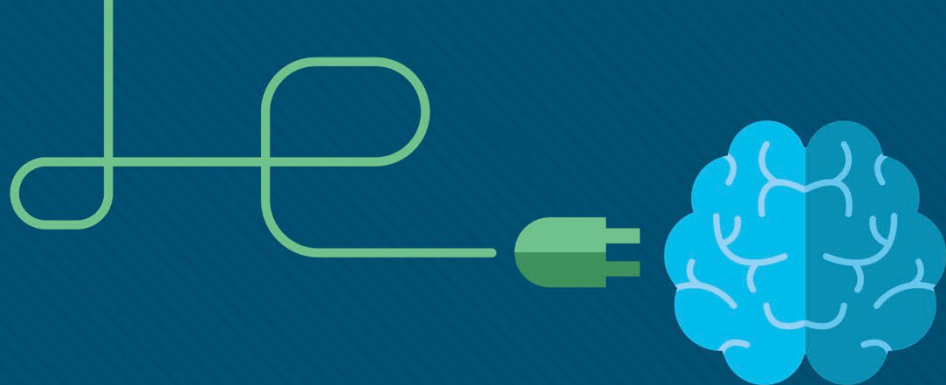




Розділ 1: Основи протоколу OSPFv2 для однієї зони

Побудова, безпека і автоматизація корпоративних
мереж v7.0
(ENSA)



Мета розділу

Назва розділу: Основи протоколу OSPF для однієї зони

Завдання розділу: Пояснити, як OSPF для однієї зони працює в мережах типу «точка-точка» і широкомовних мережах з множинним доступом.

Назва теми	Мета вивчення теми
Особливості та характеристики OSPF	Описати основні особливості та характеристики OSPF.
Пакети OSPF	Описати типи пакетів, які використовуються в OSPF для однієї зони.
Принципи роботи OSPF	Пояснити принципи роботи протоколу OSPF для однієї зони.

1.1 Особливості та характеристики OSPF

Особливості та характеристики OSPF

Вступ до OSPF

- OSPF - це протокол маршрутизації за станом каналів, який був розроблений як альтернатива для дистанційно-векторного протоколу RIP (Routing Information Protocol). Протокол OSPF має ряд значних переваг у порівнянні з протоколом RIP, забезпечуючи швидшу збіжність і можливість масштабування з метою реалізації мереж більшого розміру.
- OSPF - це протокол маршрутизації за станом каналів, який використовує концепцію розподілу на зони. Адміністратор мережі може розділити домен маршрутизації на окремі зони, які допомагають контролювати трафік оновлення маршрутизації.
- Канал - це також сегмент мережі, який з'єднує два маршрутизатори, або тупикова мережа, наприклад Ethernet LAN, під'єднана до одного маршрутизатора.
- Інформацію про стан каналу ще називають просто "станом каналу". Вся інформація про стан каналу включає в себе префікс мережі, довжину префіксу і вартість.



Цей розділ охоплює основні реалізації та конфігурації OSPF для однієї зони.

Особливості та характеристики OSPF

Компоненти OSPF

- Всі протоколи маршрутизації мають схожі компоненти. Всі вони використовують повідомлення протоколу маршрутизації для обміну інформацією про маршрутизацію. Повідомлення допомагають будувати структури даних, які потім обробляються за допомогою алгоритму маршрутизації.
- Маршрутизатори, що працюють під керуванням OSPF, обмінюються повідомленнями для передачі інформації про маршрутизацію за допомогою п'яти типів пакетів.
 - Пакет Hello
 - Пакет опису бази даних
 - Пакет запиту стану каналу
 - Пакет оновлень стану каналу
 - Пакет підтвердження стану каналу
- Ці пакети використовуються для виявлення сусідніх маршрутизаторів, а також для обміну інформацією про маршрутизацію для підтримки докладної інформації про мережу.

Особливості та характеристики OSPF

Компоненти OSPF (Продовж.)

