

Руководство по проектированию OSPF

Содержание

[Введение](#)

[Общие сведения](#)

[Сравнение OSPF и RIP](#)

[Что мы понимаем под состояниями связи?](#)

[Кратчайший путь первый алгоритм](#)

[Стоимость OSPF](#)

[Дерево кратчайших путей](#)

[Маршрутизаторы областей и пограничные маршрутизаторы](#)

[Link-State Packets \(пакеты, описывающие состояние каналов\)](#)

[Включение OSPF на маршрутизаторе](#)

[Проверка подлинности OSPF](#)

[Простая аутентификация с паролем](#)

[Проверка подлинности выборки сообщений](#)

[Магистраль и зона 0](#)

[Виртуальные каналы](#)

[Области, физически не связанные с областью 0](#)

[Разделение магистральной линии связи](#)

[Соседние узлы](#)

[Смежности](#)

[Выбор DR](#)

[Построение смежности](#)

[Окрестности на интерфейсах точка-точка](#)

[Смежность в сетях нешироковещательного множественного доступа \(NBMA\)](#)

[Предотвращение использования назначенных маршрутизаторов и команды neighbor для адресов NBMA](#)

[Подчиненные интерфейсы "точка-точка"](#)

[Выбор типов сетевых интерфейсов](#)

[OSPF и уплотнение маршрута](#)

[Объединение межобластных маршрутов](#)

[Объединение внешних маршрутов](#)

[Шлейфные зоны](#)

[Перераспределение маршрутов в OSPF](#)

[Сравнение внешних маршрутов E1 и E2](#)

[Перераспределение трафика протокола OSPF в другие протоколы](#)

[Используйте правильную метрику](#)

[VLSM](#)

[Обоюдное перераспределение](#)

[Добавление стандартных параметров в OSPF](#)

[Метка проекта первоочередного открытия кратчайших маршрутов \(OSPF\)](#)

[Количество маршрутизаторов на зону](#)

[Количество соседей](#)

[Число областей на ABR](#)

[Сравнение полно-связной и частично-связной конфигураций](#)

[Проблемы памяти](#)

[Сводка](#)

[Приложение А: Синхронизация базы данных о состоянии каналов](#)

[Объявления о состоянии каналов](#)

[Пример базы данных OSPF](#)

[Приложение Б: OSPF и групповая адресация по IP](#)

[Приложение В: Маски подсети переменной длины \(VLSM\)](#)

[Дополнительные сведения](#)

Введение

[Протокол OSPF \(Open Shortest Path First\), описанный в стандарте RFC 2328, — это внутренний шлюзовый протокол, используемый для распространения данных маршрутизации внутри одной автономной системы.](#) Эта бумага исследует, как OSPF работает и как это может использоваться, чтобы разработать и создать большой и сложные сети.

Общие сведения

Протокол OSPF был разработан, чтобы удовлетворить потребность интернет-сообщества в функциональном, непроприетарном протоколе внутреннего шлюза (IGP) для семейства протоколов TCP/IP. Обсуждение создания общего совместимого IGP для Интернета запустилось в 1988 и не стало формализованным до 1991. В то время Рабочая группа OSPF запросила, чтобы OSPF, как полагали, для продвижения Вычертил интернет-Стандарт.

Протокол OSPF основан на технологии отслеживания состояния канала, которая является отступлением от векторных алгоритмов Беллмана-Форда, используемых в традиционных протоколах маршрутизации Интернета, таких как RIP. OSPF представил новые концепции, такие как аутентификация обновлений маршрута, Variable Length Subnet Mask (VLSM), объединения маршрутов, и т.д.

Эти главы обсуждают терминологию OSPF, алгоритм и за и против протокола в разработке большого и сложных сетей сегодня.

Сравнение OSPF и RIP

Мгновенный рост и расширение сегодняшних сетей выдвинули RIP к своим пределам. RIP имеет некоторые ограничения, которые могут вызвать проблемы в больших сетях:

Протокол RIP поддерживает максимум 15 переходов. Сеть RIP с диапазоном более 15 переходов (15 маршрутизаторов) рассматривается как недоступная.

Протокол RIP не может обрабатывать маски подсети переменной длины (VLSM). В условиях нехватки IP-адресов отсутствие гибкости и эффективности, которые предлагает назначение IP-адресов с использованием VLSM, является серьезным недостатком.

Периодические широковещательные сообщения полной таблицы маршрутизации используют большое количество пропускной способности. Это основная проблема с большими сетями, особенно на медленных каналах и облаках WAN.

Сходимость RIP медленнее, чем у SPF. В больших сетях определение соответствия занимает порядка минуты. Маршрутизаторы RIP проходят период удержания и сбора мусора и медленно информации о времени ожидания, которая не была недавно получена. Это не используется в больших окружениях и может привести к несогласованности маршрутизации.

Таких понятий, как задержки в сети и нагрузка каналов, для RIP не существует. Решения о маршрутизации основываются на числе переходов. Даже если более длинный путь имеет лучшую совокупную пропускную способность канала и меньше задержек, путь с минимальным количеством скачков назначению всегда предпочитается.

Сети RIP являются однородными. Отсутствует понятие областей или границ. С появлением бесклассовой маршрутизации и интеллектуального использования агрегирования и суммирования, сети RIP морально устарели.

В новой версии протокола RIP, которая называется RIP2, было представлено несколько усовершенствований. RIP2 обращается к ошибкам VLSM, проверки и многоадресных обновлений маршрутизации. RIP2 – это незначительное улучшение по сравнению с RIP (теперь называется RIP1), так как сохранены ограничения счетчика переходов и низкая сходимость, которая необходима для современных больших сетей.

OSPF, с другой стороны, решает большинство проблем, ранее представленных:

С OSPF число переходов не ограничивается.

Интеллектуальное использование VLSM очень удобно при назначении IP-адреса.

OSPF использует мультиадресную рассылку IP для отправки обновлений состояния канала. Это обеспечивает меньшую обработку на маршрутизаторах, которые не ожидают пакетов OSPF. Также, обновления отправляются только в случае возникновения изменений маршрутизации, а не периодически. Это обеспечивает более эффективное использование пропускной способности.

Сходимость OSPF выше, чем у RIP. Это связано с тем, что изменения маршрутизации распространяются мгновенно, а не периодически.

OSPF предлагает более эффективное выравнивание нагрузки.

OSPF предлагает логическое определение сетей, подразумевающее разделение маршрутизаторов на области. Это ограничивает взрыв обновлений состояния канала по всей сети. При этом также обеспечивается механизм сбора маршрутов и сокращение ненужного распространения информации подсети.

OSPF учитывает аутентификацию маршрутизации с использованием различных методов аутентификации по паролю.

Протокол OSPF обеспечивает передачу и маркировку внешних маршрутов, внедренных в автономную систему. При этом отслеживаются внешние маршруты, введенные внешними протоколами, такими как BGP.

Это, конечно, приводит к большему количеству сложности в конфигурации и устранении проблем сетей OSPF. Администраторам, которые используются к простоте RIP, бросают вызов с объемом новой информации, который они должны изучить, чтобы не отставать от сетей OSPF. Кроме того, это представляет больше издержек в распределении памяти и загрузке ЦПУ. Некоторые из маршрутизаторов, выполняющие RIP, возможно, нуждаются в обновлении для того, чтобы выдерживать возросшую нагрузку, создаваемую OSPF.

Что мы понимаем под состояниями связи?

Протокол OSPF основывается на состоянии канала. Канал можно считать интерфейсом на маршрутизаторе. Состояние канала – это описание интерфейса и его отношений с соседними маршрутизаторами. Описание интерфейса должно включать, например, его IP-адрес, маску, тип сети, к которой он подключен, маршрутизаторы, подключенные к этой сети и т.п. Коллекция всех состояний каналов формирует базу данных состояний каналов.

Кратчайший путь первый алгоритм

OSPF использует укороченный путь первый алгоритм, чтобы создать и вычислить кратчайший путь всем известным назначениям. Кратчайший путь вычислен с использованием Алгоритма Дейкстры. Сам по себе алгоритм довольно сложен. Это - очень высокий уровень, упрощенный способ посмотреть на различные шаги алгоритма:

На инициализацию или из-за любого изменения в сведениях о маршрутизации, маршрутизатор генерирует описание локального состояния соединений. Эта реклама представляет набор всех состояний канала на том маршрутизаторе.

Все маршрутизаторы обмениваются состояниями канала посредством затопления. Каждый маршрутизатор, получающий обновление состояния канала, должен сохранить копию этого обновления в своей базе данных состояний канала и затем распространить его по другим маршрутизаторам.

После того, как база данных каждого маршрутизатора завершена, маршрутизатор вычисляет Дерево кратчайших путей всем назначениям. Маршрутизатор использует Алгоритм Дейкстры для вычисления дерева кратчайших путей. Назначения, связанная стоимость и следующий переход для достижения тех назначений формируют таблицу IP-маршрутизации.

Если в сети OSPF не происходит изменений, таких как изменение стоимости канала или добавление и удаление сети, OSPF работает очень тихо. Любые изменения, которые происходят, переданы через пакеты состояния соединения, и Алгоритм Дейкстры повторно вычислен для обнаружения кратчайшего пути.

Алгоритм помещает все маршрутизаторы в корень дерева и рассчитывает кратчайший путь к каждому месту назначения на основе совокупной стоимости доступа к этому месту назначения. Каждый маршрутизатор имеет собственное представление топологии, но при этом все маршрутизаторы используют одну базу данных состояний канала для вычисления кратчайшего пути. В следующих разделах указано, что вовлечено в построение дерева кратчайших путей.

Стоимость OSPF

Стоимость (также названный метрикой) интерфейса в OSPF является индикацией относительно издержек, требуемых передавать пакеты через некоторый интерфейс. Стоимость интерфейса обратно пропорциональна его пропускной способности. Более высокая пропускная способность характеризует более низкую стоимость. При пересечении последовательной линии 56k объем служебной информации (затраты) и временные задержки возрастут больше, чем при пересечении линии 10M Ethernet. Формула для расчета стоимости:

$$\text{стоимость} = 100000000 / \text{bandwidth в бите в секунду}$$

Например, это будет стоить $10 \text{ EXP}8 / 10 \text{ EXP}7 = 10$ для пересечения 10M Линия Ethernet и будет стоить $10 \text{ EXP}8 / 1544000 = 64$ для пересечения линии T1.

По умолчанию стоимость интерфейса вычислена на основе пропускной способности; можно вызвать стоимость интерфейса с командой подрежима конфигурации интерфейса `<value> ip ospf cost`.

Дерево кратчайших путей

Предположите, что у нас есть следующая схема сети с обозначенными интерфейсными затратами. Чтобы построить дерево кратчайших путей для RTA, пришлось бы сделать RTA корнем дерева и вычислить наименьшую стоимость для каждого места назначения.

Выше приведен вид сети с позиции RTA. При вычислении стоимости обратите внимание на направление стрелок. Например, стоимость интерфейса RTB для сети 128.213.0.0 не имеет значения при вычислении стоимости для сети 192.213.11.0. RTA может достичь 192.213.11.0 через RTB со стоимостью 15 (10+5). RTA также может достигнуть 222.211.10.0 с помощью RTC со стоимостью 20 (10+10) или с помощью RTB со стоимостью 20 (10+5+5). Если к месту назначения существует несколько путей с одинаковой стоимостью, версия протокола OSPF от Cisco отследит до 6 переходов к этому месту назначения.

После того, как маршрутизатор построит дерево кратчайших путей, он начнет построение соответствующей таблицы маршрутизации. При соединении с сетями с прямым подключением метрика (затраты) равна 0, а при соединении с другими сетями затраты рассчитываются в дереве.

Маршрутизаторы областей и пограничные маршрутизаторы

Как упоминалось ранее, для линий OSPF используется лавинообразная пересылка для обмена состояниями каналов между маршрутизаторами. Любые изменения в информации маршрутизации рассылаются с помощью широковещательной передачи всем маршрутизаторам в сети. Области позволяют установить пределы для извлечения

обновлений состояния канала. Затопление и расчет алгоритма Дейкстра на маршрутизаторе ограничены изменениями внутри области. Все маршрутизаторы в области имеют базу данных точных состояний связи. Маршрутизаторы, которые принадлежат нескольким областям и соединяют эти области с магистральной областью, называются граничными маршрутизаторами области (ABR). Поэтому ABR должны поддерживать информацию, описывающую магистральные и другие примыкающие области.

Область задается для конкретного интерфейса. Маршрутизатор, все интерфейсы которого находятся во внутренней области, называется внутренним маршрутизатором (IR). Маршрутизатор, интерфейсы которого находятся в нескольких областях, называется пограничным маршрутизатором области (ABR). Маршрутизаторы, работающие в качестве шлюзов (перераспределения) между OSPF и другими протоколами маршрутизации (IGRP, EIGRP, IS-IS, RIP, BGP, Static) или другими примерами процесса маршрутизации OSPF, называются маршрутизаторами ASBR (autonomous system boundary router). Любой маршрутизатор может быть ABR или ASBR.

Link-State Packets (пакеты, описывающие состояние каналов)

Существует два типа пакетов состояния каналов, их можно наблюдать в базе данных OSPF (Приложение A). Различные типы показаны на следующей диаграмме:

Как было сказано выше, каналы маршрутизатора являются индикаторами состояний интерфейсов маршрутизатора, принадлежащих к определенной области. Каждый маршрутизатор будет создавать канал маршрутизатора для всех своих интерфейсов. Суммарные каналы генерируются маршрутизаторами ABR. Таким образом данные о достижимости сети распространяются между областями. Обычно вся информация размещается в магистральной (область 0), а с помощью магистральной она передается в другие области. Граничные маршрутизаторы области также имеют задачу распространения достижимости ASBR. Таким образом, маршрутизаторы определяют, как можно выйти на внешние маршруты в других AS.

Сетевые каналы генерируются выделенным маршрутизатором (DR) на сегменте (выделенные маршрутизаторы будут обсуждаться позже). Эта информация сообщает обо всех маршрутизаторах, подключенных к определенному сегменту мультиместного доступа, например, Ethernet, Token Ring и FDDI (а также NBMA).

Внешние каналы свидетельствуют о наличии сетей за пределами AS. Эти каналы вводятся в сеть OSPF путем перераспределения. Задачей ASBR является внедрение этих маршрутов в автономную систему.

Включение OSPF на маршрутизаторе

Включение OSPF на маршрутизаторе предполагает следующие две операции в режиме конфигурации:

Включение процесса OSPF с использованием команды `router ospf <process-id>`.

Назначение областей интерфейсам с помощью команды `network <network or IP address> <mask> <area-id>`.

