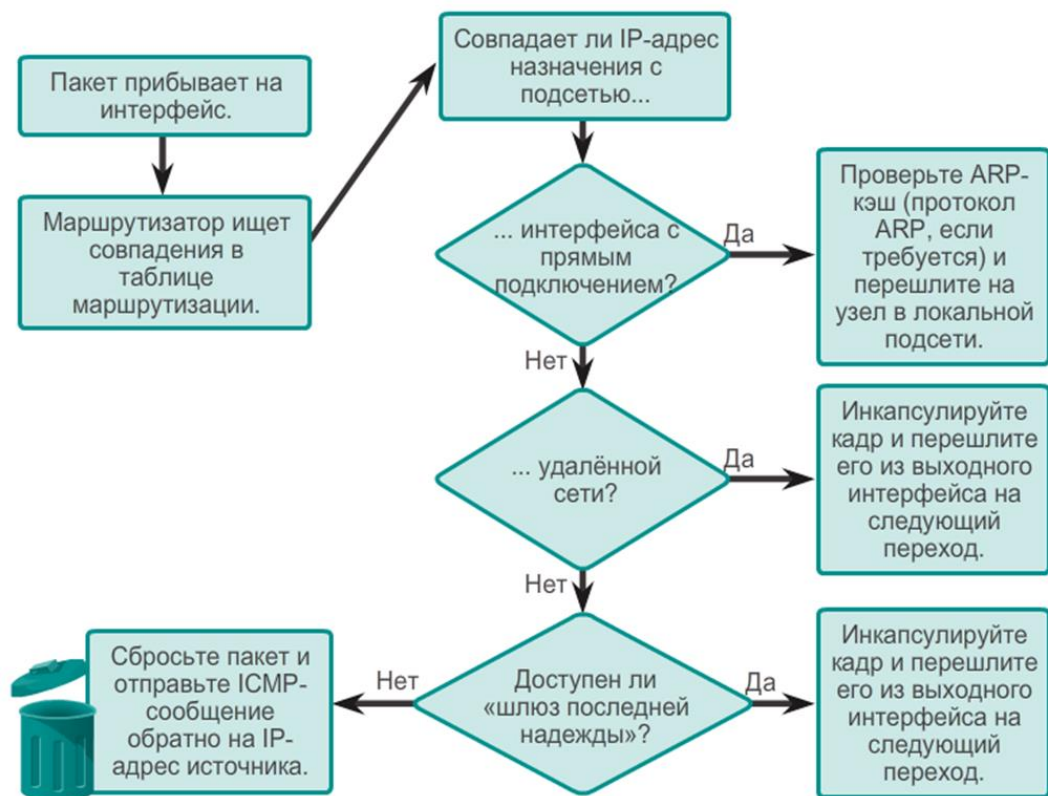
Результаты поиска могут вывести один из трёх видов путей:

- **Сеть с прямым подключением** — если IP-адрес назначения пакета принадлежит устройству в сети с прямым подключением к одному из интерфейсов маршрутизатора, то этот пакет пересылается напрямую в устройство назначения. Это означает, что IP-адрес назначения пакета — это узловой адрес в той же подсети, что и интерфейс маршрутизатора.
- **Удалённая сеть** — если IP-адрес назначения пакета принадлежит удалённой сети, пакет пересылается на другой маршрутизатор. Отправить пакет в

удалённые сети можно только с помощью пересылки на другой маршрутизатор.

- **Маршрут не определён** — если IP-адрес назначения пакета не принадлежит подключённой или удалённой сети, маршрутизатору нужно определить, доступен ли «шлюз последней надежды». «Шлюз последней надежды» задаётся, когда на маршрутизаторе настроен маршрут по умолчанию. Если есть маршрут по умолчанию, то пакет пересылается на «шлюз последней надежды». Если маршрутизатор не располагает маршрутом по умолчанию, то пакет отбрасывается. Если пакет отброшен, маршрутизатор отправляет на IP-адрес источника пакета ICMP-сообщение о недоступности порта.

