

Настройка IPv4-адресов и статических маршрутов

Маршрутизаторы перенаправляют пакеты IPv4. Это простое утверждение имеет большой скрытый смысл. Для перенаправления пакетов маршрутизаторы осуществляют процесс маршрутизации, который полагается на информацию о маршрутах IP. Каждый маршрут IP задает назначение: сеть IP, подсеть IP или некую другую группу IP-адресов. Каждый маршрут имеет также инструкции, указывающие маршрутизатору направление перенаправления пакетов, посланных на адрес в этой сети или подсети IP. Чтобы маршрутизатор смог выполнять задачу маршрутизации пакетов, он должен иметь подробный и точный список маршрутов IP.

Для добавления маршрутов IPv4 в таблицы маршрутизации маршрутизаторы используют три метода. Сначала они изучают *подключенные маршруты* (connected route), т.е. маршруты для подсетей, подключенных к интерфейсу маршрутизатора. Маршрутизаторы могут также использовать *статические маршруты* (static route), создаваемые при помощи команды конфигурации `ip route`, непосредственно помещающей маршрут в таблицу маршрутизации IPv4. Кроме того, маршрутизаторы могут использовать протокол маршрутизации, по которому они оповещают друг друга обо всех известных маршрутах, чтобы все маршрутизаторы могли изучить все маршруты ко всем сетям и подсетям.

Вначале глава продолжает ознакомление с процессом маршрутизации IP, полагающимся на маршруты IP. Это продолжение обсуждения, начатого в главе 4, а также более глубокое обсуждение взаимосвязанных концепций, включая информацию об одиночном маршруте IP. Затем речь пойдет о подключенных маршрутах, включая варианты подключенных маршрутов к сетям VLAN, к магистральным каналам маршрутизаторов VLAN, и подключенных маршрутах на коммутаторах уровня 3.

В заключительном разделе рассматриваются статические маршруты, позволяющие инженеру самостоятельно добавлять маршрут (маршруты) к таблице маршрутизации IP маршрутизатора. В разделе, посвященном статическим маршрутам, описана также настройка статического стандартного маршрута, используемого при отсутствии подходящего маршрута для пакета IP. Динамическая маршрутизация с использованием протокола маршрутной информации (Routing Information Protocol — RIP) рассматривается в главе 19.

В этой главе рассматриваются следующие экзаменационные темы

1.0. Основы сетей

- 1.8 Настройка, проверка, поиск и устранение неисправностей IPv4-адресации и подсетей

3.0. Технологии маршрутизации

- 3.1. Описание концепций маршрутизации
 - 3.1.a. Обработка пакета при передаче по сети
 - 3.1.b. Решение о перенаправлении на основании поиска маршрута
 - 3.1.c. Перезапись фрейма
- 3.2. Интерпретация компонентов таблицы маршрутизации
 - 3.2.a. Префикс
 - 3.2.b. Маска сети
 - 3.2.c. Следующий транзитный узел
 - 3.2.e. Административное расстояние
 - 3.2.g. Шлюз последней инстанции
- 3.4. Настройка, проверка, поиск и устранение неисправностей маршрутизации между VLAN
- 3.4.a. Маршрутизатор на палочке
- 3.5. Сходства и различия статической и динамической маршрутизации
- 3.6. Настройка, проверка, поиск и устранение неисправностей статической маршрутизации IPv4 и IPv6
 - 3.6.a. Стандартный маршрут
 - 3.6.b. Сетевой маршрут
 - 3.6.c. Маршрут хоста
 - 3.6.d. Плавающий статический

Основные темы

Маршрутизация IP

Маршрутизация IP (процесс перенаправления пакетов IP) обеспечивает доставку пакетов через все сети TCP/IP с устройства, создавшего пакет IP, на устройство его получателя. Другими словами, маршрутизация IP доставляет пакеты IP с хоста отправителя на хост получателя.

Полный процесс сквозной маршрутизации использует логику сетевого уровня на хостах и маршрутизаторах. Для создания и перенаправления пакета IP на стандартный шлюз хоста (стандартный маршрутизатор) передающий хост использует концепции уровня 3. Когда, принимая решение о перенаправлении пакета IP, маршрутизатор сравнивает адрес получателя в пакете с таковым в таблице маршрутизации, также используется логика уровня 3.

Процесс маршрутизации полагается также на физические свойства каждого канала связи. Маршрутизация IP использует последовательные каналы связи, локальные сети Ethernet, беспроводные локальные сети и много других сетей, реализующих стандарты физического уровня и канал связи. Эти низкоуровневые устройства и протоколы перемещают пакеты IP по сети TCP/IP, инкапсулируя и передавая пакеты во фреймах канального уровня.

Итак, резюмировав ключевые концепции маршрутизации IP, представленные в главе 4, перейдем к обсуждению следующего этапа на основании знаний, полученных в частях II и III.

ВНИМАНИЕ!

Иногда ошибочно утверждается, что термин «маршрутизация IP» (IP routing) подразумевает также функцию динамического изучения маршрутов при помощи протоколов маршрутизации IP. Хотя протоколы маршрутизации IP выполняют важную роль, термин «маршрутизация IP» относится только к процессу перенаправления пакетов.

Процесс маршрутизации IPv4

Несмотря на то что основы процесса маршрутизации уже упоминались в главе 4, в этом разделе повторим его этапы для справки. Для описания процесса используется много специфических терминов, обсуждавшихся в частях II и III. Последующее описание и пример кратко рассматривают логику маршрутизации, чтобы гарантировать правильность понимания каждого этапа.

Процесс маршрутизации начинается с хоста, создающего пакет IP. Сначала хост решает вопрос: не принадлежит ли IP-адрес получателя этого нового пакета локальной подсети? Для определения диапазона адресов в локальной подсети хост использует собственный IP-адрес и маску. На основании собственных выводов о диапазоне адресов локальной подсети хост действует следующим образом.

Ключевая
тема

Этапы перенаправления пакетов IP хостом

- Этап 1** Если получатель локальный, передача осуществляется непосредственно:
- А. MAC-адрес хоста получателя определяется при помощи уже существующей записи таблицы протокола преобразования адресов (ARP) или сообщения ARP, позволяющего изучить эту информацию.
 - Б. Пакет IP инкапсулируется во фрейм канала связи с адресом канала связи *хоста получателя* (destination host)
- Этап 2** Если получатель не является локальным, то передача осуществляется на стандартный шлюз:
- А. MAC-адрес стандартного шлюза определяется при помощи уже существующей записи таблицы ARP или сообщения ARP, позволяющего изучить эту информацию
 - Б. Пакет IP инкапсулируется во фрейм канала связи с адресом канала связи *стандартного шлюза* (default gateway)

Эти концепции представлены на рис. 18.1. Хост А на рисунке посылает пакет локальному хосту D непосредственно. Но для хоста В, расположенного с другой стороны маршрутизатора, а следовательно, в другой подсети, хост А посылает пакет на свой стандартный маршрутизатор (R1). (Термины *стандартный шлюз* (default gateway) и *стандартный маршрутизатор* (default router) — синонимы.)

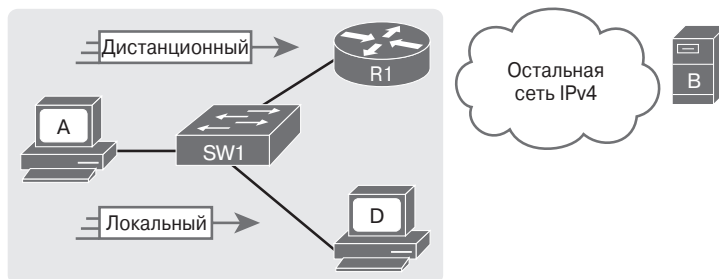


Рис. 18.1. Логика маршрутизации хоста

У маршрутизаторов немного больше работы при маршрутизации по сравнению с хостами. В то время как логика хоста начинается с пакета IP, находящегося в памяти, маршрутизатору, прежде чем дойти до того положения, необходимо проделать некоторую работу. Ниже приведено пять этапов логики маршрутизации, причем на первых двух этапах осуществляется только получение фрейма и извлечение пакета IP перед принятием решения об адресе получателя пакета на этапе 3.

Ключевая
тема

Этапы перенаправления пакетов IP маршрутизатором

- Этап 1** Для каждого полученного фрейма канала связи принимается решение, обрабатывать его или нет. Обрабатывается фрейм так:
- А. Проверка фрейма на ошибки (по полю *контрольной суммы фрейма* (Frame Check Sequence — FCS) в конце канала связи).
 - Б. Адрес канала связи получателя фрейма — это адрес маршрутизатора (или соответствующий многоадресный или широковещательный адрес)

- Этап 2** Перед решением об обработке фрейма на этапе 1 он извлекается из фрейма канала связи
- Этап 3** Принимается решение о маршрутизации. Для этого по IP-адресу получателя пакета осуществляется поиск соответствующего элемента таблицы маршрутизации, содержащего маршрут к получателю. Этот маршрут идентифицирует исходящий интерфейс маршрутизатора, а возможно, и следующий транзитный маршрутизатор
- Этап 4** Помещает (инкапсулирует) пакет во фрейм канала связи, соответствующего исходящему интерфейсу. По мере необходимости для поиска MAC-адреса следующего устройства используется протокол ARP
- Этап 5** Фрейм передается на исходящий интерфейс, указанный в соответствующем маршруте IP

ВНИМАНИЕ!

Тот факт, что этот список состоит из пяти этапов, а не другого количества, не имеет никакого значения. Значение имеют концепции каждого этапа, и именно они будут в экзаменационных вопросах. Нет никакой необходимости запоминать, какая часть логики с каким именно этапом связана.

Этапы процесса маршрутизации насчитывают много подробностей, но иногда его можно рассматривать упрощенно. Например, отбросив некоторые детали, этапы этого процесса можно пересказать следующим образом:

Маршрутизатор получает фрейм, извлекает из него пакет, решает, куда его перенаправить, помещает пакет в другой фрейм и посылает его.

Для лучшей демонстрации этих этапов процесс маршрутизации из пяти этапов представлен на рис. 18.2. На рисунке показан пакет, поступающий слева на входной интерфейс Ethernet маршрутизатора с IP-адресом хоста получателя С. Пакет поступает инкапсулированным во фрейм Ethernet (с заголовком и концевиком).

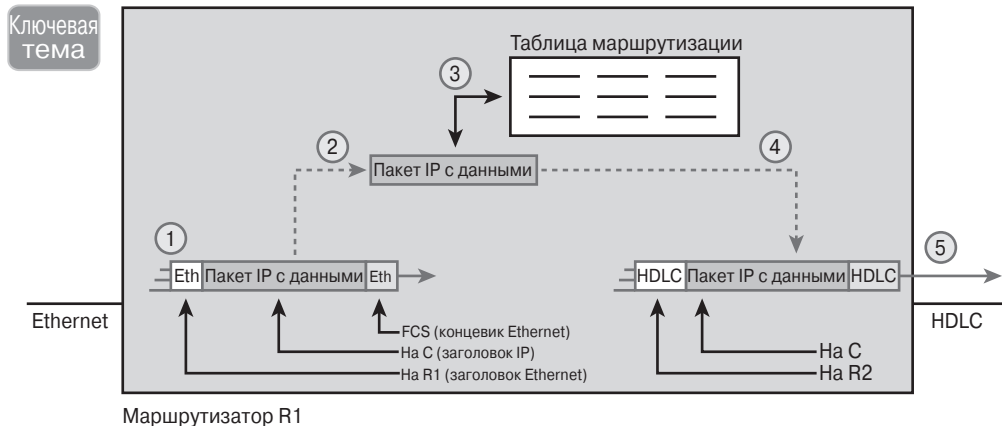


Рис. 18.2. Пять этапов маршрутизации, осуществляемых маршрутизатором

Маршрутизатор R1 обрабатывает фрейм и пакет, как показано цифрами на рисунке в соответствии с процессом из пяти этапов.

