# Глава 8 OSPF для одной области

# Введение

Протокол OSPF представляет собой протокол маршрутизации по состоянию канала, разработанный как замена дистанционно-векторному протоколу (RIP). Протокол RIP был приемлемым протоколом маршрутизации на начальных этапах развития сетевых технологий и Интернета. Однако использование протоколом RIP числа переходов как единственной метрики для определения оптимального маршрута в скором времени привело к ряду трудностей. При использовании этого метода возможности масштабирования больших сетей, содержащих несколько путей с различными скоростями, ограничены. Протокол OSPF имеет ряд значительных преимуществ в сравнении с протоколом RIP, обеспечивая более быструю сходимость и возможность масштабирования в целях реализации сетей большего размера.

Протокол OSPF является бесклассовым протоколом маршрутизации, использующим концепцию разделения на области в целях масштабируемости. В рамках данной главы рассматриваются основные конфигурации и реализации OSPF для одной области.

# Интерактивное задание. Могут ли подводные лодки плавать?

**Интерактивное задание.** **Умеет ли подводная лодка плавать**

**Сценарий**

Эдсгер Вибе Дейкстра был известным программистом и физиком-теоретиком. Приведём одно из самых знаменитых его высказываний: «Вопрос о том, умеет ли компьютер думать имеет не больше смысла, чем вопрос о том, умеет ли подводная лодка плавать». Работа Дейкстры, среди прочего, затрагивала и протоколы маршрутизации. Он разработал алгоритм поиска кратчайшего пути (SPF) для сетевой маршрутизации.

Теперь откройте файл PDF, приложенный к этому заданию, и ответьте на приведённые в нём вопросы. Сохраните результаты работы.

Объединитесь с двумя одногруппниками и сравните ваши ответы.

Удалось ли вам уловить концепцию работы протокола OSPF после выполнения этого задания?

[Работа в аудитории. Умеет ли подводная лодка плавать (инструкции)](https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/ru/course/files/8.0.1.2%20Class%20Activity%20-%20Can%20Submarines%20Swim%20Instructions.pdf)

# Развитие протокола OSPF

Как показано на рис. 1, протокол OSPF версии 2 (OSPFv2) доступен для IPv4, а протокол OSPF версии 3 (OSPFv3) - для IPv6.

Для ознакомления с этапами развития протокола OSPF, щёлкните даты на рис. 2.

Разработку OSPF в 1987 году начала рабочая группа OSPF в составе Инженерной группы по развитию Интернета (IETF). В то время Интернет в основном использовался в учебных заведениях и исследовательских центрах и финансировался правительством США.

В 1989 году спецификация протокола OSPFv1 была опубликована в запросе для комментариев (RFC) 1131. Было разработано две реализации. Одна из них была разработана для работы с маршрутизаторами, а вторая - с рабочими станциями под управлением UNIX. Вторая реализация превратилась в широко распространённый сервис UNIX, известный как GATED. OSPFv1 был экспериментальным протоколом маршрутизации, и его развёртывание не выполнялось.

В 1991 году Джон Мой представил протокол OSPFv2 в рамках запроса для комментариев (RFC) 1247. Протокол OSPFv2 предлагал существенные технические преимущества в сравнении с протоколом OSPFv1. Данный протокол является бесклассовым, следовательно, поддерживает использование VLSM и маршрутизации CIDR.

В то же время, когда был представлен протокол OSPF, рабочая группа ISO разрабатывала собственный протокол маршрутизации по состоянию канала — протокола маршрутизации промежуточных систем (IS-IS). Инженерная группа по развитию Интернета (IETF) выбрала протокол OSPF в качестве рекомендуемого протокола внутренней маршрутизации.

В 1998 году спецификация протокола OSPFv2 была обновлена в запросе для комментариев (RFC) 2328, который до настоящего времени остаётся актуальным RFC для протокола OSPF.

В 1999 году протокол OSPFv3 для IPv6 был опубликован в RFC 2740. Протокол OSPF для IPv6, разработанный Джоном Мойем, Робом Колтаном и Дэннисом Фергюсоном, является не только новой реализацией протокола для IPv6, но и новым словом в работе протоколов в целом.

В 2008 году протокол OSPFv3 был обновлён в запросе для комментариев (RFC) 5340 как протокол OSPF для IPv6.

**Примечание**. В рамках этой главы термин «OSPF» используется для обозначения понятий, используемых в обоих протоколах, если соответствие протоколу OSPFv2 или OSPFv3 не указано отдельно.

# Характеристики протокола OSPF

Протокол OSPF имеет следующие свойства (см. рис. 1):

* **Бесклассовость** — протокол разработан как бесклассовый, следовательно, он поддерживает использование VLSM и маршрутизации CIDR.
* **Эффективность** — изменения маршрутизации запускают обновления маршрутизации (без регулярных обновлений). Протокол использует алгоритм поиска кратчайшего пути SPF для выбора оптимального пути.
* **Быстрая сходимость** — быстрая трансляция изменений сети.
* **Масштабируемость** — подходит для использования, как в небольших, так и в больших сетях. Для поддержки иерархической структуры маршрутизаторы можно сгруппировать в области.
* **Безопасность** — поддерживает аутентификацию Message Digest 5 (MD5). Если эта функция включена, маршрутизаторы OSPF принимают только зашифрованные сообщения маршрутизации от равноправных узлов с одинаковым предварительно заданным паролем.

Административная дистанция (AD) представляет собой значение надёжности (или предпочтительности) источника маршрута. Протокол OSPF имеет административную дистанцию по умолчанию со значением 110. Как показано на рис. 2, протокол OSPF является предпочтительным по сравнению с протоколами IS-IS и RIP.

# Компоненты протокола OSPF

Все протоколы маршрутизации используют аналогичные компоненты. Все протоколы используют сообщения протокола маршрутизации для обмена данными маршрутизации. Сообщения позволяют выстраивать структуры данных, которые впоследствии обрабатываются посредством алгоритма маршрутизации.

Три основных компонента протокола маршрутизации OSPF:

**Структуры данных**

Протокол OSPF создает и обслуживает три базы данных (см. рис. 1):

* **База данных смежности** — создаёт таблицу соседних устройств.
* **База данных о состоянии каналов (LSDB)** — создаёт таблицу топологии.
* **База данных пересылки** — создаёт таблицу маршрутизации.

Эти таблицы содержат список соседних маршрутизаторов, между которыми выполняется обмен данными маршрутизации. Таблицы хранятся и обрабатываются в ОЗУ.

**Сообщения протокола маршрутизации**

Протокол OSPF осуществляет обмен сообщениями для передачи данных маршрутизации, используя для этого пять типов пакетов. Как показано на рис. 2, к таким пакетам относятся:

* пакет приветствия (hello);
* пакет описания базы данных;
* пакет состояния канала;
* пакет обновления состояния канала;
* пакет подтверждения состояния канала.

Эти пакеты используются для обнаружения соседних маршрутизаторов, а также для обмена данными маршрутизации в целях предоставления точных данных о сети.

**Алгоритм**

ЦП обрабатывает таблицы соседних устройств и таблицы топологии, используя алгоритм поиска кратчайшего пути Дейкстры. Алгоритм поиска кратчайшего пути основывается на данных о совокупной стоимости доступа к точке назначения.

Алгоритм поиска кратчайшего пути создаёт дерево кратчайших путей SPF путём размещения каждого маршрутизатора в корне дерева и расчёта кратчайших путей к каждому из узлов. После этого дерево кратчайших путей SPF используется для расчёта оптимальных маршрутов. Протокол OSPF вносит оптимальные маршруты в базу данных пересылки, которая применяется для создания таблицы маршрутизации.

# Принцип работы маршрутизации по состоянию канала

Для предоставления данных маршрутизации маршрутизаторы, использующие протокол OSPF, выполняют следующие общие шаги процесса маршрутизации по состоянию канала для достижения состояния сходимости:

1. Установление отношений смежности с соседними устройствами (рис. 1): маршрутизаторы с поддержкой OSPF должны выполнить обнаружение друг друга в сети, чтобы обмениваться данными. Маршрутизатор, использующий OSPF, отправляет пакеты приветствия из всех интерфейсов с включенным OSPF для определения всех соседних устройств в пределах этих каналов. При наличии соседнего устройства маршрутизатор, использующий OSPF, пытается установить с ним отношения смежности.

2. Обмен объявлениями о состоянии канала (рис. 2): после установления отношений смежности маршрутизаторы выполняют обмен объявлениями о состоянии канала (LSA). LSA содержат состояние и стоимость каждого напрямую подключенного канала. Маршрутизаторы отправляют свои LSA смежным устройствам. При получении LSA смежные устройства мгновенно отправляют свои LSA напрямую подключенным соседям; данный процесс продолжается до тех пор, пока все маршрутизаторы области не получат все LSA.

3. Создание таблицы топологии (рис 3): после получения объявлений о состоянии канала (LSA) маршрутизаторы, использующие OSPF, создают базу данных топологии на базе полученных пакетов. В этой базе данных в конечном итоге собирается вся информация о топологии сети.

4. Выполнение алгоритма поиска кратчайшего пути SPF (рис. 4 - 5). После этого маршрутизаторы выполняют алгоритм поиска кратчайшего пути. На рисунке с помощью шестерёнок обозначено выполнение алгоритма поиска кратчайшего пути. Алгоритм поиска кратчайшего пути создаёт дерево кратчайших путей SPF.

Содержимое дерева кратчайших путей SPF маршрутизатора R1 отображено на рис. 6.

Оптимальные маршруты вносятся в таблицу маршрутизации из дерева кратчайших путей SPF. Решения по маршрутизации принимаются на основе записей в таблице маршрутизации.

**OSPF для одной области и OSPF для нескольких областей**

Для обеспечения большей эффективности и масштабируемости протокол OSPF поддерживает иерархическую маршрутизацию с разделением на области. Область OSPF представляет собой группу маршрутизаторов, использующих одинаковые данные о состоянии канала в своих базах данных состояний каналов.

Протокол OSPF можно реализовать одним из следующих способов:

* **OSPF для одной области** — на рис. 1 все маршрутизаторы находятся в одной области, называемой магистральной или нулевой областью (область 0).
* **OSPF для нескольких областей** — на рис. 2 протокол OSPF реализуется посредством нескольких областей в иерархическом порядке. Все области должны быть подключены к магистральной области (область 0). Маршрутизаторы, с помощью которых осуществляется соединение между областями, называются пограничными маршрутизаторами (ABR).

В OSPF для нескольких областей протокол может разделять одну большую автономную систему (AS) на более мелкие области в целях обеспечения иерархической маршрутизации. При использовании иерархической маршрутизации выполняется маршрутизация между областями (межобластная маршрутизация), но многие из операций маршрутизации, потребляющих ресурсы процессора (например, повторный расчёт базы данных), выполняются в пределах одной области.

К примеру, каждый раз, когда маршрутизатор получает новые данные об изменении топологии в пределах области (включая добавление, удаление или изменение канала), маршрутизатор должен повторно выполнить алгоритм поиска кратчайшего пути, создать новое дерево кратчайших путей SPF и обновить таблицу маршрутизации. Алгоритм поиска кратчайших путей потребляет большой объём ресурсов ЦП; время, затрачиваемое на расчёты, зависит от размера области.