#### Процесс принятия решения о пересылке пакетов



Определение оптимального пути подразумевает оценку нескольких путей в одну и ту же сеть назначения и выбор оптимального или кратчайшего пути для прохождения этого маршрута. Когда существует несколько путей до одной сети, каждый путь использует различный выходной интерфейс маршрутизатора для достижения сети.

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 путём к сети является путь с наименьшей метрикой.

Протоколы динамической маршрутизации обычно используют собственные правила и метрики для построения и обновления таблиц маршрутизации. Алгоритм маршрутизации генерирует значение (или метрику) для каждого пути через сеть. Метрики могут основываться на одной или нескольких характеристиках пути.

Некоторые протоколы маршрутизации выбирают маршрут на основе нескольких метрик, объединяя их в одну метрику.

Далее приведён список динамических протоколов и используемых ими метрик:

- **Протокол RIP** — количество переходов.
- **Протокол OSPF («алгоритм кратчайшего пути»)** — метрика компании Cisco, основанная на суммарной полосе пропускания от источника до места назначения.
- **Протокол EIGRP (усовершенствованный протокол внутренней маршрутизации между шлюзами, EIGRP)** — пропускная способность, задержка, нагрузка и надёжность.

Что происходит, когда в таблице маршрутизации содержатся два или более пути с идентичными показателями алгоритмов достижения одной и той же сети назначения?

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. Распределение нагрузки с равной стоимостью можно настроить на использование как динамических протоколов маршрутизации, так и статических маршрутов.

Маршрутизатор можно настроить, используя несколько протоколов маршрутизации и статических маршрутов. В этом случае таблица маршрутизации может содержать несколько источников маршрута для одной сети назначения. Например, если на маршрутизаторе настроены протоколы RIP и EIGRP, оба протокола маршрутизации могут получить одну и ту же сеть назначения. Однако, исходя из метрики протокола маршрутизации, каждый протокол маршрутизации может выбирать разные пути для достижения места назначения. Протокол RIP выбирает путь, исходя из количества переходов, а протокол EIGRP руководствуется сведениями о его составной метрике. Каким образом маршрутизатор решает, какой маршрут использовать?

В операционной системе Cisco IOS для определения маршрута и занесения его в таблицу IP-маршрутизации применяется так называемое административное расстояние (AD). Административное расстояние представляет «надёжность» маршрута; чем меньше его значение, тем более надёжным является источник маршрута. Например, значение AD статического маршрута равно 1, а значение AD маршрута, рассчитанного по протоколу EIGRP, составляет 90. Имея два разных маршрута до одного и того же места назначения, маршрутизатор выбирает маршрут с наименьшим значением AD. При условии выбора между статическим маршрутом и маршрутом, рассчитанным по EIGRP, выбирается статический маршрут. По аналогии, маршрут до сети с прямым подключением с AD, равным 0, «выигрывает» у статического маршрута с AD, равным 1.

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

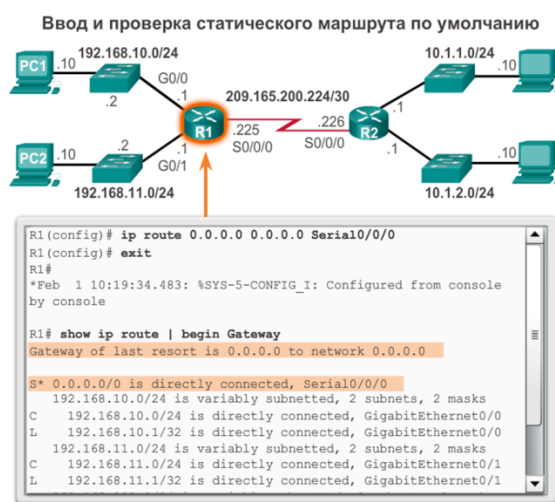
Источник маршрута	Административное расстояние
Прямой	0
Статическая	1
Суммарный маршрут EIGRP	5
Внешний BGP	20
Внутренний EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
Внешний EIGRP	170
Внутренний BGP	200

## Реализация статической маршрутизации

### Статическая маршрутизация

Маршрутизатор может узнать об удалённых сетях одним из двух способов:

- **Вручную** — удалённые сети вручную вводятся в таблицу маршрутизации с помощью статических маршрутов.
- **Динамически** — удалённые маршруты автоматически добавляются с помощью протокола динамической маршрутизации.
- 



На рис. 1 представлен пример сценария статической маршрутизации.

