

Содержание

OSPF	3
Основы	3
Термины	3
Описание работы протокола	4
Выбор Router ID	5
Установка отношений соседства	5
Типы сетей, поддерживаемые протоколом OSPF	5
Отношения соседства (adjacency)	6
Возможные состояния	7
Выделенный маршрутизатор (DR) и резервный выделенный маршрутизатор (BDR)	7
Таймеры протокола	8
Константы протокола	8
Зоны OSPF	9
Магистральная зона (backbone area)	10
Стандартная зона (standard area)	10
Тупиковая зона (stub area)	10
Totally stubby area	10
Not-so-stubby area (NSSA)	11
Totally NSSA	11
Типы маршрутизаторов	11
Объявления о состоянии канала (LSA)	12
Суммарная информация о LSA	12
Заголовок LSA	13
Type 1 LSA	14
Type 2 LSA	14
Type 3 LSA	15
Type 4 LSA	15
Type 5 LSA	16
Type 7 LSA	16
Типы пакетов OSPF	16
Формат заголовка пакета OSPF	17
Hello	18
Database Description	19
Link State Request	21
Link State Update	21
Link State Acknowledgment	22
Выбор лучшего маршрута	22
Выбор лучшего типа маршрута	22
Метрика OSPF	23
ABR Loop Prevention	23
Внешние маршруты	23
Forwarding address в Type 5 LSA	24
Вычисление таблицы маршрутизации	24
Вычисление дерева кратчайшего пути для зоны	25
Вычисление next hop	25
Вычисление внешних маршрутов	25
Equal-cost multipath	25

OSPF

основано на <http://xgu.ru/wiki/OSPF>

OSPF (**O**pen **S**hortest **P**ath **F**irst) — протокол (3-го уровня) динамической маршрутизации

OSPFv2 работает поверх IP, а конкретно, он заточен только под IPv4

OSPFv3 не зависит от протоколов 3-го уровня и потому может работать с IPv6

ОСНОВЫ

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

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
 1. Маршрутизаторы обмениваются hello-пакетами через все интерфейсы, на которых активирован OSPF.
 2. Маршрутизаторы, которые находятся в одном широковещательном сегменте, становятся соседями, когда они приходят к договоренности об определенных параметрах, указанных в их hello-пакетах.
5. Adjacency (отношения соседства, отношения смежности) это тип соседства между маршрутизаторами, по которому они синхронизируют LSDB. Установка этих отношений зависит от типа сети:
 1. Если маршрутизаторы находятся в сети с множественным доступом, они выбирают DR и выполняют синхронизацию LSDB с ним
 2. Если маршрутизаторы находятся в сети point-to-point, они приступают к синхронизации LSDB друг с другом
6. Синхронизация LSDB. Происходит в несколько этапов. По сформированным отношениям соседства происходит обмен такими пакетами:
 1. DBD (краткое описание LSA в LSDB). С помощью этих пакетов маршрутизаторы сообщают друг другу о том, какую информацию они знают, в сокращенном виде
 2. LSR. После обмена DBD-пакетами, с помощью LSR маршрутизаторы запрашивают у соседа недостающую информацию
 3. 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
 4. LSAck. После получения LSU от соседа, маршрутизатор отправляет подтверждение, что он получил информацию
 5. Если оба маршрутизатора должны запросить друг у друга информацию, то эта процедура повторяется и в другую сторону.
 6. После этого, LSDB синхронизирована, а значит, полностью одинакова между соседями
7. После синхронизации LSDB, маршрутизатор отправляет обновление далее, своим соседям в других широковещательных сегментах
8. Рассылая объявления через зону, все маршрутизаторы строят идентичную LSDB
9. 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.

10. 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.

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.

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:
 - Hello Interval — частота отправки сообщений Hello
 - Router Dead Interval — период времени, по прохождению которого, сосед считается недоступным, если не было Hello
 - Area ID — так как в OSPF граница зоны проходит через маршрутизатор, то маршрутизаторы в одном широковещательном сегменте, должны быть в одной зоне (подробнее про зоны ниже)
 - Authentication — пароль использующийся для аутентификации и тип аутентификации. Маршрутизаторы не обязательно должны использовать аутентификацию, но если она используется, то пароли и тип должны совпадать
 - Stub area flag — не обязательный флаг, который устанавливается на всех маршрутизаторах, которые принадлежат тупиковой зоне (stub area)
- у маршрутизаторов должны совпадать сеть и маска сети



OSPF не проверяет сеть и маску сети при установке отношений соседства в point-to-point сетях. Поэтому можно использовать IP unnumbered интерфейсы.