**Примечание**. Изменения топологии распределяются по маршрутизаторам в других областях в дистанционно-векторном формате. Иными словами, эти маршрутизаторы обновляют только свои таблицы маршрутизации и не должны повторно выполнять алгоритм поиска кратчайших путей.

При наличии слишком большого числа маршрутизаторов в одной области, базы данных о состоянии канала имеют слишком большой размер, и нагрузка на ЦП, таким образом, увеличивается. Поэтому распределение маршрутизаторов по областям эффективно разделяет потенциально большие базы данных на базы данных меньшего размера, тем самым обеспечивая возможность более эффективного управления.

Возможности иерархической топологии OSPF для нескольких областей обеспечивают ряд следующих преимуществ:

* **Таблицы маршрутизации меньшего размера** — меньшее число записей в таблицах маршрутизации, так как сетевые адреса могут объединяться между областями. Функция объединения маршрутов отключена по умолчанию.
* **Снижение нагрузки, вызванной обновлениями состояния канала** — минимизация требований к ресурсам процессора и памяти.
* **Снижение частоты расчётов кратчайшего пути** — локализация воздействия изменений топологии в пределах области. Таким образом, сокращается воздействие обновлений маршрутизации, так как лавинная рассылка объявлений LSA прекращается на границе области.

На рис. 3 продемонстрированы описанные выше преимущества.

Например, маршрутизатор R2 представляет собой пограничный маршрутизатор области для области 51. Как пограничный маршрутизатор, он объединяет маршруты области 51 в область 0. В случае сбоя на одном из объединённых каналов обмен LSA выполняется только в пределах области 51. Маршрутизаторы в области 51 должны повторно выполнить алгоритм поиска кратчайшего пути для определения оптимальных маршрутов. При этом маршрутизаторы в области 0 и области 1 не получают никаких обновлений. Таким образом, они не выполняют алгоритм поиска кратчайшего пути.

В рамках данной главы рассматривается преимущественно использование протокола OSPF для одной области.

**Инкапсуляция сообщений OSPF**

Сообщения OSPF, передаваемые по каналу Ethernet, содержат следующие данные:

* **Заголовок кадра канала данных Ethernet** — определяет групповой MAC-адрес назначения 01-00-5E-00-00-05 или 01-00-5E-00-00-06. (Рис. 1)
* **Заголовок IP-пакета** — определяет поле 89 протокола IPv4, указывающее, что этот пакет является пакетом OSPF. Он также определяет один из двух групповых адресов OSPF (224.0.0.5 или 224.0.0.6). (Рис. 2)
* **Заголовок пакета OSPF** — определяет тип пакета OSPF, идентификатор маршрутизатора и идентификатор области. (Рис. 3)
* **Данные в зависимости от типа пакета OSPF** — содержат данные о типе пакета OSPF. Содержимое может отличаться в зависимости от типа пакета. В рассматриваемом случае это заголовок IPv4. (Рис. 4)

**Типы пакетов OSPF**

Протокол OSPF использует пакеты состояния канала для установления и поддержания отношений смежности и обмена обновлениями маршрутизации.

На рисунке показаны пять различных типов пакетов состояния канала, используемых протоколом OSPF. Каждый тип пакета выполняет определённую задачу в процессе маршрутизации OSPF:

* **Тип 1: пакет приветствия (hello)** — используется для установления и поддержания отношений смежности с маршрутизаторами OSPF.
* **Тип 2: пакет описания базы данных (DBD)** — содержит сокращённый список базы данных состояний каналов отправляющего маршрутизатора. Используется принимающими маршрутизаторами для сверки с локальной базой данных о состоянии канала. Для построения точного дерева кратчайших путей SPF маршрутизаторы с маршрутизацией по состоянию канала в пределах области должны использовать идентичную базу данных состояний каналов.
* **Тип 3: пакет запроса состояния канала (LSR)** — принимающие маршрутизаторы могут запросить дополнительные данные о любой записи в пакете описания базы данных (DBD), отправив пакет запроса состояния канала (LSR).
* **Тип 4: пакет обновления состояния канала (LSU)** — используется для отправки отклика на пакеты запроса состояния канала (LSR) и объявления новых данных. Пакеты обновления состояния канала (LSU) содержат семь различных типов LSA.
* **Тип 5: пакет подтверждения состояния канала (LSAck)** — при получении LSU маршрутизатор отправляет LSAck для подтверждения приёма LSU. Поле данных LSAck является пустым.

**Пакет приветствия (hello)**

**Пакет приветствия (hello)**

Пакет протокола OSPF типа 1— это пакет приветствия или hello-пакет. Пакеты приветствия используются в следующих целях:

* обнаружение соседних устройств OSPF и установление отношений смежности с ними;
* объявление параметров, при которых два маршрутизатора обязаны согласиться установить отношения смежности.
* В сетях с множественным доступом (Ethernet и Frame Relay) необходимо выбрать выделенный маршрутизатор (DR) и резервный выделенный маршрутизатор (BDR). Для каналов типа «точка-точка» наличие DR или BDR не требуется.

На рисунке показаны поля, содержащиеся в пакете приветствия (пакет типа 1). К наиболее важным полям, показанным на рисунке, относятся следующие:

* **Тип** — определяет тип пакета. Число 1 обозначает пакет приветствия. Значение 2 обозначает пакет DBD, 3 - пакет LSR, 4 - пакет LSU, а 5 - пакет LSAck.
* **Идентификатор маршрутизатора** — 32-битное значение, выраженное в десятичном формате с разделением точкой (IPv4-адрес), используется для уникального обозначения исходного маршрутизатора.
* **Идентификатор области** — область, в которой создан пакет.
* **Маска подсети** — маска подсети, связанная с отправляющим интерфейсом.
* **Интервал приветствия (HelloInterval)** — интервал (в секундах), по истечении которого маршрутизатором отправляется следующий пакет приветствия. В сетях с множественным доступом интервал приветствия по умолчанию задан со значением 10 секунд. В соседних маршрутизаторах должен использоваться один и тот же таймер, иначе отношения смежности не устанавливаются.
* **Приоритет маршрутизатора** — используется при выборе DR/BDR. По умолчанию для всех маршрутизаторов OSPF задан приоритет 1, однако его можно изменить вручную, выбрав значение в диапазоне от 0 до 255. Чем выше это значение, тем больше вероятность того, что маршрутизатор будет использоваться как выделенный маршрутизатор (DR) на этом канале.
* **Интервал простоя (RouterDeadInterval)** — интервал (в секундах) ожидания маршрутизатором сигнала от соседнего устройства, по истечении которого соседний маршрутизатор объявляется «мёртвым», т.е. недействующим. Как правило, значение интервала простоя равно четырёхкратному значению интервала приветствия. В соседних маршрутизаторах должен использоваться один и тот же таймер, иначе отношения смежности не устанавливаются.
* **Выделенный маршрутизатор (DR)** — идентификатор маршрутизатора DR.
* **Резервный выделенный маршрутизатор (BDR)** — идентификатор маршрутизатора BDR.
* **Список соседних устройств** — список, определяющий идентификаторы всех смежных маршрутизаторов.

Для просмотра подробных сведений щёлкните каждое из выделенных полей на рисунке.

**Интервалы отправки пакетов приветствия**

Как показано на рисунке, пакеты приветствия OSPF передаются на групповой адрес 224.0.0.5 в сети IPv4 и на адрес FF02::5 в сети IPv6 (все маршрутизаторы используют OSPF) со следующими интервалами:

* каждые 10 секунд (по умолчанию в сетях с множественным доступом и сетях типа «точка-точка»);
* каждые 30 секунд (по умолчанию в не широковещательных сетях множественного доступа, например, Frame Relay).

Интервал простоя является интервалом времени в секундах, в течение которого маршрутизатор ожидает получения пакета приветствия перед тем, как объявить соседнее устройство неработающим. Если интервал простоя истекает до получения маршрутизаторами пакета приветствия, OSPF удаляет это соседнее устройство из своей базы данных состояний каналов. Маршрутизатор выполняет лавинную рассылку базы данных состояний каналов, содержащей данные о неработающем соседнем устройстве, из всех интерфейсов, использующих OSPF.

По умолчанию в устройствах Cisco интервал простоя равен 4 интервалам и использует отправки hello-пакетов:

* 40 секунд (по умолчанию в сетях с множественным доступом и сетях типа «точка-точка»);
* 120 секунд (по умолчанию в не широковещательных сетях множественного доступа, например, Frame Relay).

# Обновления состояния канала

Маршрутизаторы изначально обмениваются пакетами DBD (пакетами типа 2), то есть сокращёнными списками базы данных состояний каналов отправляющего маршрутизатора, которые используются принимающими маршрутизаторами для сверки с локальной базой данных состояний каналов.

Пакет LSR (пакет типа 3) используется принимающими маршрутизаторами для запроса дополнительных данных о записи в пакете DBD.

Пакет LSU (пакет типа 4) используется для отправки отклика на полученный пакет LSR.

Пакеты LSU также используются для пересылки обновлений маршрутизации OSPF, например, данных об изменении канала. В частности, пакет LSU может содержать 11 различных типов объявлений состояния канала (LSA) протокола OSPFv2, как показано на рисунке. Протокол OSPFv3 переименовал некоторые из этих пакетов LSA и также содержит два дополнительных пакета LSA.

**Примечание**. Разница между терминами «LSU» и «LSA» может привести в замешательство, поскольку эти термины нередко заменяют друг друга. Однако пакет LSU содержит один или несколько пакетов LSA.

**Рабочие состояния OSPF**

При первом подключении маршрутизатора OSPF к сети он пытается:

* установить отношения смежности с соседними узлами;
* осуществить обмен данными маршрутизации;
* рассчитать оптимальные пути;
* достичь состояния сходимости.

Протокол OSPF проходит несколько состояний в процессе достижения сходимости:

* состояние Down;
* состояние Init;
* состояние Two-Way;
* состояние ExStart;
* состояние Exchange;
* состояние Loading;
* состояние Full.

Для просмотра подробных сведений щёлкните синие поля на рисунке.

**Установление отношений смежности с соседними устройствами**

Если на интерфейсе активирован протокол OSPF, маршрутизатор должен определить наличие другого соседнего устройства OSPF в канале. Для этого маршрутизатор отправляет пакет приветствия, содержащий идентификатор маршрутизатора, из всех интерфейсов с поддержкой OSPF. Идентификатор маршрутизатора OSPF используется процессом OSPF для уникальной идентификации каждого маршрутизатора в области OSPF. Идентификатор маршрутизатора представляет собой IP-адрес, назначенный для идентификации конкретного маршрутизатора среди равноправных узлов OSPF.

Если соседний маршрутизатор, на котором активирован протокол OSPF, получает пакет приветствия с идентификатором маршрутизатора, который не включён в список его соседних устройств, принимающий маршрутизатор пытается установить с инициирующим маршрутизатором отношения смежности.

См. маршрутизатор R1 на рис. 1. Если протокол OSPF активирован, интерфейс Gigabit Ethernet 0/0, использующий этот протокол, переходит из состояния Down в состояние Init. Маршрутизатор R1 начинает отправлять пакеты приветствия из всех интерфейсов с поддержкой OSPF в целях обнаружения соседних устройств OSPF, с которыми следует установить отношения смежности.

