**OSPF**

OSPF (Open Shortest Path First) — протокол динамической маршрутизации:

* Создан IETF в 1988 году (то есть, является стандартным протоколом)
* OSPFv2 это текущая версия для IPv4 (описана в RFC 2328)
* IGP-протокол: используется для передачи информации между маршрутизаторами в пределах одной автономной системы (AS)
* Основан на технологии link-state (SPF)

OSPF инкапсулируется в IP. Номер протокола 89.

Для передачи пакетов использует мультикаст-адреса:

* 224.0.0.5 все маршрутизаторы OSPF
* 224.0.0.6 все DR

OSPF представитель семейства Link-State протоколов.

**Базовые термины:**

* Канал/интерфейс (**link/interface**) — соединение маршрутизатора и одной из подключенных к нему сетей. При обсуждении OSPF термины интерфейс и канал (**link**) часто употребляются как синонимы
* Метрика (**metric**) — условный показатель расстояния до сети назначения
* Стоимость (**cost**) — условный показатель "стоимости" пересылки данных по каналу. В OSPF зависит от пропускной способности интерфейса (**bandwidth**)
* Автономная система (**autonomous system**) — группа маршрутизаторов, обменивающаяся маршрутизирующей информацией с помощью одного протокола маршрутизации (определение соответствует тому, как этот термин используется в протоколах IGP)

**Базовые термины OSPF:**

* Идентификатор маршрутизатора (**router ID, RID**) — уникальное 32-битовое число, которое уникально идентифицирует маршрутизатор в пределах одной автономной системы
* Зона (**area**) — совокупность сетей и маршрутизаторов, имеющих один и тот же идентификатор зоны
* Объявление о состоянии канала (**link-state advertisement, LSA**) — единица данных, которая описывает локальное состояние маршрутизатора или сети. Например, для маршрутизатора LSA включает описание состояния каналов и отношений соседства. Множество всех LSA, описывающих маршрутизаторы и сети, образуют базу данных состояния каналов (LSDB).
* База данных состояния каналов (**link state database, LSDB**) — список всех записей о состоянии каналов (LSA). Встречается также термин топологическая база данных (topological database), употребляется как синоним базы данных состояния каналов
* **intraarea** – маршрут зародился внутри area
* **interarea** – маршрут пришел из другой area
* **passive interface** – интерфейс не участвует в отправке получении OSPF пакетов

**Соседи OSPF:**

* Соседи (**neighbours**) — два маршрутизатора, интерфейсы которых находятся в одном широковещательном сегменте (и на которых включен OSPF на этих интерфейсах)
* Отношения соседства (**adjacency**) — взаимосвязь между соседними маршрутизаторами, установленная с целью синхронизации информации
* Hello-протокол (**hello protocol**) — протокол, использующийся для установки и поддержания соседских отношений
* База данных соседей (**neighbours database**) — список всех соседей (также используется термин neighbour table)

**Пакеты OSPF:**

* **Hello** — пакеты, которые используются для обнаружения соседей, установки отношений соседства и мониторинга их доступности (keepalive)
* **DBD** — пакеты, которые описывают содержание LSDB
* **LSR** — пакеты, с помощью которых запрашивается полная информация об LSA, которых недостает в LSDB локального маршрутизатора
* **LSU** — пакеты, которые передают полную информацию, которая содержится в LSA
* **LSAck** — пакеты, с помощью которых подтверждается получение других пакетов

**Описание работы протокола**

1. Включить OSPF на маршрутизаторе
2. Маршрутизатор выбирает Router ID (уникальное имя маршрутизатора)
3. Включить OSPF на интерфейсах (чтобы протокол знал о каких интерфейсах можно сообщать другим маршрутизаторам)
4. Обнаружение соседей с помощью Hello-пакетов

* Маршрутизаторы обмениваются hello-пакетами через все интерфейсы, на которых активирован OSPF.
* Маршрутизаторы, которые находятся в одном широковещательном сегменте, становятся соседями, когда они приходят к договоренности об определенных параметрах, указанных в их hello-пакетах.

1. Adjacency (отношения соседства, отношения смежности) это тип соседства между маршрутизаторами, по которому они синхронизируют LSDB. Установка этих отношений зависит от типа сети:

* Если маршрутизаторы находятся в сети с множественным доступом, они выбирают DR и выполняют синхронизацию LSDB с ним
* Если маршрутизаторы находятся в сети point-to-point, они приступают к синхронизации LSDB друг с другом

1. Синхронизация LSDB. Происходит в несколько этапов. По сформированным отношениям соседства происходит обмен такими пакетами:

* DBD (краткое описание LSA в LSDB). С помощью этих пакетов маршрутизаторы сообщают друг другу о том, какую информацию они знают, в сокращенном виде
* LSR. После обмена DBD-пакетами, с помощью LSR маршрутизаторы запрашивают у соседа недостающую информацию
* LSU (содержит полное описание LSA). В ответ на LSR, который ему прислал сосед, маршрутизатор отправляет LSU, с полным описанием информации, которой не хватает у соседа
* LSAck. После получения LSU от соседа, маршрутизатор отправляет подтверждение, что он получил информацию
* Если оба маршрутизатора должны запросить друг у друга информацию, то эта процедура повторяется и в другую сторону.
* После этого, LSDB синхронизирована, а значит, полностью одинакова между соседями

1. После синхронизации LSDB, маршрутизатор отправляет обновление далее, своим соседям в других широковещательных сегментах
2. Рассылая объявления через зону, все маршрутизаторы строят идентичную LSDB
3. Когда база данных построена, каждый маршрутизатор использует алгоритм SPF (shortest path first) для вычисления графа без петель, который будет описывать кратчайший путь к каждому известному пункту назначения с собой в качестве корня. Этот граф — дерево кратчайшего пути.
4. Каждый маршрутизатор строит таблицу маршрутизации, основываясь на своем дереве кратчайшего пути.

**Выбор Router ID**

При запуске процесса OSPF на любом маршрутизаторе, обязательно должен быть выбран Router ID (Х.Х.Х.Х).

Router ID — это *уникальное* имя маршрутизатора, по которому он известен в AS.

В зависимости от реализации, Router ID может выбираться по-разному:

* минимальный IP-адрес или максимальный IP-адрес, который назначен на интерфейсах маршрутизатора
* также обычно есть способ задания Router ID вручную
* главное, чтобы Router ID был уникален в AS

После изменения Router ID, процесс OSPF должен быть перезагружен, а все LSA, которые сгенерировал этот маршрутизатор, должны быть удалены из AS, до перезагрузки.

**Соседи. Установка отношений соседства**

Обнаружение соседей начинается после того как:

* протокол был включен глобально
* выбран Router ID
* OSPF включен на интерфейсах

Для обнаружения и мониторинга соседей используются сообщения Hello.

Процедура установки отношений соседства зависит от типа сети, в которой работает OSPF.

Типы сетей, поддерживаемые протоколом OSPF

* Широковещательные сети со множественным доступом (broadcast): Ethernet
* Точка-точка (point-to-point): Туннели, T1, E1, PPP, HDLC, Frame-Relay P-to-P
* Нешироковещательные сети со множественным доступом (Non Broadcast Multiple Access, NBMA): Frame-Relay, ATM, X.25

В разных типах сетей работа OSPF отличается. В том числе отличается процесс установления отношений соседства и настройки протокола.

В реальной жизни, чаще всего используются два типа сетей:

* point-to-point
* broadcast

Для broadcast и nonbroadcast сетей (то есть, для сетей с множественным доступом), выбираются DR и BDR. Как правило, тип сети определяется автоматически, по типу интерфейса. Но может быть задан и вручную.

**Отношения соседства (adjacency)**

Различают понятия сосед и отношения соседства:

Сосед (**neighbor**) — два маршрутизатора, которые находятся в одном широковещательном сегменте и у которых совпали нужные поля в hello-пакетах

Отношения соседства (**adjacency** или **full adjacency**) — два соседа, которые завершили процесс синхронизации LSDB между собой.

Для того, чтобы маршрутизаторы стали соседями, необходимо, чтобы в hello-пакетах совпали значения таких полей:

1. **Hello Interval** — частота отправки сообщений Hello
2. **Router Dead Interval** — период времени, по прохождению которого, сосед считается недоступным, если не было Hello
3. **Area ID** — так как в OSPF граница зоны проходит через маршрутизатор, то маршрутизаторы в одном широковещательном сегменте, должны быть в одной зоне
4. **Authentication** — пароль использующийся для аутентификации и тип аутентификации. Маршрутизаторы не обязательно должны использовать аутентификацию, но если она используется, то пароли и тип должны совпадать
5. **Stub area flag** — не обязательный флаг, который устанавливается на всех маршрутизаторах, которые принадлежат тупиковой зоне (stub area)
6. **Network and mask** - у маршрутизаторов должны совпадать сеть и маска сети
7. Для того чтобы маршрутизаторы установили отношения соседства у них, кроме уже перечисленных критериев, должны совпадать значения **IP MTU** на интерфейсах. Информация о значении **IP MTU** передается в DD-пакетах и сравнивается в начале обмена DD-пакетами.

Отношения соседства устанавливаются только на primary адресах.

На интерфейсе может быть настроен secondary адрес. Маршрутизаторы не отправляют hello-пакеты с secondary адреса, не устанавливают отношения соседства на secondary адресах, но сеть secondary адреса может анонсироваться.