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

- Down — начальное состояние процесса обнаружения соседей. Это состояние указывает на то, что от соседей не была получена свежая информация. В NBMA сетях Hello-пакеты могут отправляться и соседям в состоянии Down, однако с меньшей частотой (PollInterval)
 - Attempt — это состояние имеет смысл только для соседей, которые присоединены к NBMA сетям. Оно указывает на то, что от соседа не была получена свежая информация и что нужно сделать попытку связаться с соседом. Это делается путём отправки соседу сообщений Hello с промежутком времени Hello Interval (в Cisco в этом состоянии сообщения Hello отправляются каждый PollInterval. Имеет смысл для соседей в NBMA сетях, которые заданы командой neighbor)
- Init — состояние, в котором находится маршрутизатор, отправивший своему соседу hello и ожидающий от него ответного hello
- 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
- 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
- Exchange — маршрутизаторы посылают друг другу database description пакеты (DD) с информацией о сетях, содержащихся в их собственной LSDB
- 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
- 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. Если, к примеру, количество маршрутизаторов в сети со множественным доступом равно n , то будет установлено $n(n-1)/2$ отношений соседства. Каждый маршрутизатор будет рассылать $n-1$ LSA своим соседям, плюс одно LSA для сети, в результате сеть сгенерирует n^2 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 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

Таймеры протокола

- HelloInterval — Интервал времени в секундах, по истечении которого маршрутизатор отправляет следующий hello-пакет с интерфейса. Для ширококвещательных сетей и сетей точка-точка значение по умолчанию, как правило, равно 10 секундам. Для неширококвещательных сетей со множественным доступом значение по умолчанию — 30 секунд.
- 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.

Константы протокола

Некоторым параметрам OSPF присвоены фиксированные значения. Ниже описаны эти параметры, их названия и соответствующие им значения:

```
LSRefreshTime —  
MinLSInterval —  
MinLSArrival —  
MaxAge —  
CheckAge —  
MaxAgeDiff —  
LSInfinity —  
DefaultDestination —  
InitialSequenceNumber —  
MaxSequenceNumber —
```

Fix Me!



Каждые 5 минут (CheckAge) выполняется проверка контрольной суммы всех LSA (в Cisco каждые 10 минут).

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 (засчет 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:



- в зоне 0 не должно быть разрывов
- если ненулевая зона должна быть присоединена к другой ненулевой, используется:
 - virtual-link
 - или обычный туннель настроенный вручную (например, GRE)

Коротко типы зон:

Название зоны	Замена маршрутов	Типы LSA	Описание
Backbone (area 0)	-	Все LSA разрешены	Разрешены все типы маршрутов
Normal	-	Все LSA разрешены	Разрешены все типы маршрутов
Stub	EX ⇒ IA 0.0.0.0/0 ASBR запрещен	LSA 5 запрещены	Все внешние маршруты заменены на межзональный маршрут по умолчанию. ASBR не может находиться в зоне
Totally Stub	EX и IA ⇒ IA 0.0.0.0/0 ASBR запрещен	LSA 5 запрещены Все LSA 3 заменены на LSA 3 0.0.0.0/0	Все внешние и межзональные маршруты заменены на межзональный маршрут по умолчанию. ASBR не может находиться в зоне

Название зоны	Замена маршрутов	Типы LSA	Описание
NSSA	EX ⇒ 0.0.0.0 ASBR разрешен	LSA 5 запрещены LSA 7 передает внешние маршруты только в NSSA	Все внешние маршруты должны быть заменены на межзональный маршрут по умолчанию. В зоне может быть ASBR
Totally NSSA	EX и IA ⇒ 0.0.0.0 ASBR разрешен	LSA 5 запрещены Все LSA 3 заменены на LSA 3 0.0.0.0/0 LSA 7 передает внешние маршруты только в NSSA	Все внешние и межзональные маршруты должны быть заменены на межзональный маршрут по умолчанию. В зоне может быть ASBR

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)

Тупиковая зона:

- 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»

Totally stubby area

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)

NSSA зона:

- 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 находиться 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

Totally NSSA зона:

- 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 состоящая из состояний 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 передается описание всех LSA, которые хранятся в LSDB маршрутизатора,
- В Link State Request передается запрос с описанием тех LSA, которых не хватает в LSDB,
- В Link State Update передаются полные LSA,
- В Link State Acknowledgment передается подтверждение о получении конкретных LSA, с описанием этих LSA.