Сетевой администратор может вручную настроить статический маршрут для доступа к конкретной сети. В отличие от протокола динамической маршрутизации, статические маршруты не обновляются автоматически, и при изменениях в сетевой топологии их необходимо повторно настраивать вручную. Статические маршруты не изменяются до тех пор, пока администратор не перенастроит их вручную.

**Преимущества статической маршрутизации** по сравнению с динамической маршрутизацией включают в себя следующие:

- Статические маршруты не объявляются по сети, таким образом, они более безопасны.
- Статические маршруты используют более узкую полосу пропускания, чем протоколы динамической маршрутизации. Кроме того, для расчёта и связи маршрутов не используются ресурсы ЦП.
- Путь, используемый статическим маршрутом для отправки данных, известен.

У статической маршрутизации также имеются недостатки:

- Исходная настройка и дальнейшее обслуживание требуют временных затрат.
- При настройке часто допускаются ошибки, особенно в больших сетях.
- Для внесения изменений в данные маршрута требуется вмешательство администратора.
- Недостаточные возможности масштабирования для растущих сетей, обслуживание при этом становится довольно трудоёмким.
- Для качественного внедрения требуется доскональное знание всей сети.

На рисунке представлено сравнение функций динамической и статической маршрутизации. Обратите внимание, что преимущества одного метода одновременно являются недостатками другого.

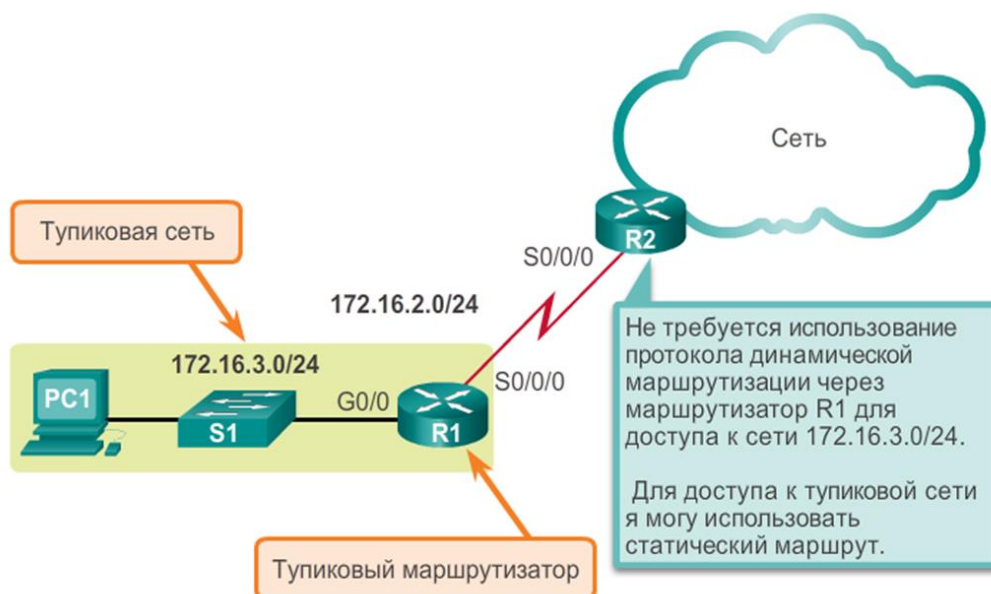
Статические маршруты рекомендуется использовать в небольших сетях, для которых задан только один путь к внешней сети. Они также обеспечивают безопасность в больших сетях с определённым типом трафика или в каналах к другим сетям, для которых требуются расширенные функции контроля. Важно понимать, что статическая и динамическая маршрутизация не являются взаимоисключающими. В большинстве сетей используется комбинация протоколов динамической маршрутизации и статических маршрутов. Это может привести к тому, что для маршрутизатора задаётся несколько путей к сети назначения посредством статических маршрутов и динамически получаемых маршрутов. Однако административное расстояние (AD) статического маршрута равно 1. Поэтому статический маршрут имеет приоритет по сравнению со всеми динамически получаемыми маршрутами.

