

Лабораторна робота

Налаштування протоколу OSPFv2 в комп'ютерній мережі

1 Мета роботи

- 1.1 Аналіз функціонування IP-мережі на базі маршрутизації по протоколу OSPF.
- 1.2 Придбання практичних навичок конфігурування протоколу OSPF для роботи в одній зоні IP-мережі.

2 Ключові положення

2.1 Принципи організації протоколу OSPF

Відкритий протокол, який базується на алгоритмі пошуку найкоротшого шляху (Open Shortest Path First, OSPF) є протоколом маршрутизації, розробленим в 1988 році для IP-мереж робочою групою Internet Engineering Task Force (IETF).

Протокол OSPF являє собою протокол маршрутизації внутрішнього шлюзу (Interior Gateway Protocol, IGP). Як видно з його назви, OSPF має дві основні характеристики. Перша з них – це те, що протокол є відкритим, тобто його специфікація є суспільним надбанням. Другою його головною характеристикою є те, що він базується на алгоритмі SPF (Shortest Path First). Алгоритм SPF іноді називають алгоритмом Дейкстри (Dijkstra) на ім'я автора, який його розробив.

Основні принципи організації сучасної версії протоколу маршрутизації OSPF викладені в RFC 2328. Протокол OSPF являє собою класичний протокол маршрутизації класу Link-State (з оголошеннями про стан каналу), який забезпечує:

- відсутність обмежень на розмір мережі;
- підтримку безкласової адресації мереж (VLSM);
- передачу інформації про оновлення маршрутів з використанням адрес типу multicast;
- чималу швидкість встановлення маршруту;
- використання процедури аутентифікації під час передавання або отримання інформації про оновлення маршрутів.

2.2 Принцип ієрархічної побудови мережі, що використовується в OSPF

Грунтуючись на алгоритмі з оголошеннями про стан каналів (Link-State Algorithm, LSA), OSPF відрізняється від RIP і IGRP, які є протоколами маршрутизації на базі дистанційно-векторного алгоритму (DVA). Маршрутизатор, що використовують

дистанційно-векторний алгоритм, відправляють всю або частину інформації своєї таблиці маршрутизації в повідомленнях про коректування маршрутизації своїм безпосереднім сусідам. Цей процес відбувається в межах всієї мережі.

На відміну від RIP і IGRP, OSPF може працювати в межах деякої ієрархічної системи. Найбільшим об'єктом в цій ієрархії є автономна система (Autonomous System, AS).

AS є набором мереж, які знаходяться під єдиним управлінням і спільно використовують загальну стратегію маршрутизації. OSPF є протоколом маршрутизації всередині AS, хоча він і здатний приймати маршрути з інших AS і відправляти маршрути в інші AS.

Будь-яка AS може бути розділена на ряд зон (областей – area). Зона - це сегмент мережі, де всі маршрутизатори мають ідентичну топологічну базу даних, яка називається базою даних стану каналу (Link-State Data Base, LSDB). Топологія зони є невидимою для об'єктів, що перебувають поза цією зоною. Шляхом зберігання топологій зон окремо, OSPF домагається меншого трафіку маршрутизації, в порівнянні з плоскою топологією, реалізованою в алгоритмі DVA.

Принцип ієрархічної побудови мережі, що використовується в OSPF, передбачає в разі присутності в AS декількох зон, їх приєднання до зони розподілу – нульової зони (area 0), званої магістраллю (backbone).

Поділ AS на зони призводить до утворення двох різних типів маршрутизації OSPF, які залежать від того, чи знаходяться джерело і пункт призначення в одній і тій же зоні або різних. Маршрутизація всередині зони має місце в тому випадку, коли джерело і пункт призначення знаходяться в одній зоні; маршрутизація між зонами – коли вони знаходяться в різних зонах.

Такий принцип проектування дозволяє здійснити повний контроль над повідомленнями з інформацією про оновлення маршрутів. Завдання зон зменшує обсяг службового навантаження, створюваного маршрутизатором, прискорює збіжність мережі, обмежує можливу нестабільність мережі рамками однієї зони, підвищує продуктивність мережі.