Суммарная информация о LSA

Номер LSA	Название LSA	Link-State ID	Кто отправляет	Область распространения
LSA 1	Router LSA	Router ID отправителя	Все маршрутизаторы	Внутри зоны (IntraArea)

Номер LSA	Название LSA	Link-State ID	Кто отправляет	Область распространения
LSA 2	Network LSA	IP-адрес интерфейса DR	DR (в сетях со множественным доступом)	Внутри зоны (IntraArea)
LSA 3	Network Summary LSA	Сети назначения и маска сети	ABR	AS (InterArea)
LSA 4	ASBR Summary LSA	Router ID ASBR	ABR	AS (InterArea)
LSA 5	AS External LSA	Внешняя сеть и маска	ASBR	AS (InterArea)
LSA 7	AS External LSA for NSSA	Внешняя сеть и маска	ASBR в NSSA	NSSA

Заголовок LSA

Все LSA начинаются с одинакового заголовка размером 20 байт.

```

0           1           2           3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|           LS age           | Options | LS type |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|           Link State ID           |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|           Advertising Router           |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|           LS sequence number           |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|           LS checksum           |           length           |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+

```

Любое LSA уникально идентифицируют 3 поля заголовка:

- LS type
- Link State ID
- Advertising Router

Так как может существовать несколько копий одного и того же LSA, необходимо определять какая из копий актуальна. Это осуществляется с помощью анализа полей:

- LS age
- LS sequence number
- LS checksum

Описание полей заголовка LSA:

- LS age — время (в секундах) с момента генерации LSA
- Options — дополнительные опции, которые может поддерживать маршрутизатор. Это поле есть в пакетах hello, DBD, LSA. Согласно RFC 2328 могут быть установлены такие 5 битов:

- E-bit — указывает каким образом распространяются AS-external-LSA
- MC-bit — указывает соответствует ли IP multicast датаграмма спецификациям RFC 1584;
- N/P-bit — указывает как обрабатываются Type-7 LSA (RFC 1587);
- EA-bit — указывает желание маршрутизатора получать и отправлять External-Attributes-LSA;
- DC-bit — указывает как маршрутизатор работает с demand circuits (RFC 1793);
- LS type — тип LSA. У каждого типа LSA свой формат, который описан в соответствующем разделе
- Link State ID — о чем сообщает LSA. Содержание этого поля зависит от типа LSA. Значения поля для разных LSA описаны в соответствующих разделах
- Advertising Router — Router ID маршрутизатора, который сгенерировал LSA
- LS sequence number — версия LSA. Используется для обнаружения старых и дублирующихся LSA
- LS checksum — контрольная сумма, для проверки целостности. Контрольная сумма берется со всего LSA, кроме поля LS age
- Length — длина всего LSA (включая заголовков) в байтах

Type 1 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

LSA Type 1 link types и соответствующие link ID:

- Point-to-point соединение с другим маршрутизатором — Router ID соседа
- Соединение с тупиковой сетью (сеть, к которой присоединен только один маршрутизатор(локальный)) — сеть/маска
- Соединение с транзитной сетью (сеть, в которой есть как минимум два непосредственно присоединенных маршрутизатора) — IP-адрес DR
- Virtual link — Router ID соседа

Type 2 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 маска сети, за которую отвечает DR.

Зачастую возникает вопрос: «Зачем нужен LSA 2? Ведь в LSA 1 можно было бы тоже указать соседей и для сетей с множественным доступом, и, уж тем более, маску сети.»



Необходимость и преимущества LSA 2 понятны, если рассмотреть сеть, в которой в одном широковещательном сегменте будет много маршрутизаторов. Например, в одном широковещательном сегменте, 5 маршрутизаторов.

Тогда, если предположить, что информация передается в LSA 1, каждый из маршрутизаторов, должен бы был перечислить всех своих соседей, и указать в какой он сети. То есть, получаем, $5 * (5 - 1)$ каналов (links) в LSDB.

LSA 2 позволяет существенно сократить количество каналов в LSDB.



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

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

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

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

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.

Типы пакетов OSPF

OSPF использует 5 типов пакетов:

- **Hello** — используется для обнаружения соседей, построения отношений соседства с ними и мониторинга доступности.
- **Database Description (DBD)** — проверяет синхронизацию базы данных между маршрутизаторами.
- **Link-State Request (LSR)** — запрашивает определенные записи о состоянии каналов от маршрутизатора к маршрутизатору.
- **Link-State Update (LSU)** — отправляет определенные записи о состоянии каналов в ответ на запрос.
- **Link-State Acknowledgment (LSAck)** — подтверждает получение других типов пакетов.