Идентификатор процесса OSPF — это численное значение, принадлежащее отдельному маршрутизатору. Он не должен совпадать с идентификаторами процессов на других маршрутизаторах. Запуск нескольких процессов OSPF на одном и том же маршрутизаторе возможен, но этого не рекомендуется делать, поскольку в данном случае происходит создание нескольких экземпляров баз данных, добавляющих дополнительную служебную информацию для маршрутизатора.

Сетевая команда – это способ назначения интерфейса определенной области. Маска используется в качестве ярлыка и помогает назначить список интерфейсов области с помощью одной строки конфигурации. Маска содержит шаблон битов, где 0 обозначает совпадение, а 1 обозначает "do not care", например 0.0.255.255 обозначает совпадение первых двух байтов номера сети.

Area-id является номером области, в котором мы хотим, чтобы интерфейс был. Идентификатор области может быть целым числом от 0 до 4294967295, либо иметь вид IP-адреса: A.B.C.D.

Пример:

```
RTA#
interface Ethernet0
ip address 192.213.11.1 255.255.255.0

interface Ethernet1
ip address 192.213.12.2 255.255.255.0

interface Ethernet2
ip address 128.213.1.1 255.255.255.0

router ospf 100
network 192.213.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0
network 128.213.1.1 0.0.0.0 area 23
```

Первая сетевая инструкция помещает интерфейсы E0 и E1 в одну область 0.0.0.0, вторая сетевая инструкция помещает интерфейс E2 в область 23. Обратите внимание на маску 0.0.0.0, которая означает полное совпадение IP-адреса. Это простой способ поместить интерфейс в определенную область, если есть проблемы с вычислением маски.

[Проверка подлинности OSPF](#)

Можно аутентифицировать пакеты OSPF на основе предварительно заданных паролей, что позволяет маршрутизаторам входить в домены маршрутизации. По умолчанию маршрутизатор не выполняет проверку подлинности при обмене данными маршрутизации по сети. Доступны два других метода аутентификации: Простая аутентификация пароля и аутентификация выборки из сообщения MD-5.

[Простая аутентификация с паролем](#)

Простая проверка подлинности пароля позволяет настраивать для каждой области свой пароль (ключ). Маршрутизаторы из одной и той же области, желающие состоять в домене маршрутизации, должны быть настроены с одинаковым ключом. Недостаток этого метода — уязвимость пассивным атакам. Любой человек с анализатором канала мог бы легко получить пароль, прослушав линию. Для включения аутентификации по паролю используйте следующие команды:

[ip ospf authentication-key key \(выполняется под управлением указанного интерфейса\)](#)

[area area-id authentication \(она относится к "router ospf <process-id>"\)](#)

Пример:

```
interface Ethernet0
ip address 10.10.10.10 255.255.255.0
ip ospf authentication-key mypassword

router ospf 10
network 10.10.0.0 0.0.255.255 area 0
area 0 authentication
```

[Проверка подлинности выборки сообщений](#)

Проверка Дайджеста сообщений является криптографической проверкой подлинности. Ключ (пароль) и идентификатор ключа настраиваются для каждого маршрутизатора. Для формирования "выборки сообщений", добавляемой к пакету, маршрутизатор использует алгоритм, использующий пакет OSPF, ключ и идентификатор ключа. В отличие от простой аутентификации, ключ не передается через открытый канал. Неубывающий порядковый номер также включается в каждый пакет OSPF для защиты от атак воспроизведения.

Этот метод также позволяет передачи между ключами без прерываний. Это бесполезно для администраторов, желающих изменить пароль OSPF без обрыва коммуникации. Если для интерфейса использовался новый ключ, то маршрутизатор отправит несколько копий одного и того же пакета, каждый из которых аутентифицирован разными ключами. Маршрутизатор остановит рассылку дублированных пакетов как только обнаружит, что все соседние маршрутизаторы приняли новый ключ. Ниже указаны команды, используемые для аутентификации выборки сообщений:

[ip ospf message-digest-key keyid md5 key \(используется для интерфейса\)](#)

[area area-id authentication message-digest](#) (используемый под "идентификатором <process маршрутизатора ospf>")

Пример:

```
interface Ethernet0
ip address 10.10.10.10 255.255.255.0
ip ospf message-digest-key 10 md5 mypassword

router ospf 10
network 10.10.0.0 0.0.255.255 area 0
area 0 authentication message-digest
```

[Магистраль и зона 0](#)

OSPF имеет особые ограничения, когда включены множественные зоны. Если настроено несколько областей, одна из них должна быть областью 0. Эта область называется магистралью. При разработке сети полезно начинать с области 0 и затем расширять сеть до

других областей.

Магистраль должна быть в центре других областей, т. е. другие области должны быть физически подключены к магистральной. Причина этого в том, что OSPF ожидает от всех областей ввода маршрутной информации в магистраль, которая в ответ распространит эту информацию в других областях. Следующий рисунок показывает поток информации в сети OSPF:

В приведенной выше диаграмме все области напрямую подключены к магистральной. Редко, когда вводится новая область, которая не может иметь прямой физический доступ к магистральной, необходимо настраивать виртуальный канал. Виртуальные ссылки будут обсуждаться в следующем разделе. Отметьте различные типы маршрутной информации. **Маршруты, генерируемые внутри области (назначение относится к области), называются внутриобластными маршрутами.** Эти маршруты как правило отображаются с буквой O в таблице маршрутизации IP. Маршруты, генерируемые в других областях, называются межобластными или суммарными маршрутами. Запись для этих маршрутов: O IA в таблице маршрутизации IP. Маршруты, генерируемые другими протоколами маршрутизации (или другими процессами OSPF) и вводятся в OSPF с помощью перераспределения называются внешними маршрутами. Эти маршруты представлены записями O E2 или O E1 в таблице маршрутизации IP. При наличии нескольких маршрутов к одному пункту назначения подразумевается следующий порядок предпочтения: внутриобластные, межобластные, внешние E1, внешние E2. Описание внешних типов E1 и E2 будет приведено позднее.

Виртуальные каналы

Виртуальные каналы выполняют две функции:

Соединение областей, не имеющих физического подключения к магистральной.

Происходит исправление магистральной в случае неоднородности зоны 0.

Области, физически не связанные с областью 0

Как уже было указано ранее, область 0 должна быть в центре всех других областей. В редких случаях, когда невозможно физически подключить область к магистральной, используется виртуальный канал. Виртуальный канал предоставляет неподключенной области логический путь к магистральной. Виртуальный канал должен создаваться между двумя маршрутизаторами ABR, которые имеют общую область с маршрутизатором ABR, подключенным к магистральной. Это показано на следующем примере:

В этом примере, область 1 не имеет прямого физического подключения к области 0. Виртуальный канал необходимо настроить между RTA и RTB. Область 2 должна использоваться в качестве транзитной области. RTB является точкой входа в область 0. Таким образом RTA и область 1 будут иметь логическое подключение к магистральной. [Чтобы сконфигурировать виртуальный канал, используйте подкоманду OSPF маршрутизатора area <area-id> virtual-link <RID> для RTA и RTB, где area-id – транзитная область.](#) В диаграмме выше, это область 2. RID — идентификатор маршрутизатора. В качестве идентификатора маршрутизатора OSPF как правило используется старший IP-адрес в блоке или самый высокий адрес возвратной петли, если он существует. Идентификатор маршрутизатора вычисляется только во время загрузки или при перезапуске процесса OSPF. [Чтобы найти идентификатор маршрутизатора используйте команду show ip ospf interface.](#) Предположим,

что 1.1.1.1 и 2.2.2.2 — идентификаторы маршрутизаторов RTA и RTB соответственно, конфигурация OSPF для обоих маршрутизаторов будет иметь следующий вид:

```
RTA#  
router ospf 10  
area 2 virtual-link 2.2.2.2
```

```
RTB#  
router ospf 10  
area 2 virtual-link 1.1.1.1
```

Разделение магистральной линии связи

OSPF позволяет связывать дискретные части базовой сети с использованием виртуального канала связи. В некоторых случаях, появляется необходимость связать разные "области 0". Такая необходимость может возникнуть, например, если компания пытается объединить две отдельные сети OSPF в одну сеть с общей областью 0. В других ситуациях виртуальные каналы добавляются для избыточности на случай если отказ маршрутизатора приведет к разделению области 0 на две части. Независимо от причины виртуальный канал может быть настроен между отдельными ABR, граничащими с областью 0 с каждой стороны и имеющими общую область. Это показано на следующем примере:

В представленной выше схеме две области 0s соединены через виртуальный канал. Если общая область не существует, может быть создана дополнительная область, например область 3, для того, чтобы стать транзитной областью.

Если любая область, отличная от магистрали, делится на разделы, то магистраль будет следить за организацией разделов, не используя виртуальные каналы. Одна часть разделенной области будет известна другой области через межобластные маршруты, а не внутриобластные маршруты.

Соседние узлы

Маршрутизаторы с общим сегментом являются соседями в этом сегменте. Соседи выбираются с помощью протокола Hello. Пакеты приветствия отправляются периодически от каждого интерфейса с использованием мультиадресной рассылки IP (Приложение B). Маршрутизаторы становятся смежными, как только они появляются в списке приветственного пакета смежности. Таким образом гарантируется двусторонняя связь. **Согласование соседей применяется только к первичным адресам.** Вторичные адреса можно настроить на интерфейсе, но они должны принадлежать к той же области, что первичный адрес.

Два маршрутизатора не могут стать соседями, если не согласуют следующее:

Код зоны: Два маршрутизатора должны иметь общий сегмент. Их интерфейсы должны принадлежать к одной области этого сегмента. Конечно эти интерфейсы должны относиться к той же подсети и иметь ту же маску.

Authentication: OSPF позволяет выполнять настройку пароля для определенной области. Чтобы стать соседями, маршрутизаторам необходимо переслать друг другу один и тот же пароль в определенном сегменте.

Интервалы приветствия и простоя: OSPF производит обмен пакетами приветствия в каждом сегменте. Эта форма keepalive используется маршрутизаторами, чтобы подтвердить свое существование на сегменте и выбрать выделенный маршрутизатор на многоадресных сегментах. Интервал приветствия указывает период, в секундах, между пакетами приветствия, которые маршрутизатор отправляет на интерфейс OSPF. Пробел – это число секунд, которые пакеты Hello маршрутизатора могут не поступать до того, как соседние устройства объявят об отключении маршрутизатора OSPF.

OSPF требует, чтобы эти интервалы были одинаковыми для соседних узлов. Если какие-либо из указанных интервалов различаются, данные маршрутизаторы не станут соседями на конкретном сегменте. Для установки данных таймеров используются следующие команды интерфейса маршрутизатора: [ip ospf hello-interval секунды и ip ospf dead-interval секунды](#).

Флаг шлейфной зоны: Кроме того, два маршрутизатора должны согласовать флаг шлейфной области в пакетах приветствия, чтобы стать соседями. Шлейфные области будут рассматриваться в одном из следующих разделов. Учтите, что задание шлейфной области влияет на процесс выбора соседа.

Смежности

Смежность является следующим шагом после процесса обнаружения соседей. Смежные маршрутизаторы - это маршрутизаторы, которые не только обмениваются приветствиями, но также переходят к процессу обмена базами данных. Чтобы уменьшить объем информационного обмена в конкретном сегменте, в каждом сегменте множественного доступа OSPF выбирает один маршрутизатор в качестве выделенного маршрутизатора (DR), а другой маршрутизатор - в качестве резервного выделенного маршрутизатора (BDR). Резервный маршрутизатор используется в случае сбоя отмеченного маршрутизатора. Идея, стоящая за этим, заключается в том, что маршрутизаторы имеют центральную точку контактов для обмена сведениями. Вместо обмена обновлениями между маршрутизаторами по принципу "каждый с каждым", все маршрутизаторы обмениваются данными с выделенным маршрутизатором или резервным выделенным маршрутизатором. Выделенный маршрутизатор или резервный выделенный маршрутизатор передают данные остальным маршрутизаторам. Говоря математическим языком, происходит урезание обмена данными от $O(n*n)$ до $O(n)$, где n – число маршрутизаторов в сегменте множественного доступа. Следующая модель маршрутизатора показывает DR и BDR:

На схеме выше все маршрутизаторы совместно используют общий сегмент множественного доступа. В результате обмена пакетами приветствия для одного маршрутизатора выбрана роль DR, а для другого — BDR. Каждый маршрутизатор в сегменте, который уже стал соседом, пытается установить смежное соединение с выделенным (DR) и резервным выделенным маршрутизатором (BDR).

Выбор DR

DR и Выбор BDR сделаны через Протокол приветствия. Пакеты приветствия обмениваются через многоадресные пакеты IP (Приложение B) на каждом сегменте. Маршрутизатор с наибольшим приоритетом OSPF в сегменте станет выделенным маршрутизатором (DR) для этого сегмента. Тот же процесс повторяется и для BDR. В случае конфликта будет выбран маршрутизатор с большим значением RID. Приоритетность OSPF по умолчанию равна 1. Помните, что понятия DR и BDR применяются для каждого сегмента мультитанционного

доступа. [Настройка приоритета ospf на интерфейсе выполняется с помощью команды the ip ospf priority <value> interface.](#)

Нулевое значение приоритета указывает интерфейс, который не может быть выбран как назначенный или резервный маршрутизатор. **Интерфейс с приоритетом 0 будет находиться в состоянии DROTHER.** Следующая схема показывает выбор DR:

На схеме, приведенной выше, у RTA и RTB одинаковый приоритет интерфейса, но у RTB более высокий RID. RTB будет DR на этом сегменте. RTC имеет более высокий приоритет, чем RTB. RTC принимает состояние DR на этом сегменте.

Построение смежности

Процесс создания смежностей вступит в силу после завершения нескольких этапов. Маршрутизаторы, ставшие смежными, будут иметь одинаковую базу данных состояний канала. Ниже приведена краткая сводка состояний, через которые проходит интерфейс до того, как станет смежным для другого маршрутизатора:

_____ **отключен:** Ни от одного узла в сегменте не получено данных.

Попытка: Для нешироковещательных облаков множественного доступа, таких как Frame Relay и X.25, данное состояние показывает, что от соседа не получено никаких новых данных. Усилия должны предприниматься для установки соединения с соседом с помощью отправляемых пакетов приветствия на сниженной скорости PollInterval.

Init: Интерфейс обнаружил пакет приветствия, поступивший от соседнего узла, но двусторонняя связь не была установлена.

Двухсторонний: Существует двунаправленное соединение с соседом. Маршрутизатор увидел себя в пакетах приветствия от соседнего узла. После завершения этого этапа выбор процесса DR и BDR будет выполнен. В конце этого двустороннего этапа маршрутизаторы решают, нужно ли продолжать построение смежности. Это решение основывается на том, является ли один из маршрутизаторов выделенным или резервным выделенным и на том, имеет ли канал тип "точка-точка" или является виртуальным.