**Возможные состояния**

1. **Down** — начальное состояние процесса обнаружения соседей. Это состояние указывает на то, что от соседей не была получена свежая информация.
2. **Init** —состояние указывает на то, что маршрутизатор получил hello пакет от своего соседа, но идентификатор принимающего маршрутизатора не был включен в hello пакет.
3. **Two-way** — при получении ответных hello маршрутизатор должен увидеть в них свой RID в списке соседей. Если это так, то он устанавливает отношения и переходит в состояние two-way. Когда в широковещательном сегменте более 3х маршрутизаторов, то в этом состоянии остаются между собой маршрутизаторы DROTHER
4. **Exstart** — маршрутизаторы определяют Master/Slave отношения на основании Router ID. Маршрутизатор с высшим RID становится Master-маршрутизатором, который определяет DD Sequence number, а также первым начинает обмен DD-пакетами. Зависнет на этой стадии, если не совпадают MTU
5. **Exchange** — маршрутизаторы посылают друг другу database description пакеты (DBD) с информацией о сетях, содержащихся в их собственной LSDB
6. **Loading** — Если маршрутизатор видит, что части маршрутов нет в его LSDB, он посылает сообщение LSR с перечислением тех сетей, по которым он хочет получить дополнительную информацию. Пока маршрутизатор находится в ожидании ответа в виде LSU сообщений, он пребывает в состоянии Loading
7. **Full** — Когда маршрутизатор получил всю информацию и LSDB на обоих маршрутизаторах синхронизирована, оба маршрутизатора переходят в состояние fully adjacent (FULL)

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

В сетях со множественным доступом отношения соседства должны быть установлены между всеми маршрутизаторами. Это приводит к тому, что рассылается большое количество копий LSA. Для предотвращения проблемы рассылки копий LSA в сетях со множественным доступом выбираются **DR** и **BDR**.

Выделенный маршрутизатор (**designated router, DR**) — управляет процессом рассылки LSA в сети. Каждый маршрутизатор сети устанавливает отношения соседства с DR. Информация об изменениях в сети отправляется к DR маршрутизатором, обнаружившим это изменение, а DR отвечает за то, чтобы эта информация была отправлена остальным маршрутизаторам сети.

Недостатком в схеме работы с DR маршрутизатором является то, что при выходе его из строя должен быть выбран новый DR. Новые отношения соседства должны быть сформированы и, пока базы данных маршрутизаторов не синхронизируются с базой данных нового DR, сеть будет недоступна для пересылки пакетов. Для устранения этого недостатка выбирается **BDR**.

Резервный выделенный маршрутизатор (**backup designated router, BDR**). Каждый маршрутизатор сети устанавливает отношения соседства не только с DR, но и BDR. DR и BDR также устанавливают отношения соседства и между собой. При выходе из строя DR, BDR становится DR и выполняет все его функции. Так как маршрутизаторы сети установили отношения соседства с BDR, то время недоступности сети минимизируется.

Маршрутизатор, выбранный DR или BDR в одной присоединенной к нему сети со множественным доступом, может не быть DR (BDR) в другой присоединенной сети. Роль DR (BDR) является свойством интерфейса, а не свойством всего маршрутизатора.

**Выборы DR/BDR**

1. Priority – больше. Если priority=0, то роутер не участвует в выборах DR/BDR.
2. Router-ID - больше

Если линк point-to point, выборы не происходят.

**Таймеры протокола**

**HelloInterval** — Интервал времени в секундах, по истечении которого маршрутизатор отправляет следующий hello-пакет с интерфейса. Для широковещательных сетей и сетей точка-точка значение по умолчанию, как правило, **равно 10 секундам**.

**RouterDeadInterval** — Интервал времени в секундах, по истечении которого сосед будет считаться "мертвым" (dead). Этот интервал должен быть кратным значению HelloInterval. Как правило, RouterDeadInterval равен 4 интервалам отправки hello-пакетов, **то есть 40 секундам**.

**Wait Timer** — Интервал времени в секундах, по истечении которого маршрутизатор выберет DR в сети. Его значение равно значению интервала RouterDeadInterval.

**RxmtInterval** — Интервал времени в секундах, по истечении которого маршрутизатор повторно отправит пакет, на который не получил подтверждения о получении (например, Database Description пакет или Link State Request пакеты). Это интервал называется также Retransmit interval. Значение интервала — 5 секунд.

**Зоны OSPF**

При разделении автономной системы на зоны, маршрутизаторам, принадлежащим к одной зоне, неизвестна информация о детальной топологии других зон.

Разделение на зоны позволяет:

* Снизить нагрузку на ЦПУ маршрутизаторов за счет уменьшения количества перерасчетов по алгоритму SPF
* Уменьшить размер таблиц маршрутизации (за счет суммирования маршрутов на границах зон)
* Уменьшить количество пакетов обновлений состояния канала.

Каждой зоне присваивается идентификатор зоны (area ID). Идентификатор может быть указан в десятичном формате или в формате записи IP-адреса. Однако идентификаторы зон не являются IP-адресами, и могут совпадать с любым назначенным IP-адресом. В OSPF взаимодействия между зонами возможно только через зону 0.