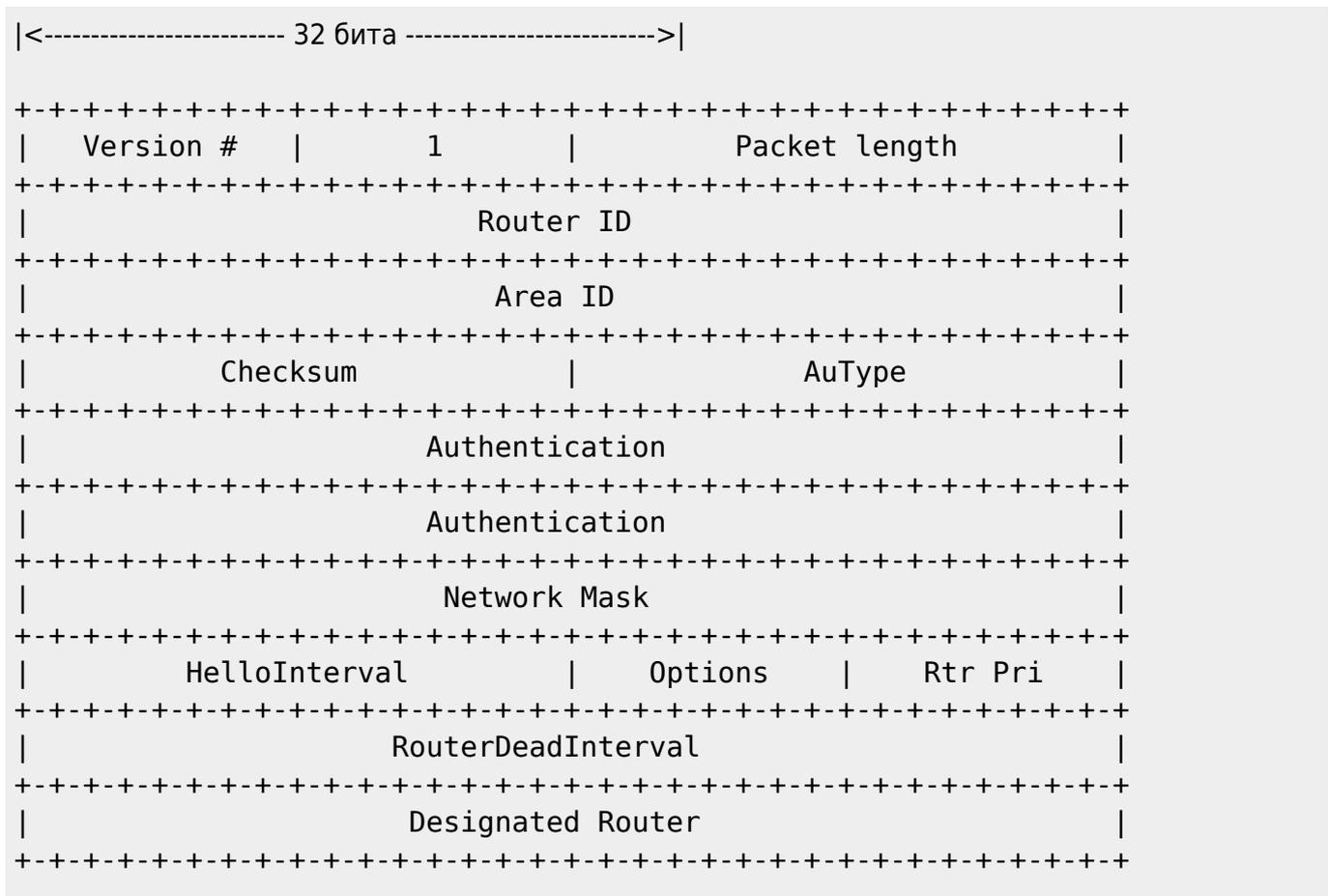
- Hello — список известных соседей
- DBD — содержит суммарную информацию базы данных состояний каналов, которая включает в себя все известные идентификаторы маршрутизаторов и их последние номера последовательностей (sequence number) и другую информацию.
- LSR — содержит тип необходимого LSU и идентификатор маршрутизатора, у которого есть этот LSU.
- LSU — содержит полные записи объявления о состоянии канала. Несколько LSA могут передаваться в одном пакете обновлений.
- LSAck — поле пустое