Exstart: Маршрутизаторы пытаются установить начальный порядковый номер, который будет использоваться в пакетах обмена данными. Порядковый номер обеспечивает получение маршрутизатором последней информации. Один маршрутизатор станет основным, а второй – дополнительным. Первичный маршрутизатор будет запрашивать данные у вторичного маршрутизатора.

Exchange: Маршрутизаторы опишут их базу данных состояний каналов в целом, отправив пакеты описания базы данных. В этом состоянии может быть выполнена лавинная рассылка пакетов другим интерфейсам маршрутизатора.

Загрузка: В этом состоянии маршрутизаторы выполняют заключительную обработку обмена данными. Маршрутизаторы создали список запросов состояния канала и список повторной передачи состояний канала. Любая информация, которая выглядит как

неполная или устаревшая, будет помещена в список запросов. Все отправляемые обновления будут помещены в список повторной передачи и будут находиться в нем, пока не будут подтверждены.

Полный: На этом этапе установление смежности завершается. Соседние маршрутизаторы являются полностью смежными. Смежные маршрутизаторы имеют схожие базы данных состояний каналов.

Рассмотрим пример:

RTA, RTB, RTD и RTF – общий сегмент (E0) в области 0.0.0.0. Ниже приведены конфигурации RTA и RTF. RTB и RTD должны иметь одинаковую конфигурацию и не будут включены.

```
RTA#
hostname RTA

interface Loopback0
 ip address 203.250.13.41 255.255.255.0

interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

router ospf 10
 network 203.250.13.41 0.0.0.0 area 1
 network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0
```

```
RTF#
hostname RTF
interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.2 255.255.255.0
```

```
router ospf 10
 network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0
```

Вышеупомянутое является простым примером, который демонстрирует несколько команд, которые очень полезны в отладке сетей OSPF.

<interface> [show ip ospf interface](#)

Эта команда является быстрой проверкой, чтобы видеть, принадлежат ли все интерфейсы областям, они, как предполагается, находятся в. Последовательность ввода сетевых команд для протокола OSPF имеет очень важное значение. В конфигурации RTA, если инструкция "network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0" находится перед инструкцией "network 203.250.13.41 0.0.0.0 area 1", все интерфейсы будут в области 0, что неверно, так как возвратная петля находится в области 1. Проанализируем выходные данные команды для RTA, RTF, RTB, and RTD:

```

RTA#show ip ospf interface e0 Ethernet0 is up, line protocol is up Internet Address 203.250.14.1
255.255.255.0, Area 0.0.0.0 Process ID 10, Router ID 203.250.13.41, Network Type BROADCAST,
Cost: 10 Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1 Designated Router (ID) 203.250.15.1,
Interface address 203.250.14.2 Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address
203.250.14.1 Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5 Hello due in
0:00:02 Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 3 Adjacent with neighbor 203.250.15.1
(Designated Router) Loopback0 is up, line protocol is up Internet Address 203.250.13.41
255.255.255.255, Area 1 Process ID 10, Router ID 203.250.13.41, Network Type LOOPBACK, Cost: 1
Loopback interface is treated as a stub Host RTF#show ip ospf interface e0 Ethernet0 is up, line
protocol is up Internet Address 203.250.14.2 255.255.255.0, Area 0.0.0.0 Process ID 10, Router
ID 203.250.15.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10 Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2 Backup Designated router
(ID) 203.250.13.41, Interface address 203.250.14.1 Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40
, Wait 40, Retransmit 5 Hello due in 0:00:08 Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 3
Adjacent with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router)
RTD#show ip ospf interface e0
Ethernet0 is up, line protocol is up Internet Address 203.250.14.4 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
Process ID 10, Router ID 192.208.10.174, Network Type BROADCAST, Cost: 10 Transmit Delay is 1
sec, State DROTHER, Priority 1 Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address
203.250.14.2 Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address 203.250.14.1 Timer
intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5 Hello due in 0:00:03 Neighbor
Count is 3, Adjacent neighbor count is 2 Adjacent with neighbor 203.250.15.1 (Designated Router)
Adjacent with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router)
RTB#show ip ospf interface e0
Ethernet0 is up, line protocol is up Internet Address 203.250.14.3 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
Process ID 10, Router ID 203.250.12.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10 Transmit Delay is 1 sec,
State DROTHER, Priority 1 Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2
Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address 203.250.14.1 Timer intervals
configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5 Hello due in 0:00:03 Neighbor Count is 3,
Adjacent neighbor count is 2 Adjacent with neighbor 203.250.15.1 (Designated Router) Adjacent
with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router)

```

Выходные данные команды, приведенные выше, очень важны. Рассмотрим выходные данные RTA. Ethernet0 в области 0.0.0.0. Идентификатор процесса — 10 (router ospf 10) и идентификатор маршрутизатора — 203.250.13.41. Следует помнить, что RID - самый старший IP-адрес в модуле или на интерфейсе обратной связи; этот адрес определяется во время загрузки или перезапуска процесса OSPF. Интерфейс находится в состоянии BDR. Поскольку у всех маршрутизаторов приоритет OSPF в сети Ethernet равен 0 (по умолчанию 1), интерфейс RTF был выбран в качестве DR по причине более высокого RID. Аналогичным образом RTA выбран в качестве BDR. RTD и RTB не являются назначенными или резервными маршрутизаторами и имеют статус DROTHER.

Также отметьте число соседних и смежных компонентов. RTD имеет три соседних узла и является смежным с двумя из них: DR и BDR. RTF содержит трех соседей и смежно со всеми из них вследствие DR.

Сведения о типе сети важны, они будут определять состояние интерфейса. В таких широкоэвентельных сетях, как Ethernet, выбор DR и BDR должен быть несущественным для конечного пользователя. Не имеет значения, что имеет место – DR или BDR. В других случаях, таких как среда NBMA, например Frame Relay и X.25, становится очень важным правильное функционирование OSPF. К счастью, с появлением субинтерфейсов "точка-точка" и "точка-много точек", выбор DR больше не является проблемой. Использование OSPF поверх NBMA будет рассматриваться в следующем разделе.

Другая команда, которую необходимо рассмотреть:

[show ip ospf neighbor](#)

Рассмотрим выходные данные RTA:

```
RTD#show ip ospf neighbor Neighbor ID Pri State Dead Time Address Interface 203.250.12.1 1
2WAY/DROTHER 0:00:37 203.250.14.3 Ethernet0 203.250.15.1 1 FULL/DR 0:00:36 203.250.14.2
Ethernet0 203.250.13.41 1 FULL/BDR 0:00:34 203.250.14.1 Ethernet0
```

Команда `show ip ospf neighbor` показывает статус всех соседей в заданном сегменте. Не беспокойтесь, если "Neighbor ID" не принадлежит рассматриваемому сегменту. В нашем случае 203.250.12.1 и 203.250.15.1 не входят в Ethernet0. Это нормально, т. к. "Neighbor ID" представляет собой RID, который может быть любым IP-адресом в окне. RTD и RTB — только соседи, поэтому их состояние — 2WAY/DROTHER. RTD является смежным к RTA и RTF, а состояние – FULL/DR и FULL/BDR.

[Окрестности на интерфейсах точка-точка](#)

Для протокола OSPF всегда устанавливается смежное соединение с соседом на противоположной стороне интерфейса типа "точка-точка", например линии последовательной передачи типа "точка-точка". Понятия DR или BDR отсутствуют. Состояние последовательных интерфейсов – двухточечное.

[Смежность в сетях нешироковещательного множественного доступа \(NBMA\)](#)

Специальное обслуживание должно быть взято при настройке OSPF по мультимедийному нешироковещательному медиуму, такой как Frame Relay, X.25, ATM. Протокол воспринимает эти среды как обычную ширококовещательную среду, например Ethernet. Облака NBMA обычно строятся с помощью концентраторов и топологии звезды. PVC или SVC размещены в частичной сети и физическая топология не предоставляет множественный доступ, который OSPF считает там отсутствующим. Выбор DR становится проблематичным, поскольку DR и BDR должны иметь полную возможность физического подключения ко всем маршрутизаторам облака. Также, из-за нехватки возможностей ширококовещания, DR и BDR должны иметь статический список всех других маршрутизаторов, подключенных к облаку. [Это достигается с помощью команды neighbor ip-address\[priority number\] \[poll-interval seconds\] , где "ip-address" и "priority" — IP-адрес и приоритет OSPF, присвоенный соседу.](#)

Окружение с приоритетом 0 рассматривается как неподходящее для DR голосования. "Интервал опроса" – это промежуток времени, в течение которого интерфейс NBMA ожидает начала опроса (отправки пакета приветствия) соседнего узла, который, вероятно, является отключенным. Команда `neighbor` применяется к маршрутизаторам, которые потенциально могут быть маршрутизаторами DR или BDR (значение приоритета интерфейса не равняется 0). Ниже показан сетевой график, когда выбор DR очень важен:

В диаграмме выше очень важно, чтобы интерфейс RTA мог быть выбран маршрутизатором DR. Это связано с тем, что RTA — единственный маршрутизатор с полноценным подключением к другим маршрутизаторам. На выбор DR может повлиять установка на интерфейсах приоритета `ospf`. Маршрутизаторы, которые не должны становиться DR или BDR будут иметь приоритет 0, другие маршрутизаторы могут иметь более низкий приоритет.

[Использование команды neighbor не будет подробно рассматриваться в этом документе, так новые способы настройки типа сети для интерфейса, которые не зависят от базовой физической среды, делают эту команду ненужной.](#) Это объяснено в следующем разделе.

Предотвращение использования назначенных маршрутизаторов и команды neighbor для адресов NBMA

Для того, чтобы избежать усложнения настроек статических соседей и превращения определенных маршрутизаторов в DR или BDR в не широковещательном облаке, можно использовать различные методы. Выбор используемого способа зависит от того, организуется ли новая сеть или модифицируется существующая.

Подчиненные интерфейсы "точка-точка"

Подчиненный интерфейс – это логический способ определения интерфейса. Один физический интерфейс можно разделить на несколько логических; при этом каждый подчиненный интерфейс можно определить как соединение "точка-точка". Первоначально эта возможность предназначалась для более эффективного решения проблем, связанных с разделением горизонтов NBMA и векторными протоколами маршрутизации.

Подинтерфейс типа "точка-точка" имеет такие же параметры, как и любой другой физический интерфейс типа "точка-точка". Что касается протокола OSPF, смежность всегда формируется через подчиненный интерфейс точка-точка без выбора DR или BDR. Ниже представлена иллюстрация подчиненных интерфейсов точка-точка:

В диаграмме выше в интерфейсе RTA мы можем разделить "Serial 0" на два субинтерфейса "точка-точка", S0.1 и S0.2. Таким образом, OSPF будет считать, что облако настроено как набор каналов типа "точка-точка", а не как одна сеть с множественным доступом. Единственный недостаток интерфейса "точка-точка" - принадлежность каждого сегмента отдельной подсети. Это может быть неприемлемо, если администраторы уже назначили одну подсеть всему облаку.

Другой обходной путь – использовать ненумерованные интерфейсы IP на облаке. Это также может быть проблемой для некоторых администраторов, управляющих WAN на основе IP-адресов линий последовательной передачи. Ниже приведена типичная конфигурация для RTA и RTB:

RTA#

```
interface Serial 0
  no ip address
  encapsulation frame-relay

interface Serial0.1 point-to-point
  ip address 128.213.63.6 255.255.252.0
  frame-relay interface-dlci 20

interface Serial0.2 point-to-point
  ip address 128.213.64.6 255.255.252.0
  frame-relay interface-dlci 30

router ospf 10
network 128.213.0.0 0.0.255.255 area 1
```

RTB#


```
interface Serial 0
  no ip address
  encapsulation frame-relay

interface Serial0.1 point-to-point
  ip address 128.213.63.5 255.255.252.0
  frame-relay interface-dlci 40

interface Serial1
  ip address 123.212.1.1 255.255.255.0

router ospf 10
  network 128.213.0.0 0.0.255.255 area 1
  network 123.212.0.0 0.0.255.255 area 0
```

Выбор типов сетевых интерфейсов

Для установления типа сети интерфейса OSPF используется следующая команда:

```
ip ospf network {broadcast | non-broadcast | point-to-multipoint}
```

Многоадресный интерфейс (точка-многие точки)

Многоадресный интерфейс (точка-многие точки) OSPF определен как пронумерованный интерфейс точка-точка, имеющий один или несколько соседних узлов. Эта концепция - следующий этап рассмотренной выше концепции организации соединения типа "точка-точка". Администраторам не стоит беспокоиться о наличии нескольких подсетей для каждого канала связи "точка-точка". Облако настроено как одна подсеть. Этот способ подойдет для перехода на концепцию "точка-точка" без изменения IP-адресации в облаке. Им также не придется беспокоиться о DR и соседних инструкциях. OSPF работает путем обмена дополнительных обновлений о состоянии канала связи, в котором указано количество информационных элементов, описывающих возможность соединения с соседними маршрутизаторами.