1. Маршрутизатор R1 отмечает, что полученный фрейм Ethernet прошел проверку FCS и что получатель Ethernet имеет MAC-адрес маршрутизатора R1, поэтому маршрутизатору R1 предстоит обрабатывать фрейм.
2. Маршрутизатор R1 извлекает пакет IP из заголовка и концевика фрейма Ethernet.
3. Маршрутизатор R1 ищет IP-адрес получателя пакета IP в таблице маршрутизации IP.
4. Маршрутизатор R1 инкапсулирует пакет IP в новый фрейм канала связи (в данном случае в заголовок и концевик протокола HDLC).
5. Маршрутизатор R1 передает пакет IP в новом фрейме HDLC через последовательный канал связи справа.

ВНИМАНИЕ!

В этой главе пакет IP, инкапсулируемый во фрейме канального уровня, приведен на нескольких рисунках. На этих рисунках зачастую показан как заголовок канала связи, так и концевик с пакетом IP в середине. Все пакеты IP включают заголовок IP и инкапсулируемые в них данные.

Пример маршрутизации IP

Далее рассматриваются этапы маршрутизации через несколько устройств. В данном случае хост А (172.16.1.9) посылает пакет хосту В (172.16.2.9), используя логику маршрутизации хоста. Затем маршрутизатор R1 перенаправляет пакет согласно логике из пяти этапов.

На рис. 18.3 приведена типичная схема IP-адресации для сети IPv4 с типичными сокращениями адресов. Если отображать полные IP-адреса для каждого интерфейса маршрутизатора, схема окажется слишком загроможденной. По возможности на рисунках обычно указывают подсеть, затем последний (или два) октет IP-адресов, — этого вполне достаточно для идентификации IP-адреса без излишеств. Предположим, например, что хост использует IP-адрес 172.16.1.9 из подсети 172.16.1.0/24 (в которой все адреса начинаются с 172.16.1), поэтому рядом с пиктограммой хоста А изображена цифра “9”. Вот другой пример: маршрутизатор R1 использует адрес 172.16.1.1 на своем интерфейсе LAN, адрес 172.16.4.1 — на последовательном интерфейсе и адрес 172.16.5.1 — на еще одном последовательном интерфейсе.



Рис. 18.3. Сеть IPv4, используемая в примере с пятью этапами маршрутизации

Теперь рассмотрим пример с хостом А (172.16.1.9), посылающим пакет хосту В (172.16.2.9).

Хост перенаправляет пакет IP на стандартный маршрутизатор (шлюз)

В этом примере хост А использует некое приложение, передающее данные хосту В (172.16.2.9). После формирования хостом А пакета IP в памяти логика хоста А сводится к следующему.

- Мой IP-адрес/маска — 172.16.1.9/24, следовательно, моя локальная подсеть содержит номера 172.16.1.0–172.16.1.255 (включая идентификаторы и широковещательные адреса подсети).
- Адрес получателя, 172.16.2.9, явно находится не в моей локальной подсети.
- Пошлю пакет на мой стандартный шлюз по адресу 172.16.1.1.
- Чтобы послать пакет, инкапсулирую его во фрейме Ethernet. MAC-адрес получателя будет принадлежать интерфейсу G0/0 маршрутизатора R1 (стандартный шлюз хоста А).

Эти концепции представлены на рис. 16.4: IP-адрес и MAC-адрес получателя во фрейме и в пакете, посланном хостом А в данном случае. Обратите внимание, что здесь используется общепринятое соглашение для графического представления сетей, где Ethernet представлен несколькими линиями, а детали коммутаторов уровня 2 скрыты.

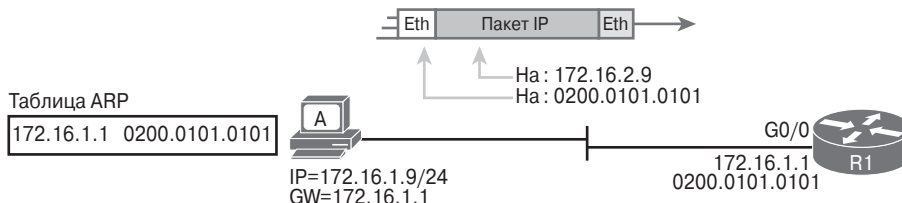


Рис. 18.4. Хост А посылает пакет хосту В

1-й этап маршрутизации: решение об обработке входящих фреймов

Маршрутизаторы получают много фреймов на интерфейсах, в частности на интерфейсах LAN. Но маршрутизатор может и должен игнорировать некоторые из этих фреймов. Поэтому первый этап процесса маршрутизации начинается с решения о том, должен ли маршрутизатор обработать фрейм или отбросить его.

Сначала маршрутизатор осуществляет простую, но очень важную проверку (этап 1А процесса): он должен игнорировать все фреймы, переданные с ошибками. Для проверки фрейма на ошибки передачи маршрутизатор использует поле FCS конца канала связи. (Маршрутизатор не предпринимает попыток восстановления после ошибок, т.е. не запрашивает повторную передачу данных.)

Маршрутизатор проверяет также адрес канала связи получателя (этап 1В), чтобы выяснить, предназначен ли фрейм для маршрутизатора. Например, фреймы, посланные на одноадресатный MAC-адрес интерфейса маршрутизатора, однозначно предназначались ему. Но маршрутизатор вполне может получить фрейм, посланный на некий другой одноадресатный MAC-адрес. Такой фрейм следует игнорировать.

Маршрутизаторы получают одноадресатные фреймы, посланные на другие устройства сети VLAN, благодаря принципу работы коммутаторов LAN. Коммутаторы LAN рассылают одноадресатные фреймы с неизвестным получателем — это фреймы,

для которых коммутатор не нашел MAC-адрес получателя в таблице MAC-адресов. Иногда маршрутизаторы получают фреймы, предназначенные для некоего другого устройства, причем с MAC-адресом другого устройства. Такие фреймы маршрутизаторы должны игнорировать.

В этом примере хост А посылает фрейм на MAC-адрес маршрутизатора R1. Таким образом, после получения этого фрейма и проверки его FCS, подтверждающей отсутствие ошибки, маршрутизатор R1 устанавливает, что фрейм предназначен для MAC-адреса маршрутизатора R1 (в данном случае 0200.0101.0101). Поскольку все проверки пройдены, маршрутизатор R1 решает обработать фрейм, как показано на рис. 18.5. (Обратите внимание на большой прямоугольник на рисунке, он представляет внутреннюю организацию маршрутизатора R1.)

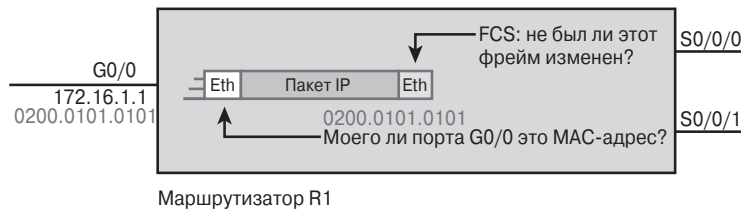


Рис. 18.5. 1-й этап маршрутизации: проверка FCS и MAC-адреса получателя

2-й этап маршрутизации: извлечение пакета IP

Выяснив, что полученный фрейм следует обработать (этап 1), маршрутизатор предпринимает следующий шаг — извлекает пакет. В памяти маршрутизатора не нужен ни заголовок, ни концевик канала связи первоначального фрейма, поэтому маршрутизатор удаляет их, оставляя только пакет IP, как показано на рис. 18.6. Обратите внимание, что IP-адрес получателя остается неизменным (172.16.2.9).

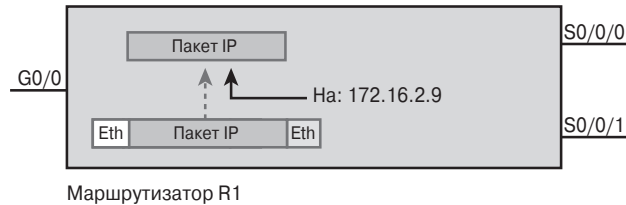


Рис. 18.6. 2-й этап маршрутизации: извлечение пакета

3-й этап маршрутизации: выбор направления перенаправления пакета

Второй этап маршрутизации несложен, в отличие от этапа 3. Теперь маршрутизатор должен выбрать направление перенаправления пакетов. Для этого используется таблица маршрутизации IP маршрутизатора и логика соответствия при поиске адреса получателя пакета в таблице.

Таблица маршрутизации IP содержит несколько записей маршрутов. Каждая запись маршрута содержит несколько фактов, которые в свою очередь могут быть сгруппированы, как на рис. 18.7. Часть записи используется для поиска соответствия адресу получателя пакета, в то время как остальная часть содержит инструкцию по перенаправлению, т.е. куда послать пакет.

Обратите внимание, что таблица маршрутизации в данном случае содержит пять записей маршрутов. Выше, на рис. 18.3, была приведена вся сеть с пятью подсетями. Таким образом, у маршрутизатора R1 есть маршрут для каждой из этих пяти подсетей.

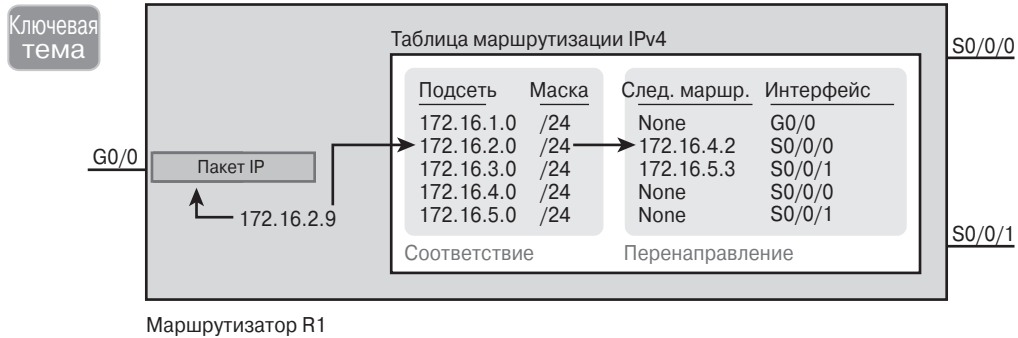


Рис. 18.7. 3-й этап маршрутизации: таблица маршрутизации IP имеет части соответствия и перенаправления

Теперь рассмотрим ту часть записей маршрутов, которую маршрутизатор R1 будет использовать для поиска соответствия пакету. Для полного определения подсети каждая запись маршрута содержит идентификатор и маску подсети. Маршрутизатор ищет соответствие IP-адреса получателя пакета (172.16.2.9) в таблице маршрутизации, сравнивая его с диапазоном адресов, определенных каждой подсетью. Точнее, маршрутизатор просматривает информацию о подсети и маске, для которой достаточно применить несколько математических действий, чтобы выяснить, в какой из этих подсетей располагается адрес 172.16.2.9 (в подсети 172.16.2.0/24).