Маршрутизатори, що мають кілька інтерфейсів, можуть брати участь в декількох зонах. Такі маршрутизатори називаються прикордонними маршрутизаторами зони (area border routers, ABR). Вони підтримують окремі топологічні бази даних для кожної зони.

2.3 Етапи процесу маршрутизації в OSPF

Процес маршрутизації в OSPF складається з двох етапів. На першому етапі кожен маршрутизатор зони будує граф зв'язків мережі, інформацію про який заносить в топологічну базу даних – LSDB. Як вершин графа виступають маршрутизатори зони, а ребрами є зв'язки між інтерфейсами маршрутизаторів. Для побудови LSDB всі маршрутизатори обмінюються зі своїми сусідами тією інформацією про граф мережі, якою вони володіють в даний момент часу. В результаті такого обміну всі маршрутизатори мають ідентичні топологічні бази даних, що відображають топологію

зони в поточний момент часу. На відміну від RIP і IGRP, які поширюють інформацію у вигляді вектора відстані до мереж, OSPF передає її в незмінному вигляді.

На другому етапі здійснюється знаходження оптимальних маршрутів за допомогою отриманого графа. Кожен маршрутизатор вважає себе центром мережі і шукає оптимальний маршрут до кожної відомої йому мережі. Так як маршрутизатори виступають в ролі вершин графа, вони обов'язково повинні мати ідентифікатори (Router ID). У кожному знайденому маршруті запам'ятовується тільки один крок – до наступного маршрутизатора.

2.4 Опис роботи протоколу

Для відстеження стану мережі маршрутизатори OSPF не використовують обмін повними таблицями маршрутизації як це робить RIP, а передають короткі повідомлення Hello, за допомогою яких будується таблиця сусідів (Adjacency Data Base). При зміні стану мережі маршрутизатор дізнається про це з нових повідомлень Hello. У Hello вказується досить детальна інформація про той маршрутизатор, який послав це повідомлення, а також про його найближчих сусідів. Повідомлення Hello надсилаються за замовчуванням кожні 10 секунд, щоб підвищити швидкість адаптації маршрутизаторів до змін в мережі. Невеликий обсяг цих повідомлень уможлиблює таке часте тестування стану сусідів і зв'язків з ними.

Маршрутизатори обмінюються Hello-пакетами через всі інтерфейси, на яких активований OSPF. Маршрутизатори, що розділяють загальний канал передачі даних, стають сусідами, коли вони приходять до домовленості про певні параметри, зазначені в їх Hello-пакетах.

На наступному етапі роботи протоколу маршрутизатори будуть намагатися перейти в стан суміжності (adjacency) з маршрутизаторами, що знаходяться з ними в межах прямого зв'язку. Перехід в стан суміжності визначається типом маршрутизаторів, які обмінюються Hello-пакетами, і типом мережі, по якій передаються Hello-пакети.

OSPF визначає кілька типів мереж і кілька типів маршрутизаторів. Пара маршрутизаторів, що знаходяться в стані суміжності, синхронізує між собою топологічну базу даних LSDB.

Для цього кожен маршрутизатор посилає оголошення про стан каналів (Link-State Advertisement, LSA) маршрутизаторів, з якими він знаходиться в стані суміжності. У цьому повідомленні міститься інформація про стан маршрутизаторів, відомих йому, і їх лінків, звідси і термін – link-state.

Інформація Link-state повинна бути синхронізована між маршрутизаторами, що означає наступне:

- надійність доставки LSA забезпечується за допомогою підтверджень;
- LSA передаються в режимі затоплення (flood) по всій зоні (або по всій автономній системі, якщо існує тільки одна зона);

–LSA, мають порядковий номер і час життя (set lifetime), так що кожен маршрутизатор дізнається, що він має найсучаснішу версію LSA.

Кожен маршрутизатор, який отримав оголошення від суміжного маршрутизатора, записує передану в ньому інформацію в свою LSDB і розсилає копію оголошення всім іншим суміжним з ним маршрутизаторам.

Розсилаючи оголошення в межах зони, всі маршрутизатори будують ідентичні бази даних стану каналів.