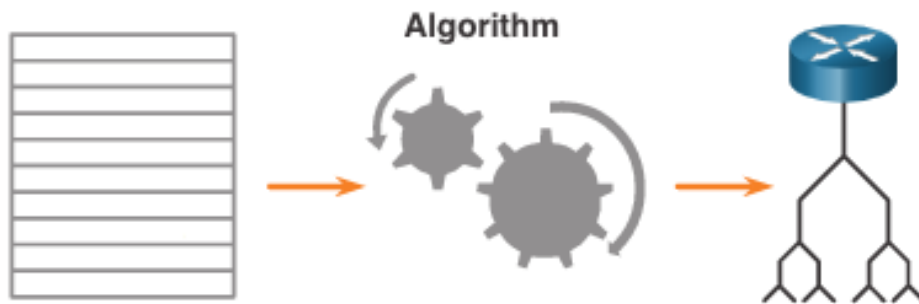
Повідомлення OSPF використовуються для створення та підтримки трьох баз даних OSPF, а саме:

База даних	Таблиця	Опис
База даних суміжності	Таблиця сусідів	•Список всіх сусідніх маршрутизаторів, з якими встановлено двосторонній обмін даними. •Ця таблиця унікальна для кожного маршрутизатора. •Її можна переглянути за допомогою команди show ip ospf neighbor .
База даних стану каналів (LSDB)	Таблиця топології	•Містить дані про всі маршрутизатори в мережі. •Ця база даних представляє мережу LSDB. •Всі маршрутизатори в межах зони використовують ідентичні бази даних станів каналів (LSDB). •Базу даних можна переглянути за допомогою команди show ip ospf database.
База даних пересилання	Таблиця маршрутизації	•Містить список маршрутів, створених під час запуску алгоритму в базі даних станів каналу. •Таблиця маршрутизації кожного маршрутизатора унікальна і містить інформацію про те, як і куди відправляти пакети іншим маршрутизаторам. •Маршрути можна переглянути за допомогою команди show ip route .

Особливості та характеристики OSPF

Компоненти OSPF (Продовж.)

- Маршрутизатор будує таблицю топології з використанням результатів обчислень, заснованих на алгоритмі найкоротшого шляху (shortest-path first, SPF) Дейкстри. Алгоритм SPF заснований на сукупній вартості для досягнення місця призначення.
- Алгоритм SPF створює дерево SPF шляхом розміщення кожного маршрутизатора в корені дерева і обчислення найкоротшого шляху до кожного вузла. Дерево SPF потім використовується для обчислення найкращих маршрутів. Протокол OSPF вносить оптимальні маршрути в базу даних пересилання, яка використовується для створення таблиці маршрутизації.



Принцип роботи маршрутизації за станом каналу

Щоб зберегти інформацію про маршрутизацію, маршрутизатори, які використовують протокол OSPF, завершують загальний процес маршрутизації за станом каналу, щоб досягти стану збіжності. Нижче наведено кроки маршрутизації за станом каналу, які виконуються маршрутизатором:

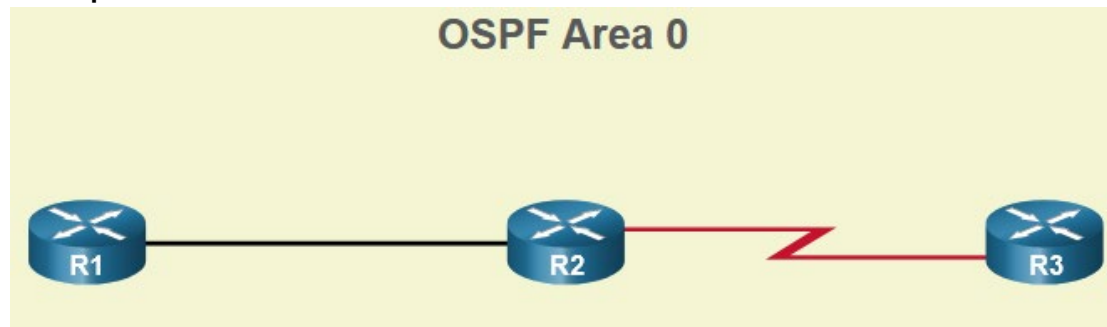
1. Встановлення відношень суміжності з сусідніми пристроями
2. Обмін інформацією про стан каналів
3. Створення бази даних стану каналів
4. Виконання алгоритму SPF
5. Обрання найкращого маршруту