И наконец, обратимся к правой части рисунка — к инструкциям перенаправления для этих пяти маршрутов. После того как маршрутизатор найдет соответствующий маршрут, он использует информацию о перенаправлении, чтобы узнать, куда послать пакет далее. В данном случае это маршрут для подсети 172.16.2.0/24, поэтому маршрутизатор R1 перенаправит пакет на свой интерфейс S0/0/0, маршрутизатору R2, указав его IP-адрес (172.16.4.2) как адрес следующего транзитного маршрутизатора.

ВНИМАНИЕ!

Для дистанционных подсетей маршруты обычно указывают исходящий интерфейс и IP-адрес следующего транзитного маршрутизатора. Для подсетей, подключенных к маршрутизатору непосредственно, указывают только исходящий интерфейс, поскольку пакеты для этих получателей уже не будут посланы на другой маршрутизатор.

4-й этап маршрутизации: инкапсуляция пакета в новый фрейм

Теперь маршрутизатор знает, куда перенаправить пакет. Но маршрутизаторы не могут перенаправить пакет без оболочки из заголовка и хвостика канала связи (инкапсуляция).

Инкапсуляция пакетов для последовательных каналов связи не требует особого размышления из-за простоты протоколов PPP и HDLC. Как упоминалось в главе 3, поскольку последовательные каналы соединяют только два устройства (отправителя и получателя), адресация канала связи не имеет значения. В данном примере маршрутизатор R1 перенаправляет пакет через интерфейс S0/0/0, поместив его во фрейм HDLC, как показано на рис. 18.8.

Отметим, что при некоторых других типах каналов связи у маршрутизатора будет побольше работы на этом этапе маршрутизации. Например, иногда маршрутизатор перенаправляет пакеты на интерфейс Ethernet. Чтобы инкапсулировать пакет IP, маршрутизатор должен создать заголовок Ethernet, включающий правильное значение MAC-адреса получателя.

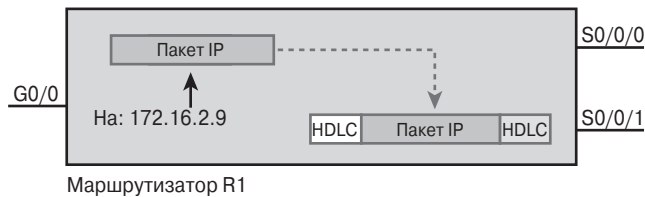


Рис. 18.8. 4-й этап маршрутизации: инкапсуляция пакета

Рассмотрим, например, другую типовую сеть: с каналом связи Ethernet WAN между маршрутизаторами R1 и R2. Маршрутизатор R1 выбирает маршрут, указывающий перенаправить пакет на интерфейс Ethernet G0/1 для маршрутизатора R2 (172.16.6.2). Для этого маршрутизатор R1 должен поместить в заголовок MAC-адрес маршрутизатора R2. Чтобы сделать это, он использует информацию из таблицы ARP, как показано на рис. 18.9. Если у маршрутизатора R1 нет в таблице ARP записи для адреса 172.16.6.2, то он использует протокол ARP для изучения этого MAC-адреса.

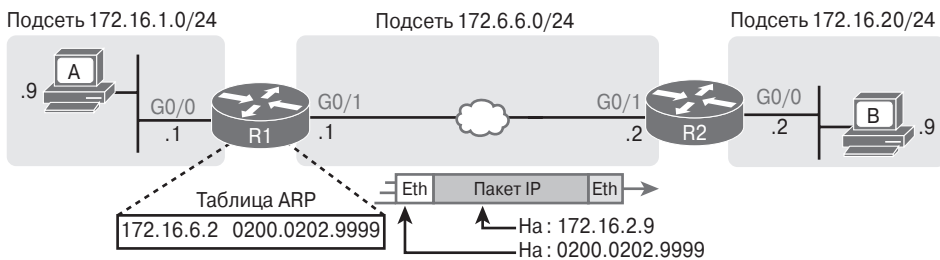


Рис. 18.9. 4-й этап маршрутизации: маршрутизатор R1 с исходящим интерфейсом LAN

5-й этап маршрутизации: передача фрейма

После завершения подготовки фрейма маршрутизатору остается только передать его. Возможно, маршрутизатору придется подождать, особенно если другие фреймы уже ждут своей очереди для отправки через интерфейс.

Настройка IP-адресов и подключенных маршрутов

Изначально протокол IPv4 включен на маршрутизаторах Cisco глобально. Чтобы маршрутизатор был готов перенаправлять пакеты на конкретном интерфейсе, следует

настроить на нем IP-адрес и добиться для него состояния `up/up`. Только в этом случае маршрутизаторы смогут перенаправлять пакеты IP на специфический интерфейс.

После того как маршрутизатор сможет перенаправлять пакеты IP через один или несколько интерфейсов, ему понадобятся маршруты. Маршрутизаторы могут добавлять маршруты в свои таблицы маршрутизации тремя способами.

Ключевая
тема

Три источника маршрутов IP для маршрутизаторов

- *Подключенные маршруты* (*connected route*). Добавляются подкомандой интерфейса `ip address` на локальном маршрутизаторе.
- *Статические маршруты* (*static route*). Добавляются глобальной командой конфигурации `ip route` на локальном маршрутизаторе.
- *Протоколы маршрутизации* (*routing protocol*). Дополнительная функция настройки на всех маршрутизаторах, обеспечивающая динамический обмен данными о сети между маршрутизаторами, позволяющая им изучить все маршруты.

Во втором из трех разделов этой главы обсуждается несколько вариантов настройки подключенных маршрутов, в то время как в последнем разделе обсуждаются статические маршруты.

Подключенные маршруты и команда `ip address`

Маршрутизатор Cisco автоматически добавляет в свою таблицу маршрутизации маршруты для подсетей, подключенных к каждому его интерфейсу, с учетом истинности следующих двух фактов.

Ключевая
тема

Правила создания маршрутизатором подключенного маршрута

- Интерфейс находится в рабочем состоянии, т.е. в выводе команды `show interfaces` состояние интерфейса для линии `up` и протокола `up`.
- Интерфейсу присвоен IP-адрес подкомандой интерфейса `ip address`.

Концепция подключенных маршрутов относительно проста. Маршрутизатор, конечно, должен знать номер подсети, соединенной с каждым ее интерфейсом, чтобы перенаправлять в нее пакеты. Маршрутизатор может просто вычислить идентификатор подсети по IP-адресу интерфейса и маске. Однако этот маршрут нужен маршрутизатору только тогда, когда интерфейс включен и работает, поэтому маршрутизатор включает подключенный маршрут в таблицу маршрутизации, только когда интерфейс работает.

В примере 18.1 и на рис. 18.10 показаны подключенные маршруты на маршрутизаторе R1. Первая часть примера демонстрирует конфигурацию IP-адресов на всех трех интерфейсах маршрутизатора R1. В конце примера приведен вывод команды `show ip route`, перечисляющей эти маршруты с кодом маршрута `c`, означающим `connected` (подключенный).

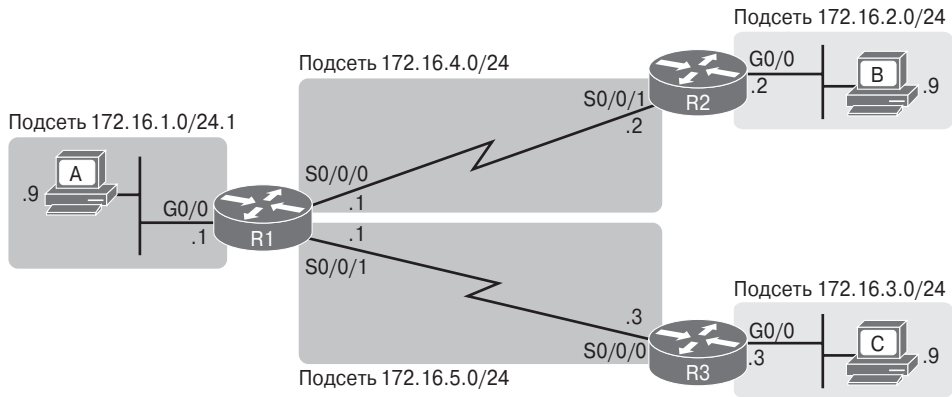


Рис. 18.10. Пример сети, демонстрирующий подключенные маршруты

Пример 18.1. Подключенные и локальные маршруты на маршрутизаторе R1

```
! Отрывок из файла running-config...
!
interface GigabitEthernet0/0
 ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
!
interface Serial0/0/0
 ip address 172.16.4.1 255.255.255.0
!
interface Serial0/0/1
 ip address 172.16.5.1 255.255.255.0
```

R1# show ip route

Codes: L - local, C - connected, S - static, 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
 i - IS-IS, su - IS-IS summary, 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, H - NHRP, l - LISP, + - replicated route, % - next hop
 override

Gateway of last resort is not set

```
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 6 subnets, 2 masks
C 172.16.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L 172.16.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
C 172.16.4.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
L 172.16.4.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
C 172.16.5.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
L 172.16.5.1/32 is directly connected, Serial0/0/1
```

Рассмотрим подробно каждый из трех маршрутов в выводе команды `show ip route`. Каждый предваряется буквой `C` в первом столбце, и у каждого есть комментарий “directly connected” (подключен непосредственно); оба идентифицируют маршрут как подключенный к маршрутизатору. В начальной части каждого маршрута указаны его параметры (идентификатор подсети и маска), как показано в примере на рис. 18.7. В конце каждого из этих маршрутов приведен исходящий интерфейс.

Обратите также внимание на то, что маршрутизатор автоматически создает маршруты другого вида — *локальные маршруты* (local route). Они определяют маршрут для одного конкретного IP-адреса, заданного на интерфейсе маршрутизатора. У каждого локального маршрута есть префикс длиной /32, определяющий *маршрут хоста* (host route), т.е. маршрут только для этого одного IP-адреса. Например, последний локальный маршрут, 172.16.5.1/32, соответствует только IP-адресу 172.16.5.1. Маршрутизаторы используют локальные маршруты, обладающие собственными локальными IP-адресами, чтобы эффективней перенаправлять пакеты, посланные на сам маршрутизатор.

Таблица ARP на маршрутизаторе Cisco

После того как маршрутизатор добавит подключенные маршруты, он сможет перенаправлять пакеты IPv4 между этими подсетями. Для этого маршрутизатор использует свою таблицу ARP IP.

Таблица ARP IPv4 содержит IPv4-адреса и соответствующие им MAC-адреса хостов, подключенных к той же подсети, что и маршрутизатор. При перенаправлении пакета хосту в той же подсети маршрутизатор инкапсулирует пакет с MAC-адресом получателя из таблицы ARP. Если маршрутизатору нужно перенаправить пакет по IP-адресу в той же подсети, что и маршрутизатор, но записи для этого IP-адреса в таблице ARP нет, то маршрутизатор использует сообщения ARP, чтобы узнать MAC-адрес данного устройства.

В примере 18.2 приведена таблица ARP маршрутизатора R1 на основании предыдущего примера. В выводе перечислен собственный IP-адрес маршрутизатора R1, 172.16.1.1, с возрастом “-”, означающим, что эта запись никогда не устареет. У динамически изученных записей таблицы ARP есть возрастающий счетчик, как 35-минутное значение в записи таблицы ARP для IP-адреса 172.16.1.9. Стандартно операционная система IOS считает запись таблицы ARP устаревшей после 240 минут, если она не используется. (После использования IOS обнуляет таймер записи таблицы ARP.) Обратите внимание: экспериментируя в лабораторной работе, вы могли бы удалить все динамические записи (или только одну запись для некоего IP-адреса), используя пользовательскую команду `clear ip arp [ip-адрес]`.