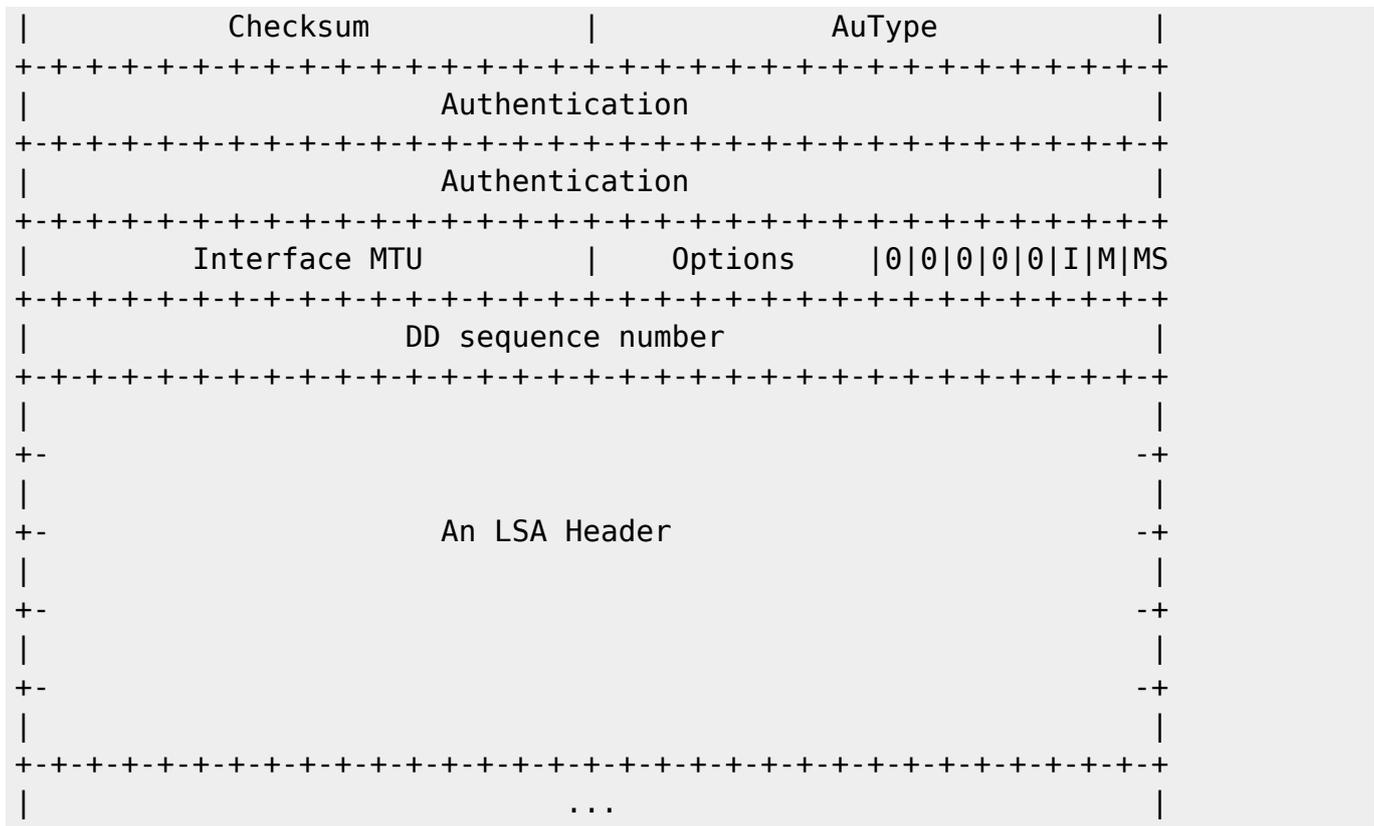
Hello

Hello-пакет используется для таких целей:

- С помощью него каждый маршрутизатор обнаруживает своих соседей;
- Он передает параметры о которых маршрутизаторы должны договориться прежде чем они станут соседями;
- Hello-пакеты выполняют роль keepalive-пакетов между соседями;
- Отвечает за установление двухсторонних коммуникаций между соседними маршрутизаторами (двухсторонняя коммуникация установлена тогда, когда маршрутизатор увидит себя в списке соседей hello-пакета полученного от соседнего маршрутизатора);
- Он выбирает DR и BDR в широковещательных и нешироковещательных сетях со множественным доступом.