OSPF для однієї та для декількох зон

Для збільшення ефективності та масштабованості OSPF підтримує ієрархічну маршрутизацію за допомогою зон. Зона OSPF — це група маршрутизаторів, що використовують однакові дані про стан каналу в своїх базах даних стану каналів (LSDB). Існує два способи реалізації OSPF:

- **OSPF для однієї зони** - всі маршрутизатори знаходяться в одній зоні. Рекомендується використовувати зону 0.
- **OSPF для декількох зон** - OSPF реалізовано в ієрархічній формі з використанням кількох зон. Всі зони повинні бути з'єднані з магістральною зоною (зона 0). Маршрутизатори, що з'єднують зони між собою, називаються граничними маршрутизаторами зони (Area Border Routers, ABR).

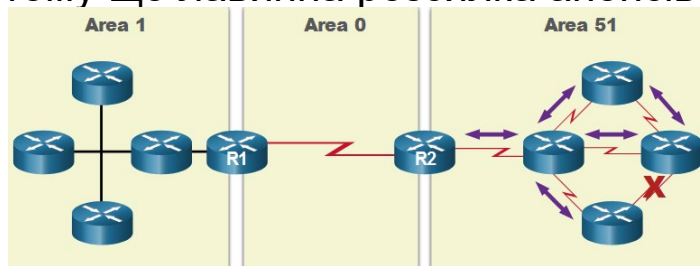
Основну увагу в цьому розділі приділено OSPFv2 для однієї зони.



Особливості та характеристики OSPF

OSPF для декількох зон

- Варіанти проектування ієрархічної топології OSPF для декількох зон надають такі переваги:
- Менший розмір таблиць маршрутизації** - таблиці менші, оскільки менше записів в таблиці маршрутизації. Це пов'язано з тим, що мережні адреси можна підсумовувати між зонами. За замовчуванням функцію об'єднання маршрутів не увімкнено.
- Зниження витрат на оновлення стану каналів** - застосування протоколу OSPF для декількох зон зменшує розмір зон і сприяє зменшенню вимог до процесорних ресурсів і пам'яті.
- Зниження частоти розрахунків SPF** — OSPF для декількох зон локалізує вплив змін топології в межах зони. Таким чином, скорочується вплив оновлень маршрутизації, тому що лавинна розсилка анонсів LSA припиняється на межі зони.



Особливості та характеристики OSPF

OSPFv3

- OSPFv3 є еквівалентом OSPFv2 для обміну префіксами IPv6. Подібно до свого аналогу IPv4, OSPFv3 обмінюється інформацією про маршрутизацію, щоб заповнити таблицю маршрутизації IPv6 віддаленими префіксами.
- **Примітка:** Завдяки функції сімейств адрес OSPFv3, протокол OSPFv3 забезпечує підтримку як IPv4, так і IPv6. В рамках цієї навчальної програми сімейства адрес OSPF не розглядаються.
- Протокол OSPFv3 надає ті ж можливості, що і протокол OSPFv2, але при цьому використовує IPv6 як транспорт на мережному рівні, здійснює обмін даними з рівноправними вузлами OSPFv3 і оголошує маршрути IPv6. Протокол OSPFv3 також використовує алгоритм пошуку найкоротшого шляху SPF як інструмент визначення оптимальних маршрутів по всьому домену маршрутизації.
- Протокол OSPFv3 має окремі процеси від аналогічного протоколу IPv4. По суті, процеси і операції є такими ж, як і в протоколі маршрутизації IPv4, однак виконуються незалежно.