Пример 18.2. Отображение таблицы ARP маршрутизатора

```
R2# show ip arp
Protocol Address      Age (min)  Hardware Addr  Type   Interface
Internet 172.16.1.1      -          0200.2222.2222 ARPA   GigabitEthernet0/0
Internet 172.16.1.9      35         0200.3333.3333 ARPA   GigabitEthernet0/0
```

Рассмотрим, как маршрутизатор R1 перенаправляет пакет хосту А (172.16.1.9) в той же подсети.

1. Маршрутизатор R1 ищет в своей таблице ARP запись для адреса 172.16.1.9.
2. Маршрутизатор R1 инкапсулирует пакет IP во фрейм Ethernet, добавив к заголовку Ethernet адрес получателя 0200.3333.3333 (взятый из таблицы ARP).
3. Маршрутизатор R1 передает фрейм через интерфейс G0/0.

Маршрутизация между подсетями VLAN

Почти все корпоративные сети используют виртуальные локальные сети (VLAN). Для перенаправления пакетов IP в и из сетей VLAN (точнее, подсетей, находящихся в каждой из них) маршрутизатор должен иметь IP-адрес каждой подсети и подключенный маршрут к каждой из этих подсетей. Хосты в каждой подсети могут использовать IP-адреса маршрутизатора как адрес своего стандартного шлюза.

Для соединения маршрутизатора с каждой подсетью в сети VLAN есть три возможности. Однако первая из них требует слишком много интерфейсов и каналов связи, поэтому она упоминается только для полноты списка.

Ключевая
тема

Три возможности соединения маршрутизаторов с каждой сетью VLAN

- С коммутатором каждой сети VLAN соединен один кабель и интерфейс LAN маршрутизатора (обычно не используется).
- Маршрутизатор соединен с коммутатором LAN магистральным каналом VLAN.
- Используется коммутатор уровня 3.

На рис. 18.11 приведен пример сети, использующей вторую и третью возможности. Слева представлена центральная площадка территориальной сети LAN с 12-ю сетями VLAN. На центральной площадке два коммутатора уровня 3 объединяют функции маршрутизатора и коммутатора, осуществляя маршрутизацию между всеми 12 подсетями (или VLAN). Дистанционные ветви площадки (с правой стороны рисунка) используют по две VLAN; для подключения и маршрутизации в обеих сетях VLAN каждый маршрутизатор использует магистральный канал VLAN.

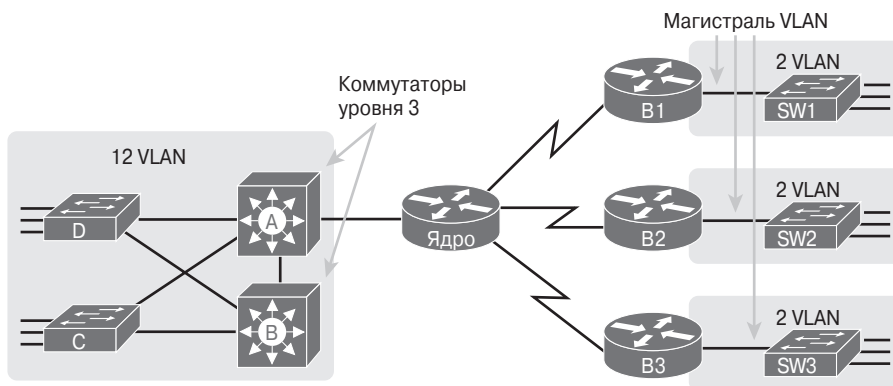


Рис. 18.11. Субинтерфейсы на маршрутизаторе R1

Однако рис. 18.11 — это только пример. Инженер может использовать коммутацию третьего уровня на каждой площадке или маршрутизаторы с магистральным

соединением VLAN на каждой площадке. Поскольку эта глава посвящена в основном подробностям настройки, рассмотрим ее детальнее.

Настройка маршрутов к VLAN на маршрутизаторах 802.1Q

В этом разделе обсуждается перенаправление пакетов в подсети, ассоциируемые с сетями VLAN, подключенными к маршрутизатору 802.1Q магистральным каналом. Это довольно длинное описание неудобно повторять каждый раз, поэтому со временем был принят более короткий термин *маршрутизатор на палочке* (Router On A Stick — ROAS).

Схема сети ROAS подразумевает использование конфигурации магистрального соединения VLAN маршрутизатора для предоставления маршрутизатору логического интерфейса, соединенного с каждой сетью VLAN, а потому каждая подсеть находится в отдельной VLAN. В основе такой магистральной конфигурации лежит концепция *субинтерфейсов* (subinterface). Для каждой сети VLAN на магистральном канале у маршрутизатора должен быть IP-адрес и маска. Но маршрутизатор использует только один физический интерфейс, настроенный командой `ip address`. Компания Cisco решает эту проблему за счет создания нескольких виртуальных интерфейсов маршрутизатора, ассоциируемых с каждой сетью VLAN на данном магистральном канале (по крайней мере, для каждой сети VLAN, поддерживаемой магистральным каналом). Компания Cisco называет эти виртуальные интерфейсы *субинтерфейсами*.

Конфигурация ROAS создает субинтерфейс для каждой сети VLAN на магистральном канале, а маршрутизатор затем обрабатывает все фреймы, отмеченные соответствующим идентификатором VLAN, как будто они были отправлены или приняты этим субинтерфейсом. На рис. 18.12 концепция представлена на примере маршрутизатора B1, одного из маршрутизаторов ветви на рис. 18.11. Поскольку этот маршрутизатор должен перенаправлять пакеты только между двумя сетями VLAN, на рисунке представлены также два субинтерфейса, G0/0.10 и G0/0.20, создающих новую область в конфигурации, где могут быть заданы параметры конфигурации каждой VLAN. Маршрутизатор рассматривает фреймы, отмеченные сетью VLAN 10, как будто проходящими через интерфейс G0/0.10, а фреймы, отмеченные сетью VLAN 20, как будто проходящими через интерфейс G0/0.20.

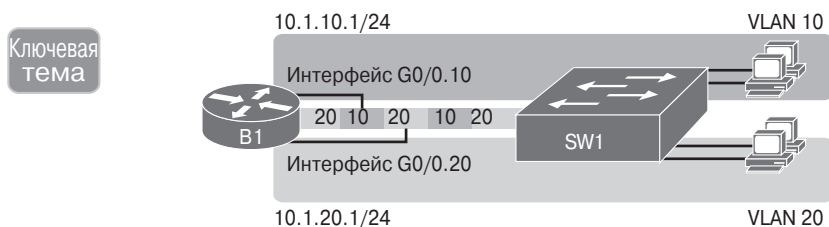


Рис. 18.12. Субинтерфейсы на маршрутизаторе B1

Обратите также внимание, что маршрутизаторы Cisco не пытаются договариваться о магистральном соединении, поэтому магистральное соединение маршрутизатора и коммутатора следует настроить вручную. В данной главе обсуждается сторона маршрутизатора магистральной конфигурации; соответствующий интерфейс коммутатора должен быть настроен командой `switchport mode trunk`.

В примере 18.3 приведена полная конфигурация магистрали 802.1Q маршрутизатора B1 в соответствии с рис. 18.12. Этапы настройки конфигурации магистрального соединения 802.1Q на маршрутизаторе таковы.

Настройка**Настройка магистрального соединения 802.1Q**

- Этап 1** Используя команду `interface тип номер_субинтерфейса` в глобальном режиме конфигурации, создайте индивидуальный субинтерфейс для каждой маршрутизируемой сети VLAN
- Этап 2** Используя команду `encapsulation dot1q идентификатор_vlan` в режиме конфигурации субинтерфейса, включите протокол 802.1Q и ассоциируйте конкретную сеть VLAN с субинтерфейсом
- Этап 3** Используя команду `ip address адрес маска` в режиме конфигурации субинтерфейса, настройте параметры IP (адрес и маску)

Пример 18.3. Конфигурация маршрутизатора для магистрали 802.1Q
согласно рис. 18.12

```

B1# show running-config
! Показаны лишь некоторые строки
interface gigabitethernet 0/0
! Здесь нет никакого IP-адреса! Никакакой инкапсуляции!
!
interface gigabitethernet 0/0.10
  encapsulation dot1q 10
  ip address 10.1.10.1 255.255.255.0
!
interface gigabitethernet 0/0.20
  encapsulation dot1q 20
  ip address 10.1.20.1 255.255.255.0
!
B1# show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
! Строки пропущены для краткости

      10.0.0.0/8 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C       10.1.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0.10
L       10.1.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0.10
C       10.1.20.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0.20
L       10.1.20.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0.20

```

Сначала рассмотрим номера субинтерфейсов. Номер субинтерфейса начинается с точки, как .10 и .20 в данном случае. Эти номера могут быть любыми числами от 1 до более чем 4 миллиардов. Число должно быть уникальным среди всех субинтерфейсов, связанных с данным физическим интерфейсом. Фактически номер субинтерфейса не должен даже соответствовать идентификатору своей VLAN. (Команда `encapsulation` без номера субинтерфейса создаст идентификатор VLAN, ассоциированный с субинтерфейсом.)

ВНИМАНИЕ!

Хоть и не обязательно, но во избежание беспорядка на большинстве площадок номера субинтерфейсов выбирают в соответствии с идентификаторами VLAN, как показано в примере 18.3.

Каждая конфигурация субинтерфейса насчитывает две подкоманды. Одна (encapsulation) разрешает магистральное соединение и определяет сеть VLAN, фреймы которой будут пересекать субинтерфейс. Команда ip address работает точно тот же, как и на любом другом интерфейсе. Но если физический интерфейс Ethernet находится в состоянии up/up, то субинтерфейс также находится в этом состоянии и позволяет маршрутизатору добавлять подключенные маршруты, представленные в нижней части примера.

Теперь, когда у маршрутизатора есть рабочий интерфейс с настроенными IPv4-адресами, он может перенаправлять пакеты IPv4 на этих субинтерфейсах. Таким образом, маршрутизатор рассматривает эти субинтерфейсы как любой физический интерфейс с точки зрения добавления подключенных маршрутов, распознавания этих маршрутов и перенаправления пакетов на связанные с ними подсети и из них.

ВНИМАНИЕ!

Несмотря на то что в примере 18.3 показана конфигурация по протоколу 802.1Q, конфигурация по протоколу ISL на том же маршрутизаторе была бы фактически той же. Только в каждом случае вместо ключевого слова dot1q использовалось бы слово isl.

Ключевая
тема

Последовательность настройки собственной сети VLAN 802.1

- Введите команду ip address на физическом интерфейсе, но без команды encapsulation (маршрутизатор полагает, что этот физический интерфейс использует собственную сеть VLAN).
- Введите команду ip address на субинтерфейсе и подкоманду encapsulation...native.

Пример 18.4 демонстрирует обе возможности настройки при небольших изменениях той же конфигурации в примере 18.3. В данном случае сеть VLAN 10 становится собственной сетью VLAN. Верхняя часть примера демонстрирует возможность настройки маршрутизатора на использование собственной сети VLAN 10 с учетом, что коммутатор также был настроен на использование собственной сети VLAN 10. Вторая половина примера демонстрирует настройку той же собственной сети VLAN на субинтерфейсе.