На рис. 2 маршрутизатор R2 принимает пакет приветствия от маршрутизатора R1 и добавляет идентификатор маршрутизатора R1 в свой список соседних устройств. После этого маршрутизатор R2 отправляет пакет приветствия на маршрутизатор R1. Пакет содержит идентификатор маршрутизатора R2 и маршрутизатора R1 в своём списке соседних устройств на том же интерфейсе.

На рис. 3 маршрутизатор R1 принимает пакет приветствия и добавляет идентификатор маршрутизатора R2 в свой список соседних устройств OSPF. Он также видит свой собственный идентификатор маршрутизатора в пакете приветствия от соседних устройств. Когда маршрутизатор принимает пакет приветствия, содержащий его идентификатор в списке соседних устройств, он переходит из состояния Init в состояние Two-Way.

Действие, выполняемое в состоянии Two-Way, определяется типом взаимодействия между смежными маршрутизаторами:

* Если два смежных соседних устройства взаимодействуют посредством канала типа «точка-точка», они немедленно переходят из состояния Two-Way в фазу синхронизации базы данных.
* Если маршрутизаторы взаимодействуют посредством общей сети Ethernet, необходимо выбрать выделенный маршрутизатор (DR) и резервный выделенный маршрутизатор (BDR)..

Поскольку маршрутизаторы R1 и R2 взаимодействуют посредством сети Ethernet, выбираются выделенный маршрутизатор (DR) и резервный выделенный маршрутизатор (BDR). Как показано на рис. 4, маршрутизатор R2 становится выделенным маршрутизатором (DR), а маршрутизатор R1 - резервным выделенным маршрутизатором (BDR). Этот процесс выполняется только в сетях множественного доступа (например, сетях LAN стандарта Ethernet).

В целях обновления данных маршрутизации выполняется непрерывный обмен пакетами приветствия.

**Выделенный маршрутизатор (DR) и резервный выделенный маршрутизатор (BDR)**

Для чего необходимо выбрать выделенный и резервный выделенный маршрутизаторы?

В сетях множественного доступа протокола OSPF может столкнуться с двумя проблемами, связанными с лавинной рассылкой пакетов LSA.

* **Установление большого количества отношений смежности** — сети Ethernet потенциально могут обеспечивать взаимодействие между множеством маршрутизаторов OSPF посредством общего канала. Установление отношений смежности с каждым маршрутизатором не требуется и является нежелательным. Подобное приводит к возникновению чрезмерного количества пакетов LSA, которыми маршрутизаторы обмениваются в пределах одной сети.
* **Избыточная лавинная рассылка пакетов LSA** — маршрутизаторы с маршрутизацией по состоянию канала выполняют лавинную рассылку своих пакетов LSA при каждой инициализации протокола OSPF или в случае изменения топологии. Подобная лавинная рассылка может стать избыточной.

Для того чтобы понять проблему, связанную с чрезмерным числом отношений смежности, необходимо выучить следующую формулу:

для любого числа маршрутизаторов (обозначается как *n*) в сети множественного доступа существует *n* (*n* – 1) / 2 отношений смежности.

На рис. 1 показана упрощённая топология из пяти маршрутизаторов, подключенных к одной сети Ethernet множественного доступа. Без механизма, позволяющего сократить число отношений смежности, такие маршрутизаторы в совокупности образуют 10 отношений смежности:

5 (5 – 1) / 2 = 10

Может показаться, что это не так много, однако по мере добавления маршрутизаторов в сеть число отношений смежности существенно возрастает, как показано на рис. 2.

Чтобы понять проблему, связанную с избыточной лавинной рассылкой пакетов LSA, просмотрите анимацию на рис. 3. В анимации маршрутизатор R2 отправляет пакет LSA. Это событие запускает отправку пакетов LSA всеми остальными маршрутизаторами. В анимации не показаны требуемые подтверждения, которые отправляются для каждого полученного пакета LSA. Если бы все маршрутизаторы в сети множественного доступа должны были выполнять лавинную рассылку и подтверждать каждый полученный пакет LSA от всех остальных маршрутизаторов в пределах одной сети множественного доступа, сетевой трафик стал бы довольно хаотичным.

Проблема управления большим количеством отношений смежности и лавинной рассылки пакетов LSA в сети с множественным доступом решается за счёт выделенного маршрутизатора (DR). В сетях множественного доступа протокол OSPF назначает выделенный маршрутизатор (DR) как точку сбора и распространения отправленных и принятых пакетов LSA. На случай сбоя выделенного маршрутизатора (DR) также выбирается резервный выделенный маршрутизатор (BDR). Все остальные маршрутизаторы приобретают статус маршрутизаторов DROthers. Маршрутизатор DROTHER — это маршрутизатор, который не является маршрутизатором DR или BDR.

Просмотрите анимацию на рис. 4, чтобы узнать о роли маршрутизатора DR.

**Синхронизация баз данных OSPF**

После выхода из состояния Two-Way маршрутизаторы переходят в состояние синхронизации базы данных. Пакет приветствия используется для установления отношений смежности с соседними устройствами, в то время как остальные четыре типа пакетов OSPF используются в процессе обмена и синхронизации баз данных состояний каналов.

В состоянии ExStart между маршрутизаторами и их смежными маршрутизаторами DR и BDR устанавливаются отношения ведущего и ведомых устройств. Маршрутизатор с более высоким значением идентификатора выступает в роли ведущего устройства в состоянии Exchange. На рис. 1 маршрутизатор R2 становится ведущим устройством.

В состоянии Exchange ведущие и ведомые маршрутизаторы обмениваются одним или несколькими пакетами DBD. Пакет DBD включает информацию о заголовке записи LSA, которая отображается в базе данных состояний каналов маршрутизатора. Записи могут содержать данные о канале или о сети. Каждый заголовок записи LSA содержит данные о типе состояния канала, адресе объявляющего маршрутизатора, стоимости канала и порядковом номере. Маршрутизатор использует порядковый номер для определения актуальности полученных данных о состоянии канала.

На рис. 2 маршрутизатор R2 передаёт пакет DBD маршрутизатору R1. Когда маршрутизатор R1 получает пакет DBD, он выполняет следующие действия:

1. Маршрутизатор подтверждает получение пакета DBD посредством пакета LSAck.

2. Затем маршрутизатор R1 отправляет пакеты DBD маршрутизатору R2.

3. Маршрутизатор R2 отправляет подтверждение маршрутизатору R1.

Маршрутизатор R1 сравнивает полученные данные с данными, которые содержатся в его собственной базе данных состояний каналов. Если пакет DBD содержит более актуальную запись о состоянии канала, маршрутизатор переходит в состояние Loading.

Например, на рис. 3 маршрутизатор R1 отправляет пакет LSR с данными о сети 172.16.6.0 на маршрутизатор R2. Маршрутизатор R2 отправляет отклик, содержащий полные данные о сети 172.16.6.0, в пакете LSU. Опять же, когда маршрутизатор R1 принимает пакет LSU, он в ответ отправляет пакет LSAck. Маршрутизатор R1 затем добавляет новые записи о состоянии канала в свою базу данных состояний каналов.

После того как на все пакеты LSR для данного маршрутизатора отправлен отклик, смежные маршрутизаторы считаются синхронизированными и переведёнными в состояние Full.

Пока соседние маршрутизаторы продолжают получать пакеты приветствия, данные о сети, содержащиеся в переданных пакетах LSA, остаются в базе данных топологии. После синхронизации топологических баз данных пакеты обновлений (LSU) отправляются соседним устройствам только в следующих случаях:

* получение изменений (инкрементные обновления);
* по истечении 30 минут.

# Сетевая топология OSPF

Впервые представленный в 1991 году протокол OSPFv2 представляет собой протокол маршрутизации IPv4 по состоянию канала. Протокол OSPF разработан в качестве альтернативы другому протоколу маршрутизации IPv4 — протоколу RIP.

На этом рисунке показана топология, используемая для настройки OSPFv2 в данном сегменте. Типы последовательных интерфейсов и связанных с ними значений пропускной способности необязательно отражают наиболее распространённые типы подключений в современных сетях. Значения пропускной способности последовательных каналов, используемые в рамках данной топологии, выбраны для демонстрации расчёта метрик протокола маршрутизации и процесса выбора оптимального пути.

Маршрутизаторы в топологии имеют начальную конфигурацию, включая адреса интерфейсов. В настоящее время на маршрутизаторах отсутствует конфигурация статической или динамической маршрутизации. Все интерфейсы на маршрутизаторах R1, R2 и R3 (за исключением логического интерфейса loopback на маршрутизаторе R2) находятся в пределах магистральной области OSPF. Маршрутизатор интернет-провайдера используется как шлюз домена маршрутизации для доступа к сети Интернет.

**Примечание**. В этой топологии логический интерфейс loopback используется для имитации канала сети WAN для доступа к сети Интернет.

# Режим конфигурации маршрутизатора OSPF

На рис. 1 представлена справочная топология для изучения данной темы. Протокол OSPFv2 включается с помощью команды режима глобальной конфигурации **router ospf** *process-id*. Значение *process-id* представляет собой число в диапазоне от 1 до 65535, которое выбирает сетевой администратор. Значение *process-id* имеет локальное значение, то есть оно не обязательно должно быть идентичным значениям на других маршрутизаторах OSPF для установления отношений смежности между этими соседними устройствами.

На рис. 2 представлен пример входа в режим конфигурации OSPF на маршрутизаторе R1.

**Примечание**. Список команд был изменён, чтобы в первую очередь отображались команды, рассматриваемые в рамках главы. Для просмотра полного списка команд используйте инструмент проверки синтаксиса, показанный на рис. 3.

Используйте инструмент проверки синтаксиса, показанный на рис. 3, чтобы перейти в режим конфигурации OSPF на маршрутизаторе R2 и просмотреть список команд, доступных в командной строке.

**Идентификаторы маршрутизатора**

Для включения в домен маршрутизации OSPF всем маршрутизаторам требуется идентификатор. Идентификатор маршрутизатора задаётся администратором или автоматически назначается маршрутизатором. Маршрутизатор с поддержкой протокола OSPF использует идентификатор в следующих целях:

* **Уникальная идентификация маршрутизатора** — идентификатор маршрутизатора используется другими маршрутизаторами для уникальной идентификации в пределах домена OSPF каждого из маршрутизаторов, а также всех пакетов, исходящих от них.
* **Участие в выборе маршрутизатора DR** — в сети LAN множественного доступа выбор маршрутизатора DR осуществляется в процессе исходной организации сети OSPF. При активации каналов OSPF устройство маршрутизации, для которого настроен наивысший приоритет, назначается маршрутизатором DR. В случае если приоритет не настроен или он одинаков, маршрутизатор с самым высоким значением идентификатора выбирается маршрутизатором DR. Устройство маршрутизации со следующим значением идентификатора выбирается как маршрутизатор BDR.