1.2 Пакети OSPF

Пакети OSPF

Відео - Пакети OSPF

В цьому відео охоплено наступне:

- Пакет Hello
- Опис бази даних (DBD)
- Запит стану каналів (LSR)
- Оновлення стану каналу (LSU)
- Підтвердження стану каналу (LSAck)

Пакети OSPF

Типи пакетів OSPF

У таблиці наведено п'ять різних типів пакетів стану каналу (LSPs), які використовуються OSPFv2. В OSPFv3 використовуються схожі типи пакетів.

Тип	Назва пакету	Опис
1	Пакет Hello	Виявляє сусідів і встановлює відношення суміжності між ними
2	Опис бази даних (DBD)	Перевіряє синхронізацію баз даних між маршрутизаторами
3	Запит стану каналів (LSR)	Надсилає запити на записи про стани певних каналів на різних маршрутизаторах
4	Оновлення стану каналу (LSU)	Надсилає записи про стан каналу на конкретні запити
5	Підтвердження стану каналу (LSAck)	Підтверджує інші типи пакетів

Пакети OSPF

Оновлення стану каналу

- LSU також використовуються для пересилання оновлень маршрутизації OSPF, наприклад інформації про зміни каналу. Пакет LSU може містити 11 різних типів LSA для OSPFv2. В OSPFv3 декілька таких LSA відрізняються за назвою, а також він містить два додаткових LSA.
- LSU і LSA часто використовуються як взаємозамінні, але правильна ієрархія - LSU пакети містять LSA повідомлень.

LSUs		
Type	Packet Name	Description
1	Hello	Discovers neighbors and builds adjacencies between them
2	DBD	Checks for database synchronization between routers
3	LSR	Requests specific link-state records from router to router
4	LSU	Sends specifically requested link-state records
5	LSAck	Acknowledges the other packet types



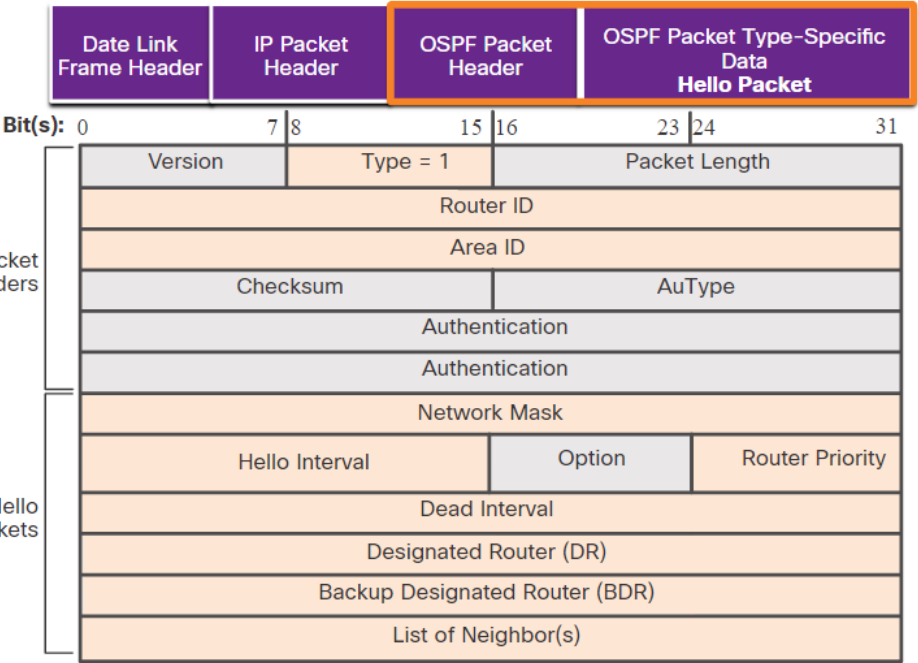
LSAs	
LSA Type	Description
1	Router LSAs
2	Checks for database synchronization between routers
3 or 4	Summary LSAs
5	Autonomous System External LSAs
6	Multicast OSPF LSAs
7	Defined for Not-So-Stubby Areas
8	External Attributes LSA for Border Gateway Patrol (BGPs)