Коли топологічна база даних побудована, кожен маршрутизатор використовує алгоритм «Найкоротший шлях першим» для обчислення графа без петель, який буде описувати найкоротший шлях до кожного відомого пункту призначення. У цьому шляху маршрутизатор використовує себе як коріння.

2.5 Важливі бази даних протоколу OSPF

Важливі бази даних протоколу OSPF представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Важливі бази даних протоколу OSPF

База даних	Опис
База даних відносин суміжності (Adjacency Data Base)	Містить список всіх сусідніх пристроїв, з якими в даний момент маршрутизатор встановив сусідські відносини.
Топологічна база даних (Link–State Data Base)	Містить інформацію, яка відображає поточну топологію зони. Всі маршрутизатори однієї зони мають ідентичну LSDB.
Таблиця маршрутизації Routing Table	Таблиця маршрутизації для кожного маршрутизатора унікальна і містить інформацію про маршрути, за якими слід відправляти пакети, призначені адресатам інших мереж.

2.6 Метрика

За замовчуванням OSPF використовує метрику, що враховує пропускну здатність мережі. Можливе використання і інших метрик, які враховують біти поля ToS в заголовку IP-пакета.

Для кожної з метрик OSPF буде окрему маршрутну матрицю.

2.7 Терміни та визначення алгоритму OSPF

При описі алгоритму OSPF використовуються кілька спеціальних термінів і понять:

Autonomous System

Автономною системою (AS) називається група маршрутизаторів, яка для забезпечення взаємного обміну інформацією про маршрути використовує єдиний протокол маршрутизації.

Neighboring Routers

Маршрутизатор, які підключені до однієї і тієї ж мережі називаються сусідніми маршрутизаторами.

Adjacency

Два маршрутизатора з числа сусідніх можуть бути обрані для встановлення близьких відносин (суміжності), які передбачають обмін інформацією про маршрути. Близькі відносини встановлюються не в кожній парі сусідніх маршрутизаторів.

Link State Advertisement (LSA)

Блок даних, який містить інформацію про стан маршрутизатора або мережі називається оголошенням про стан каналу. У тому випадку, якщо дане оголошення представляє стан маршрутизатора, воно повинно містити інформацію про статус його інтерфейсів і близьких йому маршрутизаторів. Кожне таке оголошення поширюється по всій зоні. Сукупність таких LSA формує топологічну базу даних в кожному з маршрутизаторів.

Hello Protocol

Одним з компонентів протоколу OSPF є Hello-протокол, за допомогою якого маршрутизатори встановлюють і обслуговують сусідські відносини. За допомогою цього протоколу, зокрема проводиться вибір призначеного маршрутизатора для деяких мереж.

Designated Router

Можливе виникнення ситуації, коли до однієї мережі з середовищем передачі широкомовного типу виявляться підключеними кілька OSPF-маршрутизаторів, що входять в один домен маршрутизації. Для того, щоб уникнути дублювання подання інформації цієї мережі декількома маршрутизаторами, в протоколі OSPF використовується спеціальний алгоритм, за допомогою якого вибирається призначений маршрутизатор (Designated Router). У цьому випадку тільки один маршрутизатор забезпечує передачу інформації про маршрути в даній мережі.

3 Ключові питання

- 3.1 Вкажіть принцип ієрархічності, який використовується протоколом OSPF.
- 3.2 Що таке «автономна система»?
- 3.3 Що таке «зона»?

- 3.4 Вкажіть призначення топологічної бази даних (LSDB).
- 3.5 Вкажіть призначення бази даних відносин суміжності (adjacency).
- 3.6 Вкажіть тип адресації, що використовується протоколом OSPF для розсилки повідомлень своїм сусідам.
- 3.7 У чому суть алгоритму Дейкстри?
- 3.8 Для чого сусідні OSPF-маршрутизатори встановлюють відносини суміжності?
- 3.9 Для яких цілей використовується принцип ієрархічності протоколом OSPF?
- 3.10 Охарактеризуйте основні етапи роботи протоколу OSPF.
- 3.11 Вкажіть призначення пакета Hello.
- 3.12 Вкажіть призначення оголошення LSA.
- 3.13 У чому особливість нульової зони?
- 3.14 Яку метрику використовує OSPF?

