Практическое занятие № 13. Протокол OSPF. Типы и применение LSA.

Цель работы: изучение принципов работы протокола динамической маршрутизации на основе состояния канала – OSPF.

OSPF (Open Shortest Path First) — это протокол маршрутизации, отслеживающий состояние канала (Link-State Routing Protocol), который широко используется в IP-сетях для динамического построения маршрутов. Он был разработан IETF в 1988 году для преодоления ограничений RIP и предлагает более эффективную маршрутизацию за счёт использования алгоритма Дейкстры. Последняя версия протокола представлена в RFC 2328.

OSPF является протоколом IGP-типа, что означает, что он распространяет маршрутную информацию между маршрутизаторами, находящимися в единой автономной системе. Протокол OSPF был разработан для использования в больших сетях, в которых невозможно использование протокола RIP. Административное расстояние протокола OSPF равно 110, маршруты протокола в таблице маршрутизации помечаются кодом «O» [20].

Одной из ключевых особенностей OSPF является использование LSA (Link-State Advertisement) — специальных сообщений, которые содержат информацию о топологии сети.

Для установки и поддержания отношений смежности между соседними маршрутизаторами, протокол OSPF использует Hello-пакеты. Hello-пакеты содержат уникальный идентификатор устройства (Router ID). Этот идентификатор имеет формат IP-адреса, и может быть равным IP адресу одного из интерфейсов устройства. Однако чаще используется адрес виртуального loopback интерфейса. Маршрутизатор, на котором сформировано несколько интерфейсов loopback, использует наибольший из адресов интерфейсов loopback. Также можно установить Router ID вручную.

На этапе формирования смежности устанавливаются три значения параметров:

– период времени обмена Hello-пакетами (Hello Interval);

– период времени (Dead Interval), по истечению которого связь считается потерянной, если за это время не было получено ни одного Hello-пакета;

– тип сети (Network Type) [20-21].

Различают три типа сетей: широковещательные с множественным доступом (Broadcast multi-access), например Ethernet, сети типа точка-точка (Point-to-point) и нешироковещательные с множественным доступом (Nonbroadcast multiaccess – NBMA), например, сети Frame Relay, ATM.

В сетях первых двух типов период рассылки Hello-пакетов составляет 10 секунд, а в сетях NBMA – 30 сек. Период Dead Interval – в четыре раза больше. Обмен Hello-пакетами производится с использованием адресов 224.0.0.5 или 224.0.0.6 многоадресного режима (multicast) без подтверждения доставки.

OSPF работает на основе обмена информацией о состоянии каналов между маршрутизаторами. Каждый маршрутизатор строит базу данных состояния каналов (Link-State Database, LSDB), которая содержит информацию о топологии всей сети. LSA — это единицы информации, которые используются для описания состояния каналов и сетей. Каждый LSA содержит информацию о конкретном участке сети, например, о подключенных сетях, соседних маршрутизаторах или внешних маршрутах [21].

LSA распространяются по сети с помощью multicast-сообщений, и каждый маршрутизатор, получивший LSA, обновляет свою LSDB. На основе этой базы данных маршрутизатор вычисляет кратчайшие пути с использованием алгоритма Дейкстры.

Когда в сети происходит изменение, например, соседнее устройство становится недостижимым, протоколы состояния связи заполняют всю область обновлениями LSA с использованием многоадресного режима multicast 224.0.0.5. Информация рассылается во все порты, кроме порта, на

котором данная информация была получена. Каждый маршрутизатор копирует сообщение LSA и модифицирует свое состояние связи, т.е. топологическую базу данных, которая содержит весь набор состояний. Затем маршрутизатор передает LSA на все соседние маршрутизаторы в пределах области, и они повторно вычисляют маршруты.

Если сеть состоит из множества маршрутизаторов, которые объединены одной сетью, то каждое устройство будет обмениваться сообщениями LSA со всеми остальными, что приведёт к избыточному трафику в сети. Чтобы избежать этого, в протоколе OSPF используются DR (Designated Router) и BDR (Backup Designated Router).

DR – это главный маршрутизатор в сети. Он отвечает за сбор и распространение информации о состоянии каналов (LSA) между всеми маршрутизаторами в сети. Вместо того чтобы каждый маршрутизатор обменивался LSA со всеми остальными, они отправляют информацию только DR, а DR уже рассылает её всем. BDR дублирует функции DR на случай, если DR выйдет из строя. Если DR перестает работать, BDR автоматически становится новым DR, и сеть продолжает работать без сбоев.