(таблица)

Статическая маршрутизация имеет три основных назначения:

- Обеспечение упрощённого обслуживания таблицы маршрутизации в небольших сетях, которые не планируется существенно расширять.
- 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.
- Использование маршрута по умолчанию для представления пути к любой сети, не имеющего более точного совпадения с другим маршрутом в таблице маршрутизации. Маршруты по умолчанию используются для отправки трафика в любой пункт назначения за пределами следующего маршрутизатора в восходящем направлении.
-

## Подключение к тупиковой сети



На рисунке представлен пример подключения к тупиковой сети и использования маршрута по умолчанию. Обратите внимание, что на рисунке у любой сети, подключённой к маршрутизатору R1, будет только один путь для доступа к другим местам назначения (к сетям, подключённым к маршрутизатору R2, или к местам назначения за пределами маршрутизатора R2). Это означает, что сеть 172.16.3.0 является тупиковой, а маршрутизатор R1 – тупиковым маршрутизатором. Запуск протокола маршрутизации между маршрутизаторами R2 и R1 был бы необоснованной тратой ресурсов.

В этом примере статический маршрут можно настроить на маршрутизаторе R2 для доступа к сети LAN маршрутизатора R1. Кроме того, поскольку для маршрутизатора R1 существует только один способ отправки нелокального трафика, статический маршрут по умолчанию можно настроить на маршрутизаторе R1 для указания на маршрутизатор R2 как на следующий переход для всех остальных сетей.

## Типы статических маршрутов

Как показано на рисунке, статические маршруты чаще всего используются для подключения к конкретной сети или предоставления «шлюза последней надежды» для тупиковой сети. Их также можно использовать в следующих целях:

- уменьшение числа объявленных маршрутов путём объединения некоторых непрерывных сетей в один статический маршрут;
- создание резервного маршрута на случай отказа основного маршрута.

Далее мы рассмотрим следующие типы статических маршрутов IPv4 и IPv6:

- стандартный статический маршрут;
- статический маршрут по умолчанию;
- суммарный статический маршрут;
- плавающий статический маршрут.



Протоколы IPv4 и IPv6 поддерживают настройку статических маршрутов. Статические маршруты рекомендуется использовать при подключении к определённой удалённой сети.

На рисунке показано, что маршрутизатор R2 можно настроить с использованием статического маршрута для доступа к тупиковой сети 172.16.3.0/24.

**Примечание.** В данном примере продемонстрирована тупиковая сеть, но на самом деле статический маршрут можно использовать для подключения к любой сети.

**Статический маршрут по умолчанию** — это маршрут, которому соответствуют все пакеты. Маршрут по умолчанию идентифицирует IP-адрес шлюза, на который маршрутизатор отправляет все IP-пакеты, для которых у него нет известного полученного или статического маршрута. Статический маршрут по умолчанию — это статический маршрут с IPv4-адресов назначения равным 0.0.0.0/0. При настройке статического маршрута по умолчанию создаётся «шлюз последней надежды».