**Магистральная зона (backbone area)**

Магистральная зона (известная также как нулевая зона или зона 0.0.0.0) формирует ядро сети OSPF. Все остальные зоны соединены с ней, и межзональная маршрутизация происходит через маршрутизатор, соединенный с магистральной зоной.

Магистральная зона ответственна за распространение маршрутизирующей информации между немагистральными зонами. Магистральная зона должна быть смежной с другими зонами, но она не обязательно должна быть физически смежной; соединение с магистральной зоной может быть установлено и с помощью виртуальных каналов.

**Стандартная зона (standard area)**

Обычная зона, которая создается по умолчанию. Эта зона принимает обновления каналов, суммарные маршруты и внешние маршруты.

**Тупиковая зона (stub area)**

* Не принимает информацию о внешних маршрутах для автономной системы, но принимает маршруты из других зон.
* Если маршрутизаторам из тупиковой зоны необходимо передавать информацию за границу автономной системы, то они используют маршрут по умолчанию
* В тупиковой зоне не может находиться ASBR.
* Исключение из этого правила — ABR может быть и ASBR.
* На всех маршрутизаторах зоны должна быть указана "тупиковость" stub flag

**Totally stubby area**

* Не принимает информацию о внешних маршрутах для автономной системы и маршруты из других зон.
* Если маршрутизаторам из тупиковой зоны необходимо передавать информацию за границы зоны, то они используют маршрут по умолчанию
* В totally stub зоне не может находиться ASBR.
* Исключение из этого правила — ABR может быть и ASBR.
* На всех маршрутизаторах зоны должна быть указана "тупиковость"
* замена межзональных маршрутов на маршрут по умолчанию настраивается только на ABR зоны

То есть, фактически totally stub зона — это "усиление" тупиковой: в ней не только внешние маршруты, но и межзональные заменены на маршрут по умолчанию.

Термин totally stubby введен именно компанией Cisco, однако многое оборудование тоже может переводить тупиковую зону в totally stubby, отключая отправку суммарных маршрутов в обычную тупиковую зону.

В RFC такой термин явно не определен, но ABR могут регулировать отправку суммарных маршрутов в тупиковую зону любым образом, вплоть до отправки в зону только маршрута по умолчанию (totally stubby).

**Not-so-stubby area (NSSA)**

* Работает по тем же принципам, что и Stub-зона. Единственное отличие в том, что в NSSA зоне может находиться ASBR.
* Внешние маршруты других зон также заменены на маршрут по умолчанию
* Так как до этого в RFC было определено, что в тупиковой зоне не может находится ASBR, и, следовательно, LSA 5, для NSSA зоны был создан специальный тип LSA: LSA type 7.
* LSA 7 передает внешние маршруты в зоне NSSA и во всем соответствует LSA 5. Когда пограничный маршрутизатор зоны NSSA передает LSA 7 в другие зоны, вместо LSA 7 передается стандартный LSA 5.

**Totally NSSA**

Работает по тем же принципам, что и NSSA. Единственное отличие в том, что в totally NSSA зоне все маршруты других зон и внешние маршруты для AS, заменяются на маршрут по умолчанию.

**Типы маршрутизаторов**

* **Внутренний маршрутизатор (internal router)** — маршрутизатор, все интерфейсы которого принадлежат одной зоне. У таких маршрутизаторов только одна база данных состояния каналов.
* **Пограничный маршрутизатор (area border router, ABR)** — соединяет одну или больше зон с магистральной зоной и выполняет функции шлюза для межзонального трафика. У пограничного маршрутизатора всегда хотя бы один интерфейс принадлежит магистральной зоне. Для каждой присоединенной зоны маршрутизатор поддерживает отдельную базу данных состояния каналов.
* **Магистральный маршрутизатор (backbone router)** — маршрутизатор, у которого всегда хотя бы один интерфейс принадлежит магистральной зоне. Определение похоже на пограничный маршрутизатор, однако магистральный маршрутизатор не всегда является пограничным. Внутренний маршрутизатор интерфейсы которого принадлежат нулевой зоне, также является магистральным.
* **Пограничный маршрутизатор автономной системы (AS boundary router, ASBR)** — обменивается информацией с маршрутизаторами, принадлежащими другим автономным системам или не-OSPF маршрутизаторами. Пограничный маршрутизатор автономной системы может находиться в любом месте автономной системы и быть внутренним, пограничным или магистральным маршрутизатором.

**Объявления о состоянии канала (LSA)**

Объявление о состоянии канала (Link State Advertisement, LSA) — единица данных, которая описывает локальное состояние маршрутизатора или сети.

Множество всех LSA, описывающих маршрутизаторы и сети, образуют базу данных состояния каналов (LSDB).