Обмен маршрутной информацией производится только при возникновении изменений в сети. Когда происходят изменения, маршрутизатор, первым заметивший это изменение, создает извещение о состоянии этого соединения LSA, которое передается соседним устройствам. Каждое устройство, получив обновление LSA, модифицирует свою базу данных и транслирует копии LSA всем соседним маршрутизаторам.

Для оценки качества маршрутов, протокол OSPF использует метрику cost (стоимость). Эта метрика базируется на полосе пропускания и равна отношению 10^8 к полосе пропускания. В результате, каждый маршрут получает метрику, численно равную сумме метрик cost всех соединений через сеть. Одно соединение FastEthernet имеет стоимость, равную единице, Ethernet – 10 единиц. Следует отметить, что интерфейса GigabitEthernet значение стоимости будет дробным и меньше единицы. В таких случаях

значение округляется до единицы. Значение cost также может задаваться на маршрутизаторе вручную. Чем меньше метрика, тем более предпочтителен маршрут. Например, если два пути имеют Cost 10 и 15, OSPF выберет первый.

Если два пути имеют одинаковую метрику, при передаче трафика может использоваться ECMP (Equal-cost multi-path routing). Это метод маршрутизации, при котором пересылка пакетов в один пункт назначения может выполняться по нескольким путям (маршрутам) с равной стоимостью.

В небольших сетях, OSPF может работать рамках одной зоны, в которой маршрутизаторы обмениваются сообщениями LSA напрямую. В таком случае настройка протокола максимально проста. Однако в крупных сетях, в целях повышения производительности и масштабируемости сети, OSPF делится на зоны. Каждая зона имеет свою топологию, в пределах которой осуществляется обмен информацией. Каждая зона должна иметь уникальный номер (Area ID). Для связи между зонами используются граничные маршрутизаторы. Такое деление позволяет сократить долю служебного трафика в сети.

Далее будут подробно рассмотрены типы зон и сообщений LSA протокола OSPF.

Типы зон OSPF. Магистральная зона (Area 0, Backbone). Эта зона является основой сети OSPF. Зоны другого типа обязательно подключаются к магистральной. Она обеспечивает связь между различными областями. Все пакеты, передаваемые между разными ненулевыми зонами, проходят через магистральную зону. Если сеть состоит из одной зоны, то эта зона – магистральная.

Стандартная зона – это обычная область OSPF, которая может содержать любые типы маршрутизаторов (внутренние, ABR, ASBR). Она получает и передает маршруты как внутри области, так и между другими зонами. В стандартной зоне могут распространяться все типы LSA.

Транзитная зона – это область, через которую проходят маршруты между другими зонами. Обычно это магистральная зона (Area 0), но в некоторых случаях другие зоны также могут выполнять транзитные функции. Транзитная зона должна быть подключена к магистральной зоне.

NSSA (Not-so-stubby area) представляет собой специфичную область, которая может экспортировать внешние маршруты (например, из других протоколов маршрутизации) в OSPF с помощью специального типа LSA и отправлять их в другие области. При этом, данная зона не может получать внешние маршруты из других областей.

Тупиковая зона (stub area) – в этой зоне не принимается информация о внешних маршрутах для автономной системы, но принимаются маршруты из других зон. В тупиковой зоне не может находиться ASBR. Для передачи сообщений за границу системы из тупиковой зоны маршрутизаторы используют маршрут по умолчанию.

Полностью тупиковая зона – это расширенная версия тупиковой зоны. Она не только не принимает внешние маршруты, но и ограничивает получение маршрутов из других зон OSPF.

Типы LSA. В OSPF существует несколько типов LSA, каждый из которых выполняет свою роль в описании топологии сети [21].

LSA типа 1 (Router LSA). LSA типа 1 генерируется каждым маршрутизатором OSPF и описывает состояние каналов данного маршрутизатора. Он содержит информацию о подключенных интерфейсах, IP-адресах, масках подсетей и стоимости каналов. LSA типа 1 передаётся только в пределах одной области. Этот тип LSA необходим для формирования LSDB в области.

LSA типа 2 (Network LSA). LSA типа 2 генерируется назначенным маршрутизатором (Designated Router, DR) в multi-access сетях (например, Ethernet). Он описывает все маршрутизаторы, подключенные к данной сети. Как и LSA типа 1, распространяется только в пределах одной области. LSA типа 2 позволяет сократить количество LSA в LSDB.

LSA типа 3 (Summary LSA). LSA типа 3 генерируется граничными маршрутизаторами области (Area Border Router, ABR) и содержит информацию о сетях, находящихся в других областях. Сообщения LSA типа 3 распространяются между разными зонами, кроме полностью тупиковой.