#### Синтаксис статического маршрута по умолчанию

```
Router(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 {ip-address | exit-intf}
```

Параметр	Описание
0.0.0.0	Соответствует любому адресу сети.
0.0.0.0	Соответствует любой маске подсети.
ip-address	<ul style="list-style-type: none"><li>Как правило, называется IP-адресом маршрутизатора следующего перехода.</li><li>Обычно используется при подключении к среде широковещательного доступа (т.е. Ethernet).</li><li>Обычно создаёт рекурсивный поиск.</li></ul>
exit-intf	<ul style="list-style-type: none"><li>Использование исходящего интерфейса для передачи пакетов в сеть назначения.</li><li>Также упоминается как напрямую подключённый статический маршрут.</li><li>Обычно используется при подключении к сети в конфигурации «точка-точка».</li></ul>

**Примечание.** Все маршруты, определяющие конкретное место назначения с большим значением маски подсети, имеют приоритет по сравнению с маршрутом по умолчанию.

Статические маршруты по умолчанию используются в следующих случаях:

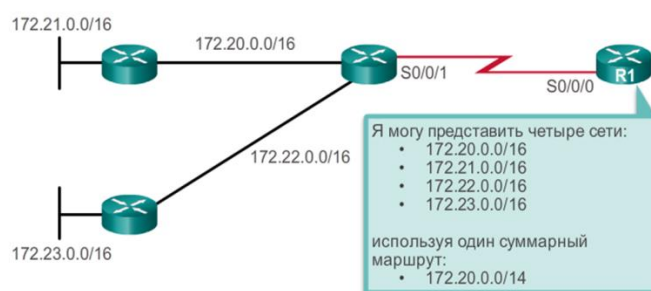
- При отсутствии других маршрутов в таблице маршрутизации, совпадающих с IP-адресом назначения пакета — иными словами, при отсутствии более точного совпадения. Статические маршруты часто используются при подключении пограничного маршрутизатора компании к сети интернет-провайдера.
- Если маршрутизатор подключён только к одному маршрутизатору. В таком случае используется термин «тупиковый маршрутизатор».

#### Суммарный статический маршрут

Для уменьшения числа записей в таблице маршрутизации можно объединить несколько статических маршрутов в один статический маршрут. Это возможно при следующих условиях:

- Сети назначения являются смежными и могут быть объединены в один сетевой адрес.
- Все статические маршруты используют один и тот же выходной интерфейс или один IP-адрес следующего перехода.
- 

Использование суммарного статического маршрута



Как видно из рисунка, маршрутизатору R1 требуется четыре отдельных статических маршрута для подключения к сетям в диапазоне 172.20.0.0/16 – 172.23.0.0/16. Вместо этого можно настроить один суммарный статический маршрут, который будет обеспечивать подключение к этим сетям.

## Плавающий статический маршрут

Ещё одним типом статического маршрута является плавающий статический маршрут. Плавающие статические маршруты — это статические маршруты, используемые для предоставления резервного пути основному статическому или динамическому маршруту на случай сбоя в работе канала. Плавающий статический маршрут используется только тогда, когда основной маршрут недоступен.

Для этой цели плавающий статический маршрут настраивается с более высоким значением административного расстояния, чем основной маршрут. Следует помнить, что административное расстояние указывает на надёжность маршрута. При наличии нескольких путей к адресу назначения маршрутизатор выбирает путь с самым низким значением административного расстояния.

Предположим, что администратору необходимо создать плавающий статический маршрут в качестве резервного для маршрута, получаемого по протоколу EIGRP. При настройке плавающего статического маршрута необходимо использовать более высокое значение административного расстояния, чем для EIGRP. EIGRP имеет административное расстояние со значением 90. Если плавающий статический маршрут настроен с административным расстоянием 95, то динамический маршрут, установленный посредством EIGRP, имеет приоритет перед плавающим статическим маршрутом. Если маршрут, получаемый по EIGRP, утрачен, то вместо него используется плавающий статический маршрут.