RTA#

```
interface Loopback0
  ip address 200.200.10.1 255.255.255.0
```

```
interface Serial0
  ip address 128.213.10.1 255.255.255.0
  encapsulation frame-relay
  ip ospf network point-to-multipoint
```

```
router ospf 10
  network 128.213.0.0 0.0.255.255 area 1
```

RTB#

```
interface Serial0
  ip address 128.213.10.2 255.255.255.0
  encapsulation frame-relay
  ip ospf network point-to-multipoint
```

```

interface Serial1
 ip address 123.212.1.1 255.255.255.0

router ospf 10
network 128.213.0.0 0.0.255.255 area 1
network 123.212.0.0 0.0.255.255 area 0

```

Обратите внимание, что статические инструкции карты Frame Relay не были настроены. Это связано с тем, что сопоставление адресов DLCI и IP выполняется ARP. Рассмотрим команду **show ip ospf interface** и выходные данные команды **show ip ospf route**:

```

RTA#show ip ospf interface s0 Serial0 is up, line protocol is up Internet Address 128.213.10.1
255.255.255.0, Area 0 Process ID 10, Router ID 200.200.10.1, Network Type POINT_TO_MULTIPOINT,
Cost: 64 Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_MULTIPOINT, Timer intervals configured, Hello
30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5 Hello due in 0:00:04 Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor
count is 2 Adjacent with neighbor 195.211.10.174 Adjacent with neighbor 128.213.63.130 RTA#show
ip ospf neighbor Neighbor ID Pri State Dead Time Address Interface 128.213.10.3 1 FULL/ -
0:01:35 128.213.10.3 Serial0 128.213.10.2 1 FULL/ - 0:01:44 128.213.10.2 Serial0 RTB#show ip
ospf interface s0 Serial0 is up, line protocol is up Internet Address 128.213.10.2
255.255.255.0, Area 0 Process ID 10, Router ID 128.213.10.2, Network Type POINT_TO_MULTIPOINT,
Cost: 64 Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_MULTIPOINT, Timer intervals configured, Hello
30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5 Hello due in 0:00:14 Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor
count is 1 Adjacent with neighbor 200.200.10.1 RTB#show ip ospf neighbor Neighbor ID Pri State
Dead Time Address Interface 200.200.10.1 1 FULL/ - 0:01:52 128.213.10.1 Serial0

```

Единственный недостаток многоадресного соединения "точка-много точек" состоит в том, что он создается маршрутизаторы нескольких хостов (маршруты с маской 255.255.255.255) для всех соседей. Обратите внимание на хост-маршруты в следующей таблице IP-маршрутизации для RTB:

```

RTB#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 200.200.10.0 255.255.255.255 is subnetted, 1 subnets O
200.200.10.1 [110/65] via 128.213.10.1, Serial0 128.213.0.0 is variably subnetted, 3 subnets, 2
masks O 128.213.10.3 255.255.255.255 [110/128] via 128.213.10.1, 00:00:00, Serial0 O
128.213.10.1 255.255.255.255 [110/64] via 128.213.10.1, 00:00:00, Serial0 C 128.213.10.0
255.255.255.0 is directly connected, Serial0 123.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets C
123.212.1.0 is directly connected, Serial1 RTC#show ip route 200.200.10.0 255.255.255.255 is
subnetted, 1 subnets O 200.200.10.1 [110/65] via 128.213.10.1, Serial1 128.213.0.0 is variably
subnetted, 4 subnets, 2 masks O 128.213.10.2 255.255.255.255 [110/128] via 128.213.10.1, Serial1
O 128.213.10.1 255.255.255.255 [110/64] via 128.213.10.1, Serial1 C 128.213.10.0 255.255.255.0
is directly connected, Serial1 123.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets O 123.212.1.0
[110/192] via 128.213.10.1, 00:14:29, Serial1

```

Обратите внимание, что в таблице IP-маршрутизации RTC сеть 123.212.1.0 доступна после следующего узла 128.213.10.1, а не после 128.213.10.2, как это обычно бывает в облаках Frame Relay с общей подсетью. Это является одним из преимуществ многоточечной конфигурации, так как не требуется выполнять повторную сортировку, чтобы статическое отображение на RTC могло достичь следующего перехода 128.213.10.2.

Интерфейс, поддерживающий широковещательные сообщения

Этот подход заменяет использование команды **neighbor**, в которой статически перечисляются все существующие соседи. Интерфейс будет логически настроен на широковещательную рассылку и будет работать так, как если бы маршрутизатор был

подключен к ЛВС. Выбор DR и BDR все равно будет выполняться, поэтому следует обеспечить использование либо полносвязной топологии, либо статического выбора DR на основе приоритета интерфейсов. Команда, настраивающая интерфейс на широковещание:

```
ip ospf network broadcast
```

OSPF и уплотнение маршрута

Суммирование — это объединение нескольких маршрутов в одном объявлении. Как правило, эта операция выполняется на пограничных маршрутизаторах области (ABR). Хотя суммирование можно настроить между двумя любыми зонами, предпочтительнее выполнять суммирование в направлении магистрали. Таким образом магистраль получит все агрегированные адреса и, в свою очередь, введет суммированные адреса в другие области. Поддерживаются два типа суммирования:

Объединение межобластных маршрутов

Объединение внешних маршрутов

Объединение межобластных маршрутов

Сведение маршрутов между зонами выполняется на ABR и относится к маршрутам внутри AS. Это не применяется к внешним путям, включенным в OSPF через перераспределение. Для эффективного использования суммирования в областях необходимо назначить непрерывные номера сети. Это позволит объединять такие адреса в диапазоны. Чтобы задать диапазон адресов, выполните следующую задачу в режиме конфигурации маршрутизатора:

```
area area-id range address mask
```

Где "area-id" – это область, содержащая сети, которые объединяются. "address" и "mask" — это диапазоны адресов, которые необходимо суммировать в одном диапазоне. Пример сбора сведений о сети:

На приведенной выше диаграмме RTB суммирует диапазоны подсетей от 128.213.64.0 до 128.213.95.0 в один диапазон: 128.213.64.0 255.255.224.0. Это достигается путем применения маски 255.255.224.0 к трем крайним левым битам 64. Аналогичным образом RTC генерирует суммарный адрес 128.213.96.0 255.255.224.0 для магистрали. Следует заметить, что данное суммирование успешно потому, что имеется два отдельных интервала подсетей, 64-95 и 96-127.

Это суммирование было бы сложным, если бы подсети между областями 1 и 2 перекрывались. Магистральная область получила бы перекрывающиеся суммарные диапазоны и маршрутизаторы в центре не знали бы, куда отправлять трафик, основываясь на суммарных адресах.

Ниже приведена сравнительная конфигурация RTB:

```
RTB#  
router ospf 100  
area 1 range 128.213.64.0 255.255.224.0
```

До выхода программного обеспечения Cisco IOS® 12.1(6) мы рекомендовали вручную настраивать защитный маршрут для суммарных адресов на ABR, чтобы предотвратить возможное появления петель маршрутизации. Для суммарного маршрута, изображенного выше, можно использовать команду:

```
ip route 128.213.64.0 255.255.224.0 null0
```

В IOS версии 12.1(6) и выше отвергаемый маршрут генерируется автоматически по умолчанию. Если по какой-либо причине вы не хотите использовать данный маршрут сброса, можно настроить следующие команды под командой `router ospf`:

```
[no] discard-route internal  
или
```

```
[no] discard-route external
```

Примечание о расчете метрики суммарного адреса: [Стандарт RFC 1583 применяется для расчета метрик суммарных маршрутов на основе минимальных метрик путей компонентов.](#)

[Стандарт RFC 2178 \(больше не используется, заменен на RFC 2328 \)](#) изменял указанный метод расчета метрик для суммарных маршрутов, стоимость суммированного маршрута определялась максимальной стоимостью компонента этого маршрута.

[До выхода IOS 12.0 продукты Cisco соответствовали актуальному на тот момент стандарту RFC 1583 . С выходом IOS 12.0 компания Cisco изменила режим работы OSPF в соответствии с новым стандартом RFC 2328 .](#) В результате появилась вероятность субоптимальной маршрутизации в случае, если код всех ABR в области не был обновлен одновременно. [Для решения этой потенциальной проблемы в OSPF-конфигурацию Cisco IOS была добавлена команда, позволяющая выборочно отключать совместимость с RFC 2328.](#) Новая команда конфигурации расположена ниже команды "router ospf" и имеет следующий синтаксис:

```
[no] compatible rfc1583
```

[Настройка по умолчанию совместима с RFC 1583.](#) Команда доступна в следующих версиях IOS:

12.1 (03) DC

12.1 (03) ДБ

12.001 (001.003) - 12.1 Магистралей

12.1(01.03)Т - 12.1 T-Train

12.000(010.004) – версия 12.0 Mainline

12.1 (01.03) Е - 12.1 электронных Серий

12.1 (01.03) EC

12.0 (10.05) W05 (18.00.10)

12.0 (10.05) SC

Объединение внешних маршрутов

Суммирование внешних маршрутов применимо к внешним маршрутам, введенным в OSPF через перераспределение. Также проверьте, что внешние диапазоны, которые суммируются, непрерывны. Суммирование перекрывающихся диапазонов двух разных маршрутов может привести к отправке пакетов не по назначению. [Суммирование проведено при помощи следующей подкоманды `router ospf`:](#)

`summary-address ip-address mask`

Эта команда эффективна только для периферийных маршрутизаторов автономной системы, выполняющих перераспределение по протоколу OSPF.

Диаграмма выше показывает, как RTA и RTD вносят внешние маршруты в OSPF при помощи повторного распространения. RTA вводит подсети в диапазоне 128.213.64-95 и RTD вводит подсети в диапазоне 128.213.96-127. Чтобы суммировать подсети в один диапазон на каждом маршрутизаторе надо выполнить следующие действия:

```
RTA#  
router ospf 100  
summary-address 128.213.64.0 255.255.224.0  
redistribute bgp 50 metric 1000 subnets
```

```
RTD#  
router ospf 100  
summary-address 128.213.96.0 255.255.224.0  
redistribute bgp 20 metric 1000 subnets
```

Это приведет к тому, что RTA создаст один внешний маршрут 128.213.64.0 255.255.224.0 и RTD создаст 128.213.96.0 255.255.224.0.

Имейте в виду, что команда `summary-address` при использовании на RTB не действует, поскольку RTB не выполняет перераспределение в OSPF.

Шлейфные зоны

OSPF позволяет настроить некоторые области в качестве изолированных областей. Внешние сети (например, перераспределенные с различных протоколов в OSPF) не допускаются в шлейфную зону. Маршрутизация из этих областей во внешние сети выполняется на основе маршрута по умолчанию. Настройка конфигурации изолированной области сокращает размер топологической базы данных внутри области и требования к памяти маршрутизатора внутри области.

Область можно считать шлейфной, если имеется единая точка выхода из этой области или если маршрутизация за пределы этой области не имеет оптимального пути. Последнее описание – это просто указание на то, что тупиковая область с несколькими точками выхода

будет иметь один или несколько пограничных маршрутизаторов области, вводящих маршрут по умолчанию в данную область. Маршрутизация во внешний мир должна иметь суб-оптимальный путь для достижения места назначения путем выхода из зоны через точку выхода, которая находится дальше до места назначения по сравнению с другими точками выхода.

Другие ограничения: шлейфную зону нельзя использовать в качестве транзитной области для виртуальных каналов. Кроме того, ASBR не может быть внутренним для изолированной области. Такие ограничения накладываются потому, что тупиковая зона, как правило, настраивается с запретом на передачу внешних маршрутов, а любая из вышеописанных ситуаций вызывает ввод внешних каналов в эту зону. Безусловно, магистраль нельзя настроить в качестве шлейфной области.

Все маршрутизаторы OSPF внутри шлейфной области должны быть настроены как шлейфные маршрутизаторы. Это потому, что всякий раз когда область сконфигурирована как заглушка, все интерфейсы, принадлежащие этой области, начинают обмениваться пакетами приветствия с флагом, означающим, что этот интерфейс – заглушка. На самом деле флаг — это бит в пакете приветствия (бит E), установленный в значение 0. Все маршрутизаторы, имеющие общий сегмент, должны согласовать этот флаг. Если маршрутизаторы этого не сделают, они не станут соседями и маршрутизация не будет действовать.

Расширения для шлейфной зоны носят название "абсолютно плотных областей". Cisco указывает на это с помощью добавления ключевого слова "no-summary" в конфигурацию изолированной области. Полностью шлейфная область — это область, в которой заблокирован ввод внешних и суммированных маршрутов (межобластных маршрутов). Таким образом, внутренние маршруты и стандартный для 0.0.0.0 являются единственными маршрутами, включёнными в эту область.

Команда, настраивающая область как шлейфную:

```
<area-id> [no-summary]
```

команда, которая настраивает стоимость по умолчанию для области:

```
area-id
```

Если затраты не установлены при помощи вышеуказанной команды, затраты 1 будут указаны ABR.

Предположим, что область 2 настроена в качестве шлейфной зоны. В следующем примере показана таблица маршрутизации RTE перед настройкой области 2 как тупика и после нее.

RTC#

```
interface Ethernet 0
  ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

interface Serial1
  ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
```

```
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C
203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1,
00:06:31, Serial0 128.213.0.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks O E2 128.213.64.0
255.255.192.0 [110/10] via 203.250.15.1, 00:00:29, Serial0 O IA 128.213.63.0 255.255.255.252
[110/84] via 203.250.15.1, 00:03:57, Serial0 131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets
O 131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:10, Serial0
```

RTE запомнил межобластные маршруты (O IA) 203.250.14.0 и 128.213.63.0, а также внутриобластной маршрут (O) 131.108.79.208 и внешний маршрут (O E2) 128.213.64.0.

Для настройки области 2 в качестве шлейфной нужно выполнить следующее:

RTC#

```
interface Ethernet 0
 ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
 network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
 area 2 stub
```

RTE#

```
interface Serial1
 ip address 203.250.15.2 255.255.255.252
router ospf 10
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
 area 2 stub
```

Имейте в виду, что команда stub настроена также на RTE, в противном случае RTE никогда не станет соседом RTC. Затраты по умолчанию не установлены, поэтому RTC будет объявлять 0.0.0.0 на RTE с метрикой 1.

```
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is 203.250.15.1 to network 0.0.0.0 203.250.15.0 255.255.255.252
is subnetted, 1 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74]
via 203.250.15.1, 00:26:58, Serial0 128.213.0.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets O IA
128.213.63.0 [110/84] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0 131.108.0.0 255.255.255.240 is
subnetted, 1 subnets O 131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0 O*IA 0.0.0.0
0.0.0.0 [110/65] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0
```

Обратите внимание, что были обнаружены все маршруты, кроме внешних, которые были заменены на маршрут по умолчанию 0.0.0.0. Стоимость маршрута — 65 (64 для канала T1 + 1 в соответствии с объявлением RTC).

Теперь настроим область 2, чтобы она была абсолютно тупиковой, и изменим стоимость по

умолчанию с 0.0.0.0 на 10.

RTC#

```
interface Ethernet 0
  ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

interface Serial1
  ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
  area 2 stub no-summary
  area 2 default cost 10
```

```
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C
203.250.15.0 is directly connected, Serial0 131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets
O 131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:31:27, Serial0 O*IA 0.0.0.0 0.0.0.0 [110/74] via
203.250.15.1, 00:00:00, Serial0
```

Заметьте, что единственные маршруты, которые выделяются, это внутриобластные маршруты (O) и маршрут по умолчанию 0.0.0.0. Внешние и внутренние маршрутизаторы были заблокированы. Затраты маршрута по умолчанию составляют теперь 74 (64 для линии T1 + 10, объявленной RTC). В этом случае на RTE конфигурация не нужна. **Эта область уже является тупиковой, поэтому команда no-summary не оказывает влияния на пакет приветствия, в отличие от команды stub.**

[Перераспределение маршрутов в OSPF](#)

Перераспределение маршрутизаторов в OSPF из других протоколов маршрутизации или из статики приведет к тому, что эти маршрутизаторы станут внешними маршрутизаторами OSPF. Чтобы перераспределить маршруты в OSPF, используйте следующую команду в режиме конфигурации маршрутизатора:

```
redistribute protocol [process-id] [metric value] [metric-type value] [route-map map-tag]
[subnets]
```

Примечание: Указанная выше команда должна быть на одной строке.