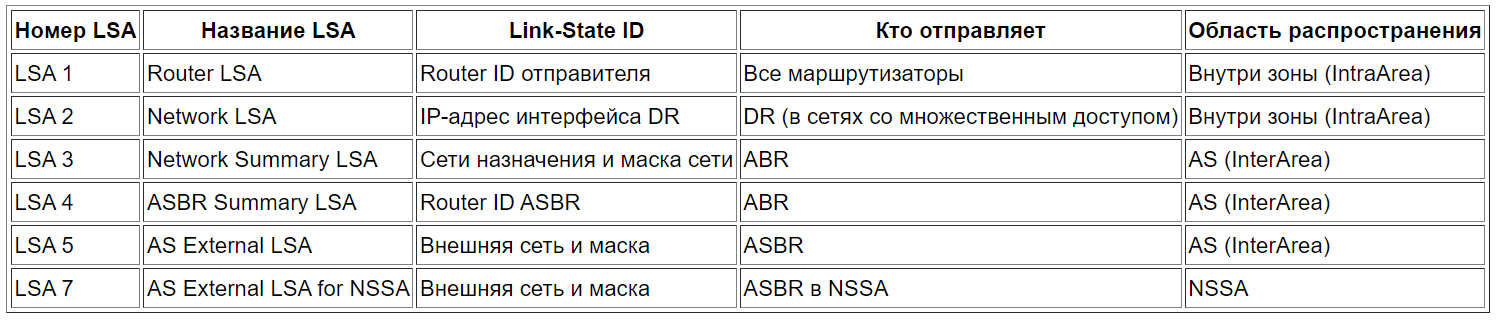
У каждого типа LSA своя функция:

* **Router LSA** и **Network LSA** описывают каким образом соединены маршрутизаторы и сети внутри зоны.
* **Summary LSA** предназначены для сокращения количества передаваемой информации о зонах. Описывают сети других зон для локальной.
* **ASBR Summary LSA** описывает для других зон, как дойти до локального ASBR.
* **AS External LSA** позволяет передавать по автономной системе информацию, которая получена из внешних источников (например, из другого протокола маршрутизации).

Фактически, сами по себе LSA маршрутизаторы не передают. Они передают LSA внутри других пакетов:

* В **Database Description (DBD)** передается описание всех LSA, которые хранятся в LSDB маршрутизатора,
* В **Link State Request (LSR)** передается запрос с описанием тех LSA, которых не хватает в LSDB,
* В **Link State Update (LSU)** передаются полные LSA,
* В **Link State Acknowledgment (LSAck)** передается подтверждение о получении конкретных LSA, с описанием этих LSA.

**Суммарная информация о LSA**



**Type 1 LSA — Router LSA** — объявление о состоянии каналов маршрутизатора:

LSA распространяются всеми маршрутизаторами. Распространяются только в пределах одной зоны.

В Router LSA содержится:

* описание всех каналов маршрутизатора
* стоимость (cost) каждого канала
* список соседей на каждом интерфейсе (в зоне маршрутизатора)
* Link-state ID — Router ID маршрутизатора, который отправляет LSA

**Type 2 LSA — Network LSA** — объявление о состоянии каналов сети:

* Распространяется DR в сетях со множественным доступом
* Network LSA не создается для сетей, в которых не выбирается DR
* Распространяются только в пределах одной зоны
* Link-state ID — IP-адрес интерфейса DR

В LSA содержится описание всех маршрутизаторов, присоединенных к сети, включая DR, и маску сети, за которую отвечает DR.

В ситуации, когда сама сеть с множественным доступом, но в широковещательном сегменте всего два соседа OSPF (как правило, такое бывает для транзитных линков между сетевыми устройствами), LSA 2 и выбор DR не нужны, и можно перевести интерфейсы в режим point-to point.

**Type 3 LSA — Network Summary LSA** — суммарное объявление о состоянии каналов сети:

* Объявление распространяется пограничными маршрутизаторами
* Объявление описывает маршруты к сетям вне локальной зоны
* Содержит информацию о сетях и о стоимости пути к этим сетям, но не отправляет информацию о топологии сети
* По умолчанию, пограничный маршрутизатор отправляет отдельное объявление для каждой известной ему сети. При необходимости, на ABR сети могут быть просуммированы
* Link-state ID — номер сети назначения.

Когда маршрутизатор получает **Network Summary LSA** от пограничного маршрутизатора он не запускает алгоритм вычисления кратчайшего пути. Маршрутизатор просто добавляет к стоимости маршрута, указанного в LSA стоимость пути к пограничному маршрутизатору. Затем маршрут к сети через пограничный маршрутизатор помещается в таблицу маршрутизации.

**Type 4 LSA — ASBR Summary LSA** — суммарное объявление о состоянии каналов пограничного маршрутизатора автономной системы:

* Объявление распространяется пограничными маршрутизаторами (ABR)
* ASBR Summary LSA отличается от Network Summary LSA тем, что распространяется информация не о сети, а о пограничном маршрутизаторе автономной системы
* Link-state ID — Router ID ASBR, информацию о котором отправляет LSA

Когда в домен OSPF помещаются сторонние маршруты, информация о них отправляется с помощью LSA 5. Но внутри этих LSA, указывается, что маршрут известен через ASBR. А путь к ASBR известен только тем маршрутизаторам, которые с ним в одной зоне.