Пример 18.4. Настройка использования собственной сети VLAN 10 на маршрутизаторе B1

! Первая возможность: задать IP-адрес собственной сети VLAN
! на физическом интерфейсе

```
interface gigabitethernet 0/0
ip address 10.1.10.1 255.255.255.0
!
interface gigabitethernet 0/0.20
encapsulation dot1q 20
ip address 10.1.20.1 255.255.255.0
```

! Вторая возможность: как обычно, но с ключевым словом native

```
interface gigabitethernet 0/0.10
encapsulation dot1q 10 native
ip address 10.1.10.1 255.255.255.0
```

```
!
interface gigabitethernet 0/0.20
encapsulation dot1q 20
ip address 10.1.20.1 255.255.255.0
```

Кроме демонстрации конфигурации, команда `show vlans` на маршрутизаторе подробно объясняет использование магистральных интерфейсов маршрутизатора, какая из VLAN является собственной, а также немного статистики пакетов. В примере 18.5 показан вывод на основании конфигурации маршрутизатора B1 в примере 18.4 (нижняя часть), в которой собственная сеть VLAN 10 настраивается на субинтерфейсе G0/0.10. Вывод свидетельствует о том, что сеть VLAN 1 ассоциирована с физическим интерфейсом, VLAN 10 — собственная сеть VLAN, ассоциированная с субинтерфейсом G0/0.10, а VLAN 20 ассоциирована с субинтерфейсом G0/0.20.

Пример 18.5. Пример команды `show vlans` для типичной конфигурации магистрального соединения маршрутизатора

```
R1# show vlans
```

```
Virtual LAN ID: 1 (IEEE 802.1Q Encapsulation)
```

```
vLAN Trunk Interface: GigabitEthernet0/0
```

```
Protocols Configured:  Address:  Received:  Transmitted:
Other                  0                83
    69 packets, 20914 bytes input
    147 packets, 11841 bytes output
```

```
Virtual LAN ID: 10 (IEEE 802.1Q Encapsulation)
```

```
vLAN Trunk Interface: GigabitEthernet0/0.10
```

```
This is configured as native Vlan for the following interface(s) :
GigabitEthernet0/0
```

```
Protocols Configured:  Address:  Received:  Transmitted:
IP                    10.1.10.1    2          3
Other                 0            1
```

```
3 packets, 722 bytes input
4 packets, 264 bytes output
```

```
Virtual LAN ID: 20 (IEEE 802.1Q Encapsulation)
```

```
vLAN Trunk Interface: GigabitEthernet0/0.20
```

```
Protocols Configured:  Address:  Received:  Transmitted:
IP                    10.1.20.1    0         134
Other                 0            1
```

```
0 packets, 0 bytes input
135 packets, 10498 bytes output
```

Настройка маршрутов к VLAN с использованием коммутаторов уровня 3

Еще одна возможность перенаправления трафика VLAN подразумевает использование такого устройства, как коммутатор уровня 3, или многоуровневого коммутатора. Как упоминалось в главе 11, коммутатор уровня 3 — это единое устройство, выполняющее две основные функции: коммутацию LAN уровня 2 и маршрутизацию IP уровня 3. Коммутация LAN уровня 2 перенаправляет фреймы в каждой сети VLAN, но не между ними. Логика перенаправления уровня 3 (маршрутизация) обеспечивает передачу пакетов IP между сетями VLAN.

Настройка коммутатора уровня 3 очень похожа на настройку коммутатора уровня 2, представленную в части II этой книги, лишь с небольшим добавлением для функций уровня 3. Функция коммутации уровня 3 нуждается в виртуальном интерфейсе, подключенном к каждой сети VLAN внутренне на коммутаторе. Эти *интерфейсы VLAN* (VLAN interface) действуют как интерфейсы маршрутизатора, обладая IP-адресом и маской. У коммутатора уровня 3 есть таблица маршрутизации IP с подключенными маршрутами от каждого из этих интерфейсов VLAN. (Эти интерфейсы называют также *коммутируемыми виртуальными интерфейсами* (Switched Virtual Interface — SVI).)

Для демонстрации этой концепции на рис. 18.13 представлена видоизмененная схема сети филиала, используемого на рис. 18.11 и 18.12. На рис. 18.13 показана функция коммутатора уровня 3 с пиктограммой маршрутизатора в коммутаторе, подчеркивающей, что коммутатор перенаправляет пакеты. У ветви есть еще две пользовательские сети VLAN, поэтому коммутатор уровня 3 нуждается в одном интерфейсе VLAN для каждой сети VLAN. Кроме того, для доступа к WAN трафик должен еще поступать на маршрутизатор, поэтому коммутатор использует третью сеть VLAN (VLAN 30 в данном случае) для канала связи с маршрутизатором B1. Этот канал связи должен быть не магистралью, а каналом связи.



Рис. 18.13. Маршрутизация на интерфейсах VLAN коммутатора уровня 3

Ниже приведена последовательность настройки коммутации третьего уровня. Обратите внимание: на некоторых коммутаторах, таких как используемый в примерах данной книги коммутатор 2960, сначала необходимо разрешить маршрутизацию пакетов IPv4, а затем перезагрузить его. Остальная часть этапов (после этапа 1) применима ко всем моделям коммутаторов Cisco, поддерживающим коммутацию третьего уровня.

Настройка Настройка коммутации третьего уровня

- Этап 1** На некоторых устаревших моделях коммутаторов необходимо разрешить поддержку аппаратными средствами маршрутизации IPv4. Например, на коммутаторах серии 2960 используйте команду `sdm prefer lanbase-routing` в глобальном режиме конфигурации и перезагрузите коммутатор
- Этап 2** Используйте команду `ip routing` в глобальном режиме конфигурации, чтобы разрешить маршрутизацию IPv4 на коммутаторе
- Этап 3** Используйте команду `interface vlan идентификатор_vlan` в глобальном режиме конфигурации, чтобы создать интерфейсы VLAN для каждой сети VLAN, для которой коммутатор уровня 3 перенаправляет пакеты
- Этап 4** Используйте команду `ip address адрес маска` в режиме конфигурации интерфейса, чтобы настроить IP-адрес и маску на интерфейсе VLAN, разрешив протокол IPv4 на этом интерфейсе VLAN
- Этап 5** Если в настоящее время интерфейс VLAN коммутатора отключен, включите его командой `no shutdown` в режиме конфигурации интерфейса

В примере 18.6 демонстрируется конфигурация в соответствии с рис. 18.13. В данном случае на коммутаторе SW1 модели 2960 уже введена глобальная команда `sdm prefer lanbase-routing`, и он перезагружен. В примере показана настройка на всех трех интерфейсах VLAN.

Пример 18.6. Настройка интерфейса VLAN для коммутации третьего уровня

```
ip routing
!
interface vlan 10
 ip address 10.1.10.1 255.255.255.0
!
interface vlan 20
 ip address 10.1.20.1 255.255.255.0
!
interface vlan 30
 ip address 10.1.30.1 255.255.255.0
```

При этой конфигурации VLAN коммутатор готов перенаправлять пакеты между сетями VLAN, показанными на рис. 18.13. Для обеспечения маршрутизации пакетов коммутатор добавляет подключенные маршруты IP, как показано в примере 18.7; обратите внимание, что каждый маршрут отображается как подключенный к собственному интерфейсу VLAN.

Пример 18.7. Подключенные маршруты на коммутаторе уровня 3

```
SW1# show ip route
! Легенда пропущена для краткости

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 2 masks
C 10.1.10.0/24 is directly connected, Vlan10
L 10.1.10.1/32 is directly connected, Vlan10
C 10.1.20.0/24 is directly connected, Vlan20
```

```

L    10.1.20.1/32 is directly connected, Vlan20
C    10.1.30.0/24 is directly connected, Vlan30
L    10.1.30.1/32 is directly connected, Vlan30

```

Коммутатор нуждается также в дополнительных маршрутах к остальной части сети, представленной на рис. 18.11 (возможно использование статических маршрутов, о чем уже говорилось в этой главе).

Настройка статических маршрутов

Все маршрутизаторы добавляют в таблицы маршрутизации подключенные маршруты (см. предыдущий раздел). В большинстве сетей используются протоколы динамической маршрутизации, позволяющие каждому маршрутизатору изучать остальную часть маршрутов в объединенной сети. Сети используют статические маршруты (добавляемые в таблицу маршрутизации вручную) много реже, чем динамические. Но иногда статические маршруты могут быть очень полезны, поэтому имеет смысл изучить этот инструмент. Данный раздел посвящен обсуждению статических маршрутов.

Конфигурация статического маршрута

Операционная система IOS позволяет задавать отдельные статические маршруты при помощи глобальной команды конфигурации `ip route`. Каждая команда `ip route` определяет получателя, задаваемого, как обычно, идентификатором подсети и маской. Команда включает также инструкции перенаправления, как правило, исходящий интерфейс или IP-адрес следующего транзитного маршрутизатора. Операционная система IOS получает эту информацию и добавляет маршрут в таблицу маршрутизации IP.

В качестве примера на рис. 18.14 приведена небольшая сеть IP. Фактически это фрагмент сети на рис. 18.3, но без некоторых малозначительных деталей. Здесь представлены подробности статического маршрута к подсети 172.16.2.0/24 на маршрутизаторе R1 (на рисунке крайний справа). Для создания этого статического маршрута на маршрутизаторе R1 необходимо задать идентификатор подсети и маску, а также исходящий интерфейс (S0/0/0) маршрутизатора R1, или IP-адрес следующего транзитного маршрутизатора R2 (172.16.4.2).

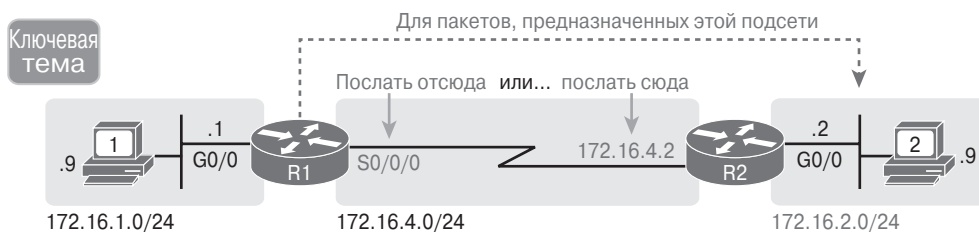


Рис. 18.14. Концепция настройки статического маршрута

В примере 18.8 показана настройка нескольких типичных статических маршрутов, в частности, маршрутов на маршрутизаторе R1 для двух подсетей справа на рис. 18.15.

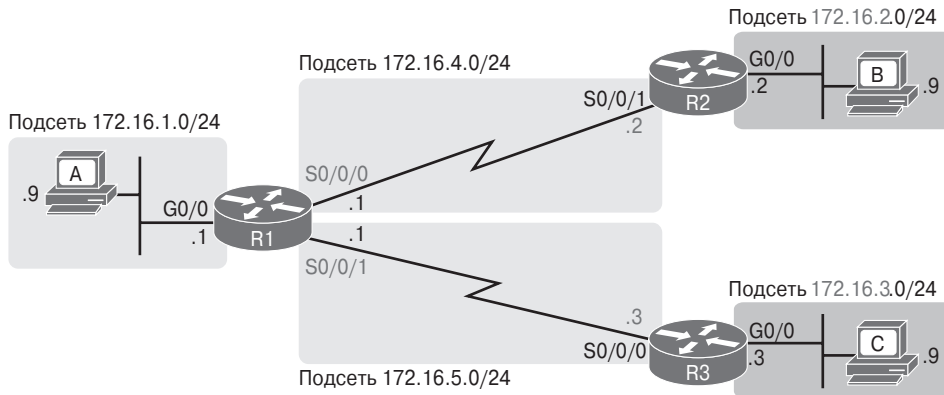


Рис. 18.15. Сеть, используемая в примерах настройки статического маршрута

Пример 18.8. Статические маршруты, добавленные на маршрутизатор R1

```
ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 172.16.4.2
ip route 172.16.3.0 255.255.255.0 s0/0/1
```

Два примера демонстрируют два различных стиля команды `ip route`. Первая команда относится к подсети 172.16.2.0 и маске 255.255.255.0, расположенной в сети LAN около маршрутизатора R2. В качестве следующего транзитного маршрутизатора эта команда указывает IP-адрес 172.16.4.2 маршрутизатора R2. Таким образом, этот маршрут утверждает: чтобы передать пакеты в подсеть маршрутизатора R2, пошлите их на маршрутизатор R2.