"protocol" и "process-id" — это протокол, который необходимо ввести в OSPF, и его идентификатор процесса, если он существует. Метрика – это стоимость, которая назначается внешнему маршруту. Если метрика не указана, OSPF будет использовать значение по умолчанию 20 при перераспределении маршрутов от всех протоколов, кроме BGP, которым назначается метрика 1. Параметр "metric-type" рассматривается в следующем параграфе.

Схема маршрутов - это метод, используемый для управления перераспределением маршрутов между доменами маршрутизации. Формат карты маршрутов приведен ниже:

`route-map map-tag [[permit | deny] | [sequence-number]]`

Во время перераспределения маршрутов в OSPF перераспределяются только маршруты, не разбитые на подсетей, если не указано ключевое слово подсети.

Сравнение внешних маршрутов E1 и E2

Внешние маршруты подпадают под две категории, внешний тип 1 и внешний тип 2. Различие между этими двумя находится в способе, которым вычисляется стоимость (метрика) маршрута. Затраты маршрута типа 2 будут внешними независимо от внутренних затрат на доступ к маршруту. Стоимость типа 1 является суммой внешней стоимости и внутренней стоимости, необходимой для достижения этого маршрута. Маршрут типа 1 всегда предпочтительнее, чем маршрут типа 2 для того же пункта назначения. Это иллюстрируется следующей схемой:

Как показано на рисунке выше, RTA осуществляет перераспределение двух внешних маршрутов по протоколу OSPF. N1 и N2 имеют внешнюю стоимость x. Разница только в том, что N1 перераспределен в OSPF с метрикой типа 1 и N2 перераспределен с метрикой типа 2. Если мы проследим маршруты от области 1 к области 0, стоимость доступа к N2 с точки зрения RTB или RTC всегда будет равна x. Внутренняя стоимость маршрута не учитывается. С другой стороны, затраты на достижение N1 увеличиваются на внутренние затраты. Нагрузка $x+y$ с перспективы RTB и $x+z$ с перспективы RTC.

Если оба внешних маршрута относятся к типу 2 и внешняя стоимость достижения сети назначения одинакова, то в качестве оптимального пути выбирается путь с наименьшей стоимостью достижения ASBR.

Если не указано иное, то внешним маршруты по умолчанию представляют внешний тип 2.

Предположим, что добавлено два статических маршрута, ведущих к E0 на RTC: 16.16.16.0 255.255.255.0 (запись /24 указывает на использование 24-битной маски начиная с крайней левой группы) и 128.213.0.0 255.255.0.0. Далее показано различное поведение в зависимости от параметров, используемых в команде redistribute для RTC:

```
RTC#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.2 255.255.255.0

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
 redistribute static network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2 network 203.250.14.0 0.0.0.255 area
0 ip route 16.16.16.0 255.255.255.0 Ethernet0 ip route 128.213.0.0 255.255.0.0 Ethernet0 RTE#
interface Serial0 ip address 203.250.15.2 255.255.255.252 router ospf 10 network 203.250.15.0
0.0.0.255 area 2
```

Выходные данные команды show ip route на RTE:

```
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C
203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1,
00:02:31, Serial0 O E2 128.213.0.0 [110/20] via 203.250.15.1, 00:02:32, Serial0
```

Обратите внимание, что отобразился только внешний маршрут 128.213.0.0, поскольку мы не использовали ключевое слово subnet. Помните, что если ключевое слово subnet не используется, будут перераспределены только домены без подсетей. В нашем случае, 16.16.16.0 является маршрутизатором класса А, который находится в подсети и не был перераспределен. Поскольку ключевое слово метрики не используется (или выражение метрики по умолчанию под маршрутизатором OSPF), затраты во внешнем маршрутизаторе составляют 20 (по умолчанию 1 для BGP). При использовании следующего выражения:

```
redistribute static metric 50 subnets RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is not set 16.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets O E2 16.16.16.0 [110/50] via 203.250.15.1, 00:00:02, Serial0 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:02, Serial0 O E2 128.213.0.0 [110/50] via 203.250.15.1, 00:00:02, Serial0
```

Обратите внимание, что теперь 16.16.16.0 отображается и стоимость внешних маршрутов равна 50. Поскольку внешние маршруты имеют тип 2 (E2), внутренняя стоимость не прибавляется. Предположим, что мы изменили тип на E1:

```
redistribute static metric 50 metric-type 1 subnets RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is not set 16.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets O E1 16.16.16.0 [110/114] via 203.250.15.1, 00:04:20, Serial0 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:09:41, Serial0 O E1 128.213.0.0 [110/114] via 203.250.15.1, 00:04:21, Serial0
```

Обратите внимание, что тип изменился на E1, а стоимость возросла на сумму внутренних затрат S0, которая составляет 64, общая стоимость составляет 64+50=114.

Предположим, что мы добавили карту маршрутов к конфигурации RTC, результат:

```
RTC#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.2 255.255.255.0

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
 redistribute static metric 50 metric-type 1 subnets route-map STOPUPDATE network 203.250.15.0
0.0.0.255 area 2 network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0 ip route 16.16.16.0 255.255.255.0
Ethernet0 ip route 128.213.0.0 255.255.0.0 Ethernet0 access-list 1 permit 128.213.0.0
0.0.255.255 route-map STOPUPDATE permit 10 match ip address 1
```

Карта маршрутов разрешит перераспределение в OSPF только для 128.213.0.0 и отклонит другие маршруты. По этой причине адрес 16.16.16.0 более не отображается в таблице маршрутизации RTE.

```
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
```

```
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial0 O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:04, Serial0 O E1 128.213.0.0 [110/114] via 203.250.15.1, 00:00:05, Serial0
```

Перераспределение трафика протокола OSPF в другие протоколы

Используйте правильную метрику

Всякий раз, когда происходит преобразование OSPF в другие протоколы, нужно соблюдать правила этих протоколов. Это значит, что применяемая метрика должна соответствовать метрике, используемой данным протоколом. Например, метрика RIP представляет собой счетчик переходов в диапазоне от 1 до 16, где значение 1 соответствует сети, расположенной на расстоянии одного перехода, а 16 – соответствует недостижимой сети. С другой стороны, IGRP и EIGRP требуют наличия метрики следующего вида:

`default-metric bandwidth delay reliability loading mtu`

VLSM

Также см. VLSM (Руководство по маскам подсети переменной длины)(Приложение С). OSPF может переносить информацию нескольких подсетей одной основной сети, но другие протоколы, такие как RIP и IGRP (EIGRP поддерживает VLSM) не могут. Если та же основная сеть пересекает границы доменов OSPF и RIP, сведения VLSM, которые передаются в RIP или IGRP, будут потеряны, а статические маршруты необходимо будет настроить в доменах RIP или IGRP. Следующий пример поясняет эту проблему:

В приведенной выше диаграмме RTE использует OSPF, а RTA использует RIP. RTC выполняет перераспределение между этими двумя протоколами. Проблема в том, что сеть класса C 203.250.15.0 является переменной подсетью, она имеет две разные маски — 255.255.255.252 и 255.255.255.192. Здесь показана конфигурация и таблицы маршрутизации RTE и RTA:

```
RTA#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192
router rip
 network 203.250.15.0
RTC#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252
router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0
router rip
 redistribute ospf 10 metric 2
 network 203.250.15.0
```

```
RTE#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 203.250.15.0 255.255.255.252 is directly connected, Serial0 O 203.250.15.64 255.255.255.192
[110/74] via 203.250.15.1, 00:15:55, Serial0 RTA#show ip route Codes: C - connected, S - static,
I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter
area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-
1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0
255.255.255.192 is subnetted, 1 subnets C 203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0
```

Обратите внимание, что RTE определяет наличие двух подсетей в сети 203.250.15.0, тогда как RTA видит только одну сеть, настроенную в интерфейсе. Сведения о подсети 203.250.15.0 255.255.255.252 потеряны в домене протокола RIP. Чтобы достичь этой подсети необходимо настроить статический маршрут в RTA:

```
RTA#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192
router rip
 network 203.250.15.0

ip route 203.250.15.0 255.255.255.0 203.250.15.67
```

Таким способом RTA сможет получить доступ к другим подсетям.

Обоюдное перераспределение

Обоюдные перераспределения между протоколами должны выполняться крайне осторожно. Неправильность конфигурации может привести к потенциальному образованию контуров передающейся информации. Эмпирическое правило для взаимной маршрутизации заключается в следующем: не позволяйте данным, полученным из протокола, возвращаться (вводиться) в этот протокол. Пассивные интерфейсы и списки распределения следует применять на перераспределяющих маршрутизаторах. Фильтрация данных с помощью протоколов на основе состояния канала, таких как OSPF, — сложная задача. Список распределения используется на ASBR для фильтрации перераспределенных маршрутов в другие протоколы. Команда `distribute-list in` работает на любом маршрутизаторе, чтобы запретить размещение маршрутов в таблице маршрутизации. Однако она не препятствует передаче пакетов с информацией о состоянии канала; для нисходящих маршрутизаторов должны существовать маршруты. Рекомендуется избегать фильтрования OSPF, если для предотвращения петель можно применить фильтры в других протоколах.

Чтобы проиллюстрировать это, предположим, что RTA, RTC и RTE работают с протоколом RIP. RTC и RTA также используют OSPF. RTC и RTA выполняют перераспределение между RIP и OSPF. Предположим, вы не хотите внедрять RIP, исходящий от RTE, в OSPF-домен, поэтому вы назначаете для RIP пассивный интерфейс на E0 от RTC. Однако вы разрешили вставить RIP от RTA в OSPF. Результат:

Примечание: Не используйте следующую конфигурацию.

```
RTE#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.130 255.255.255.192
```

```
interface Serial0
 ip address 203.250.15.2 255.255.255.192

router rip
 network 203.250.15.0
```

RTC#

```
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.192

router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0

router rip
 redistribute ospf 10 metric 2
 passive-interface Ethernet0
 network 203.250.15.0
```

RTA#

```
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192

router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0

router rip
 redistribute ospf 10 metric 1
 network 203.250.15.0
```

```
RTC#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 4 subnets C
203.250.15.0 is directly connected, Serial1 C 203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0 R
203.250.15.128 [120/1] via 203.250.15.68, 00:01:08, Ethernet0 [120/1] via 203.250.15.2,
00:00:11, Serial1 O 203.250.15.192 [110/20] via 203.250.15.68, 00:21:41, Ethernet0
```

Обратите внимание, что RTC может достичь подсети 203.250.15.128 по двум путям: Serial 1 и Ethernet 0 (E0 — очевидно, неверный путь). Это произошло, поскольку RTC передал эту запись RTA по OSPF и RTA вернул ее по RIP, т. к. изучил ее не с помощью RIP. В этом примере показаны циклы очень маленького масштаба, которые могут возникнуть

вследствие неправильной конфигурации. В крупных сетях такая ситуация еще более усугублена.

Чтобы исправить ситуацию в нашем примере, можно запретить отправку данных RIP в Ethernet (RTA) через пассивный интерфейс. Этот способ может быть неприменим, если некоторые маршрутизаторы Ethernet поддерживают только RIP. В этом случае можно разрешить RTC отправлять данные RIP в Ethernet. Таким образом RTA не будет отправлять их назад в канал из-за разделения горизонта (этот способ может не работать в среде NBMA с отключенным разделением горизонта). Разделение горизонтов не допускает отправку обновлений обратно в тот же интерфейс, из которого они были получены (по тому же протоколу). Другой надежный метод – использование списков распределения на RTA для запрета возврата подсетей, полученных по протоколу OSPF, в RIP на Ethernet. Воспользуемся последним методом:

```
RTA#  
  interface Ethernet0  
    ip address 203.250.15.68 255.255.255.192  
  
router ospf 10  
  redistribute rip metric 10 subnets  
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0  
  
router rip  
  redistribute ospf 10 metric 1  
  network 203.250.15.0  
  distribute-list 1 out ospf 10
```

А выходные данные таблицы маршрутов RTC будут такими:

```
RTF#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -  
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF  
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate  
default Gateway of last resort is not set 203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 4 subnets C  
203.250.15.0 is directly connected, Serial1 C 203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0 R  
203.250.15.128 [120/1] via 203.250.15.2, 00:00:19, Serial1 O 203.250.15.192 [110/20] via  
203.250.15.68, 00:21:41, Ethernet0
```

[Добавление стандартных параметров в OSPF](#)

Граничный маршрутизатор автономной системы (ASBR) можно заставить сформировать маршрут по умолчанию в домен OSPF. Как было описано выше, маршрутизатор становится ASBR при каждом повторном распределении маршрутов в домен OSPF. Однако ASBR по умолчанию не создает стандартный маршрут в домене маршрутизации OSPF.

Чтобы протокол OSPF создавал маршрут по умолчанию, используйте следующее:

```
default-information originate [always] [metric metric-value] [metric-type type-value] [route-map  
map-name]
```

Примечание: Указанная выше команда должна быть на одной строке.

Создать маршрут по умолчанию можно двумя способами. Первый способ заключается в объявлении 0.0.0.0 внутри домена, при условии, однако, что у самого ASBR уже есть маршрут по умолчанию. Второй — объявление 0.0.0.0 независимо от того, есть ли у ASBR

маршрут по умолчанию. Последнее может быть задано с помощью добавления ключевого слова **always**. Следует проявлять осторожность при использовании ключевого слова **always**. Если маршрутизатор объявляет маршрут по умолчанию (0.0.0.0) внутри домена и при этом не имеет собственного маршрута по умолчанию или пути к местам назначения, маршрутизация будет нарушена.

Метрикой и типом метрики являются стоимость и тип (E1 или E2), назначенные маршруту по умолчанию. Карта маршрута указывает на набор условий, которые необходимо удовлетворить для создания показателей по умолчанию.

Предположим, что RTE вводит маршрут по умолчанию 0.0.0.0 в RIP. RTC получит шлюз последнего ресурса 203.250.15.2. **RTC не передает настройки по умолчанию RTA до настройки конфигурации RTC при помощи команды `default-information originate`.**

```
RTC#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is 203.250.15.2 to network 0.0.0.0 203.250.15.0 255.255.255.192
is subnetted, 4 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial1 C 203.250.15.64 is
directly connected, Ethernet0 R 203.250.15.128 [120/1] via 203.250.15.2, 00:00:17, Serial1 O
203.250.15.192 [110/20] via 203.250.15.68, 2d23, Ethernet0 R* 0.0.0.0 0.0.0.0 [120/1] via
203.250.15.2, 00:00:17, Serial1 [120/1] via 203.250.15.68, 00:00:32, Ethernet0 RTC# interface
Ethernet0 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192 interface Serial1 ip address 203.250.15.1
255.255.255.192 router ospf 10 redistribute rip metric 10 subnets network 203.250.15.0 0.0.0.255
area 0 default-information originate metric 10 router rip redistribute ospf 10 metric 2 passive-
interface Ethernet0 network 203.250.15.0 RTA#show ip route Codes: C - connected, S - static, I -
IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter
area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-
1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is 203.250.15.67 to network
0.0.0.0 203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 4 subnets O 203.250.15.0 [110/74] via
203.250.15.67, 2d23, Ethernet0 C 203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0 O E2
203.250.15.128 [110/10] via 203.250.15.67, 2d23, Ethernet0 C 203.250.15.192 is directly
connected, Ethernet1 O*E2 0.0.0.0 0.0.0.0 [110/10] via 203.250.15.67, 00:00:17, Ethernet0
```

Обратите внимание, что RTA опознает 0.0.0.0 как внешний маршрут с метрикой 10. Шлюз последней очереди установлен в 203.250.15.67, как и ожидалось.