Всем маршрутизаторам, которые находятся в другой зоне, необходимо сообщить о том, где находится ASBR. Это делает ABR, который находится в той же зоне, что и ASBR. Он сообщает о местоположении ASBR помощью LSA 4.

**Type 5 LSA — AS External LSA** — объявления о состоянии внешних каналов автономной системы:

* Объявление распространяется пограничным маршрутизатором автономной системы в пределах всей автономной системы
* Объявление описывает маршруты внешние для автономной системы OSPF или маршруты по умолчанию внешние для автономной системы OSPF
* Link-state ID — номер внешней сети.

**Type 7 LSA — AS External LSA for NSSA** — объявления о состоянии внешних каналов автономной системы в NSSA зоне:

* Это объявление может передаваться только в NSSA зоне
* LSA 7 аналогично по содержанию LSA 5, но используется только в NSSA зоне
* LSA 7 нужно было для того чтобы обойти ограничения, которые были заложены в определение Stub зоны
* На границе зоны пограничный маршрутизатор преобразует type 7 LSA в type 5 LSA.

**Выбор лучшего типа маршрута**

Маршрутизатор выбирает лучший маршрут на основании наименьшего значения метрики. Однако, OSPF учитывает и несколько других факторов при выборе маршрута.

Если маршрутизатору известны маршруты к одной и той же сети, но эти маршруты разных типов, то маршрутизатор выбирает наиболее приоритетный тип маршрута и не учитывает стоимость маршрута.

Различные типы маршрутов, в порядке убывания приоритета:

1. Внутренние маршруты зоны (intra-area)
2. Маршруты между зонами (interarea)
3. Внешние маршруты типа 1 (E1)
4. Внешние маршруты типа 2 (E2)

Хотя стоимость маршрута E2 не меняется при передаче его по зонам (не добавляется стоимость пути к ASBR), при совпадении стоимости маршрутов E2, сравнивается стоимость пути к ASBR, который анонсирует маршрут.

**Метрика OSPF**

OSPF использует метрику, которая называется стоимость (cost). Стоимость сравнивается у маршрутов одного типа.

Интересно то, что в RFC 2328 не описывается как именно должна рассчитываться стоимость (cost) интерфейса. Определен только диапазон значений: 1-65535.

В Cisco стоимость интерфейса считается по формуле:

*cost = reference bandwidth / link bandwidth*

Reference bandwidth это пропускная способность, относительно которой высчитывается, по умолчанию стоимость интерфейса. Она равна 100Mb, но может быть изменена.

Суммарная стоимость маршрута считается суммированием стоимости исходящих интерфейсов по пути передачи LSA.

Для того чтобы обозначить недоступную сеть, OSPF использует метрику равную 16777215 (224 — 1), которая считается недостижимой метрикой для OSPF.

**ABR Loop Prevention**

Внутри зон OSPF использует логику link-state протокола, но между зонами он, в некотором смысле, работает как дистанционно-векторный протокол.

Например, при анонсировании в зону type 3 LSA, передается информация о сети назначения, стоимости пути и ABR, через которого эта сеть достижима — параметры аналогичны информации, которую передают дистанционно-векторные протоколы.

OSPF не использует традиционные механизмы дистанционно-векторных протоколов для предотвращения петель. OSPF использует несколько правил, которые касаются распространения LSA между зонами и таким образом исключает возможность возникновения петель. Но это может привести к тому, что передача данных будет осуществляться не по лучшему пути.

**Внешние маршруты**

OSPF использует два типа маршрутов для описания сетей вне автономной системы маршрутизатора:

* Type 1 external routes (E1)
* Type 2 external routes (E2)

**Type 1 external routes** — к метрике внешнего маршрута добавляется стоимость пути к ASBR, который анонсирует этот маршрут. Используется, когда несколько маршрутизаторов анонсируют внешнюю сеть. Когда ABR передает type 5 LSA в другую зону, он создает type 4 LSA, которое указывает стоимость пути от этого ABR до ASBR, который создал type 5 LSA.

Маршрутизатор (не ABR), который находится в разных зонах с ASBR, будет высчитывать метрику внешнего маршрута E1 сложив следующие значения метрик:

* метрику внешнего маршрута, которая указана в type 5 LSA,
* стоимость пути к ASBR, которая анонсируется в type 4 LSA,
* стоимость пути к ABR, который анонсировал type 4 LSA.

**Type 2 external routes** (используется по умолчанию для внешних маршрутов) — используется стоимость внешнего маршрута и при передаче по сети стоимость не увеличивается. Другие маршрутизаторы, при получении type 5 LSA, просто добавляют в свою таблицу маршрутизации маршрут во внешнюю сеть со стоимостью, которая указана в type 5 LSA.