Логика второго маршрута точно такая же, но вместо IP-адреса следующего маршрутизатора указан исходящий интерфейс локального маршрутизатора. Этот маршрут утверждает: чтобы передать пакеты в подсеть маршрутизатора R3, пошлите их на локальный интерфейс S0/0/1 (который подключен к маршрутизатору R3).

Маршруты, созданные этими двумя командами `ip route`, в таблице маршрутизации IP выглядят немного по-разному. Оба являются статическими маршрутами. Однако маршрут с конфигурацией исходящего интерфейса является также и подключенным маршрутом, как свидетельствует вывод команды `show ip route`.

Команда `show ip route static` выводит в примере 18.9 оба эти маршрута. Данная команда выводит подробности только статических маршрутов, а об остальных маршрутах IPv4 выводит лишь статистические данные. В примере показаны две строки вывода для двух статических маршрутов, настроенных в примере 18.8, но в статистике перенаправления есть маршруты для десяти подсетей.

Пример 18.9. Статические маршруты, добавленные маршрутизатором R1

```
R1# show ip route static
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
! Строки пропущены для краткости
Gateway of last resort is not set

      172.16.0.0/16 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
S       172.16.2.0/24 [1/0] via 172.16.4.2
S       172.16.3.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
```

В зависимости от того, работает ли исходящий интерфейс, операционная система IOS добавляет и удаляет эти статические маршруты динамически. В данном случае, например, при отказе интерфейса S0/0/1 маршрутизатора R1 статический маршрут к подсети 172.16.3.0/24 удаляется из таблицы маршрутизации IPv4. Впоследствии, когда интерфейс заработает снова, IOS добавит маршрут в таблицу маршрутизации.

Большинство площадок использует протоколы динамической маршрутизации для изучения всех маршрутов к дистанционным подсетям. Однако, если протокол динамической маршрутизации не используется, на маршрутизаторах следует настроить статические маршруты. Например, если бы у маршрутизаторов была только конфигурация, представленная в примерах до сих пор, то компьютер А на рис. 18.15 не смог бы получить пакеты назад от компьютера В, поскольку у маршрутизатора R2 нет маршрута для подсети компьютера А. Маршрутизатору R2 понадобятся статические маршруты и для других подсетей, как и маршрутизатору R3.

ВНИМАНИЕ!

Представленные до сих пор в этой главе статические маршруты являются *сетевыми маршрутами* (network route) или *маршрутами подсети* (subnet route), поскольку маршрут к сети IP или подсети определяет команда, в отличие от маршрута хоста или стандартного маршрута, как описано далее.

Статические маршруты хоста

Ранее в этой главе маршрут к хосту был определен как маршрут для одного адреса хоста, обладающего IP-адресом и маской /32. Предыдущие примеры сосредоточивались на локальных маршрутах, добавленных в результате команды `ip address`; все они маршруты к хосту с маской /32.

Команда `ip route` способна создавать статические маршруты для дистанционных хостов при использовании маски 255.255.255.255. Это могло бы иметь смысл для случаев, когда существуют избыточные пути и вы хотите, чтобы трафик большинства хостов в сети проходил по одному пути, а трафик для некоего конкретного хоста — по другому. Например, вы могли бы определить эти два статических маршрута для подсети 10.1.1.0/24 и хоста 10.1.1.9 с двумя разными адресами следующей транзитной точки перехода:

```
ip route 10.1.1.0 255.255.255.0 10.2.2.2
ip route 10.1.1.9 255.255.255.255 10.9.9.9
```

Обратите внимание на то, что эти два маршрута накладываются: достигший маршрутизатора пакет, посланный на адрес 10.1.1.9, соответствует обоим маршрутам. Когда это происходит, маршрутизаторы используют самый специфический маршрут (т.е. маршрут с самой большой длиной префикса). Таким образом, пакет, посланный на адрес 10.1.1.9, был бы перенаправлен следующему транзитному маршрутизатору 10.9.9.9, а пакеты, посланные другим получателям в подсети 10.1.1.0/24, — на следующий транзитный маршрутизатор 10.2.2.2.

Более подробная информация по этой теме приведена в разделе “Перенаправление IP при соответствии наиболее специфическому маршруту” главы 24.

Статические маршруты без конкурирующих маршрутов

Даже если у настроенного маршрута нет конкурирующих маршрутов, маршрутизатор все равно проверяет его на соответствие некоторым правилам, прежде чем добавить его в таблицу маршрутизации IP. Сначала маршрутизатор проверяет все

конкурирующие маршруты (т.е. наличие любых других маршрутов к той же подсети). Другие маршруты могли быть изучены протоколом маршрутизации, либо могут существовать другие статические маршруты.

Даже если никаких конкурирующих маршрутов не существует, операционная система IOS учтет следующее, прежде чем добавить маршрут к таблице маршрутизации.

- Для команд `ip route`, выводящих исходящий интерфейс, данный интерфейс должен быть в состоянии `up/up`.
- Для команд `ip route`, выводящих IP-адрес следующей транзитной точки перехода, у локального маршрутизатора должен быть маршрут для доступа к этому адресу следующей транзитной точки перехода.

Например, в примере 18.8 команда `ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 172.16.4.2` на маршрутизаторе R1 определит статический маршрут. При этом подразумевается, что конкурирующих маршрутов нет и все каналы связи работают. На основании этого маршрута маршрутизатор R1 просматривает свою таблицу маршрутизации IP и находит маршрут, соответствующий следующему транзитному адресу 172.16.4.2 (подключенный маршрут маршрутизатора R1 к подсети 172.16.4.0/24). В результате маршрутизатор R1 добавляет статический маршрут к подсети 172.16.2.0/24. Впоследствии, если интерфейс S0/0/0 маршрутизатора R1 откажет, маршрутизатор R1 удалит подключенный маршрут к подсети 172.16.4.0/24, что также заставит его удалить статический маршрут к подсети 172.16.2.0/24.

Вы можете также настроить статический маршрут так, чтобы операционная система IOS игнорировала эти базовые проверки, всегда помещая маршрут IP в таблицу маршрутизации. Для этого используйте в команде `ip route` ключевое слово `permanent`. Например, при добавлении ключевого слова `permanent` в конец двух команд из примера 18.8, как показано в примере 18.10, маршрутизатор R1 добавил бы эти маршруты, независимо от того, находятся ли оба канала связи WAN в рабочем состоянии.

Пример 18.10. Безусловное добавление статических маршрутов к таблице маршрутизации IP (маршрутизатор R1)

```
ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 172.16.4.2 permanent
ip route 172.16.3.0 255.255.255.0 S0/0/1 permanent
```

Несмотря на то что ключевое слово `permanent` позволяет маршрутизатору сохранять маршрут в таблице маршрутизации, не проверяя состояние исходящего интерфейса и маршрут к адресу следующей транзитной точки перехода, эта магия не исправит нарушенный маршрут. Например, если исходящий интерфейс откажет, маршрут останется в таблице маршрутизации, но маршрутизатор не сможет перенаправить по нему пакеты, поскольку исходящий интерфейс не работает.

Статические маршруты с конкурирующими маршрутами

Теперь рассмотрим случай, когда статический маршрут конкурирует с другими статическими маршрутами или маршрутами, изученными протоколом маршрутизации. Таким образом, команда `ip route` определяет маршрут к подсети, но маршрутизатору также известны другие статические или динамически изученные маршруты к той же подсети. В подобных случаях маршрутизатор должен сначала решить, у какого из маршрутов лучшее административное расстояние (чем меньше, тем лучше), а затем использовать лучший из маршрутов.

Чтобы увидеть, как это работает, рассмотрим пример на рис. 18.16, демонстрирующий филиал с двумя каналами связи WAN: один очень быстрый Gigabit Ethernet, второй куда медленней (но дешевле) T1. В этом проекте сети используется *открытый протокол поиска первого кратчайшего маршрута версии 2* (Open Shortest Path First Version 2 — OSPFv2); на первом канале связи он изучает маршрут к подсети 172.16.2.0/24. На маршрутизаторе R1 определен также статический маршрут к той же подсети по резервному каналу связи. Таким образом, маршрутизатор R1 должен выбрать статический маршрут или маршрут, изученный по протоколу OSPF.

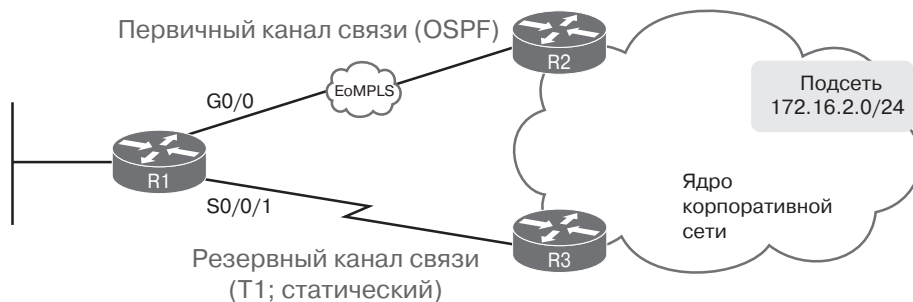


Рис. 18.16. Использование плавающего статического маршрута к подсети 172.16.2.0/24

Операционная система IOS предпочитает статические маршруты изученным по протоколу OSPF. Стандартно операционная система IOS присваивает статическим маршрутам административное расстояние 1, а изученным по протоколу OSPF — 110. Используя эти стандартные значения, маршрутизатор R1 на рис. 18.16 использовал бы для доступа к подсети 172.16.2.0/24 кратчайший путь, в данном случае — явно не предусмотренный проектом. Конечно, инженер предпочел бы использовать маршрут, изученный по протоколу OSPF, по более быстрому первичному каналу связи, а статический маршрут по резервному каналу связи использовать только при необходимости, когда откажет первичный канал.

Чтобы маршрут, изученный по протоколу OSPF, стал предпочтительным, в конфигурации следует изменить параметры административного расстояния и использовать плавающий статический маршрут. *Плавающий статический маршрут* (floating static route) плавает или перемещается в таблице маршрутизации IP в зависимости от того, появится ли лучший (с кратчайшим административным расстоянием) маршрут, изученный протоколом маршрутизации. В основном пока по протоколу маршрутизации известен лучший маршрут, маршрутизатор игнорирует статический маршрут.