Кроме стандартного заголовка пакета OSPF, в hello-пакете содержится такая информация:

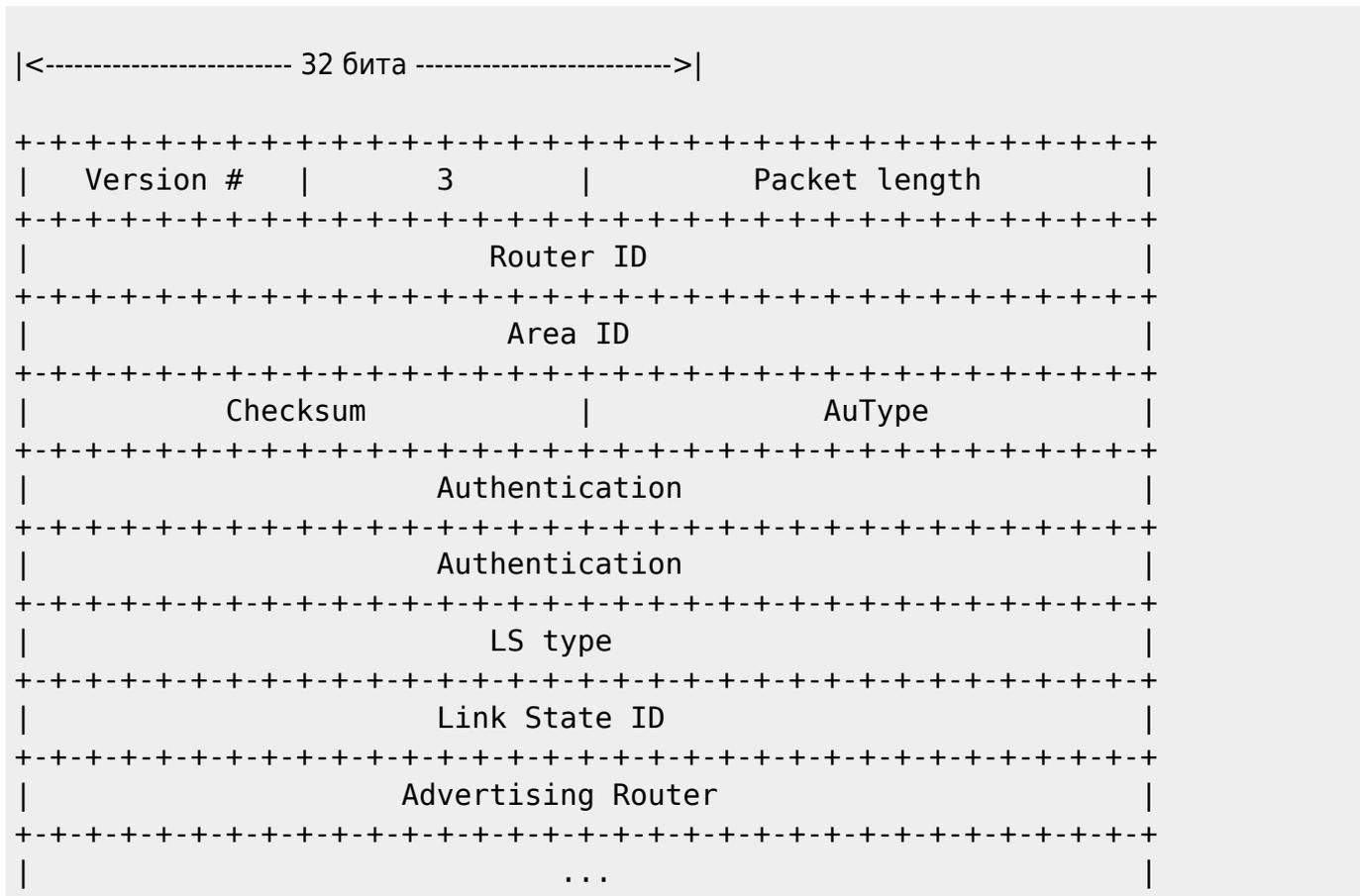




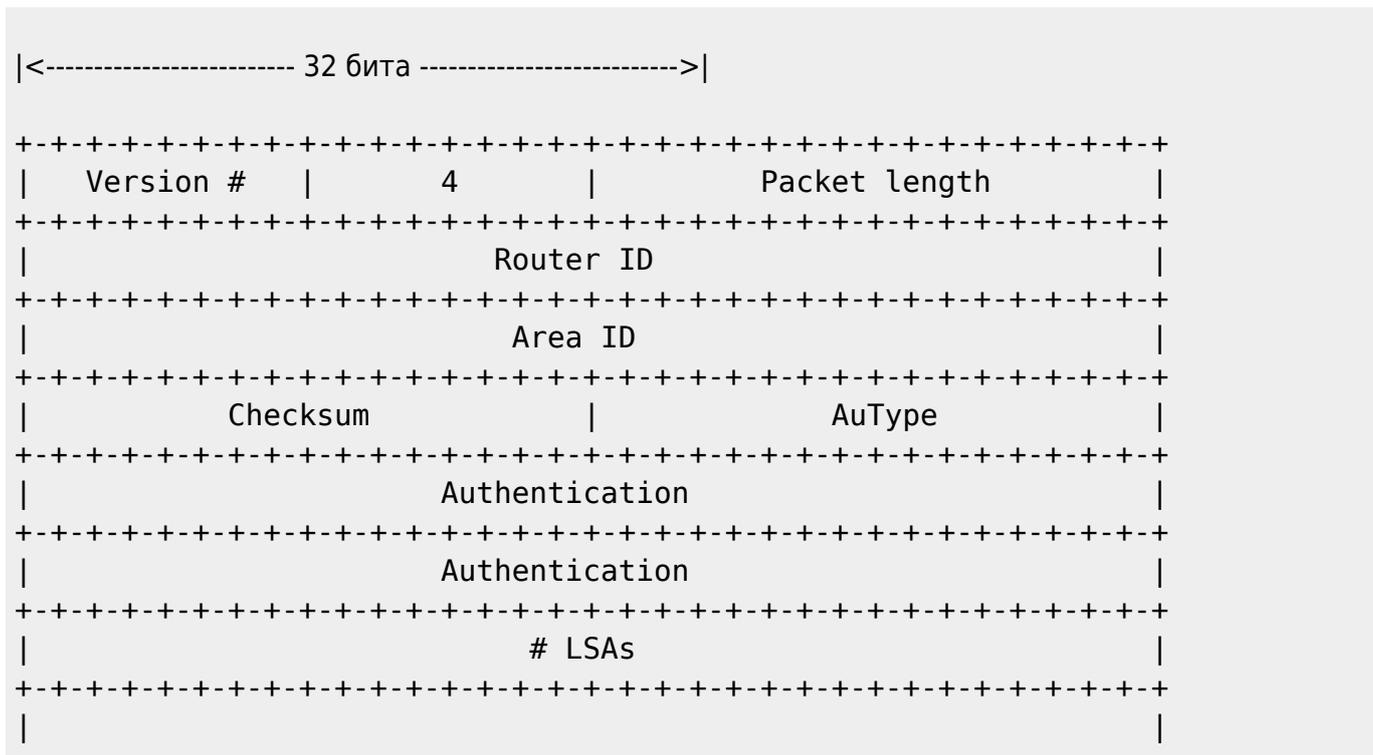
- Interface MTU — максимальный размер IP-пакета, который можно отправить с соответствующего интерфейса без фрагментации
- Options — дополнительные опции, которые может поддерживать маршрутизатор. Это поле есть в пакетах hello, DBD, LSA. Согласно RFC 2328 могут быть установлены такие 5 битов:
 - E-bit — указывает каким образом распространяются AS-external-LSA
 - MC-bit — указывает соответствует ли IP multicast датаграмма спецификациям RFC 1584;
 - N/P-bit — указывает как обрабатываются Type-7 LSA (RFC 1587);
 - EA-bit — указывает желание маршрутизатора получать и отправлять External-Attributes-LSA;
 - DC-bit — указывает как маршрутизатор работает с demand circuits (RFC 1793);
- I-bit — Init bit. Значение бита равное 1, означает, что этот пакет первый в последовательности DBD-пакетов
- M-bit — More bit. Значение бита равное 1, означает, что далее последуют дополнительные DBD-пакеты
- MS-bit — Master/Slave bit. Значение бита равное 1, означает, что маршрутизатор получил роль Master, в процессе обмена информацией в LSDB. Иначе, маршрутизатор Slave.
- DD sequence number — номер последовательности, который используется для нумерации наборов DBD-пакетов.
 - Начальный номер должен быть уникальным (Init bit оповещает о начальном пакете и номер в этом пакете и есть начальный)
 - В процессе обмена DBD-пакетами DD sequence number растёт, пока не завершится описание LSDB
- LSA header — в этом поле передаются заголовки тех LSA, которые находятся в LSDB:
 - Заголовок LSA достаточно, так как информации, которая передается в заголовке, достаточно чтобы уникально идентифицировать LSA

Link State Request

Запрос информации о состоянии канала. Этот тип пакетов запрашивает отдельные фрагменты базы данных состояния каналов маршрутизатора.