Однако каким образом маршрутизатор определяет значение идентификатора? Как показано на рисунке, маршрутизаторы Cisco выводят идентификатор маршрутизатора на основе одного из трёх критериев в следующем порядке предпочтения:

* Идентификатор маршрутизатора настраивается напрямую посредством команды режима глобальной конфигурации OSPF **router-id** *rid*. Значение *rid* является любым 32-битным значением, выраженным как IPv4-адрес. Данный метод является рекомендуемым для назначения идентификатора маршрутизатора.
* Если идентификатор маршрутизатора не настроен напрямую, маршрутизатор выбирает самое высокое значение IPv4-адреса любого из настроенных интерфейсов loopback. Это второй способ назначения идентификатора маршрутизатора.
* При отсутствии настроенных интерфейсов loopback маршрутизатор выбирает самое высокое значение активного IPv4-адреса любого из своих физических интерфейсов. Данный метод не рекомендуется использовать, так как в этом случае администратору сложнее различать маршрутизаторы.

Если маршрутизатор использует самое высокое значение IPv4-адреса для идентификатора маршрутизатора, интерфейс не должен обязательно поддерживать протокол OSPF. Это означает, что адрес интерфейса необязательно включать в одну из OSPF-команд **network**, чтобы маршрутизатор мог использовать этот IP-адрес как идентификатор маршрутизатора. Единственным требованием в этом случае является активность интерфейса и его работоспособность.

**Примечание**. Идентификатор маршрутизатора выглядит как IP-адрес, однако его маршрутизация невозможна, и, следовательно, он не включается в таблицу маршрутизации, если только процессом маршрутизации OSPF не выбран интерфейс (физический или логический loopback), который надлежащим образом определён командой **network**.

# Настройка идентификатора маршрутизатора OSPF

Используйте команду режима конфигурации маршрутизатора **router-id** *rid*, чтобы вручную назначить маршрутизатору 32-битное значение, выраженное как IPv4-адрес. Маршрутизатор OSPF идентифицирует себя для других маршрутизаторов, используя свой идентификатор маршрутизатора.

Как показано на рис. 1, маршрутизатор R1 настраивается с использованием идентификатора маршрутизатора 1.1.1.1, маршрутизатор R2 - с использованием идентификатора 2.2.2.2, а маршрутизатор R3 - с использованием идентификатора 3.3.3.3.

На рис. 2 идентификатор маршрутизатора 1.1.1.1 назначается маршрутизатору R1. Для проверки идентификатора маршрутизатора используйте команду **show ip protocols**.

**Примечание**. Маршрутизатору R1 ранее не присваивался идентификатор маршрутизатора OSPF. В обратном случае идентификатор маршрутизатора необходимо изменить.

Если для двух соседних маршрутизаторов используется одинаковый идентификатор маршрутизатора, в этом случае маршрутизатор выводит сообщение об ошибке, аналогичное следующему:

%OSPF-4-DUP\_RTRID1: обнаружен маршрутизатор с повторяющимся идентификатором.

Чтобы устранить эту проблему, настройте все маршрутизаторы с использованием уникальных идентификаторов маршрутизатора OSPF.

Используйте инструмент проверки синтаксиса, показанный на рис. 3, чтобы назначить идентификатор маршрутизатора для маршрутизатора R2 и R3.

# Изменение идентификатора маршрутизатора

В отдельных случаях требуется изменить идентификатор маршрутизатора (например, если администратор сети устанавливает новую схему идентификаторов маршрутизаторов для сети). Однако после выбора маршрутизатором идентификатора активный маршрутизатор OSPF не позволяет изменять этот идентификатор до тех пор, пока маршрутизатор не будет перезагружен или процесс OSPF не будет удалён.

На рис. 1 текущий идентификатор маршрутизатора - 192.168.10.5. Маршрутизатор должен иметь идентификатор 1.1.1.1.

На рис. 2 идентификатор маршрутизатора 1.1.1.1 назначается маршрутизатору R1. Обратите внимание на отображаемое информационное сообщение о необходимости удаления процесса OSPF или перезагрузки маршрутизатора. Это обусловлено тем, что маршрутизатор R1 уже установил отношения смежности с другими соседними устройствами, используя идентификатор маршрутизатора 192.168.10.5. Установленные отношения смежности необходимо согласовать повторно, используя новый идентификатор маршрутизатора IP 1.1.1.1.

Удаление процесса OSPF является предпочтительным методом сброса идентификатора маршрутизатора.

На рис. 3 процесс маршрутизации OPSF удаляется с помощью команды привилегированного режима **clear ip ospf process**. Из-за этого OSPF на маршрутизаторе R1 переходит в состояния Down и Init. Обратите внимание на сообщения об изменении состояния отношений смежности с Full на Down, а затем — с Loading на Full. Команда **show ip protocols** используется для проверки изменения идентификатора маршрутизатора.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 4, чтобы изменить идентификатор маршрутизатора R1.

# Использование интерфейса loopback в качестве идентификатора маршрутизатора

Идентификатор маршрутизатора также можно назначить, используя интерфейс loopback.

IPv4-адрес интерфейса loopback необходимо настроить, используя 32-битную маску подсети (255.255.255.255). Таким образом создаётся маршрут узла. 32-битный маршрут узла не объявляется в качестве маршрута для других маршрутизаторов OSPF.

Пример на рисунке демонстрирует способы настройки интерфейса loopback с использованием маршрута узла на маршрутизаторе R1. Маршрутизатор R1 использует маршрут узла как идентификатор маршрутизатора при условии, что идентификатор не был настроен напрямую или получен ранее.

**Примечание**. Некоторые ранние версии IOS не распознают команду **router-id**. Таким образом, оптимальным способом назначения идентификатора маршрутизатора на подобных маршрутизаторах является использование интерфейса loopback.

# Включение OSPF на интерфейсах

Команда **network** определяет интерфейсы, участвующие в процессе маршрутизации для области OSPF. Все интерфейсы на маршрутизаторе, соответствующие сетевому адресу в рамках команды **network**, включены и готовы к отправке и приёму пакетов OSPF. В результате адрес сети (или подсети) интерфейса включается в обновления маршрутизации OSPF.

Базовая команда синтаксиса — **network** *network-address wildcard-mask* **area** *area-id*.

Синтаксис команды **area** *area-id* относится к области OSPF. При настройке OSPF для одной области на всех маршрутизаторах необходимо настроить команду **network** с одинаковым значением *area-id*. Несмотря на то, что можно использовать любой идентификатор области, для OSPF одной области рекомендуется использовать идентификатор 0. Такое условное обозначение упрощает включение поддержки OSPF для нескольких областей в случае изменений сети в будущем.

На рисунке показана справочная топология.

**Шаблонная маска**

Для включения OPSF на интерфейсах протокол OSPFv2 использует комбинацию аргументов *network-address wildcard-mask*. OSPF является бесклассовым протоколом, следовательно, всегда требуется шаблонная маска или, как её ещё называют, wildcard-маска. При определении интерфейсов, участвующих в процессе маршрутизации, шаблонная маска, как правило, представляет собой обратную величину маски подсети, настроенной для этого интерфейса.

Шаблонная маска - это строка из 32 двоичных цифр, используемая маршрутизатором для определения битов адреса, которые будут рассматриваться на предмет совпадения. В маске подсети двоичное значение 1 равно совпадению, а двоичное значение 0 не является совпадением. В отношении шаблонной маски верно обратное.

* **Бит 0 шаблонной маски** — совпадает с соответствующим значением бита в адресе.
* **Бит 1 шаблонной маски** — игнорирует соответствующее значение бита в адресе.

Простейший способ рассчитать шаблонную маску — вычесть маску подсети из 255.255.255.255.

В примере на рис. 1 выполняется расчёт шаблонной маски из сетевого адреса 192.168.10.0/24. В этих целях маска подсети 255.255.255.0 вычитается из 255.255.255.255, в результате получается 0.0.0.255. Следовательно, 192.168.10.0/24 равно 192.168.10.0 с шаблонной маской 0.0.0.255.

В примере на рис. 2 выполняется расчёт шаблонной маски из сетевого адреса 192.168.10.64/26. В этих целях маска подсети 255.255.255.192 вычитается из 255.255.255.255, что в результате даёт 0.0.0.63. Следовательно, 192.168.10.0/26 равно 192.168.10.0 с шаблонной маской 0.0.0.63.

# Команда network

Существует несколько способов определения интерфейсов, участвующих в процессе маршрутизации OSPFv2.

На рис. 1 показаны команды, используемые для определения интерфейсов маршрутизатора R1, участвующих в процессе маршрутизации OSPFv2 в рамках области. Обратите внимание на использование шаблонных масок для определения соответствующих интерфейсов с учётом их сетевых адресов. Поскольку рассматривается сеть OSPF для одной области, все идентификаторы области заданы со значением 0.

Как вариант, протокол OSPFv2 можно активировать с помощью команды режима конфигурации маршрутизатора **network** *IP\_адрес\_интерфейса* **0.0.0.0** *area идентификатор\_области*.

На рис. 2 представлен пример настройки IPv4-адреса интерфейса с шаблонной маской 0.0.0.0. При вводе команды **network 172.16.3.1 0.0.0.0 area 0** на маршрутизаторе R1 маршрутизатор получает указание включить интерфейс Serial0/0/0 для процесса маршрутизации. В результате процесс OSPFv2 объявляет сеть, подключенную к этому интерфейсу (172.16.3.0/30).

Преимуществом определения интерфейса является то, что нет необходимости в расчёте шаблонной маски. Протокол OSPFv2 использует адрес интерфейса и маску подсети для определения объявляемой сети.

В некоторых версиях IOS можно указать маску подсети вместо шаблонной маски. После этого IOS преобразовывает маску подсети в формат шаблонной маски.

Используйте инструмент проверки синтаксиса, показанный на рис. 3, чтобы объявить сеть, подключенную к маршрутизатору R2.

**Примечание**. По завершении работы с инструментом проверки синтаксиса рекомендуем просмотреть информационные сообщения, описывающие отношения смежности между маршрутизаторами R1 (1.1.1.1) и R2 (2.2.2.2). Схема адресации IPv4, используемая для идентификатора маршрутизатора, упрощает определение соседних устройств.

**Пассивный интерфейс**

По умолчанию сообщения OSPF пересылаются из интерфейсов с включённым OSPF. Однако, на самом деле, необходимо, чтобы эти сообщения отправлялись только из интерфейсов, подключенных к другим маршрутизаторам, использующим протокол OSPF.

См. топологию на рисунке. Сообщения OSPF пересылаются из интерфейсов G0/0 всех трёх маршрутизаторов, несмотря на то, что в этой сети LAN нет соседних устройств OSPF. Отправка ненужных сообщений в сеть LAN имеет следующие последствия для сети:

* **Неэффективное использование пропускной способности** — доступная пропускная способность потребляется для передачи ненужных сообщений. Сообщения отправляются в рамках многоадресной рассылки; следовательно, коммутаторы также пересылают сообщения из всех портов.
* **Неэффективное использование ресурсов** — все устройства в сети LAN должны обработать сообщение и впоследствии удалить его.
* **Повышенный риск для информационной безопасности** — объявление обновлений по широковещательной рассылке представляет собой угрозу информационной безопасности сети. OSPF-сообщения могут быть перехвачены программами для анализа сетевых протоколов (снифферами). Обновления маршрутизации можно изменить и отправить обратно на маршрутизатор, что вызывает повреждение таблицы маршрутизации из-за ложных метрик, которые неверно направляют трафик.