Пакети OSPF

Пакет Hello

Пакет протоколу OSPF 1-го типу - це пакет Hello. Пакети Hello використовуються для:

- Виявлення сусідніх пристроїв OSPF і встановлення відношень суміжності з ними.
- Анонсування параметрів, при яких двє маршрутизатори зобов'язані погодитися встановити відношення суміжності.
- Вибору призначеного маршрутизатора (Designated Router, DR) і резервного призначеного маршрутизатора (Backup Designated Router, BDR) у мережах з множинним доступом, таких як Ethernet. Для каналів точка-точка наявність DR або BDR не потрібна.



1.3 Принципи роботи OSPF

Відео - Принципи роботи OSPF

- Це відео буде охоплювати 7 станів роботи OSPF:
- Стан Down
- Стан Init
- Стан Two-Way
- Стан ExStart
- Стан Exchange
- Стан Loading
- Стан Full

Принципи роботи OSPF

Робочі стани OSPF

Стан	Опис
Стан Down	• Не отримано жодного пакета Hello = Down. • Маршрутизатор надсилає пакети Hello. • Перехід до стану Init.
Стан Init	• Від сусіда надходять пакети Hello. • Вони містять ідентифікатор надсилаючого маршрутизатора. • Перехід до стану Two-Way.
Стан Two-Way	• У цьому стані зв'язок між двома маршрутизаторами двонаправлений. • В каналах з множинним доступом маршрутизатори обирають DR і BDR. • Перехід до стану ExStart.

Принципи роботи OSPF

Робочі стани OSPF (Продовж.)

Стан	Опис
Стан ExStart	У мережах типу "точка-точка" два маршрутизатори вирішують, який маршрутизатор буде ініціювати обмін пакетами DBD і приймати рішення про початковий номер послідовності пакетів DBD.
Стан Exchange	•Маршрутизатори обмінюються пакетами DBD. •Якщо необхідна додаткова інформація про маршрутизатор, то перехід до стану Loading; в іншому випадку перехід до стану Full.
Стан Loading	•LSR (запит стану каналу) і LSU (пакет оновлень стану каналу) використовуються для отримання додаткової інформації про маршрут. •Маршрути обробляються за допомогою алгоритму SPF. •Перехід у стан Full.
Стан Full	База даних стану каналу маршрутизатора повністю синхронізована.

Встановлення відношень суміжності з сусідніми пристроями

- Щоб визначити, чи є інший сусід OSPF на каналі, маршрутизатор надсилає пакет Hello, що містить ідентифікатор маршрутизатора, з усіх інтерфейсів з підтримкою OSPF. Пакет Hello надсилається у вигляді багатоадресної розсилки всім маршрутизаторам на зарезервовану IPv4-адресу 224.0.0.5. Ці пакети оброблятимуться лише маршрутизаторами OSPFv2.
- Ідентифікатор маршрутизатора OSPF використовується процесом OSPF для унікальної ідентифікації кожного маршрутизатора в зоні OSPF. Ідентифікатор маршрутизатора - 32-бітове число, відформатоване як IP-адреса і призначене для унікальної ідентифікації маршрутизатора серед вузлів OSPF.
- Коли сусідній маршрутизатор, на якому активовано протокол OSPF, отримує пакет Hello з ідентифікатором маршрутизатора, якого немає в його списку сусідніх пристроїв, приймаючий маршрутизатор намагається встановити відношення суміжності з ініціюючим маршрутизатором.

Встановлення відношень суміжності з сусідніми пристроями (Продовж.)

Процес, який використовується маршрутизаторами для встановлення суміжності в мережі з множинним доступом.