[Метка проекта первоочередного открытия кратчайших маршрутов \(OSPF\)](#)

Стандарт OSPF RFC (1583) не включает указаний по числу маршрутизаторов в области, числу соседей на сегмент и наиболее эффективным способом проектирования сети. У разных пользователей разный подход к проектированию сетей OSPF. Важно помнить, что любой протокол под давлением может выйти из строя. То есть лучше не экспериментировать с протоколом, а постараться добиться безупречной работы. Ниже приведены некоторые соображения, которые стоит рассмотреть.

[Количество маршрутизаторов на зону](#)

Максимальное число маршрутизаторов на область зависит от нескольких факторов, включая придерживающиеся:

Какой тип области вы используете?

Какая вычислительная мощность ЦП доступна в области?

Каков тип используемой среды?

Будет ли использоваться OSPF в режиме NBMA?

Является ли сеть NBMA объединенной?

Существует ли в сети большое количество внешних LSA?

Достаточную ли степень объединения имеют остальные зоны?

Поэтому сложно задать максимальное количество маршрутизаторов на область. Обратитесь к местному торговому представителю или системному инженеру за помощью в проектировании сети.

Количество соседей

Количество маршрутизаторов, связанных с той же LAN, также важно. Каждая ЛВС имеет выделенный (DR) и резервный выделенный (BDR) маршрутизаторы, которые формируют смежности с остальными маршрутизаторами. Чем меньше соседних узлов имеется в LAN, тем меньшее число смежностей нужно создать DR или BDR. Это зависит от вычислительной мощности маршрутизатора. Вы всегда можете изменить приоритет OSPF, чтобы выбрать DR. Кроме того, по возможности избегайте назначения одного маршрутизатора выделенным маршрутизатором (DR) более чем для одного сегмента. Если выбор DR основывается на наибольшем значении RID, маршрутизатор может случайно стать DR для всех сегментов, к которым он подключен. Этот маршрутизатор будет выполнять дополнительную работу, в то время как остальные маршрутизаторы будут бездействовать.

Число областей на ABR

ABR поддержат копию базы данных для всех областей, которые они обслуживают. Если маршрутизатор подключен к пяти областям, то ему придется хранить список пяти различных баз данных. Количество областей на ABR зависит от многих факторов, таких как тип области (обычная, шлейфная, NSSA), вычислительная мощность ЦП маршрутизатора ABR, количество маршрутов в области и количество внешних маршрутов в области. По этой причине не рекомендуется указывать число областей на каждый ABR. Безусловно лучше не перегружать ABR, если есть возможность распределить области по другим маршрутизаторам. На следующей схеме показано различие между ABR, содержащим пять различных баз данных (включая зону 0) и двумя ABR, содержащими по три базы данных каждый. Это всего лишь рекомендации, чем больше областей настроено на каждый ABR, тем ниже производительность. В некоторых случаях низкая производительность приемлема.

Сравнение полно-связной и частично-связной конфигураций

Облака с нешироковещательным множественным доступом (NBMA), например Frame Relay или X.25, всегда являются источниками проблем. Сочетание низкой пропускной способности и слишком большого количества состояний каналов связи неизменно приведет к возникновению проблем. С частичносвязной топологией работать гораздо легче, чем с полносвязной. Хорошо спланированные сети "точка-точка" и "точка-многие точки" функционируют намного лучше, чем многоточечные сети, которым приходится работать с проблемами DR.

Проблемы памяти

Не так легко вычислить точный объем памяти, необходимый для конкретной конфигурации OSPF. Проблемы памяти обычно появляются, когда слишком много внешних маршрутов внедряется в домен OSPF. Магистральная область с 40 маршрутизаторами и маршрутом во внешнюю область по умолчанию имела бы меньше проблем с памятью по сравнению с магистральной областью с 4 маршрутизаторами и 33000 внешними маршрутами, встроенными в OSPF.

Сэкономить память маршрутизатора также можно, используя качественное построение OSPF. Суммирование в пограничных маршрутизаторах области (ABR) и использование шлейфных областей обеспечивает дальнейшее уменьшение количества маршрутов, подлежащих обмену.

Общий объем памяти, используемой OSPF, складывается из памяти, занимаемой таблицей маршрутизации (show ip route summary), и памяти, используемой в базе данных состояний каналов. Следующие цифры получены на практике. Каждая запись в таблице маршрутизации будет занимать примерно от 200 до 280 байт, плюс 44 байта на каждый дополнительный маршрут. Для каждого LSA необходимо 100 байт служебных данных + размер самого объявления о состоянии канала, предположительно 60-100 байт (для каналов маршрутизатора, это число зависит от числа интерфейсов маршрутизатора). Это должно быть добавлено к памяти, используемой другими процессами и самой IOS. **Для определения точного количества выполните команду show memory с включенной или отключенной функцией OSPF.** Разница в используемой памяти процессора и является ответом (сохраните резервную копию настроек).

Как правило, таблица маршрутизации с размером менее 500 КБ может поддерживаться с помощью 2-4 МБ RAM. Крупные сети с размером таблицы, превышающим 500 КБ могут потребовать 8-16 МБ или 32-64 МБ, если полные маршруты вводятся в Интернет.

Сводка

Протокол OSPF, определенный в RFC 1583, обеспечивает открытый протокол с широкими функциональными возможностями, который позволяет связываться сетям нескольких поставщиков при помощи протоколов TCP/IP. Некоторые преимущества OSPF: быстрая конвергенция, VLSM, аутентификация, иерархическая сегментация, суммирование и агрегирование маршрутов. Все эти возможности необходимы для работы крупных и сложных сетей.

Приложение А: Синхронизация базы данных о состоянии каналов

На представленной выше схеме маршрутизаторы одного сегмента проходят через серию состояний перед формированием успешной смежности. Соседний узел и голосование DR

выполняются через протокол приветствия. Если маршрутизатор получает пакет Hello для себя от своего соседа, состояние изменяется на "2-Way". В точках DR и BDR голосование осуществляется на сегментах множественного доступа. Маршрутизатор продолжает формирование смежности, если хотя бы один из двух маршрутизаторов является DR или BDR, либо если они подключены через канал "точка-точка" или виртуальный канал.

В состоянии Exstart два соседа формируют отношение "ведущий-ведомый", для которого согласуется начальный порядковый номер. Порядковый номер используется для выявления старых или дублированных объявлений о состоянии канала (LSA).

В состоянии Exchange происходит обмен пакетами состояния базы данных (DD). Это сокращенные объявления о состоянии канала, представленные в виде заголовков состояния канала. Заголовок содержит достаточно данных для идентификации канала. Ведущий узел отправляет пакеты DD, которые подтверждаются пакетами DD от ведомого узла. Все смежные участки в состоянии обмена или выше используются при процедуре лавинной маршрутизации. Эти смежности в полной мере поддерживают прием и передачу всех типов пакетов протокола маршрутизации OSPF.

В состоянии загрузки пакеты запроса состояния канала связи посылаются соседям с запросом более новых извещений, которые были обнаружены, но еще не получены. Каждый маршрутизатор создает список требуемых LSA для обновления смежности. **Список повторной передачи поддерживается, чтобы обеспечить подтверждение каждого объявления о состоянии канала.** Чтобы указать количество секунд между повторными передачами объявлений о состоянии канала, используйте следующую команду:

`ip ospf retransmit-interval seconds`

В ответ на пакеты запроса передаются пакеты обновленных сведений о состоянии канала. Затем выполняется лавинная рассылка пакетов обновления состояния канала по всем смежностям.

В состоянии "Full", соседние маршрутизаторы полностью смежны. Базы данных для общей области представляют собой точное совпадение между смежными маршрутизаторами.

В каждом LSA есть поле времени, которое периодически растет, так как находится в базе данных или получается в результате волновой рассылки по области. Когда объявление о состоянии канала достигает значения Maxage, оно сбрасывается из базы данных так, как если бы это объявление отсутствовало в списках повторной передачи соседних узлов.

Объявления о состоянии каналов

Существует пять типов объявления о состоянии каналов. Все маршрутизаторы генерируют каналы маршрутизации (RL). Эти каналы описывают состояние интерфейсов маршрутизатора внутри определенной области. Лавинная рассылка этих каналов выполняется только внутри области маршрутизатора. Сетевые каналы (NL) генерируются выделенным маршрутизатором (DR) сегмента. Они обозначают маршрутизаторы, подключенные к сегменту. Суммарные каналы (SL) — это межобластные каналы (тип 3), они перечисляют сети, которые находятся в других областях, но при этом принадлежат автономной системе. Каналы Summary link внедряются ABR от магистрали в сторону других зон (и обратно). Эти каналы связи используются для агрегирования между областями. Другой тип суммарных каналов — суммарные каналы ASBR. Они представляют собой каналы типа 4, указывающие ASBR. Это должно гарантировать, что все маршрутизаторы будут знать путь выхода в автономную систему. Последний тип — это тип 5, внешние каналы (EL), которые вводятся в домен пограничным маршрутизатором автономной

системы (ASBR).

На приведенной выше схеме показаны различные типы каналов связи. RTA генерирует канал маршрутизатора (RL) в области 1, а также линию сети (NL), так как она является DR этого сегмента. Маршрутизатор RTB является ABR и генерирует канал RL в областях 1 и 0. Кроме того, RTB генерирует суммарные каналы для областей 1 и 0. Эти каналы представляют собой список сетей, которые обмениваются между этими двумя областями. Суммарный канал ASBR также вводится маршрутизатором RTB в область 1. Это указывает на то, что маршрутизатор RTD, граничный маршрутизатор автономной системы (ASBR), существует. Аналогично, RTC, который также является ABR, генерирует канал RL для областей 0 и 2 и канал SL (3) для области 2 (поскольку он не объявляет ASBR) и канал SL (3,4) для области 0, объявляя RTD. RTD формирует канал RL для области 2 и EL для внешних маршрутов, определенных по протоколу BGP. Внешние маршрутизаторы будут загружены лавиной по всему домену.

Следующая таблица является сводным описанием локальных состояний маршрутизатора или сети, включая состояние интерфейсов и смежные маршрутизаторы.

Тип состояния канала	Описание объявления
1	Рекламные объявления Канала маршрутизатора. Создается каждым маршрутизатором для каждой области, к которой он принадлежит. Описывают состояние канала маршрутизатора к области. Такие заполняются только в пределах определенной области.
2	Рекламные объявления Соединения сети. Генерируются выделенными маршрутизаторами (DR). Описывают набор маршрутизаторов, подключенных к определенной сети. Лавинная рассылка выполняется для области, которая содержит сеть .
3 или 4	Общие объявления о состоянии каналов. Генерируются пограничными маршрутизаторами области (ABR). Описывают межобластные маршруты. Тип 3 описывает маршруты к сетям, используемым также для сбора маршрутов. Тип 4 описывает маршрутизацию к ASBR.
5	Оповещение AS через внешний канал. Источник — ASBR. Описывают маршруты до пунктов назначения, внешних по отношению к AS. Весь загружен лавиной, кроме изолированных областей.

[Если вы откроете подробную базу данных OSPF с помощью команды show ip ospf database detail, будут отображаться различные ключевые слова, такие как Link-Data, Link-ID и Link-](#)

[state ID. Эти термины могут сбить с толку, так как их значение зависит от типа состояния канала и типа канала.](#) Мы рассмотрим эту терминологию и приведем подробный пример базы данных OSPF в том виде, в каком она доступна маршрутизатору.

Идентификатор состояния связи уникально определяет состояние связи в зависимости от типа состояния канала (LS). Каналы маршрутизации определяются по идентификатору маршрутизатора (RID) из объявления. Сетевые каналы определяются относительным IP-адресом выделенного маршрутизатора. Это имеет смысл, так как сетевые каналы генерируются выделенным маршрутизатором. Суммарные каналы (тип 3) идентифицируются номерами IP-сети мест назначения, на которые они указывают. Суммарные каналы ASBR (суммарные каналы типа 4) определяются с помощью RID ASBR. Наконец, внешние каналы идентифицируются по номерам сетей IP внешних мест назначения, на которые они направлены. В следующей таблице суммированы эти сведения:

Тип состояния канала	Идентификатор состояния канала (В представлении высокого уровня базы данных при ссылке на маршрутизатор это называют Идентификатором канала),
1	Идентификатор исходного маршрутизатора.
2	IP-адрес интерфейса на выделенном сетевом маршрутизаторе.
3	Номер сети назначения.
4	Идентификатор маршрутизатора описанной границы AS.
5	Номер внешней сети.

Рассмотрим типы каналов:

Каналы шлейфной сети: Этот термин никак не связан со шлейфными областями. Тупиковый сегмент – это сегмент, который имеет только один подключенный маршрутизатор. Сегменты сетей Ethernet или Token Ring с одним присоединенным маршрутизатором считаются каналами к шлейфной сети. Интерфейс возвратной петли также считается каналом к шлейфной сети с маской 255.255.255.255 (правило хоста).

Двухточечные каналы: Это могут быть как физические, так и логические (субинтерфейсы) последовательные каналы типа "точка-точка". Эти каналы могут быть нумерованными (на канале настраивается IP-адрес) или ненумерованными.

Транзитные каналы: Интерфейсы, подключенные к сетям, в которых используется несколько коммутаторов (отсюда название "транзитные").

Виртуальные каналы: Это логические каналы, которые соединяют области, не имеющие физического подключения к магистрали. Виртуальные каналы считаются нумерованными каналами "точка-точка".

Link-ID — это идентификатор самого канала. Значение этого параметра меняется в зависимости от канала. Транзитный канал определяется IP-адресом выделенного маршрутизатора (DR) этого канала. Пронумерованный канал связи "точка-точка" идентифицируется по RID соседнего маршрутизатора на канале. Виртуальные каналы аналогичны каналам "точка-точка". И наконец, каналы к шлейфным сетям определяются по IP-адресу интерфейса шлейфной сети. В следующей таблице суммированы эти сведения:

Тип канала	Идентификатор канала (Это применяется к отдельным соединениям),
Точка-к-точке	Идентификатор соседнего маршрутизатора
Свяжитесь с транзитной сетью	Адрес интерфейса DR
Канал к шлейфной сети (в случае обратной связи используется маска 255.255.255.255)	Номер сети/подсети
Виртуальный канал	Идентификатор соседнего маршрутизатора

Параметр Link Data соответствует IP-адресу канала, за исключением тупиковой сети, в которой данный параметр представляет собой маску подсети.