Link State Update



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

В RFC 2328 не описывается как именно должна рассчитываться стоимость (cost) интерфейса. Определен только диапазон значений: 1-65535. В мультивендорной среде на это стоит обратить внимание.

Пример (Cisco):

```
cost = reference bandwidth / link bandwidth
```

 Reference bandwidth — пропускная способность, относительно которой вычисляется стоимость; по умолчанию 100Mb, но может быть изменена.

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

Для обозначения недоступной сети OSPF использует метрику 16777215 ($2^{24} - 1$), которая считается недостижимой метрикой.

ABR Loop Prevention

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

При анонсировании в зону type 3 LSA передается информация о сети назначения, стоимости пути и ABR, через которого сеть достижима — параметры аналогичны дистанционно-векторным протоколам.

OSPF не использует традиционные механизмы дистанционно-векторных протоколов для предотвращения петель. OSPF применяет ряд правил распространения LSA между зонами, что исключает возможность возникновения петель, но это может привести к тому, что передача данных будет не по лучшему пути.

Внешние маршруты

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

- 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 вычислять метрику внешнего маршрута E1 суммированием:

- метрики внешнего маршрута из type 5 LSA,
- стоимости пути к ASBR, которая анонсируется в type 4 LSA,
- стоимости пути к ABR, который анонсировал type 4 LSA.

Type 2 external routes (по умолчанию) — используется только стоимость внешнего маршрута и при передаче по сети стоимость не увеличивается. При получении type 5 LSA маршрутизаторы добавляют в таблицу маршрут во внешнюю сеть со стоимостью, указанной в type 5 LSA.



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

Forwarding address в Type 5 LSA

В RFC 2328 (раздел 16.4) указано: если forwarding address не нулевой, нужно посмотреть этот forwarding address в таблице маршрутизации. Соответствующая запись должна быть внутризональной или межзональной; если такого пути нет — LSA игнорируется.

Иными словами, нельзя использовать внешний маршрут для достижения другого внешнего маршрута — это может привести к петлям, поэтому запрещено.

Вычисление таблицы маршрутизации

Маршрутизатор, используя LSDB зон, к которым он подключен, строит таблицу маршрутизации по следующей последовательности. LSA с LS age = MaxAge не учитываются.

Процесс:

1. Текущая таблица маршрутизации обнуляется — строится заново. Старая таблица сохраняется для обнаружения изменений.
2. С помощью построения дерева кратчайшего пути для каждой присоединённой зоны вычисляются внутризональные маршруты. Во время вычисления дерева для зоны также вычисляется TransitCapability, используемая позднее. Все записи с Destination Type = area border router вычисляются на этом этапе. Этап состоит из двух частей:
 - * Сначала дерево строится с учётом только линков между маршрутизаторами и транзитными сетями.
 - * Затем тупиковые сети включаются в дерево.
3. Межзональные маршруты вычисляются просмотром summary LSA. Если маршрутизатор пограничный, просматриваются summary LSA только магистральной зоны.

4. На пограничных маршрутизаторах, присоединённых к одной или более транзитным зонам (не backbone зоны, где `TransitCapability = TRUE`), проверяются summary LSA транзитных зон на предмет лучших путей, чем найденные на этапах 2-3.
5. Вычисляются маршруты к внешним сетям — просматриваются AS-external-LSA. Местонахождение ASBR было обнаружено на этапах 2-4.

Вычисление дерева кратчайшего пути для зоны



(раздел для подробного описания алгоритма SPF — оставить заглушку для последующего наполнения)

Вычисление next hop



(раздел для описания логики определения следующего хопа — оставить заглушку для последующего наполнения)

Вычисление внешних маршрутов



(раздел для подробного описания вычисления E1/E2 и взаимодействия с type4/type5 — оставить заглушку)

Equal-cost multipath



(раздел для описания ECMP в OSPF — оставить заглушку)

From:
<https://wiki.radi0.cc/> - radi0wiki

Permanent link:
<https://wiki.radi0.cc/glossary:net:protocols:ospf>

Last update: 2025/11/09 12:07