# Настройка пассивных интерфейсов

Используйте команду режима конфигурации маршрутизатора **passive-interface**, чтобы запретить передачу сообщений маршрутизации посредством интерфейса маршрутизатора и при этом разрешить объявление этой сети для других маршрутизаторов, как показано на рис. 1. В приведенном примере команда блокирует отправку сообщений маршрутизации из определенного интерфейса. Тем не менее, сеть, к которой относится указанный интерфейс, по-прежнему объявляется в сообщениях маршрутизации, которые отправляются из других интерфейсов.

Например, маршрутизаторам R1, R2 и R3 не требуется пересылать сообщения OSPF из своих интерфейсов LAN. Конфигурация определяет интерфейс G0/0 маршрутизатора R1 как пассивный.

Важно помнить, что установить отношения смежности с соседним устройством через пассивный интерфейс невозможно. Это связано с тем, что пакеты состояния канала не могут быть отправлены или подтверждены.

Команда **show ip protocols** используется для подтверждения того, что интерфейс Gigabit Ethernet является пассивным, как показано на рис. 2. Обратите внимание, что интерфейс G0/0 теперь указан в списке в области «Пассивные интерфейсы» (Passive Interface(s)). Сеть 172.16.1.0 до сих пор указана в списке в области «Маршрутизация сетей» (Routing for Networks), то есть эта сеть пока добавляется как запись маршрута в обновления OSPF, отправляемые на маршрутизаторы R2 и R3.

**Примечание**. Команду **passive-interface** поддерживают как протокол OSPFv2, так и протокол OSPFv3.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 3, чтобы настроить интерфейс LAN как пассивный интерфейс на маршрутизаторе R2.

Также с помощью команды **passive-interface default** можно настроить все интерфейсы как пассивные. Интерфейсы, которые не должны быть пассивными, могут быть заново активированы с помощью команды **no passive-interface**.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 3, чтобы настроить интерфейс LAN как пассивный интерфейс маршрутизатора R3.

**Примечание**. Выполняя проверку синтаксиса, обратите внимание на информационные OSPF-сообщения о состоянии, отображаемые, когда все интерфейсы выводятся как пассивные, а также после настройки двух последовательных интерфейсов в качестве непассивных.

# Packet Tracer. Настройка протокола OSPFv2 для одной области

В этом интерактивном задании IP-адресация уже настроена. Необходимо настроить топологию с тремя маршрутизаторами с использованием базового протокола OSPFv2 для одной области и затем проверить соединения между оконечными устройствами.

[Packet Tracer. Настройка протокола OSPFv2 для одной области. Инструкции](https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/ru/course/files/8.2.2.7%20Packet%20Tracer%20-%20Configuring%20OSPFv2%20in%20a%20Single%20Area%20Instructions.pdf)

[Packet Tracer. Настройка протокола OSPFv2 для одной области. PKA](https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/ru/course/files/8.2.2.7%20Packet%20Tracer%20-%20Configuring%20OSPFv2%20in%20a%20Single%20Area.pka)

**Метрика OSPF = стоимость**

Следует помнить, что протокол маршрутизации использует метрику для определения оптимального пути пакета в сети. Метрика обозначает нагрузку, предполагаемую при отправке пакетов через указанный интерфейс. Протокол OSPF использует стоимость в качестве метрики. Путь с более низкой стоимостью является оптимальным по сравнению с путём с более высокой стоимостью.

Стоимость интерфейса обратно пропорциональна его пропускной способности. Следовательно, более высокая пропускная способность указывает на более низкую стоимость. Более высокая нагрузка и значения задержки по времени указывают на более высокую стоимость. Следовательно, линия Ethernet 10 Мбит/с имеет более высокую стоимость, чем линия Ethernet 100 Мбит/с.

Формула расчёта стоимости OSPF:

* **Стоимость** = *заданная пропускная способность* / *пропускная способность интерфейса*

Заданная пропускная способность равна по умолчанию 10^8 (100000000). Таким образом, используется следующая формула расчета:

* **Стоимость** = 100 000 000 бит/с / пропускная способность интерфейса (бит/с)

Подробный расчёт стоимости см. в таблице на рисунке. Обратите внимание, что интерфейсы FastEthernet, Gigabit Ethernet и 10 GigE используют одинаковое значение стоимости, поскольку значение стоимости OSPF должно быть целым числом. Ввиду того, что эталонная пропускная способность по умолчанию задана со значением 100 Мбит/с, все каналы, скорость которых выше Fast Ethernet, также имеют значение стоимости 1.

**OSPF аккумулирует стоимость**

Стоимость маршрута OSPF представляет собой аккумулированное значение от одного маршрутизатора до сети назначения.

Например, на рис. 1 стоимость доступа к сети LAN маршрутизатора R2 172.16.2.0/24 с маршрутизатора R1 должна быть следующей:

* Стоимость последовательного канала между маршрутизаторами R1 к R2 = 64
* Стоимость канала Gigabit Ethernet на R2 = 1
* Общая стоимость доступа к сети 172.16.2.0/24 = **65**

В таблице маршрутизации маршрутизатора R1 на рис. 2 показано, что метрика для доступа к сети LAN маршрутизатора R2 имеет стоимость 65.

**Настройка заданной пропускной способности**

OSPF использует эталонную пропускную способность со значением 100 Мбит/с для всех каналов, скорость которых равна или выше скорости FastEthernet-соединения. Таким образом, значение стоимости, назначенное для интерфейса FastEthernet с пропускной способностью 100 Мбит/с, будет равно 1.

**Стоимость =** *100 000000 бит/с* / *100000000 = 1*

Хотя этот расчёт верен для интерфейсов FastEthernet, его использование для каналов, скорость которых превышает 100 Мбит/с, проблематично, поскольку метрика OSPF использует только целые числа как окончательное значение стоимости канала. При получении в результате расчёта числа, которое меньше целого числа, протокол OSPF округляет его до ближайшего целого числа. По этой причине, обращаясь непосредственно к OSPF, интерфейс с пропускной способностью 100 Мбит/с (стоимость 1) имеет такую же стоимость, как и интерфейс с пропускной способностью 100 Гбит/с (стоимость 1).

Чтобы протокол OSPF правильно определил путь, необходимо изменить эталонную пропускную способность, задав более высокое значение с учётом сетей, содержащих каналы, скорость которых выше 100 Мбит/с.

**Настройка заданной пропускной способности**

Изменение эталонной пропускной способности фактически не влияет на ширину полосы пропускания канала. Подобное действие влияет только на расчёты при определении метрики. Для настройки эталонной пропускной способности используйте команду конфигурации маршрутизатора **auto-cost reference-bandwidth** *Mb/s*. Эту команду необходимо настроить на всех маршрутизаторах в домене OSPF. Обратите внимание, что значение выражено в Мбит/с. Следовательно, для настройки других значений используются следующие команды:

* **Gigabit Ethernet** — **auto-cost reference-bandwidth 1000**
* **10 Gigabit Ethernet** — **auto-cost reference-bandwidth 10000**

Для возврата к значению заданной пропускной способности по умолчанию используйте команду **auto-cost reference-bandwidth 100**.

В таблице на рис. 1 отображена стоимость OSPF в том случае, если для интерфейса значение заданной пропускной способности выражается в Gigabit Ethernet. Несмотря на увеличение значений метрик, протокол OSPF выбирает более оптимальные варианты, поскольку теперь он способен отличить канал FastEthernet от канала Gigabit Ethernet.

На рис. 2 показана стоимость OSPF в том случае, если значение заданной пропускной способности настроено для использования в каналах 10 Gigabit Ethernet. Значение заданной пропускной способности можно изменять каждый раз, когда обнаружены каналы, скорость которых выше FastEthernet (100 Мбит/с).

**Примечание**. Значения стоимости представлены целыми числами, округлёнными в меньшую сторону.

На рис. 3 все маршрутизаторы настроены для использования в канале Gigabit Ethernet с помощью команды конфигурации маршрутизатора **auto-cost reference-bandwidth 1000**. Новые полученные значения стоимости доступа к сети LAN маршрутизатора R2 172.16.2.0/24 от маршрутизатора R1:

* Стоимость последовательного канала между маршрутизаторами R1 к R2 = 647
* Стоимость канала Gigabit Ethernet на R2 = 1
* Общая стоимость доступа к сети 172.16.2.0/24 = **648**

Используйте команду **show ip ospf interface s0/0/0** для проверки текущего значения стоимости OSPF, назначенного последовательному интерфейсу 0/0/0 маршрутизатора R1, как показано на рис. 4. Обратите внимание на то, как отображается значение стоимости 647.

В таблице маршрутизации маршрутизатора R1 на рис. 5 показано, что метрика для доступа к сети LAN маршрутизатора R2 имеет стоимость 648.

**Значения пропускной способности интерфейса по умолчанию**

Для всех интерфейсов установлены значения пропускной способности по умолчанию. Как и в случае с заданной пропускной способностью, значения пропускной способности фактически не влияют на скорость или ёмкость канала. Эти значения используются протоколом OSPF для расчёта метрики маршрутизации. Поэтому важно, чтобы значение пропускной способности отражало фактическую скорость канала для того, чтобы в таблице маршрутизации содержались точные данные для выбора оптимального пути.

Несмотря на то, что значения пропускной способности интерфейсов Ethernet обычно соответствуют скорости канала, в случаях с другими интерфейсами этого может не быть. Например, фактическая скорость последовательных интерфейсов зачастую отличается от значения пропускной способности по умолчанию. На маршрутизаторах Cisco значение пропускной способности по умолчанию для большинства последовательных интерфейсов задано как 1.544 Мбит/с.

**Примечание**. Значение пропускной способности по умолчанию для старых версий последовательных интерфейсов может составлять 128 Кбит/с.

См. пример на рисунке 1. Обратите внимание:

* для канала между маршрутизаторами R1 и R2 должно быть задано значение 1544 Кбит/с (значение по умолчанию);
* для канала между маршрутизаторами R2 и R3 — значение 1024 Кбит/с;
* для канала между маршрутизаторами R1 и R3 — значение 64 Кбит/с.

Используйте команду **show interfaces** для просмотра настройки пропускной способности. На рис. 2 показаны настройки последовательного интерфейса 0/0/0 для маршрутизатора R1. Настройка пропускной способности является точной, и, следовательно, для последовательного интерфейса не требуется дополнительной настройки.

На рис. 3 показаны настройки последовательного интерфейса 0/0/1 для маршрутизатора R1. На рисунке также показано, что интерфейс использует значение пропускной способности интерфейса по умолчанию, равное 1544 Кбит/с. В соответствии со справочной топологией это значение должно быть задано равным 64 Кбит/с. Следовательно, требуется настройка последовательного интерфейса 0/0/1 маршрутизатора R1.

На рис. 4 показана итоговая метрика стоимости 647, основанная на значении заданной пропускной способности, равном 1000000000 бит/с, и значении заданной пропускной способности 1544 Кбит/с (1000000000 / 1544000).

**Настройка значений пропускной способности интерфейса**

**Настройка пропускной способности интерфейса**

Для того чтобы настроить пропускную способность интерфейса, используйте команду конфигурации интерфейса **bandwidth** *kilobits*. Чтобы восстановить значение по умолчанию, используйте команду **no bandwidth**.

В примере на рис. 1 показана настройка значения пропускной способности последовательного интерфейса 0/0/1 маршрутизатора R1 на 64 Кбит/с. Быстрая проверка подтверждает, что значение пропускной способности интерфейса теперь равно 64 Кбит/с.