LSA типа 4 (ASBR Summary LSA). LSA типа 4 генерируется ABR и содержит информацию о местоположении автономного граничного маршрутизатора (Autonomous System Boundary Router, ASBR). ASBR отвечает за подключение к внешним сетям (например, к другой автономной системе). Таким образом, LSA типа 4 указывает маршрутизаторам, как достичь ASBR, чтобы использовать внешние маршруты. Распространяется между областями.

LSA типа 5 (AS External LSA). LSA типа 5 генерируется ASBR и содержит информацию о внешних маршрутах, которые были импортированы в OSPF из других протоколов маршрутизации (например, BGP или статических маршрутов). Распространяется во всех зонах, кроме тупиковых и NSSA.

LSA типа 6 (Group Membership LSA, не используется в OSPFv2). Этот тип LSA используется только в OSPF for Multicast Routing (MOSPF) и не поддерживается в стандартном OSPFv2.

LSA типа 7 (NSSA External LSA). LSA типа 7 используется в областях типа NSSA (Not-So-Stubby Area). Он аналогичен LSA типа 5, но распространяется только в пределах NSSA. ABR преобразует LSA типа 7 в LSA типа 5 при передаче в другие области.

Типы маршрутизаторов в OSPF. В OSPF маршрутизаторы выполняют различные роли в зависимости от их расположения и функций в сети. Каждая из этих ролей определяет, какие типы сообщений (LSA) маршрутизатор обрабатывает и передаёт, а также его влияние на топологию сети.

Внутренний маршрутизатор (Internal Router). Внутренний маршрутизатор находится полностью внутри одной области OSPF. Все его интерфейсы подключены к одной и той же области. Он обменивается

информацией о состоянии каналов только с другими маршрутизаторами в своей области. Внутренний маршрутизатор обменивается сообщениями LSA типа 1 и 2.

Граничный маршрутизатор области (Area Border Router, ABR). ABR соединяет две или более зон OSPF и обеспечивает маршрутизацию между ними. Он выполняет роль связующего звена между зоной и магистральной областью. Для распространения маршрутов между зонами использует LSA типа 3. Граничный маршрутизатор хранит отдельные копии LSDB для всех зон, к которым подключён.

Автономный граничный маршрутизатор (Autonomous System Boundary Router, ASBR). ASBR подключен к внешним сетям (например, к другой автономной системе) и импортирует внешние маршруты в OSPF. Генерирует LSA типа 5 для передачи информации о внешних маршрутах. ASBR часто используется в провайдерских сетях для взаимодействия с BGP.

Назначенный маршрутизатор (Designated Router, DR) и резервный назначенный маршрутизатор (Backup Designated Router, BDR). DR и BDR выбираются для уменьшения количества LSA, передаваемых между маршрутизаторами. Без DR/BDR возникает «шторм» LSA: каждый маршрутизатор пытается синхронизироваться со всеми соседями. BDR выполняет функции DR в случае его выхода из строя.

На рис. 13.1 приведен пример сети из нескольких зон OSPF.

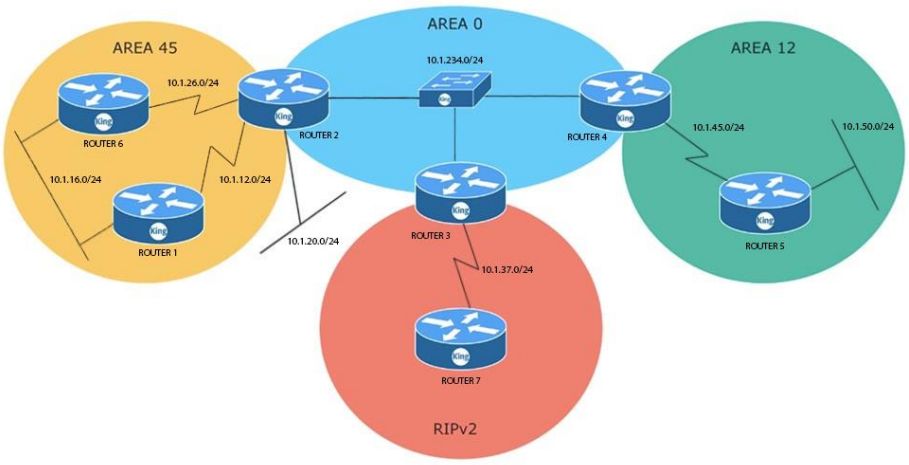

Рисунок 13.1 – Сеть с многозональным OSPF.