Для реализации плавающего статического маршрута достаточно переопределить стандартное административное расстояние статического маршрута значением большим, чем стандартное административное расстояние протокола маршрутизации. Например, команда `ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 172.16.5.3 130` на маршрутизаторе R1 сделала бы именно это: она установила бы для статического маршрута административное расстояние 130. Теперь, пока первичный канал связи не откажет и на маршрутизаторе R1 будет изученный по протоколу OSPF маршрут к сети 172.16.2.0/24 с административным расстоянием 110, он будет игнорировать статический маршрут.

И наконец, обратите внимание на то, что хотя команда `show ip route` выводит административное расстояние большинства маршрутов как первое из двух чисел в скобках, команда `show ip route подсеть` выводит административное расстояние явно. Это демонстрируется в примере 18.11 в соответствии с предыдущим примером.

Пример 18.11. Отображение административного расстояния статического маршрута

```

R1# show ip route static
! Легенда пропущена для краткости

    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 6 subnets, 2 masks
S   172.16.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/1

R1# show ip route 172.16.2.0
Routing entry for 172.16.2.0/24
  Known via "static", distance 130, metric 0 (connected)
  Routing Descriptor Blocks:
  * directly connected, via Serial0/0/1
    Route metric is 0, traffic share count is 1

```

Статические стандартные маршруты

При попытке перенаправить пакет маршрутизатор может не найти маршрут к IP-адресу получателя пакета. Обычно в таком случае маршрутизатор просто отбрасывает пакет.

Маршрутизаторы могут быть настроены так, чтобы использовались либо статически заданные маршруты, либо динамически изученный стандартный маршрут. Стандартный маршрут соответствует всем пакетам, поэтому, если пакет не соответствует никакому другому более специфическому маршруту в таблице маршрутизации, маршрутизатор перенаправляет его на стандартный маршрут.

Вот классический пример использования статических стандартных маршрутов в корпоративной сети TCP/IP: у компании много дистанционных площадок с индивидуальными относительно медленными соединениями WAN. У каждой дистанционной площадки есть только один возможный физический маршрут передачи пакетов в остальную часть сети. Поэтому вместо протокола маршрутизации, рассылающего сообщения по каналам WAN и растрчивающего их полосу пропускания, каждый дистанционный маршрут мог бы использовать стандартный маршрут, посылающий весь трафик на центральную площадку (рис. 18.17).

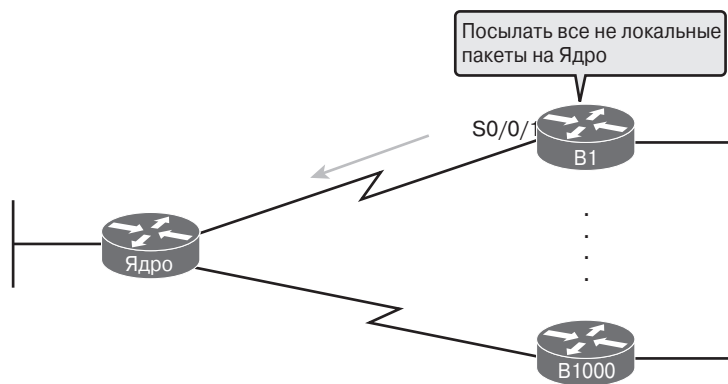


Рис. 18.17. Пример применения статических стандартных маршрутов: 1000 медленных дистанционных площадок

Операционная система IOS позволяет настроить статический стандартный маршрут за счет специальных значений (0.0.0.0 и 0.0.0.0) полей подсети и маски в команде `ip route`. Например, команда `ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 S0/0/1` создает на маршрутизаторе R1 статический стандартный маршрут, (соответствующий всем пакетам IP) и посылает эти пакеты на интерфейс S0/0/1.

В примере 18.12 показан статический стандартный маршрут для маршрутизатора R2, представленного на рис. 18.15. Ранее этот рисунок наряду с примером 18.8 представил маршрутизатор R1 со статическими маршрутами к двум подсетям, показанным справа. В примере 18.12 показан маршрутизатор R2 (справа), использующий статический стандартный маршрут для перенаправления пакетов назад, в левую часть рисунка.

Пример 18.12. Добавление статического стандартного маршрута для маршрутизатора R2 (рис. 18.15)

```
R2# configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 s0/0/1
R2(config)# ^Z
R2# show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, 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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, 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, H - NHRP, l - LISP
       + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

S* 0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/0/1
   172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C    172.16.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    172.16.2.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
C    172.16.4.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
L    172.16.4.2/32 is directly connected, Serial0/0/1
```

Вывод команды `show ip route` отображает несколько новых интересных фактов. В первую очередь он выводит маршрут с кодом «S», означающим *статический* (static), а также со звездочкой (*), означающей, что это *кандидат в стандартные маршруты*. Маршрутизатор может узнать о нескольких стандартных маршрутах, поэтому ему следует выбрать, какой использовать; звездочка означает, что это, по крайней мере, кандидат в стандартные маршруты. Выбранный стандартный маршрут указан выше, в разделе “Gateway of last resort”, которым в данном случае является статически настроенный маршрут с исходящим интерфейсом S0/0/1.

Поиск и устранение неисправностей статических маршрутов

В этом разделе о статических маршрутах найдете комментарии, способные помочь вам в поиске и устранении неисправностей статических маршрутов. Однако в текущей версии экзамена специально упоминается тема поиска и устранения неисправностей статических маршрутов. Поэтому данная заключительная тема главы резюмирует ключевые пункты, связанные с поиском и устранением неисправностей статических маршрутов. Одни из них уже упоминались в данной главе, другие добавлены в этом разделе.

Здесь рассматриваются три случая поиска и устранения неисправностей статического маршрута: маршрут находится в таблице маршрутизации, но не является правильным; маршрут отсутствует в таблице маршрутизации; маршрут правильный и находится в таблице маршрутизации, но пакеты не поступают.

Статический маршрут находится в таблице маршрутизации IP, но не является правильным

Этот случай поиска и устранения неисправностей может показаться очевидным, но он заслуживает внимания. Статический маршрут настолько хорош, насколько свидетельствует результат ввода команды `ip route`. Операционная система IOS проверяет синтаксис и, как уже упоминалось, осуществляет несколько других проверок. После благополучного завершения проверок операционная система IOS помещает маршрут в таблицу маршрутизации IP, даже если его параметры выбраны плохо.

Например, в экзаменационном вопросе могли бы быть представлены адреса 192.168.1.101 и .102 с маской /26. Вы проверяете маршрутизатор командой `ip route 192.168.1.64 255.255.255.224 192.168.1.65`. Проявится ли проблема немедленно? Диапазон адресов подсети 192.168.1.64 с маской 255.255.255.224 не включает адреса .101 и .102. Поэтому синтаксис команды `ip route` хорош, но инженер допустил математический просчет при создании подсетей.

Когда в экзаменационном вопросе вы видите статические маршруты и их в выводе команды `show ip route`, не забудьте проверить следующее.

Ключевая тема **Контрольный список поиска и устранения неисправностей статических маршрутов, имеющих в таблице маршрутизации IP**

- Нет ли математической ошибки в идентификаторе подсети и маске?
- Правильный ли IP-адрес следующей транзитной точки перехода и является ли она соседним маршрутизатором?
- Правильный ли исходящий интерфейс и указан ли он в локальном маршруте (т.е. это тот же маршрутизатор, что и указан в статическом маршруте)?

Статический маршрут отсутствует в таблице маршрутизации IP

Команда `ip route` может иметь правильный синтаксис, она может быть принята, добавлена в файл `running-config` и сохранена в файле `startup-config`, но маршрут не помещается в таблицу маршрутизации IP и отсутствует в выводе команды `show ip route`. Почему? Причины объясняются в предыдущих разделах “Статические маршруты без конкурирующих маршрутов” и “Статические маршруты с конкурирующими маршрутами”.

Для обзора и простоты изучения ниже изложены причины, по которым команда `ip route` была бы принята в интерфейсе CLI, но маршрут в таблице маршрутизации

IP отсутствовал бы. Но ситуация по всем трем причинам со временем может измениться, т.е. маршрут может отсутствовать сейчас, а затем условия изменятся и маршрут появится.

Ключевая тема **Контрольный список поиска и устранения неисправностей статических маршрутов, отсутствующих в таблице маршрутизации IP**

- Исходящий интерфейс в выводе команды `ip route` не находится в состоянии `up/up`.
- IP-адрес следующего транзитного маршрутизатора, указанный в команде `ip route`, недоступен (т.е. нет никакого маршрута, соответствующего адресу следующей транзитной точки перехода).
- Существует конкурирующий маршрут (другой маршрут к тому же идентификатору подсети и маске), и он лучше данного (меньшее административное расстояние).

Статический маршрут правильный и имеется в таблице маршрутизации IP, но работает плохо

Этот заключительный раздел — хорошее место для рассмотрения двух пунктов: господствующих и тривиальных.

Сначала о господствующих. Статический маршрут может быть прекрасен, но пакеты по нему не проходят. Неправильный статический маршрут — это только один из многих пунктов для проверки в ходе поиска и устранения неисправности первопричины такой проблемы, как “хост А не может подключиться к серверу В”. Причиной может быть статический маршрут, а может что-то еще. Более подробная информация о поиске и устранении проблем подобных типов приведена в главах 23 и 24.

К тривиальным можно отнести ключевое слово `permanent` в команде `ip route`, как уже упоминалось в разделе “Статические маршруты без конкурирующих маршрутов”. В основном это ключевое слово указывает операционной системе IOS не проверять текущее состояние исходящего интерфейса и IP-адрес следующего транзитного маршрутизатора. Каждый раз, встречая экзаменационный вопрос с командой `ip route` с ключевым словом `permanent`, осуществляйте эти проверки сами. Операционная система IOS поместит маршрут в таблицу маршрутизации, но если интерфейс отключен или адрес следующей транзитной точки перехода недостижим, то маршрутизатор не сможет перенаправить пакеты по этому маршруту.

Обзор

Резюме

- Маршрутизация IP (процесс перенаправления пакетов IPv4) обеспечивает доставку пакетов через все сети TCP/IP с устройства, создавшего пакет IPv4, на устройство его получателя.
- Процесс маршрутизации начинается с хоста, создающего пакет IPv4. Сначала хост решает вопрос: не принадлежит ли IPv4-адрес получателя этого нового пакета локальной подсети? Для определения диапазона адресов в локальной подсети хост использует собственный IPv4-адрес и маску. На основании собственных выводов о диапазоне адресов локальной подсети хост действует следующим образом.

Этап 1 Если получатель локальный, передача осуществляется непосредственно

A. MAC-адрес хоста получателя определяется при помощи уже существующей записи таблицы протокола преобразования адресов (ARP) или сообщения ARP, позволяющего изучить эту информацию.

B. Пакет IPv4 инкапсулируется во фрейм канала связи с адресом канала связи хоста получателя

Этап 2 Если получатель не является локальным, осуществляется передача на стандартный шлюз.

A. MAC-адрес стандартного шлюза определяется при помощи уже существующей записи таблицы ARP или сообщения ARP, позволяющего изучить эту информацию.

B. Пакет IPv4 инкапсулируется во фрейм канала связи с адресом канала связи стандартного шлюза

- Хотя логика хоста начинается с пакета IPv4, находящегося в памяти, маршрутизатору, прежде чем дойти до того положения, необходимо проделать некоторую работу. Ниже приведены пять этапов логики маршрутизации, причем на первых двух этапах осуществляется только получение фрейма и извлечение пакета IPv4 перед принятием решения об адресе получателя пакета на этапе 3.