1	Зі стану Down у стан Init	При активації OSPFv2 на інтерфейсі R1 переходить зі стану Down у стан Init і починає надсилання пакетів Hello OSPFv2 з інтерфейсу в спробі виявити сусідів.
2	Стан Init	Коли R2 отримує пакет Hello від раніше невідомого маршрутизатора R1, він додає ідентифікатор маршрутизатора R1 до списку сусідів і відповідає пакетом Hello, що містить власний ідентифікатор маршрутизатора.
3	Стан Two-Way	R1 отримує пакет hello від R2 і помічає, що повідомлення містить ідентифікатор маршрутизатора R1 зі списку сусідів R2. R1 додає ідентифікатор маршрутизатора R2 до списку сусідів і переходить у стан Two-Way. Якщо між R1 і R2 з'єднання точка-точка, вони переходять у стан ExStart Якщо R1 і R2 під'єднані через загальну мережу Ethernet, відбуваються вибори DR/BDR.
4	Вибір DR і BDR	Відбувається вибір DR і BDR, коли маршрутизатор з найбільшим ідентифікатором маршрутизатора або найвищим пріоритетом вибирається в якості DR, а другим за величиною є BDR

Синхронізація баз даних OSPF

Після стану Two-Way маршрутизатори переходять до стану синхронізації бази даних. Цей процес складається з таких трьох етапів:

- Вибір першого маршрутизатора: Маршрутизатор з найвищим ідентифікатором маршрутизатора надсилає свій DBD першим.
- Обмін DBD: стільки, скільки потрібно для передачі бази даних. Інший маршрутизатор повинен підтвердити кожен DBD пакетом LSAck.
- Надсилання LSR: Кожен маршрутизатор порівнює інформацію DBD з локальною LSDB. Якщо пакет DBD містить більш актуальний запис про стан каналу, маршрутизатор переходить в стан Loading.

Після того, як на всі пакети LSR для даного маршрутизатора відправлено відповіді, суміжні маршрутизатори вважаються синхронізованими і переведеними в стан Full. Оновлення (LSUS) надсилаються:

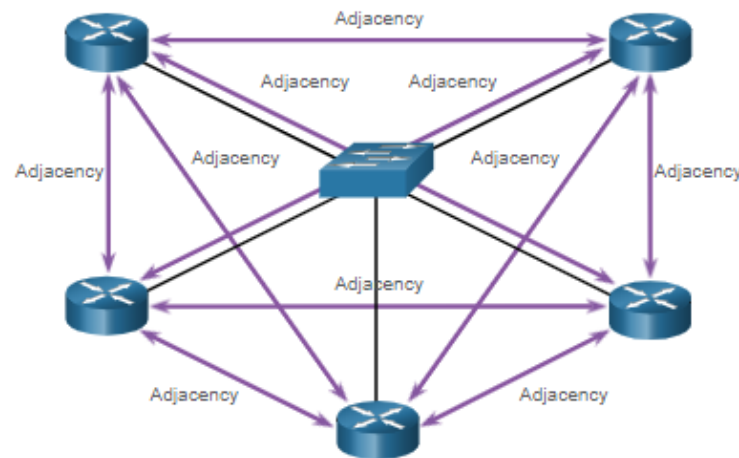
- Коли виявляється зміна (інкрементні оновлення)
- Кожні 30 хвилин

Принципи роботи OSPF

Потреба в DR

Мережі з множинним доступом можуть створити дві проблеми для OSPF, що стосуються лавинної розсилки LSA:

- **Створення численних суміжностей** - мережі Ethernet потенційно можуть забезпечувати взаємодію безлічі маршрутизаторів OSPF через загальний канал. Створення суміжностей з кожним маршрутизатором призводило б до виникнення надмірної кількості пакетів LSA, якими маршрутизатори обмінюються в межах однієї мережі.
- **Масштабна лавинна розсилка пакетів LSA** - маршрутизатори з маршрутизацією за станом каналу виконують лавинну розсилку своїх пакетів LSA при кожній ініціалізації протоколу OSPF або в разі зміни топології. Подібна лавинна розсилка може стати надмірною.