Пропускную способность необходимо настроить на каждом из концов последовательных каналов, следовательно:

* для маршрутизатора R2 требуется настройка интерфейса S0/0/1 со значением 1024 Кбит/с.
* для маршрутизатора R3 требуется настройка интерфейса 0/0/0 со значением 64 Кбит/с, и последовательного интерфейса 0/0/1 - со значением 1024 Кбит/с.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 2 для настройки последовательного интерфейса на маршрутизаторе R2 и R3.

**Примечание**. Общим заблуждением учащихся, пока еще не слишком хорошо знакомых с сетевыми технологиями и Cisco IOS непосредственно, является предположение о том, что команда **bandwidth** изменяет физическую пропускную способность канала. Команда изменяет только метрики пропускной способности, используемые протоколом EIGRP и OSPF. Команда не изменяет фактическую пропускную способность канала.

# Настройка стоимости OSPF вручную

Вместо настройки пропускной способности по умолчанию можно вручную настроить на интерфейсе значение стоимости, используя команду конфигурации интерфейса **ip ospf cost** *значение*.

Преимущество настройки стоимости в сравнении с настройкой пропускной способности интерфейса заключается в том, что маршрутизатору не требуется рассчитывать метрику. И, напротив, если настраивается пропускная способность интерфейса, маршрутизатор должен рассчитывать стоимость OSPF с учётом пропускной способности. Команду **ip ospf cost** рекомендуется использовать в неоднородных средах, где маршрутизаторы сторонних производителей (не Cisco) могут использовать для расчёта значений стоимости OSPF метрику, отличную от значения пропускной способности.

Команды интерфейса **bandwidth** и **ip ospf cost** обеспечивают одинаковый результат, то есть предоставляют точное значение, используемое протоколом OSPF при определении оптимального маршрута.

В примере на рис. 1 значение пропускной способности последовательного интерфейса 0/0/1 сбрасывается до значения по умолчанию, и стоимость OSPF задаётся вручную со значением 15625. Несмотря на то, что пропускная способность интерфейса сбрасывается до значения по умолчанию, стоимость OSPF задаётся таким образом, как если бы по-прежнему выполнялся расчёт пропускной способности.

На рис. 2 показаны два альтернативных варианта, которые можно использовать для изменения значений стоимости последовательных каналов в топологии. С правой стороны рисунка показана команда **ip ospf cost** и её эквиваленты команде **bandwidth** слева.

**Проверка соседних устройств OSPF**

На рис. 1 показана справочная топология.

Команда **show ip ospf neighbor** используется для проверки установления маршрутизатором отношений смежности с соседними маршрутизаторами. Если идентификатор соседнего маршрутизатора не отображается или не показывает состояние FULL, это значит, что маршрутизаторы не установили отношения смежности OSPF.

Если два маршрутизатора не установили отношения смежности, обмен данными о состоянии канала не осуществляется. Неполное заполнение баз данных состояний каналов может привести к появлению ошибочных деревьев кратчайших путей SPF и таблиц маршрутизации. Указанные маршруты к сетям назначения могут отсутствовать или не являться оптимальными путями.

На рис. 2 показаны отношения смежности с соседними устройствами для маршрутизатора R1. Для каждого соседнего устройства данная команда отображает следующие выходные данные:

* **Neighbor ID** — идентификатор соседнего маршрутизатора.
* **Pri** — приоритет OSPF интерфейса. Это значение используется при выборе маршрутизаторов DR и BDR.
* **State** — состояние OSPF интерфейса. Состояние FULL означает, что маршрутизатор и его соседнее устройство имеют идентичные базы данных состояний каналов OSPF. В сетях с множественным доступом (например, Ethernet) состояние двух маршрутизаторов, состоящих в отношениях смежности, может отображаться как 2WAY. Тире указывает на то, что использование в данном типе сети выделенного маршрутизатора DR или резервного выделенного маршрутизатора BDR не требуется.
* **Dead Time** — интервал времени, в течение которого маршрутизатор ожидает получения пакета приветствия от соседнего устройства прежде, чем объявит его недействующим. Данное значение сбрасывается при получении интерфейсом пакета приветствия.
* **Address** — IPv4-адрес интерфейса соседнего устройства, к которому напрямую подключен этот маршрутизатор.
* **Interface** — интерфейс, на котором этот маршрутизатор установил отношения смежности с соседним устройством.

Используйте инструмент проверки синтаксиса, показанный на рис. 3, для проверки соседних устройств маршрутизаторов R2 и R3 с помощью команды **show ip ospf neighbor**.

Двум маршрутизаторам может не удастся установить отношения смежности OSPF, если:

* маски подсети не совпадают, в связи с чем маршрутизаторы находятся в разных сетях;
* таймеры приветствия или простоя не совпадают;
* типы сети OSPF не совпадают;
* отсутствует или неправильно введена какая-либо команда протокола OSPF **network**.

# Проверка настроек протокола OSPF

Как показано на рис. 1, команда **show ip protocols** обеспечивает быструю проверку критически важных данных конфигурации OSPF. К таким данным относятся идентификатор процесса OSPF, идентификатор маршрутизатора, сети, объявляемые маршрутизатором, соседние устройства, от которых маршрутизатор принимает обновления, и значение административной дистанции по умолчанию, равное 110 для OSPF.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 2, чтобы проверить настройки протокола OSPF для маршрутизаторов R2 и R3 с помощью команды **show ip protocols**.

# Проверка данных процесса OSPF

Команду **show ip ospf** также можно использовать для проверки идентификатора процесса OSPF и идентификатора маршрутизатора, как показано на рис. 1. Эта команда отображает данные области OSPF и показывает время, когда последний раз выполнялся алгоритм поиска кратчайшего пути.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 2, чтобы проверить настройки протокола OSPF для маршрутизаторов R2 и R3 с помощью команды **show ip ospf**.

# Проверка настроек интерфейса OSPF

Самый быстрый способ проверить настройки интерфейса OSPF - использование команды **show ip ospf interface**. С помощью этой команды выводится список для каждого интерфейса, поддерживающего OSPF. Данную команду рекомендуется использовать, чтобы проверить правильность команд **network**.

Чтобы получить данные по всем интерфейсам, использующим OSPF, используется команда **show ip ospf interface brief**, как показано на рис. 1.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 2 и команду **show ip ospf interface brief**, чтобы получить и просмотреть данные по всем интерфейсам, использующим OSPF на маршрутизаторе R2. Обратите внимание, что указание имени интерфейса в команде **show ip ospf interface serial 0/0/1** предоставляет подробные данные OSPF.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 2 и команду **show ip ospf interface brief**, чтобы получить и просмотреть данные обо всех интерфейсах, использующих OSPF на маршрутизаторе R3 Получите и просмотрите дополнительные данные для интерфейса Serial 0/0/0 с помощью команды **show ip ospf interface serial 0/0/0**.

**Лабораторная работа. Настройка базового протокола OSPFv2 для одной области**

**В ходе этой лабораторной работы необходимо выполнить следующие задания:**

* Часть 1. Создание сети и настройка базовых параметров устройств
* Часть 2. Настроить и проверить маршрутизацию OSPF
* Часть 3. Изменить назначения идентификаторов маршрутизаторов
* Часть 4. Настроить пассивные интерфейсы OSPF
* Часть 5. Изменить метрику OSPF

[Лабораторная работа. Настройка базового протокола OSPFv2 для одной области](https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/ru/course/files/8.2.4.5%20Lab%20-%20Configuring%20Basic%20Single-Area%20OSPFv2.pdf)

# OSPFv3

OSPFv3 представляет собой эквивалент OSPFv2 для обмена префиксами IPv6. Следует помнить, что в IPv6 сетевой адрес называется префиксом, а маска подсети - длиной префикса.

Как показано на рисунке, протокол OSPFv3 осуществляет обмен данными маршрутизации для заполнения таблицы маршрутизации IPv6 удалёнными префиксами, как и при использовании OSPFv2 для IPv4.

**Примечание**. Благодаря функции семейств адресов OSPFv3 протокол OSPFv3 обеспечивает поддержку как IPv4, так и IPv6.

Протокол OSPFv2 работает на уровне сети IPv4, осуществляет обмен данными с другими равноправными узлами OSPF IPv4 и объявляет только IPv4-маршруты.

Протокол OSPFv3 предоставляет те же возможности, что и протокол OSPFv2, но при этом использует IPv6 как транспорт на уровне сети, осуществляет обмен данными с равноправными узлами OSPFv3 и объявляет маршруты IPv6. Протокол OSPFv3 также использует алгоритм поиска кратчайшего пути SPF как инструмент определения оптимальных маршрутов посредством домена маршрутизации.

Как и все остальные протоколы маршрутизации IPv6, протокол OSPFv3 получает отдельные процессы от соответствующего протокола IPv4. По сути, процессы и операции являются теми же, что и в протоколе маршрутизации IPv4, однако выполняются независимо. Протоколы OSPFv2 и OSPFv3 содержат отдельные таблицы смежности, таблицы топологии OSPF и таблицы IP-маршрутизации, как показано на рисунке.

Настройка протокола OSPFv3 и команды проверки аналогичны используемым в протоколе OSPFv2.

**Сходства между протоколами OSPFv2 и OSPFv3**

Как показано на рисунке, между протоколами OSPFv2 и OSPFv3 существуют следующие сходства:

* **Состояние канала** — протоколы OSPFv2 и OSPFv3 являются бесклассовыми протоколами маршрутизации по состоянию канала.
* **Алгоритм маршрутизации** — протоколы OSPFv2 и OSPFv3 используют алгоритм поиска кратчайшего пути SPF для принятия решений по маршрутизации.
* **Метрика** — в запросах для комментариев протоколов OSPFv2 и OSPFv3 метрики определены как стоимость отправки пакетов из интерфейса. В протоколы OSPFv2 и OSPFv3 можно внести изменения с помощью команды режима конфигурации маршрутизатора **auto-cost reference-bandwidth** *ref-bw*. Эта команда влияет только на метрику OSPF, в которой она была настроена. Например, если данная команда выполнена для протокола OSPFv3, она не влияет на метрики маршрутизации OSPFv2.
* **области** — в OSPFv3 используется такая же концепция разделения на несколько областей, как и в OSPFv2. Разделение на несколько областей позволяет минимизировать лавинную рассылку данных о состоянии канала и обеспечивает более высокий уровень стабильности в пределах домена OSPF.
* **Типы пакетов OSPF** — OSPFv3 использует те же пять основных типов пакетов, что и OSPFv2 (hello, DBD, LSR, LSU и LSAck).
* **Механизм обнаружения соседних устройств** — система определения состояния соседних устройств, включая список состояний и событий соседних устройств OSPF; без изменений. Протоколы OSPFv2 и OSPFv3 используют механизм приветствия для получения данных о соседних маршрутизаторах и установления отношений смежности. Однако в протоколе OSPFv3 для установления отношений смежности с соседними маршрутизаторами не требуется сопоставление подсетей. Это связано с тем, что отношения смежности с соседними устройствами устанавливаются посредством адресов типа link-local, а не посредством глобальных индивидуальных адресов.
* **Процесс выбора маршрутизаторов DR/BDR** — процесс выбора маршрутизаторов DR/BDR в OSPFv3; без изменений.
* **Идентификатор маршрутизатора** — протоколы OSPFv2 и OSPFv3 используют в качестве идентификатора маршрутизатора 32-битное число, представленное в десятичном формате с разделением точкой. Как правило, это IPv4-адрес. Для настройки идентификатора маршрутизатора используется команда OSPF **router-id**. При определении 32-битного идентификатора маршрутизатора в обоих протоколах используется один и тот же процесс. Следует использовать напрямую настроенный идентификатор маршрутизатора. В противном случае идентификатором маршрутизатора назначается IPv4-адрес интерфейса loopback, имеющий самое высокое значение.