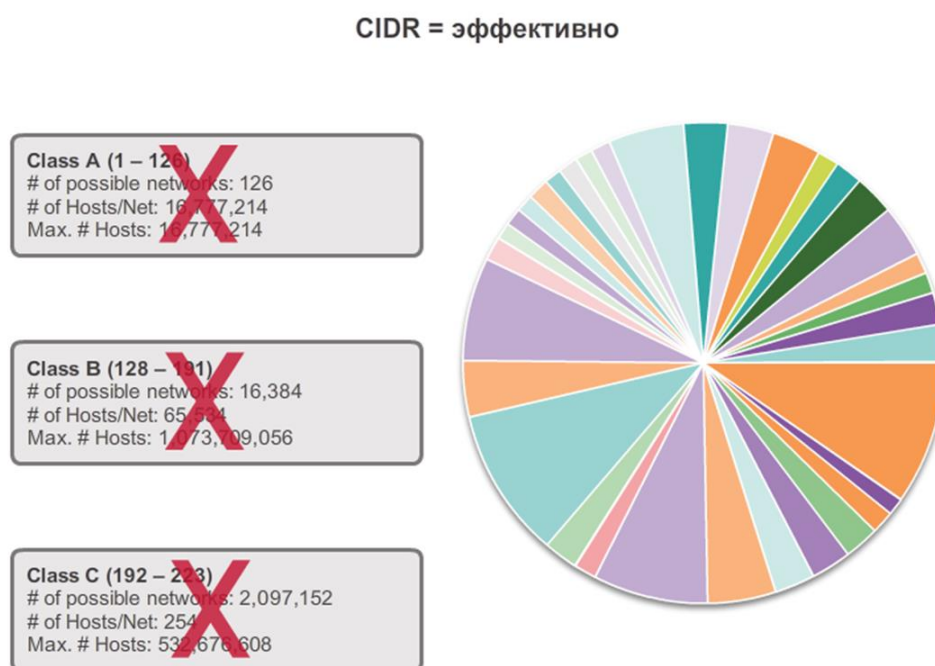
## Обзор CIDR и VLSM



## CIDR

По мере экспоненциального развития сети Интернет в начале 90-х годов теми же темпами увеличивались и размеры таблиц маршрутизации, обслуживаемых интернет-маршрутизаторами, использующими схему классовой IP-адресации. По этой причине сообщество IETF в 1993 году представило схему CIDR в документе RFC 1517.

Маршрутизация CIDR вытеснила систему назначений классовых сетевых адресов, и классы адресов (А, В и С) устарели и перестали использоваться. При использовании маршрутизации CIDR сетевой адрес больше не определяется значением первого октета. Вместо этого сетевая часть адреса определяется маской подсети, также называемой сетевым префиксом или длиной префикса (т.е. /8, /19 и т. д.).



Интернет-провайдеры больше не ограничены маской подсети /8, /16 или /24. Теперь они могут более эффективно выделять пространство адресов, используя длину префикса, начинающуюся с /8 (т. е. /8, /9, /10 и т. д.). На рисунке показано, как блоки IP-адресов могут с учётом требований заказчика назначаться сети, содержащей от нескольких до нескольких сотен или тысяч узлов.

Маршрутизация CIDR также позволяет уменьшить размер таблиц маршрутизации и управлять пространством IPv4-адресов более эффективно, используя следующие возможности:

- **Объединение маршрутов** – также известное, как агрегация префиксов. Маршруты при этом объединяются в один маршрут, что позволяет уменьшить размер таблиц маршрутизации. Например, один суммарный статический маршрут может заменить несколько отдельных объявлений статического маршрута.
- **Организация суперсетей** – происходит в тех случаях, когда маска объединения маршрута имеет меньшее значение, чем стандартная классовая маска по умолчанию.

**Примечание.** Объединённая сеть (суперсеть) всегда является суммой маршрута, однако сумма маршрута не всегда является объединённой сетью.

При создании таблиц маршрутизации меньшего размера процесс поиска в таблице маршрутизации выполняется более эффективно, так как поиск выполняется по меньшему числу маршрутов. Если вместо нескольких статических маршрутов можно использовать один статический маршрут, размер таблицы маршрутизации уменьшается. Во многих случаях для представления нескольких десятков, сотен или даже тысяч маршрутов можно использовать один статический маршрут.

Суммарные маршруты CIDR можно настроить с помощью статических маршрутов. Это позволяет уменьшить размер таблиц маршрутизации.