Хотя стоимость маршрута E2 не меняется при передаче его по зонам (не добавляется стоимость пути к ASBR), при совпадении стоимости маршрутов E2, сравнивается стоимость пути к ASBR, который анонсирует маршрут.

**Вычисление таблицы маршрутизации**

В этом разделе описывается каким образом OSPF заполняет таблицу маршрутизации. Используя базы данных состояния каналов для зон, к которым он подключен, маршрутизатор выполняет описанную последовательность действий, строя таблицу маршрутизации шаг за шагом. На каждом этапе маршрутизатор обращается к определенным участкам LSDB. Если в LSDB есть LSA у которых LS age равно MaxAge, то они не учитываются при вычислении таблицы маршрутизации. Процесс построения таблицы маршрутизации:

1. Текущая таблица маршрутизации обнуляется. Таблица маршрутизации строится снова с нуля. Старая таблица маршрутизации сохраняется для того чтобы изменения в определенных записях таблицы можно было обнаружить.
2. С помощью построения дерева кратчайшего пути для каждой присоединенной зоны вычисляются внутризональные маршруты. Во время вычисления дерева кратчайшего пути для зоны, также для зоны высчитывается TransitCapability, которая используется позже на 4 этапе. Фактически, все записи таблицы маршрутизации с типом назначения (Destination Type) area border router высчитываются на втором этапе. Этот этап состоит из двух частей:

* Сначала дерево строится с учетом только линков между маршрутизаторами и транзитными сетями.
* Затем тупиковые сети включаются в дерево.

1. Межзональные маршруты вычисляются выполнением просмотра существующих summary LSA. Если маршрутизатор пограничный, то просматриваются суммарные LSA только магистральной зоны.
2. На пограничных маршрутизаторах, которые присоединены к одной или более транзитным зонам (не магистральные зоны в которых TransitCapability установлена в TRUE), проверяются суммарные LSA транзитных зон. LSA проверяются на наличие лучших путей, чем пути, которые были обнаружены на этапах 2-3.
3. Высчитываются маршруты к внешним сетям. Для этого просматриваются AS-external-LSA. Местонахождение ASBR-маршрутизаторов было обнаружено на этапах 2-4.

**Virtual link**

**Virtual link** — специальное соединение, которое позволяет соединять, например, разорванную на части зону или присоединить зону к магистральной, через другую зону. Настраивается между двумя ABR.

Для того, чтобы маршрутизаторы могли передать пакеты OSPF через virtual link, они инкапсулируют их в IP-пакеты. Этот механизм используется как временное решение или как backup на случай выхода из строя основных соединений.

Некоторые характеристики virtual link:

* Работа hello-протокола в virtual link не отличается от его работы при обычных соединениях.
* Через virtual link маршрутизаторы могут установить отношения соседства также, как и в случае, если они непосредственно присоединены друг к другу.
* В LSA, которые отправляются через virtual link, устанавливается опция DoNotAge (DNA).
* Virtual link находится в area 0.

**Аутентификация**

OSPF поддерживает три типа аутентификации:

* type 0 (none)
* type 1 (clear text)
* type 2 (MD5)

**Graceful restart (nonstop forwarding)**

Graceful restart позволяет маршрутизатору, при перезагрузке процесса OSPF, передавать трафик и избегать появления петель в сети.

Описан в RFC 3623. В RFC этот функционал называется nonstop forwarding (NSF).

Cisco реализовала функционал аналогичный RFC, до появления стандартной процедуры graceful restart, поэтому маршрутизаторы Cisco поддерживают два варианта выполнения этой процедуры.

Для того чтобы трафик передавался без петель во время перезагрузки процесса OSPF, должны выполняться такие условия:

* Маршрутизатор, на котором выполняется NSF, должен оповестить соседей, что будет выполняться перезагрузка с помощью отправки "grace LSA";
* База данных LSA остается неизменной во время перезагрузки;
* Все соседи маршрутизатора поддерживают NSF и соответствующим образом настроены;
* Перезагрузка выполняется в пределах "grace period";
* Во время перезагрузки маршрутизаторы, с которыми установлены отношения соседства, должны работать в режиме "helper".