- Number of Adjacencies = $n(n - 1) / 2$
- n = number of routers
- Example: $5(5 - 1) / 2 = 10$ adjacencies

Лавинна розсилка LSA за допомогою DR

- Збільшення кількості маршрутизаторів також збільшує кількість LSA, якими обмінюються маршрутизатори. Така лавинна розсилка LSA має значний вплив на роботу OSPF.
- Якби всім маршрутизаторам в мережі з множинним доступом довелося здійснювати лавинну розсилку та підтверджувати кожен отриманий пакет LSA від усіх інших маршрутизаторів в межах однієї такої мережі, мережний трафік став би зовсім хаотичним.
- У мережах з множинним доступом протокол OSPF обирає призначений маршрутизатор (DR) як точку збору і поширення надісланих і отриманих пакетів LSA. На випадок збою призначеного маршрутизатора (DR) також вибирається резервний призначений маршрутизатор (BDR). Всі інші маршрутизатори набувають статусу маршрутизаторів DROTHER. Маршрутизатор DROTHER - це маршрутизатор, який не є ні маршрутизатором DR, ні BDR.
- **Примітка:** Маршрутизатор DR використовується тільки для розсилки LSA. Для переадресації всіх інших пакетів цей маршрутизатор як і раніше використовуватиме сусідній маршрутизатор, зазначений в таблиці маршрутизації.

1.4 Практичне завдання з розділу та контрольна робота

Що ми вивчили у цьому розділі?

- OSPF - це протокол маршрутизації стану каналів, який був розроблений як альтернатива для дистанційно-векторного протоколу RIP (Routing Information Protocol).
- OSPF - це протокол маршрутизації за станом каналів, який використовує концепцію розподілу на зони.
- Канал - це інтерфейс маршрутизатора. Канал - це також сегмент мережі, який з'єднує два маршрутизатори, або тупикова мережа, наприклад Ethernet LAN, під'єднана до одного маршрутизатора.
- Вся інформація про стан каналу включає в себе префікс мережі, довжину префіксу і вартість.
- Всі вони використовують повідомлення протоколу маршрутизації для обміну інформацією про маршрутизацію. Повідомлення допомагають будувати структури даних, які потім обробляються за допомогою алгоритму маршрутизації.
- Маршрутизатори, що працюють під керуванням OSPF, обмінюються повідомленнями для передачі інформації про маршрутизацію за допомогою п'яти типів пакетів: Hello пакет, пакет опису бази даних, пакет запиту стану каналу, пакет оновлення стану каналу і пакет підтвердження стану каналу.
- Повідомлення OSPF використовуються для створення та підтримки трьох баз даних OSPF: база даних суміжності створює таблицю сусідів, база даних стану каналів (LSDB) створює таблицю топології, а база даних пересилання створює таблицю маршрутизації.
- Маршрутизатор будує таблицю топології з використанням результатів обчислень, заснованих на алгоритмі найкоротшого шляху (shortest-path first, SPF) Дейкстри. Алгоритм SPF заснований на сукупній вартості для досягнення місця призначення. У OSPF вартість використовується для визначення найкращого шляху до місця призначення.

Що ми вивчили у цьому розділі?

- Щоб підтримувати інформацію про маршрутизацію, маршрутизатори OSPF завершують загальний процес маршрутизації за станом каналу, щоб досягти стану конвергенції: встановлення відношень суміжності, обмін анонсами про стан каналу, побудова бази даних про стан каналу, виконання алгоритму SPF, вибір найкращого маршруту
- В OSPF для однієї зони будь-яке число може бути використано для позначення цієї зони, краще використовувати номер для зони 0.
- OSPF для однієї зони корисний в невеликих мережах з невеликою кількістю маршрутизаторів.
- При використанні протоколу OSPF для декількох зон один великий домен маршрутизації можна розділити на менші зони для реалізації ієрархічної маршрутизації. При використанні ієрархічної маршрутизації виконується маршрутизація між зонами (interarea routing), але багато операцій маршрутизації, які споживають ресурси процесора (наприклад, повторний розрахунок бази даних), виконуються в межах однієї зони.
- OSPFv3 є еквівалентом OSPFv2 для обміну префіксами IPv6. Нагадаємо, що в IPv6 мережна адреса називається префіксом, а маска підмережі - довжиною префікса.
- OSPF використовує такі пакети стану каналів (LSP) для створення та підтримки відношень суміжності та обміну оновленнями маршрутизації: 1 - Hello, 2 - DBD, 3 - LSR, 4 - LSU та 5 - LSAck.
- LSU також використовуються для пересилання оновлень маршрутизації OSPF, наприклад інформації про зміни каналу.
- Пакети Hello використовуються для: виявлення сусідів OSPF та встановлення відношень суміжності, анонсу параметрів, за якими два маршрутизатори повинні погодитись стати сусідами, та вибору призначеного маршрутизатора (DR) та резервного призначеного маршрутизатора (BDR) у мережах з множинним доступом, таких як Ethernet. Для каналів точка-точка наявність DR або BDR не потрібна.