Тип канала	Данные соединения
Шлейфная сеть	Маска сети
Другие сети (применяется к только каналам маршрутизатора),	Адрес IP-интерфейса, связанный с маршрутизатором

Наконец, **Объявляющий маршрутизатор** является RID маршрутизатора, который передал LSA.

[Пример базы данных OSPF](#)

Учитывая схему сети выше, следующие конфигурации и таблицы IP-маршрутов, позволяют нам посмотреть на другие способы понять базу данных OSPF.

```

RTA#
interface Loopback0
 ip address 203.250.13.41 255.255.255.255

interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192

interface Ethernet1
 ip address 203.250.15.193 255.255.255.192

router ospf 10
 network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0

```

```

RTA#show ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D -
EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF
external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate
default Gateway of last resort is 203.250.15.67 to network 0.0.0.0 203.250.16.0 255.255.255.192

```

```

is subnetted, 1 subnets O E2 203.250.16.128 [110/10] via 203.250.15.67, 00:00:50, Ethernet0
203.250.13.0 255.255.255.255 is subnetted, 1 subnets C 203.250.13.41 is directly connected,
Loopback0 203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 3 subnets O IA 203.250.15.0 [110/74] via
203.250.15.67, 00:00:50, Ethernet0 C 203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0 C
203.250.15.192 is directly connected, Ethernet1 O*E2 0.0.0.0 0.0.0.0 [110/10] via 203.250.15.67,
00:00:50, Ethernet0 RTE# ip subnet-zero interface Ethernet0 ip address 203.250.16.130
255.255.255.192 interface Serial0 ip address 203.250.15.2 255.255.255.192 router ospf 10
redistribute rip metric 10 subnets network 203.250.15.0 0.0.0.63 area 1 default-information
originate metric 10 router rip network 203.250.16.0 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Ethernet0 RTE#show
ip route Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX
- EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external
type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway
of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0 203.250.16.0 255.255.255.192 is subnetted, 1
subnets C 203.250.16.128 is directly connected, Ethernet0 203.250.13.0 is variably subnetted, 2
subnets, 2 masks O IA 203.250.13.41 255.255.255.255 [110/75] via 203.250.15.1, 00:16:31, Serial0
203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 3 subnets C 203.250.15.0 is directly connected,
Serial0 O IA 203.250.15.64 [110/74] via 203.250.15.1, 00:16:31, Serial0 O IA 203.250.15.192
[110/84] via 203.250.15.1, 00:16:31, Serial0 S* 0.0.0.0 0.0.0.0 is directly connected, Ethernet0
RTC# ip subnet-zero interface Ethernet0 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192 interface
Serial1 ip address 203.250.15.1 255.255.255.192 router ospf 10 network 203.250.15.64 0.0.0.63
area 0 network 203.250.15.0 0.0.0.63 area 1 RTF#show ip route Codes: C - connected, S - static,
I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter
area E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-
1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default Gateway of last resort is 203.250.15.2 to network
0.0.0.0 203.250.16.0 255.255.255.192 is subnetted, 1 subnets O E2 203.250.16.128 [110/10] via
203.250.15.2, 04:49:05, Serial1 203.250.13.0 255.255.255.255 is subnetted, 1 subnets O
203.250.13.41 [110/11] via 203.250.15.68, 04:49:06, Ethernet0 203.250.15.0 255.255.255.192 is
subnetted, 3 subnets C 203.250.15.0 is directly connected, Serial1 C 203.250.15.64 is directly
connected, Ethernet0 O 203.250.15.192 [110/20] via 203.250.15.68, 04:49:06, Ethernet0 O*E2
0.0.0.0 0.0.0.0 [110/10] via 203.250.15.2, 04:49:06, Serial1

```

Общее представление базы данных

```

RTC#show ip ospf database OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Router Link States
(Area 1) Link ID ADV Router Age Seq# Checksum Link count 203.250.15.67 203.250.15.67 48
0x80000008 0xB112 2 203.250.16.130 203.250.16.130 212 0x80000006 0x3F44 2 Summary Net Link
States (Area 1) Link ID ADV Router Age Seq# Checksum 203.250.13.41 203.250.15.67 602 0x80000002
0x90AA 203.250.15.64 203.250.15.67 620 0x800000E9 0x3E3C 203.250.15.192 203.250.15.67 638
0x800000E5 0xA54E Router Link States (Area 0) Link ID ADV Router Age Seq# Checksum Link count
203.250.13.41 203.250.13.41 179 0x80000029 0x9ADA 3 203.250.15.67 203.250.15.67 675 0x800001E2
0xDD23 1 Net Link States (Area 0) Link ID ADV Router Age Seq# Checksum 203.250.15.68
203.250.13.41 334 0x80000001 0xB6B5 Summary Net Link States (Area 0) Link ID ADV Router Age Seq#
Checksum 203.250.15.0 203.250.15.67 792 0x80000002 0xAEBD Summary ASB Link States (Area 0) Link
ID ADV Router Age Seq# Checksum 203.250.16.130 203.250.15.67 579 0x80000001 0xF9AF AS External
Link States Link ID ADV Router Age Seq# Checksum Tag 0.0.0.0 203.250.16.130 1787 0x80000001
0x98CE 10 203.250.16.128 203.250.16.130 5 0x80000002 0x93C4 0

```

Это общее представление о базе данных OSPF. Записи в базе данных упорядочены по областям. В этом случае рассмотрим базу данных RTC, которая является ABR. Приводятся базы данных областей 1 и 0. Область 1 составная каналов маршрутизатора и суммарных каналов. Сетевые каналы отсутствуют, так как ни в одном из сегментов области 1 нет DR. В области 1 нет суммарных каналов ASBR, так как единственный ASBR находится в области 0. Внешние каналы не принадлежат ни к одной из областей, для них выполняется лавинообразная рассылка. Обратите внимание, что все каналы являются сводными, и

собираются со всех маршрутизаторов области.

Мы сосредоточимся, в основном, на базе данных области 0. Значение Link-ID, указанное здесь, на самом деле является значением Link-State ID. По сути это — представление всего маршрутизатора, а не отдельного канала. Чтобы ничего не спутать, следует запомнить, что этот идентификатор канала высокого уровня (другими словами, идентификатор состояния канала) представляет маршрутизатор, а не просто канал.

Каналы маршрутизатора

Router Link States (Area 0)

```
Link ID          ADV Router      Age      Seq#           Checksum Link count 203.250.13.41
203.250.13.41 179 0x80000029 0x9ADA 3 203.250.15.67 203.250.15.67 675 0x800001E2 0xDD23 1
```

Начнем с каналов маршрутизатора. Две записи для 203.250.13.41 и 203.250.15.67 представляют собой идентификаторы RID двух маршрутизаторов в области 0. Также указывается, количество каналов в области 0 для каждого маршрутизатора. В RTA есть 3 канала в область 0, а в RTC - 1 канал. Подробное представление каналов маршрутизатора RTC:

```
RTC#show ip ospf database router 203.250.15.67 OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID
10) Router Link States (Area 1) LS age: 1169 Options: (No TOS-capability) LS Type: Router Links
Link State ID: 203.250.15.67 Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000008 Checksum:
0xB112 Length: 48 Area Border Router Number of Links: 2 Link connected to: another Router
(point-to-point) (Link ID) Neighboring Router ID: 203.250.16.130 (Link Data) Router Interface
address: 203.250.15.1 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64 Link connected to: a Stub
Network (Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.0 (Link Data) Network Mask: 255.255.255.192
Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64
```

Следует обратить внимание на то, что OSPF генерирует дополнительный шлейфный канал для каждого интерфейса типа "точка-точка". Если вы обнаружите, что число каналов больше реального числа интерфейсов, не нужно впадать в замешательство.

Router Link States (Area 0)

```
LS age: 1227
Options: (No TOS-capability)
LS Type: Router Links Link State ID: 203.250.15.67 Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq
Number: 80000003 Checksum: 0xA041 Length: 36 Area Border Router Number of Links: 1 Link
connected to: a Transit Network (Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68 (Link Data)
Router Interface address: 203.250.15.67 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 10
```

Обратите внимание, что значение Link ID равняется IP-адресу (а не RID) подключенного выделенного маршрутизатора (DR), в нашем случае 203.250.15.68. Значение Link Data — это собственный IP-адрес RTC.

Каналы сети

Net Link States (Area 0)

```
Link ID          ADV Router      Age      Seq#           Checksum
203.250.15.68   203.250.13.41  334     0x80000001    0xB6B5
```

Отображается один сетевой канал, который характеризуется IP-адресом интерфейса (а не RID) выделенного маршрутизатора DR, в нашем случае это 203.250.15.68. Подробный вид записи:

```
RTC#show ip ospf database network OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Net Link States (Area 0) Routing Bit Set on this LSA LS age: 1549 Options: (No TOS-capability) LS Type: Network Links Link State ID: 203.250.15.68 (address of Designated Router) Advertising Router: 203.250.13.41 LS Seq Number: 80000002 Checksum: 0xB4B6 Length: 32 Network Mask: 255.255.255.192 Attached Router: 203.250.13.41 Attached Router: 203.250.15.67
```

Обратите внимание, что для сетевого канала выводятся идентификаторы RID маршрутизаторов, подключенных к транзитной сети, в нашем случае отображаются RID для RTA и RTC.

Сводные каналы

```
Summary Net Link States (Area 0)
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
203.250.15.0	203.250.15.67	792	0x80000002	0xAEED

Area 0 has one summary link represented by the IP network address of the link 203.250.15.0. This link was injected by the ABR RTC from area 1 into area 0. A detailed view of this summary link follows, summary links for area 1 are not listed here:

```
RTC#show ip ospf database summary (area 1 is not listed) Summary Net Link States (Area 0) LS age: 615 Options: (No TOS-capability) LS Type: Summary Links(Network) Link State ID: 203.250.15.0 (summary Network Number) Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000003 Checksum: 0xACBE Length: 28 Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 64
```

Суммарный канал ASBR

```
Summary ASB Link States (Area 0)
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
203.250.16.130	203.250.15.67	579	0x80000001	0xF9AF

Указывает, чем является ASBR. В данном случае маршрутизатором ASBR является RTE, представленный через RID 203.250.16.130. Объявляющий маршрутизатор для этого входа в область 0 является RTC с RID 203.250.15.67. Подробное представление сводной записи ASBR представлено ниже:

```
RTC#show ip ospf database asbr-summary OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Summary ASB Link States (Area 0) LS age: 802 Options: (No TOS-capability) LS Type: Summary Links(AS Boundary Router) Link State ID: 203.250.16.130 (AS Boundary Router address) Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000003 Checksum: 0xF5B1 Length: 28 Network Mask: 0.0.0.0 TOS: 0 Metric: 64
```

Внешние каналы

```
AS External Link States
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Tag
0.0.0.0	203.250.16.130	1787	0x80000001	0x98CE	10
203.250.16.128	203.250.16.130	5	0x80000002	0x93C4	0

Имеются два внешних канала, первый - 0.0.0.0 - введенный в OSPF через команду `default-information originate`. Другая запись — это сеть 203.250.16.128, введенная в OSPF с помощью перераспределения. Маршрутизатор, объявляющий эти сети - 203.250.16.130, RID of RTE. Ниже подробно рассмотрены внешние маршруты:


```
RTC#show ip ospf database external OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) AS
External Link States Routing Bit Set on this LSA LS age: 208 Options: (No TOS-capability) LS
Type: AS External Link Link State ID: 0.0.0.0 (External Network Number ) Advertising Router:
203.250.16.130 LS Seq Number: 80000002 Checksum: 0x96CF Length: 36 Network Mask: 0.0.0.0 Metric
Type: 2 (Larger than any link state path) TOS: 0 Metric: 10 Forward Address: 0.0.0.0 External
Route Tag: 10 Routing Bit Set on this LSA LS age: 226 Options: (No TOS-capability) LS Type: AS
External Link Link State ID: 203.250.16.128 (External Network Number) Advertising Router:
203.250.16.130 LS Seq Number: 80000002 Checksum: 0x93C4 Length: 36 Network Mask: 255.255.255.192
Metric Type: 2 (Larger than any link state path) TOS: 0 Metric: 10 Forward Address: 0.0.0.0
External Route Tag: 0
```

Запись адреса пересылки. Адрес 0.0.0.0 указывает на то, что внешние маршруты достижимы через объявляющий маршрутизатор, в нашем случае через 203.250.16.130. Поэтому идентификатор маршрутизатора ASBR вводится маршрутизаторами ABR в другие области с помощью суммарных каналов ASBR.

Адрес пересылки не всегда должен быть 0.0.0.0. В некоторых случаях это может быть IP-адрес другого маршрутизатора в том же сегменте. Эта ситуация иллюстрируется следующей диаграммой:

В описанной ситуации RTB использует BGP с RTA, а OSPF — с остальной частью домена. RTA не прогоняет OSPF. RTB перераспределяет BGP-маршруты в OSPF. С точки зрения OSPF, RTB — это маршрутизатор ASBR, объявляющий внешние маршруты. В этом случае адрес пересылки устанавливается на 125.211.1.1, а не на объявляющий маршрутизатор (0.0.0.0) RTB. Это имеет смысл, так как пропадает необходимость в дополнительном переходе. Важно помнить, что маршрутизаторы внутри домена OSPF должны иметь возможность достичь адреса пересылки через OSPF, чтобы поместить внешние маршруты в таблицу маршрутизации IP. Если адресат пересылки достигается по какому-либо другому протоколу или недоступен, внешние записи будут в базе данных, но не в таблице маршрутизации.

Другая ситуация складывается в том случае, если и RTB, и RTC являются ASBRs (на RTC также запущен BGP с RTA). В такой ситуации, для устранения дублирования усилий, один из двух маршрутизаторов не будит объявлять (сбросит) внешние маршруты. Буде выбран маршрутизатор с большим значением RID.

Полная база данных

Наконец, это распечатка работы целой базы данных. Теперь для вас не должно составить проблем объяснить, что означает каждая запись:

```
RTC#show ip ospf database router OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Router Link
States (Area 1) LS age: 926 Options: (No TOS-capability) LS Type: Router Links Link State ID:
203.250.15.67 Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000035 Checksum: 0x573F Length:
48 Area Border Router Number of Links: 2 Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID: 203.250.16.130 (Link Data) Router Interface address:
203.250.15.1 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64 Link connected to: a Stub Network (Link
ID) Network/subnet number: 203.250.15.0 (Link Data) Network Mask: 255.255.255.192 Number of TOS
metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64 Routing Bit Set on this LSA LS age: 958 Options: (No TOS-
capability) LS Type: Router Links Link State ID: 203.250.16.130 Advertising Router:
203.250.16.130 LS Seq Number: 80000038 Checksum: 0xDA76 Length: 48 AS Boundary Router Number of
Links: 2 Link connected to: another Router (point-to-point) (Link ID) Neighboring Router ID:
203.250.15.67 (Link Data) Router Interface address: 203.250.15.2 Number of TOS metrics: 0 TOS 0
Metrics: 64 Link connected to: a Stub Network (Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.0
```

```
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.192 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 64 Router Link
States (Area 0) Routing Bit Set on this LSA LS age: 1107 Options: (No TOS-capability) LS Type:
Router Links Link State ID: 203.250.13.41 Advertising Router: 203.250.13.41 LS Seq Number:
8000002A Checksum: 0xC0B0 Length: 60 AS Boundary Router Number of Links: 3 Link connected to: a
Stub Network (Link ID) Network/subnet number: 203.250.13.41 (Link Data) Network Mask:
255.255.255.255 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 1 Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.192 (Link Data) Network Mask: 255.255.255.192 Number
of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 10 Link connected to: a Transit Network (Link ID) Designated
Router address: 203.250.15.68 (Link Data) Router Interface address: 203.250.15.68 Number of TOS
metrics: 0 TOS 0 Metrics: 10 LS age: 1575 Options: (No TOS-capability) LS Type: Router Links
Link State ID: 203.250.15.67 Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000028 Checksum:
0x5666 Length: 36 Area Border Router Number of Links: 1 Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68 (Link Data) Router Interface address:
203.250.15.67 Number of TOS metrics: 0 TOS 0 Metrics: 10 RTC#show ip ospf database network OSPF
Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Net Link States (Area 0) Routing Bit Set on this
LSA LS age: 1725 Options: (No TOS-capability) LS Type: Network Links Link State ID:
203.250.15.68 (address of Designated Router) Advertising Router: 203.250.13.41 LS Seq Number:
80000026 Checksum: 0x6CDA Length: 32 Network Mask: 255.255.255.192 Attached Router:
203.250.13.41 Attached Router: 203.250.15.67 RTC#show ip ospf database summary OSPF Router with
ID (203.250.15.67) (Process ID 10) Summary Net Link States (Area 1) LS age: 8 Options: (No TOS-
capability) LS Type: Summary Links(Network) Link State ID: 203.250.13.41 (summary Network
Number) Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000029 Checksum: 0x42D1 Length: 28
Network Mask: 255.255.255.255 TOS: 0 Metric: 11 LS age: 26 Options: (No TOS-capability) LS Type:
Summary Links(Network) Link State ID: 203.250.15.64 (summary Network Number) Advertising Router:
203.250.15.67 LS Seq Number: 80000030 Checksum: 0xB182 Length: 28 Network Mask: 255.255.255.192
TOS: 0 Metric: 10 LS age: 47 Options: (No TOS-capability) LS Type: Summary Links(Network) Link
State ID: 203.250.15.192 (summary Network Number) Advertising Router: 203.250.15.67 LS Seq
Number: 80000029 Checksum: 0x1F91 Length: 28 Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 20
Summary Net Link States (Area 0) LS age: 66 Options: (No TOS-capability) LS Type: Summary
Links(Network) Link State ID: 203.250.15.0 (summary Network Number) Advertising Router:
203.250.15.67 LS Seq Number: 80000025 Checksum: 0x68E0 Length: 28 Network Mask: 255.255.255.192
TOS: 0 Metric: 64 RTC#show ip ospf asbr-summary OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID
10) Summary ASB Link States (Area 0) LS age: 576 Options: (No TOS-capability) LS Type: Summary
Links(AS Boundary Router) Link State ID: 203.250.16.130 (AS Boundary Router address) Advertising
Router: 203.250.15.67 LS Seq Number: 80000024 Checksum: 0xB3D2 Length: 28 Network Mask: 0.0.0.0
TOS: 0 Metric: 64 RTC#show ip ospf database external OSPF Router with ID (203.250.15.67)
(Process ID 10) AS External Link States Routing Bit Set on this LSA LS age: 305 Options: (No
TOS-capability) LS Type: AS External Link Link State ID: 0.0.0.0 (External Network Number)
Advertising Router: 203.250.16.130 LS Seq Number: 80000001 Checksum: 0x98CE Length: 36 Network
Mask: 0.0.0.0 Metric Type: 2 (Larger than any link state path) TOS: 0 Metric: 10 Forward
Address: 0.0.0.0 External Route Tag: 10 Routing Bit Set on this LSA LS age: 653 Options: (No
TOS-capability) LS Type: AS External Link Link State ID: 203.250.16.128 (External Network
Number) Advertising Router: 203.250.16.130 LS Seq Number: 80000024 Checksum: 0x4FE6 Length: 36
Network Mask: 255.255.255.192 Metric Type: 2 (Larger than any link state path) TOS: 0 Metric: 10
Forward Address: 0.0.0.0 External Route Tag: 0
```

[Приложение Б: OSPF и групповая адресация по IP](#)

OSPF использует многоадресную IP для обмена пакетами приветствия и обновлений о состоянии канала связи. Адреса мультиадресной рассылки IP реализуются с помощью адресов класса D. Адрес класса D входит в диапазон от 224.0.0.0 до 239.255.255.255.

Некоторые особые адреса мультиадресной рассылки зарезервированы для OSPF:

224.0.0.5: Все маршрутизаторы OSPF должны иметь возможность передавать данные по этому адресу и прослушивать его.

224.0.0.5: Все маршрутизаторы DR и BDR должны иметь возможность передавать данные по этому адресу и прослушивать его.

Сопоставление адресов многоадресной рассылки IP и MAC-адресов выполняется по следующему правилу:

Для сетей с множественным доступом, которые поддерживают многоадресные рассылки, используется младшие 23 бита IP-адреса как младшие биты MAC-адреса многоадресной рассылки 01-005E-00-00-00. Например:

224.0.0.5 был бы сопоставлен с 01-00-5E-00-00-05

224.0.0.6 будет сопоставлено 01-00-5E-00-00-06

Протокол OSPF использует широковещательную рассылку по сетям Token Ring.

[Приложение В: Маски подсети переменной длины \(VLSM\)](#)

Далее представлена диаграмма двойного/десятичного преобразования:

	00 00	00 01	00 10	00 11	01 00	01 01	01 10	01 11							
0	00 00	1 6	00 00	3 2	00 00	4 8	00 00	6 4	00 00	8 0	00 00	9 6	00 00	1 1 2	00 00
1	00 01	1 7	00 01	3 3	00 01	4 9	00 01	6 5	00 01	8 1	00 01	9 7	00 01	1 1 3	00 01
2	00 10	1 8	00 10	3 4	00 10	5 0	00 10	6 6	00 10	8 2	00 10	9 8	00 10	1 1 4	00 10
3	00 11	1 9	00 11	3 5	00 11	5 1	00 11	6 7	00 11	8 3	00 11	9 9	00 11	1 1 5	00 11
4	01 00	2 0	01 00	3 6	01 00	5 2	01 00	6 8	01 00	8 4	01 00	1 0 0	01 00	1 1 6	01 00
5	01 01	2 1	01 01	3 7	01 01	5 3	01 01	6 9	01 01	8 5	01 01	1 0 1	01 01	1 1 7	01 01
6	01 10	2 2	01 10	3 8	01 10	5 4	01 10	7 0	01 10	8 6	01 10	1 0 2	01 10	1 1 8	01 10
7	01	2	01	3	01	5	01	7	01	8	01	1	01	1	01

	11	3	11	9	11	5	11	1	11	7	11	03	11	19	11
8	1000	24	1000	40	1000	56	1000	72	1000	88	1000	104	1000	120	1000
9	1001	25	1001	41	1001	57	1001	73	1001	89	1001	105	1001	121	1001
10	1010	26	1010	42	1010	58	1010	74	1010	90	1010	106	1010	122	1010
11	1011	27	1011	43	1011	59	1011	75	1011	91	1011	107	1011	123	1011
12	1100	28	1100	44	1100	60	1100	76	1100	92	1100	108	1100	124	1100
13	1101	29	1101	45	1101	61	1101	77	1101	93	1101	109	1101	125	1101
14	1110	30	1110	46	1110	62	1110	78	1110	94	1110	110	1110	126	1110
15	1111	31	1111	47	1111	63	1111	79	1111	95	1111	111	1111	127	1111
	1000		1001		1010		1011		1100		1101		1110		1111
128	0000	144	0000	160	0000	176	0000	192	0000	208	0000	224	0000	240	0000
129	0001	145	0001	161	0001	177	0001	193	0001	209	0001	225	0001	241	0001
130	0010	146	0010	162	0010	178	0010	194	0010	210	0010	226	0010	242	0010
131	0011	147	0011	163	0011	179	0011	195	0011	211	0011	227	0011	243	0011
132	0100	148	0100	164	0100	180	0100	196	0100	212	0100	228	0100	244	0100
133	0101	149	0101	165	0101	181	0101	197	0101	213	0101	229	0101	245	0101
134	0110	150	0110	166	0110	182	0110	198	0110	214	0110	230	0110	246	0110

1 3 5	01 11	1 5 1	01 11	1 6 7	01 11	1 8 3	01 11	1 9 9	01 11	2 1 5	01 11	2 3 1	01 11	2 4 7	01 11
1 3 6	10 00	1 5 2	10 00	1 6 8	10 00	1 8 4	10 00	2 0 0	10 00	2 1 6	10 00	2 3 2	10 00	2 4 8	10 00
1 3 7	10 01	1 5 3	10 01	1 6 9	10 01	1 8 5	10 01	2 0 1	10 01	2 1 7	10 01	2 3 3	10 01	2 4 9	10 01
1 3 8	10 10	1 5 4	10 10	1 7 0	10 10	1 8 6	10 10	2 0 2	10 10	2 1 8	10 10	2 3 4	10 10	2 5 0	10 10
1 3 9	10 11	1 5 5	10 11	1 7 1	10 11	1 8 7	10 11	2 0 3	10 11	2 1 9	10 11	2 3 5	10 11	2 5 1	10 11
1 4 0	11 00	1 5 6	11 00	1 7 2	11 00	1 8 8	11 00	2 0 4	11 00	2 2 0	11 00	2 3 6	11 00	2 5 2	11 00
1 4 1	11 01	1 5 7	11 01	1 7 3	11 01	1 8 9	11 01	2 0 5	11 01	2 2 1	11 01	2 3 7	11 01	2 5 3	11 01
1 4 2	11 10	1 5 8	11 10	1 7 4	11 10	1 9 0	11 10	2 0 6	11 10	2 2 2	11 10	2 3 8	11 10	2 5 4	11 10
1 4 3	11 11	1 5 9	11 11	1 7 5	11 11	1 9 1	11 11	2 0 7	11 11	2 2 3	11 11	2 3 9	11 11	2 5 5	11 11

Идея позади Variable Length Subnet Mask состоит в том, чтобы предложить большую гибкость имея дело с делением крупной сети в несколько подсетей и все еще способность поддерживать необходимое количество хостов в каждой подсети. Без VLSM одну маску подсети можно применять только к основной сети. Это ограничивает количество хостов, данных количество требуемых подсетей. При выборе маски, таким образом, что у вас есть достаточно подсетей, вы не в состоянии выделить достаточно хостов в каждой подсети. Это относится и к хостам. Маска, обеспечивающая достаточное количество хостов, не предоставляет достаточно пространства для подсети.

Предположим, сети 192.214.11.0 назначен класс C. Необходимо разделить эту сеть на три подсети со 100 хостами в одной подсети и 50 хостами в каждой из двух оставшихся. Проиригорируйте с двумя окончаниями пределы 0 и 255, и вы имеете теоретически доступный вам 256 адресов (192.214.11.0 - 192.214.11.255). Это нельзя сделать без VLSM.

Существует ряд масок подсети, которые могут использоваться; обратите внимание, что маска должна иметь непрерывное количество, которые запускаются слева, и остаток битов весь 0s.

- 252 (1111 1100) The address space is divided into 64.
- 248 (1111 1000) The address space is divided into 32.
- 240 (1111 0000) The address space is divided into 16.
- 224 (1110 0000) The address space is divided into 8.
- 192 (1100 0000) The address space is divided into 4.

-128 (1000 0000) The address space is divided into 2.

Без VLSM у вас есть выбор, чтобы использовать маску 255.255.255.128 и разделить адреса на 2 подсети с 128 хостами каждый или использовать 255.255.255.192 и разделить пространство на 4 подсети с 64 хостами каждый. Это не удовлетворяет требованию. При использовании множественных масок можно использовать маску 128 и следующая подсеть второй блок адресов с маской 192. Эта таблица показывает, как вы разделили адресное пространство соответственно.

Теперь будьте осторожны при выделении IP-адресов для каждой маски. Назначив IP-адрес маршрутизатору или хосту, вы назначите всю подсеть соответствующему сегменту. Например, при назначении адреса 192.214.11.10 255.255.255.128 для E2, целый диапазон адресов от 192.214.11.0 до 192.214.11.127 используется E2. Аналогично назначению 192.214.11.160 255.255.255.128 для E2, весь диапазон адресов между 192.214.11.128 и 192.214.11.255 используется сегментом E2.

Это - рисунок того, как маршрутизатор интерпретирует эти адреса. Помните, что любое время, вы используете маску, другую, чем естественная маска, например если вы разделяете на подсети, маршрутизатор, жалуется, приводят ли IP-адрес комбинации и маска к команде subnet zero. Используйте [команду ip subnet-zero](#) на маршрутизаторе для решения этого вопроса.

```
RTA#
ip subnet-zero
interface Ethernet2
 ip address 192.214.11.10 255.255.255.128
interface Ethernet3
 ip address 192.214.11.160 255.255.255.192
interface Ethernet4
 ip address 192.214.11.226 255.255.255.192

RTA#show ip route connected 192.214.11.0 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C
192.214.11.0 255.255.255.128 is directly connected, Ethernet2
C
192.214.11.128 255.255.255.192 is directly connected, Ethernet3
C
192.214.11.192 255.255.255.192 is directly connected, Ethernet4
```

[Дополнительные сведения](#)

- [OSPF и MTU](#)
- [Окружения OSPF застревают в exstart и состоянии обмена из-за несоответствия MTU](#)
- [Страница поддержки OSPF](#)
- [OSPF: Вопросы и ответы](#)
- [Cisco Systems – техническая поддержка и документация](#)