По умолчанию оба варианта graceful restart включены (начиная с IOS 12.4(6)T). Отключить graceful restart:

*router(config-router)# nsf [cisco | ietf] helper disable*

**Базовые настройки**

Назначить RID:

*dyn3(config-router)#router-id <ip-address>*

Включить OSPF:

*dyn3(config)# router ospf <process-id>*

Перезапустить процесс OSPF можно командой:

*dyn3# clear ip ospf process*

Включить OSPF на интерфейсах в соответствующих сетях:

*dyn3(config-router)# network <network> <wildcard mask> area <area-id>*

или

*dyn3(config-if)# ip ospf <process-id> area <area-id>*

Не анонсировать сети secondary адресов:

*dyn3(config-if)# ip ospf <process-id> area <area-id> secondaries none*

Присвоить интерфейсу приоритет:

*dyn3(config-if)#ip ospf priority <1-255>*

Выключить OSPF на интерфейсах:

*dyn3(config-router)# passive-interface default*

Включить OSPF на интерфейсах:

*dyn3(config-router)# no passive-interface XX*

Изменение значения cost на интерфейсе:

*dyn3(config-if)# ip ospf cost <1 - 65535>*

Изменение формулы подсчета cost, значение задается в Mbps и по умолчанию 100 Mbps:

*dyn3(config-router)# auto-cost reference-bandwidth <ref-bw>*

Изменение hello-интервала:

*router(config-if)# ip ospf hello-interval <sec>*

Изменение dead-интервала:

*router(config-if)# ip ospf dead-interval <sec>*

Изменение administrative distance:

*dyn3(config-router)# distance ospf <[external <dist1>] [inter-area <dist2>] [intra-area <dist3>]>*

Вычисление SPF

*dyn3(config-router)# timers throttle spf <spf-start> <spf-hold> <spf-max-wait>*

Суммарный маршрут для зоны (настраивается на ABR):

*dyn3(config-router)# area <area-id> range <address> <mask> [advertise|not-advertise] [cost <cost>]*

* area-id — зона в которой находятся компоненты суммарного маршрута
* not-advertise — позволяет фильтровать маршруты

Суммарный внешний маршрут (настраивается на ASBR):

*dyn3(config-router)# summary-address <ip-address> <mask> [not-advertise] [tag <tag>]*

**Настройка разных тупиковых зон**

Тупиковая зона (stub area):

*router(config-router)# area 1 stub*

Стоимость, которая будет присвоена маршруту по умолчанию, при анонсировании его в stub или NSSA зону (по умолчанию 1):

*router(config-router)# area 1 default-cost 20*

Totally stubby area (no-summary нужно настраивать только на ABR):

*router(config-router)# area 1 stub no-summary*

Not-so-stubby area (NSSA):

*router(config-router)# area 1 nssa*

Генерация маршрута по умолчанию на ABR для NSSA зоны (маршрут будет с типом N2):

*router(config-router)# area 1 nssa default-information-originate*

Totally not-so-stubby area (Totally NSSA) автоматически генерирует маршрут по умолчанию как межзональный:

*router(config-router)# area 1 nssa no-summary*

Если ABR, является ASBR и к нему присоединена NSSA зона, можно отключить генерацию Type 7 LSA в NSSA зону (type 5 LSA в зону 0 генерируется):

*router(config-router)# area 1 nssa no-redistribution*

Таймеры, статистика, общая информация

*dyn3# show ip protocols*

*dyn3# show ip ospf*

Маршруты полученные по протоколу OSPF:

*dyn3# show ip route ospf*

Обозначения маршрутов OSPF:

O — OSPF intra-area (router LSA) и network LSA — сети в зоне маршрутизатора.

O IA — OSPF interarea (summary LSA) — сети вне зоны маршрутизатора, но в той же автономной системе.

O E1 — Type 1 external routes — сети вне автономной системы маршрутизатора. К метрике внешнего маршрута добавляется cost всех линков по которым передавался маршрут. Используется когда несколько маршрутизаторов анонсируют внешнюю сеть.

O E2 — Type 2 external routes (по умолчанию) — сети вне автономной системы маршрутизатора. Используется только cost внешнего маршрута.

O N1 — Type 1 NSSA external routes

O N2 — Type 2 NSSA external routes

Информация о настройках OSPF на интерфейсах:

*dyn3# show ip ospf interface*

База данных состояния каналов (link state database):

*dyn3# show ip ospf database*

Информация о ABR (например, стоимость пути к ABR):

*dyn3# show ip ospf border-routers*

Информация о соседях:

*dyn3# show ip ospf neighbor*

Более подробная информация об изменениях отношений соседства (каждое изменение состояния):

*router(config-router)# log-adjacency-changes detail*

Информация о том, как часто маршрутизатор запускал алгоритм SPF:

*dyn2# sh ip ospf statistics*

**Настройка типа аутентификации для зоны**

Настройка аутентификации type 1 для зоны 1 (пароль надо задавать на интерфейсах):

*router(config-router)# area 1 authentication*

Настройка аутентификации type 2 для зоны 0 (пароль надо задавать на интерфейсах):

*router(config-router)# area 0 authentication message-digest*

**Настройка типа аутентификации и пароля на интерфейсах**

Настройка аутентификации type 0:

*router(config-if)# ip ospf authentication null*

Настройка аутентификации type 1:

*router(config-if)# ip ospf authentication*

*router(config-if)# ip ospf authentication-key <key-value>*

Настройка аутентификации type 2:

*router(config-if)# ip ospf authentication message-digest*

*router(config-if)# ip ospf message-digest-key <key-number> md5 <key-value>*