Що ми вивчили у цьому розділі?

- Деякі важливі поля в пакеті Hello - це тип, ідентифікатор маршрутизатора, ідентифікатор зони, маска мережі, інтервал hello, пріоритет маршрутизатора, інтервал dead, DR, BDR і список сусідів.
- Стани, через які проходить OSPF: стан Down, стан linit, стан Two-Way, стан ExStart, стан Exchange, стан Loading та стан Full.
- Коли OSPF налаштований на інтерфейсі, маршрутизатор повинен визначити, чи є інший сусід OSPF на каналі, відправивши пакет Hello, що містить ідентифікатор маршрутизатора, з усіх інтерфейсів з підтримкою OSPF.
- Пакет Hello надсилається у вигляді багатоадресної розсилки всім маршрутизаторам на зарезервовану IPv4-адресу 224.0.0.5. Ці пакети оброблятимуться лише маршрутизаторами OSPFv2.
- Коли сусідній маршрутизатор, на якому активовано протокол OSPF, отримує пакет Hello з ідентифікатором маршрутизатора, якого немає в його списку сусідніх пристроїв, приймаючий маршрутизатор намагається встановити відношення суміжності з ініціюючим маршрутизатором.
- Після стану Two-Way маршрутизатори переходять до стану синхронізації бази даних, що є триетапним процесом:
- Мережі з множинним доступом можуть спричинити дві складності, пов'язані з лавинної розсилкою LSA: створення множинних відношень суміжності і надлишкова розсилка LSA.

Що ми вивчили у цьому розділі?

- Різке збільшення кількості маршрутизаторів також значно збільшує кількість LSA, якими обмінюються маршрутизатори.
- Така лавинна розсилка LSA має значний вплив на роботу OSPF. Якби всім маршрутизаторам в мережі з множинним доступом довелося здійснювати лавинну розсилку та підтверджувати кожен отриманий пакет LSA від усіх інших маршрутизаторів в межах однієї такої мережі, мережний трафік став би зовсім хаотичним. Саме тому вибір DR та BDR необхідний.
- У мережах з множинним доступом протокол OSPF обирає призначений маршрутизатор (DR) як точку збору і поширення надісланих і отриманих пакетів LSA. На випадок збою призначеного маршрутизатора (DR) також вибирається резервний призначений маршрутизатор (BDR).

Нові терміни і команди

- OSPF для однієї зони
- OSPF для декількох зон
- OSPFv3
- протокол маршрутизації за станом каналу
- протокол маршрутизації вектора відстані
- hello-пакет
- пакет опису бази даних (DBD)
- пакет запитів стану каналу (LSR)
- пакет оновлень стану каналу (LSU)
- пакет підтвердження стану каналу (LSAck)
- база даних стану каналів
- бази даних суміжності
- база даних пересилання
- алгоритм Дейкстри (shortest-path first, SPF)
- відношення суміжності
- сімейства адрес OSPFv3
- оголошення про стан каналу.
- ID маршрутизатора
- призначений маршрутизатор
- резервний призначений маршрутизатор
- стан Down
- стан Init
- стан Two-Way
- стан ExStart
- стан Exchange
- стан Loading
- стан Full