**Различия между OSPFv2 и OSPFv3**

На рисунке показаны различия между протоколами OSPFv2 и OSPFv3:

* **Объявления** — OSPFv2 объявляет маршруты IPv4, а OSPFv3 - маршруты для IPv6.
* **Исходный адрес** — сообщения OSPFv2 поступают с IPv4-адреса выходного интерфейса. В OSPFv3 сообщения OSPF поступают с адреса типа link-local выходного интерфейса.
* **Все групповые адреса маршрутизатора OSPF** — OSPFv2 использует адрес 224.0.0.5; а OSPFv3 - FF02::5.
* **Групповой адрес маршрутизатора DR/BDR** — OSPFv2 использует адрес 224.0.0.6, а OSPFv3 - FF02::6.
* **Объявление сетей** — OSPFv2 объявляет сети, используя команду конфигурации маршрутизатора **network**, а OSPFv3 - команду конфигурации интерфейса **ipv6 ospf** *process-id* **area** *area-id*.
* **IP-маршрутизация** — по умолчанию включена в IPv4, в IPv6 должна быть настроена командой глобальной конфигурации **ipv6 unicast-routing**.
* **Аутентификация** — OSPFv2 использует аутентификацию без шифрования или MD5. OSPFv3 использует аутентификацию IPv6.

**Адреса типа link-local**

Маршрутизаторы, использующие протокол динамической маршрутизации (например, OSPF), осуществляют обмен сообщениями между соседними устройствами в пределах одной сети или канала. Маршрутизаторам требуется только отправлять или принимать сообщения протокола маршрутизации от напрямую подключенных соседних устройств. Эти сообщения всегда отправляются с IPv4-адреса источника, то есть маршрутизатора, осуществляющего пересылку.

Для этой цели идеально подходят IPv6-адреса типа link-local. Локальный IPv6-адрес канала позволяет устройству обмениваться данными с другими устройствами, использующих IPv6, по одному и тому же каналу и только по этому каналу (подсети). Пакеты с link-local адресом источника или назначения не могут быть направлены за пределы того канала, в котором создан пакет.

Как показано на рисунке, сообщения OSPFv3 отправляются с использованием:

* **IPv6-адреса источника** — IPv6-адрес типа link-local выходного интерфейса;
* **IPv6-адреса назначения** — пакеты OSPFv3 могут отправляться на индивидуальный адрес с использованием IPv6-адреса типа link-local соседнего устройства. Они также могут отправляться посредством многоадресной рассылки. Адрес FF02::5 является адресом маршрутизатора OSPF, а адрес FF02::6 - групповым адресом маршрутизатора DR/BDR.

# Топология сети OSPFv3

На рис. 1 показана топология сети, используемая для настройки OSPFv3.

На рис. 2 показана маршрутизация IPv6 с индивидуальной адресацией и настройка глобальных индивидуальных адресов маршрутизатора R1 в соответствии со справочной топологией. Предположим, что интерфейсы маршрутизаторов R2 и R3 также настроены с использованием глобальных индивидуальных адресов в соответствии со справочной топологией.

В данной топологии ни для одного из маршрутизаторов не настроены IPv4-адреса. Сеть, в которой интерфейсы маршрутизатора настроены с использованием IPv4- и IPv6-адресов, называется сетью двойного стека. В сетях двойного стека могут быть одновременно активированы протоколы OSPFv2 и OSPFv3.

На рис. 3 показаны этапы конфигурации базового OSPFv3 в одной области.

# Адреса типа link-local

На рисунке выходные данные команды **show ipv6 interface brief** подтверждают, что правильные глобальные IPv6-адреса успешно настроены, а интерфейсы — активированы. Следует обратить внимание, что каждый из интерфейсов автоматически создал адрес типа link-local, как показано на рисунке.

Адреса типа link-local создаются автоматически, когда интерфейсу назначается глобальный индивидуальный IPv6-адрес. Глобальные индивидуальные адреса не являются обязательными в интерфейсе, при этом IPv6-адреса типа link-local — обязательны.

Если адрес типа link-local не настроен вручную, маршрутизаторы Cisco создают его, используя процесс EUI-64.с префиксом FE80::/10. EUI-64 предусматривает использование 48-битного MAC-адреса Ethernet, вставку FFFE в центр и переключение седьмого бита. Для последовательных интерфейсов маршрутизаторы Cisco используют MAC-адрес интерфейса Ethernet. Внимание. На рисунке показано, что все три интерфейса используют один и тот же адрес типа link-local.

# Назначение адресов типа link-local

Адреса типа link-local, созданные с использованием формата EUI-64 или (в отдельных случаях) произвольных идентификаторов интерфейса, трудно распознать и запомнить. Поскольку протоколы маршрутизации IPv6 используют IPv6-адреса link-local для индивидуальной адресации и данные об адресе следующего перехода в таблице маршрутизации, рекомендуется создавать легко узнаваемые адреса.

Настройка адреса типа link-local вручную позволяет создавать адреса, которые легко распознать и запомнить. Кроме того, маршрутизатор с несколькими интерфейсами может назначать один и тот же адрес типа link-local для каждого из интерфейсов IPv6. Это связано с тем, что адрес типа link-local требуется только для локального обмена данными.

Адреса типа link-local можно настроить вручную, используя ту же команду интерфейса, которая использовалась для создания глобальных индивидуальных IPv6-адресов, но при этом в команду **ipv6 address** добавляется ключевое слово **link-local**.

Адрес типа link-local содержит префикс в диапазоне от FE80 до FEBF. Если адрес начинается с этого гекстета (16-битного сегмента), после адреса необходимо добавлять ключевое слово **link-local**.

В примере на рис. 1 показана настройка одного адреса типа link-local FE80::1 на трёх интерфейсах маршрутизатора R1. FE80::1 выбран для того, чтобы адреса типа link-local на маршрутизаторе R1 можно было легко запомнить.

Краткий обзор интерфейсов на рис. 2 показывает, что адреса типа link-local на маршрутизаторе R1 изменены на FE80::1.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 3, чтобы настроить и проверить адрес типа link-local FE80::2 на маршрутизаторе R2, а также адрес типа link-local FE80::3 — на маршрутизаторе R3.

**Настройка идентификатора маршрутизатора OSPFv3**

Используйте команду режима глобальной конфигурации **ipv6 router ospf** *process-id* для перехода в режим конфигурации маршрутизатора. Командные строки режима конфигурации маршрутизатора IPv6 и маршрутизатора IPv4 отличаются. Используйте режим подтверждения маршрутизатора IPv6 для настройки глобальных параметров OSPFv3 (например, для назначения 32-битного идентификатора маршрутизатора OSPF и указания значения заданной пропускной способности).

Протоколы маршрутизации IPv6 включаются на интерфейсе, а не из режима конфигурации маршрутизатора, как в IPv4. Команда режима конфигурации маршрутизатора IPv4 **network** недоступна в IPv6.

Как и в OSPFv2, значение *process-id* представляет собой число в диапазоне от 1 до 65535, которое задаётся администратором. Значение *process-id* имеет локальную значимость, то есть оно не обязано совпадать со значениями на других маршрутизаторах OSPF для того, чтобы установить с этими соседними маршрутизаторами отношения смежности.

Протоколу OSPFv3 требуется назначить 32-битный идентификатор маршрутизатора, чтобы включить OSPF на интерфейсе. На логической схеме на рис. 1 показана процедура выбора идентификатора маршрутизатора. Как и OSPFv2, протокол OSPFv3 использует:

* В первую очередь, напрямую заданный идентификатор маршрутизатора.
* Если идентификаторы не заданы, маршрутизатор использует настроенный IPv4-адрес логического интерфейса loopback, имеющий самое высокое значение.
* Если идентификаторы не заданы, маршрутизатор использует настроенный IPv4-адрес активного интерфейса, имеющий самое высокое значение.
* При отсутствии источников IPv4-адреса маршрутизатор отображает сообщение консоли для настройки идентификатора маршрутизатора вручную.

**Примечание**. В целях обеспечения согласованности все три маршрутизатора используют идентификатор процесса 10.

Как показано в топологии на рис. 2, маршрутизаторам R1, R2 и R3 должны быть назначены указанные идентификаторы маршрутизатора. В OSPFv2 для назначения идентификатора маршрутизатора используется та же команда **router-id** *rid*, которая используется в OSPFv3.

В пример на рис. 3:

* Осуществляется переход в режим конфигурации маршрутизатора OSPFv3. Обратите внимание на отличия командной стройки маршрутизатора от командной строки маршрутизатора в режиме протокола маршрутизации IPv4 по умолчанию. Также обратите внимание на то, как отображается информационное сообщение консоли в режиме конфигурации маршрутизатора OSPFv3.
* Назначается идентификатор маршрутизатора 1.1.1.1.
* Изменяется значение заданной пропускной способности на 1000000000 бит/с (1 Гбит/с), поскольку в сети доступны каналы Gigabit Ethernet. Обратите внимание на информационное сообщение консоли о том, что данную команду необходимо настроить на всех маршрутизаторах в домене маршрутизации.
* Команда **show ipv6 protocols** используется для подтверждения того, что идентификатор 10 процесса OSPFv3 использует идентификатор маршрутизатора 1.1.1.1.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 4 для настройки глобальных параметров OSPFv3 на маршрутизаторах R2 и R3.

# Изменение идентификатора маршрутизатора OSPFv3

Идентификаторы маршрутизатора могут быть изменены, например, в том случае, если сетевой администратор установил новую схему определения идентификатора маршрутизатора. Однако после того как маршрутизатор OSPFv3 установил идентификатор маршрутизатора, идентификатор не может быть изменён до тех пор, пока маршрутизатор не будет перезагружен или процесс OSPF не будет удалён.

На рис. 1 обратите внимание, что для маршрутизатора в настоящий момент установлен идентификатор 10.1.1.1. Маршрутизатор OSPFv3 должен иметь идентификатор 1.1.1.1.

На рис. 2 идентификатор маршрутизатора 1.1.1.1 назначается маршрутизатору R1.

**Примечание**. Удаление процесса OSPF является предпочтительным методом сброса идентификатора маршрутизатора

На рис. 3 процесс маршрутизации OPSF удаляется с помощью команды привилегированного режима **clear ipv6 ospf process**. При этом протокол OSPF на маршрутизаторе R1 принудительно выполняет повторное установление отношений смежности с соседними устройствами с использованием нового идентификатора маршрутизатора.

Команда **show ipv6 protocols** используется для подтверждения изменения идентификатора маршрутизатора.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 4, чтобы изменить идентификатор маршрутизатора R1.