Этап 1 Для каждого полученного фрейма канала связи принимается решение, обрабатывать его или нет. Обрабатывается фрейм так:

A. Проверка фрейма на ошибки (по полю контрольной суммы фрейма (FCS) в концевики канала связи).

B. Адрес канала связи получателя фрейма — это адрес маршрутизатора (или соответствующий многоадресатный или широковещательный адрес)

Этап 2 Перед принятием решения об обработке фрейма на этапе 1 он извлекается из фрейма канала связи

Этап 3 Принимается решение о маршрутизации. Для этого по IP-адресу получателя пакета осуществляется поиск соответствующего элемента таблицы маршрутизации, содержащего маршрут к получателю. Этот маршрут идентифицирует исходящий интерфейс маршрутизатора, а возможно, и следующий транзитный маршрутизатор

Этап 4 Помещает (инкапсулирует) пакет во фрейм канала связи, соответствующего исходящему интерфейсу. По мере необходимости для поиска MAC-адреса следующего устройства используется протокол ARP

Этап 5 Фрейм передается на исходящий интерфейс, указанный в соответствующем маршруте IPv4

- Отбросив некоторые детали, этапы этого процесса можно коротко пересказать так: маршрутизатор получает фрейм, извлекает из него пакет, решает, куда его перенаправить, помещает пакет в другой фрейм и посылает его.
- Если маршрутизатор способен перенаправлять пакеты IPv4 через один или несколько интерфейсов, ему понадобятся маршруты, чтобы определить интерфейс, через который передается пакет. Маршрутизаторы могут добавлять маршруты в свои таблицы маршрутизации тремя способами.
 - *Подключенные маршруты.* Добавляются подкомандой интерфейса `ip address` на локальном маршрутизаторе.
 - *Статические маршруты.* Добавляются глобальной командой конфигурации `ip route` на локальном маршрутизаторе.
 - *Протоколы маршрутизации.* Дополнительная функция настройки на всех маршрутизаторах, обеспечивающая динамический обмен данными о сети между маршрутизаторами, позволяющий им изучить все маршруты.
- При попытке перенаправить пакет маршрутизатор может не найти маршрут к IP-адресу получателя пакета. Обычно в таком случае маршрутизатор просто отбрасывает пакет.
- Маршрутизаторы могут быть настроены так, чтобы использовались либо статически заданные маршруты, либо динамически изученный стандартный маршрут. Стандартный маршрут соответствует всем пакетам, поэтому, если пакет не соответствует никакому другому более специфическому маршруту в таблице маршрутизации, маршрутизатор перенаправляет его на стандартный маршрут.

Контрольные вопросы

1. На компьютере открыто приглашение к вводу и введена команда `ipconfig`, показавшая IP-адрес 192.168.4.77 и маску 255.255.255.224 компьютера. Затем пользователь осуществляет проверку командой `ping 192.168.4.117`. Какой из следующих ответов вероятнее всего справедлив?
 - А) Компьютер посылает пакеты на хост с адресом 192.168.4.117 непосредственно.
 - Б) Компьютер посылает пакеты на свой стандартный шлюз.
 - В) Компьютер посылает запрос DNS на адрес 192.168.4.117.
 - Г) Компьютер посылает запрос ARP на поиск MAC-адреса сервера DHCP.
2. Маршрутизатор R1 содержит маршруты в таблице маршрутизации. В каком из следующих ответов указано то, что маршрутизатор сравнивает с адресом получателя пакета? (Выберите два ответа.)
 - А) Маска.
 - Б) Следующий транзитный маршрутизатор.

- В) Идентификатор подсети.
 Г) Исходящий интерфейс.
3. У маршрутизатора 1 есть интерфейс FastEthernet 0/0 с IP-адресом 10.1.1.1. Интерфейс подключен к коммутатору. В последующем проводится модернизация этого подключения для использования магистрального соединения 802.1Q. Какие из указанных ниже команд могут быть частью допустимой конфигурации интерфейса Fa0/0 для маршрутизатора 1? (Выберите два ответа.)
- А) `interface fastethernet 0/0.4.`
 Б) `dot1q enable.`
 В) `dot1q enable 4.`
 Г) `trunking enable.`
 Д) `trunking enable 4.`
 Е) `encapsulation dot1q 4.`
4. Коммутатор уровня 3 был настроен на перенаправление пакетов IP между сетями VLAN 1, 2 и 3, подключенными к подсетям 172.20.1.0/25, 172.20.2.0/25 и 172.20.3.0/25 соответственно. На коммутаторе уровня 3 команда `show ip route` выводит подключенные маршруты. Какой из следующих ответов перечисляет информацию, присущую по крайней мере одному из маршрутов?
- А) Интерфейс GigabitEthernet 0/0.3.
 Б) Следующий транзитный маршрутизатор 172.20.4.1.
 В) Интерфейс VLAN 2.
 Г) Маска 255.255.255.0.
5. На маршрутизаторе R1 настроен статический маршрут IPv4. Какой из следующих информационных элементов не должен быть параметром команды конфигурации, создающей статический маршрут IPv4?
- А) Идентификатор подсети получателя.
 Б) IP-адрес следующего транзитного маршрутизатора.
 В) Интерфейс следующего транзитного маршрутизатора.
 Г) Маска подсети.
6. Какая из следующих команд корректно настраивает статический маршрут?
- А) `ip route 10.1.3.0 255.255.255.0 10.1.130.253`
 Б) `ip route 10.1.3.0 serial 0`
 В) `ip route 10.1.3.0 /24 10.1.130.253`
 Г) `ip route 10.1.3.0 /24 serial 0`
7. Сетевой инженер настроил на маршрутизаторе команду `ip route 10.1.1.0 255.255.255.0 s0/0/0`, а затем ввел команду `show ip route` из привилегированного режима. В выводе нет никаких маршрутов для подсети 10.1.1.0/24. Что из следующего могло бы быть истиной?
- А) Команда `ip route` имеет неправильный синтаксис и была отклонена в режиме конфигурации.

- Б) Интерфейс s0/0/0 отключен.
- В) У маршрутизатора нет работающих интерфейсов в сети 10.0.0.0 класса А.
- Г) В команде ip route пропущен IP-адрес следующего транзитного маршрутизатора.

Обзор главы

Обзор материала этой главы осуществляется с использованием средств книги, образа DVD или интерактивных инструментов для того же материала на веб-сайте книги. Ключевые элементы и их местоположение приведены в табл. 18.1. Чтобы лучше проследить свой прогресс в обучении, запишите во втором столбце дату завершения этих действий.

Таблица 18.1. Процесс изучения главы

Элемент обзора	Дата	Используемый ресурс
Ключевые темы		Книга, образ DVD/веб-сайт
Ключевые термины		Книга, образ DVD/веб-сайт
Контрольные вопросы		Книга, PCPT
Списки конфигурации		Книга, образ DVD/веб-сайт
Лабораторные работы		Блог
Таблицы команд		Книга

Ключевые темы

Повторите все ключевые темы данной главы, отмеченные пиктограммой “Ключевая тема”. Ключевые темы и соответствующие им страницы приведены в табл. 18.2.

Ключевая тема **Таблица 18.2. Ключевые темы главы 18**

Элемент	Описание	Страница
Список	Этапы перенаправления пакетов IP хостом	497
Список	Этапы перенаправления пакетов IP маршрутизатором	497
Рис. 18.2	Пять этапов маршрутизации, осуществляемых маршрутизатором	498
Рис. 18.7	3-й этап маршрутизации: таблица маршрутизации IP имеет части соответствия и перенаправления	502
Список	Три источника маршрутов IP для маршрутизаторов	504
Список	Правила создания маршрутизатором подключенного маршрута	504
Список	Три возможности соединения маршрутизаторов с каждой сетью VLAN	507
Рис. 18.12	Субинтерфейсы на маршрутизаторе B1	508
Список	Последовательность настройки собственной сети VLAN 802.1	510

Окончание табл. 18.2

Элемент	Описание	Страница
Рис. 18.13	Маршрутизация на интерфейсах VLAN коммутатора уровня 3	512
Рис. 18.14	Концепция настройки статического маршрута	514
Список	Контрольный список поиска и устранения неисправностей статических маршрутов, имеющихся в таблице маршрутизации IP	521
Список	Контрольный список поиска и устранения неисправностей статических маршрутов, отсутствующих в таблице маршрутизации IP	522

Ключевые термины

стандартный шлюз (default gateway), стандартный маршрутизатор (default router), таблица ARP (ARP table), таблица маршрутизации (routing table), следующий транзитный маршрутизатор (next-hop router), исходящий интерфейс (outgoing interface), субинтерфейс (subinterface), интерфейс VLAN (VLAN interface), коммутатор третьего уровня (Layer 3 switch), подключенный маршрут (connected route), статический маршрут (static route), стандартный маршрут (default route), маршрут хоста (host route), плавающий статический маршрут (floating static route), сетевой маршрут (network route), административное расстояние (administrative distance)

Таблицы команд

В табл. 18.3 и 18.4 приведены команды конфигурации и проверки, используемые в этой главе. Выполните простое упражнение: закройте левый столбец таблицы, читайте правый и пытайтесь вспоминать команду не глядя. Затем повторите это упражнение, закрыв правый столбец и пытайтесь вспоминать, что делает команда.

Таблица 18.3. Команды конфигурации главы 18

Команда	Описание
<code>ip address ip-адрес маска</code>	Подкоманда интерфейса, присваивающая интерфейсу IP-адрес, а также способная сделать адрес вторичным
<code>interface тип номер_субинтерфейса</code>	Глобальная команда создания субинтерфейса и перехода в режим конфигурации данного субинтерфейса
<code>encapsulation dot1q идентификатор_vlan [native]</code>	Подкоманда субинтерфейса, указывающая маршрутизатору использовать магистральное соединение 802.1Q для определенной сети VLAN с ключевым словом <code>native</code> , чтобы избежать инкапсуляции в магистральный заголовок
<code>encapsulation isl идентификатор_vlan</code>	Подкоманда субинтерфейса, указывающая маршрутизатору использовать магистраль ISL для определенной сети VLAN
<code>sdm prefer lanbase-routing</code>	Команда коммутатора Cisco, разрешающая маршрутизацию IP

Команда	Описание
[no] ip routing	Глобальная команда, разрешающая (ip routing) и запрещающая (no ip routing) маршрутизацию пакетов IPv4 на маршрутизаторе или коммутаторе уровня 3
interface vlan идентификатор_vlan	Глобальная команда на коммутаторе уровня 3 для создания интерфейса VLAN и перехода в режим конфигурации для данного интерфейса VLAN
ip route префикс маска {ip-адрес тип_интерфейса номер_интерфейса} [дистанция] [permanent]	Глобальная команда конфигурации, создающая статический маршрут

Таблица 18.4. Пользовательские команды главы 18

Команда	Описание
show ip route	Выводит всю таблицу маршрутизации маршрутизатора
show ip route [connected static rip]	Выводит подсети таблицы маршрутизации IP
show ip route ip-адрес	Выводит подробную информацию о маршруте, соответствующем указанному IP-адресу
show vlans	Выводит конфигурацию и статистику магистральных каналов VLAN, настроенных на маршрутизаторах
show arp, show ip arp	Выводят таблицу ARP маршрутизатора IPv4
clear ip arp [ip-адрес]	Удаляет все динамически изученные записи таблицы ARP или, если в команде указан IP-адрес, удаляет запись только для этого IP-адреса

Ответы на контрольные вопросы:

1 Б. 2 А, В. 3 А, Е. 4 В. 5 В. 6 А. 7 Б.