Зоны 45 и 12 состоят из маршрутизаторов, обслуживающих локальные сети. Они подключены к нулевой зоне через граничные маршрутизаторы под номерами 2 и 4. Это маршрутизаторы ABR. Маршрутизатор под номером 7 работает по другому протоколу маршрутизации. Его маршруты могут быть экспортированы в OSPF, и эту задачу выполняет маршрутизатор 3. Этот маршрутизатор относится к типу ASBR.

В каждой зоне на рисунке распространяются LSA типов 1 и 2, но они не покидают своей зоны. Эту функцию выполняют маршрутизаторы 2 и 4. Они пересылают LSA типа 3 для переноса маршрутов из зон 12 и 45, обслуживающих локальные сети, в нулевую зону. Маршрутизатор 3 распространяет внешние маршруты из сети с протоколом RIP в OSPF домен, используя LSA типа 5.

Настройка протокола на устройствах Cisco. Для примера будем использовать маршрутизатор с двумя сетевыми интерфейсами: GigabitEthernet0/0 (IP: 192.168.1.1/24) и GigabitEthernet0/1 (IP: 10.0.0.1/24). Маршрутизатор функционирует в OSPF зоне 0. Ниже приведен листинг команд Cisco IOS для настройки маршрутизатора

```
    router ospf 1                       ! Создание процесса OSPF с
номером 1
     router-id 1.1.1.1             ! Установка Router ID
     network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0   ! Добавление сети в
OSPF (Area 0)
     network 10.0.0.0 0.0.0.255 area 0     ! Добавление второй
сети в OSPF (Area 0)
```

Если проделать аналогичные операции на всех маршрутизаторах в сети, то они смогут обмениваться маршрутной информацией и строить единую топологию сети OSPF. Так настраивается OSPF для одной зоны. Чтобы указать, что сеть относится другой зоне, нужно указать её номер.

Для настройки тупиковой зоны, на всех маршрутизаторах нужно включить режим stub.

```
    router ospf 1
    area 1 stub
```

Если часть сети использует другой протокол маршрутизации или статические маршруты, нужно настроить редистрибьюцию (экспортировать маршруты в OSPF).

Листинг для статических маршрутов:

```
router ospf 1
 router-id 1.1.1.1
 redistribute static subnets
```

Для передачи маршрутов других протоколов, нужно вместо static указать название протокола (например, RIP).

Настройка аутентификации. Аутентификация OSPF предотвращает несанкционированный доступ к процессу маршрутизации и защищает сеть от атак, подделки маршрутов и фальшивых обновлений LSA. Возможна настройка простой парольной аутентификации и MD-5 аутентификации. По умолчанию аутентификация отключена.

Парольная аутентификация:

```
interface GigabitEthernet0/0
 ip ospf authentication
 ip ospf authentication-key mypassword
```

Все маршрутизаторы в пределах одной зоны должны использовать одинаковый пароль.

MD-5 аутентификация использует алгоритм хеширования и позволяет не передавать пароль в открытом виде:

```
interface GigabitEthernet0/0
 ip ospf authentication message-digest
 ip ospf message-digest-key 1 md5 securepass
```

Таким образом, OSPF остаётся одним из наиболее востребованных решений для построения динамически маршрутизируемых сетей благодаря своей масштабируемости, гибкости и эффективности. Его ключевое преимущество заключается в использовании алгоритма состояния каналов, который позволяет каждому маршрутизатору формировать полную картину топологии всей сети, обеспечивая оптимальный выбор маршрутов. Деление сети на зоны значительно сокращает служебный трафик и упрощает управление крупными инфраструктурами, изолируя изменения внутри отдельных областей.

Важную роль в OSPF играют сообщения LSA, каждое из которых выполняет уникальную функцию: от описания локальной топологии до распространения внешних маршрутов и связывания зон. Особое значение имеют граничные маршрутизаторы (ABR, ASBR), обеспечивающие взаимодействие между зонами и интеграцию с внешними протоколами маршрутизации.

Контрольные вопросы к материалу П/З № 13:

1. Что такое OSPF и в чем его основные преимущества перед другими протоколами маршрутизации?
2. Какие типы сетей поддерживает OSPF (point-to-point, broadcast, NBMA, point-to-multipoint)?
3. Как OSPF классифицирует маршрутизаторы (Internal Router, ABR, ASBR, Backbone Router)?
4. Что такое Area в OSPF и зачем используется иерархическая структура областей?
5. Какие типы областей существуют в OSPF (обычная, stub, totally stubby, NSSA)?
6. Как влияет на OSPF изменение параметров Hello- и Dead-интервалов?
7. Как настроить аутентификацию в OSPF (plain text, MD5)?