# Включение OSPFv3 на интерфейсах

OSPFv3 использует другой метод включения интерфейса для OSPF. Вместо использования команды режима конфигурации маршрутизатора **network** для указания совпадающих адресов интерфейса протокол OSPFv3 настраивается непосредственно на интерфейсе.

Чтобы включить OSPFv3 на интерфейсе, используется команда режима конфигурации интерфейса **ipv6 ospf** *process-id* **area** *area-id*.

Значение *process-id* определяет заданный процесс маршрутизации и должно совпадать с идентификатором процесса, используемым для создания процесса маршрутизации в команде **ipv6 router ospf** *process-id*.

Значение *area-id* представляет собой область, которая должна быть связана с интерфейсом OSPFv3. Хотя для области могло быть настроено любое значение, выбрано значение 0, поскольку область 0 является магистральной областью, к которой добавляются все остальные области, как показано на рис. 1. Это обеспечивает упрощённый перенос в OSPF для нескольких областей при возникновении такой необходимости.

На рис. 2 протокол OSPFv3 включен на интерфейсах R1 с помощью команды **ipv6 ospf 10 area 0**. Команда **show ipv6 ospf interface brief** служит для отображения активных интерфейсов OSPFv3.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 3 для включения протокола OSPFv3 на маршрутизаторах R2 и R3.

**Проверка соседних устройств OSPFv3**

Команда **show ipv6 ospf neighbor** используется для проверки установления маршрутизатором отношений смежности с соседними маршрутизаторами. Если идентификатор соседнего маршрутизатора не отображается или не показывает состояние FULL, это значит, что маршрутизаторы не установили отношения смежности OSPF.

Если два маршрутизатора не установили отношения смежности, обмен данными о состоянии канала не осуществляется. Неполное заполнение баз данных состояний каналов может привести к появлению ошибочных деревьев кратчайших путей SPF и таблиц маршрутизации. Маршруты к сетям назначения могут отсутствовать или не являться оптимальными путями.

На рис. 1 показаны отношения смежности с соседними устройствами для маршрутизатора R1. Для каждого соседнего устройства данная команда отображает следующие выходные данные:

* **Neighbor ID** — идентификатор соседнего маршрутизатора.
* **Pri** — приоритет OSPF интерфейса. Это значение используется при выборе маршрутизаторов DR и BDR.
* **State** — состояние OSPF интерфейса. Состояние FULL означает, что маршрутизатор и его соседнее устройство имеют идентичные базы данных состояний каналов OSPF. В сетях с множественным доступом (например, Ethernet) состояние двух маршрутизаторов, состоящих в отношениях смежности, может отображаться как 2WAY. Тире указывает на то, что использование в данном типе сети выделенного маршрутизатора DR или резервного выделенного маршрутизатора BDR не требуется.
* **Dead Time** — интервал времени, в течение которого маршрутизатор ожидает получения пакета приветствия от соседнего устройства прежде, чем объявит его недействующим. Данное значение сбрасывается при получении интерфейсом пакета приветствия.
* **Interface ID** — идентификатор интерфейса или идентификатор канала.
* **Interface** — интерфейс, на котором этот маршрутизатор установил отношения смежности с соседним устройством.

Используйте инструмент проверки синтаксиса, показанный на рис. 2, для проверки соседних устройств маршрутизаторов R2 и R3 с помощью команды **show ipv6 ospf neighbor**.

# Проверка настроек протокола OSPFv3

Как показано на рис. 1, команда **show ipv6 protocols** позволяет быстро проверить критически важные данные конфигурации OSPFv3, включая идентификатор процесса OSPF, идентификатор маршрутизатора и интерфейсы, включённые для OSPFv3.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 2, чтобы проверить настройки протокола OSPF для маршрутизаторов R2 и R3 с помощью команды **show ipv6 protocols**.

Для проверки идентификатора процесса OSPFv3 и идентификатора маршрутизатора используется команда **show ipv6 ospf**. Эта команда отображает данные области OSPF и показывает время, когда последний раз выполнялся алгоритм поиска кратчайшего пути.

# Проверка интерфейсов OSPFv3

Самый быстрый способ проверить настройки интерфейса OSPF - использование команды **show ipv6 ospf interface**. С помощью этой команды выводится список для каждого интерфейса, поддерживающего OSPF.

Для получения и просмотра списка интерфейсов OSPFv3 на маршрутизаторе R1 используется команда **show ipv6 ospf interface brief**, как показано на рис. 1.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 2 и команду **show ipv6 ospf interface brief**, чтобы получить и просмотреть список интерфейсов OSPF на маршрутизаторе R2. Обратите внимание, что указание имени интерфейса в команде **show ipv6 ospf interface serial 0/0/1** предоставляет подробные данные OSPF.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 2 и команду **show ipv6 ospf interface brief**, чтобы получить и просмотреть список интерфейсов OSPF на маршрутизаторе R3 Получите и просмотрите дополнительные данные для интерфейса Serial 0/0/0 с помощью команды **show ipv6 ospf interface serial 0/0/0**.

# Проверка таблицы маршрутизации IPv6

На рис. 1 команда **show ipv6 route ospf** предоставляет подробные данные о маршрутах OSPF в таблице маршрутизации.

Используйте инструмент проверки синтаксиса на рис. 2 и команду **show ipv6 route ospf** для проверки таблицы маршрутизации OSPFv3 на маршрутизаторах R2 и R3.

# Packet Tracer. Базовая настройка протокола OSPFv3

В этом интерактивном задании IPv6-адресация уже настроена. Необходимо настроить топологию с тремя маршрутизаторами с использованием базового протокола OSPFv3 для одной области и затем проверить соединения между оконечными устройствами.

[Packet Tracer. Базовая настройка протокола OSPFv3 для одной области (инструкции)](https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/ru/course/files/8.3.3.5%20Packet%20Tracer%20-%20Configuring%20Basic%20OSPFv3%20in%20a%20Single%20Area%20Instructions.pdf)

[Packet Tracer. Базовая настройка протокола OSPFv3 для одной области. PKA](https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/ru/course/files/8.3.3.5%20Packet%20Tracer%20-%20Configuring%20Basic%20OSPFv3%20in%20a%20Single%20Area.pka)

**Лабораторная работа. Базовая настройка протокола OSPFv3 для одной области**

**В ходе этой лабораторной работы необходимо выполнить следующие задания:**

* Часть 1. Создание сети и настройка базовых параметров устройств
* Часть 2. Настроить маршрутизацию OSPFv3
* Часть 3. Настроить пассивные интерфейсы OSPFv3

[Лабораторная работа. Базовая настройка протокола OSPFv3 для одной области](https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/ru/course/files/8.3.3.6%20Lab%20-%20Configuring%20Basic%20Single-Area%20OSPFv3.pdf)

# Интерактивное задание. Пошаговая настройка OSPFv3

**Интерактивное задание.** **Пошаговая настройка OSPFv3**

**Сценарий**

Данная работа рассчитано на выполнение в группах из трёх учащихся. Целью интерактивного задания является анализ процесса маршрутизации по кратчайшему пути.

Вам предстоит разработать сеть и адресацию сети, представить и объяснить схему адресации сети и работу каналов сети участникам своей группы, а затем выполнить вычисление кратчайшего пути SPF.

Для выполнения данной работы следуйте указаниям в прилагающемся PDF-файле.

При наличии времени, обсудите с другой группой свою схему сети и работу алгоритма поиска кратчайшего пути (OSPF).

[Работа в аудитории. Пошаговая настройка OSPFv3. Инструкции](https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/ru/course/files/8.4.1.1%20Class%20Activity%20-%20Stepping%20Through%20OSPFv3%20Instructions.pdf)

# Отработка практических навыков с использованием программы «Packet Tracer»

В этом упражнении по отработке комплексных практических навыков основное внимание уделяется конфигурациям OSPFv2 и OSPFv3. Вам предстоит настроить IP-адресацию для всех устройств. Далее вам предстоит настроить маршрутизацию OSPFv2 для сегмента сети IPv4 и маршрутизацию OSPFv3 для сегмента сети IPv6. Один из маршрутизаторов будет настроен как для IPv4, так и для IPv6. По окончании работы необходимо проверить выполненные настройки и протестировать соединение между конечными устройствами.

[Packet Tracer. Отработка практических навыков по работе с программой. Инструкции](https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/ru/course/files/8.4.1.2%20Packet%20Tracer%20-%20Skills%20Integration%20Challenge%20Instructions.pdf)

[Packet Tracer. Отработка практических навыков по работе с программой. РКА](https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE503/ru/course/files/8.4.1.2%20Packet%20Tracer%20-%20Skills%20Integration%20Challenge.pka)

# Заключение

Текущая версия протокола OSPF для IPv4 — это протокол OSPFv2, представленный Джоном Moйем в запросах для комментариев (RFC) 1247 и позднее обновленный — в RFC 2328. В 1999 году протокол OSPFv3 для IPv6 был опубликован в RFC 2740.

Протокол OSPF - бесклассовый протокол маршрутизации со значением административной дистанции по умолчанию 110. Обозначен в таблице маршрутизации кодом источника маршрута **O**.

Протокол OSPF активируется посредством команды режима глобальной конфигурации **router ospf** *process-id*. Значение *process-id* имеет локальную значимость, то есть оно необязательно должно совпадать со значениями на других маршрутизаторах OSPF, чтобы было возможно установление отношений смежности с этими устройствами.

Команда **network**, используемая в протоколе OSPF, выполняет ту же функцию, как и при использовании с другими протоколами внутренней маршрутизации, но имеет несколько иной синтаксис. Значение *wildcard-mask* является обратным значением маски подсети, а значение *area-id* должно быть задано равным **0**.

По умолчанию пакеты приветствия протокола OSPF каждые 10 секунд отправляются к сегментам сетей типа «точка-точка» и сетей множественного доступа; и каждые 30 секунд — к сегментам не широковещательных сетей множественного доступа (Frame Relay, X.25, ATM). Эти пакеты используются протоколом OSPF для установления отношений смежности. По умолчанию интервал простоя равен четырёхкратному значению интервала приветствия.

Для того чтобы маршрутизаторы установили отношения смежности, их интервалы приветствия, интервалы простоя, типы сетей и маски подсетей должны совпадать. Используйте команду **show ip ospf neighbors** для проверки отношений смежности OSPF.

OSPF выбирает выделенный маршрутизатор (DR) как точку сбора и распространения пакетов LSA, которые отправляются и принимаются в сети множественного доступа. Резервный выделенный маршрутизатор (BDR) выбирается для выполнения функций выделенного маршрутизатора (DR) в случае его неисправности. Все остальные маршрутизаторы известны, как маршрутизаторы DROthers. Маршрутизаторы отправляют свои пакеты LSA на выделенный маршрутизатор, который затем выполняет лавинную рассылку пакетов LSA на все остальные маршрутизаторы в сети множественного доступа.

Команда **show ip protocols** используется для проверки критически важных данных конфигурации OSPF, включая идентификатор процесса OSPF, идентификатор маршрутизатора и сети, объявляемые маршрутизатором.

OSPFv3 активируется не в режиме настройки маршрутизатора, а на интерфейсе. Для работы протокола OSPFv3 необходимо настроить каналы типа link-local. Для работы OSPFv3 необходимо активировать одноадресную маршрутизацию IPv6. Для включения интерфейса OSPFv3 необходимо создать 32-битный идентификатор маршрутизатора.