4 Домашнє завдання

- 4.1 Вивчіть, користуючись рекомендованими джерелами інформації, а також даними методичним керівництвом, ключові особливості протоколу OSPFv2.
- 4.2 Підготуйтеся до співбесіди з ключових питань.
- 4.3 Складіть план виконання лабораторної роботи, керуючись п.5.

5 Лабораторне завдання

Частина 1: Створення топології і ініціалізація пристроїв

Крок 1: У робочій області Cisco Packet Tracer створіть топологічну схему мережі, згідно рис.5.1.

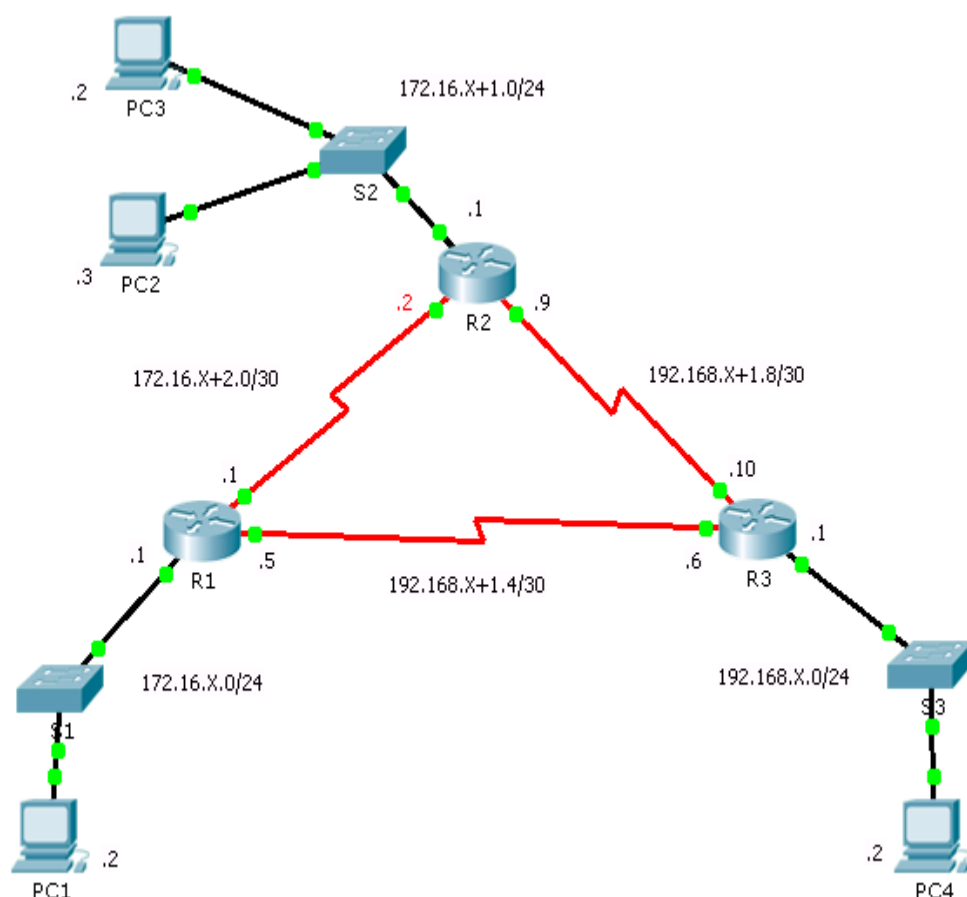


Рисунок 5.1 – Топологія мережі

Необхідне обладнання:

3 маршрутизатори Cisco 1941 з інтегрованими сервісами (ISR) з Cisco IOS Release 15.2 (4) (universalk9 образом).

3 комутатори Cisco Catalyst 2960 з Cisco IOS Release 15.0 (2) (lanbasek9 образом).

4 комп'ютери (PC на базі Windows 7,8,10 з програмою емуляції терміналу, такою наприклад, як Tera Term).

Консольні кабелі для конфігурування пристроїв Cisco IOS через консольний порт.

Кабелі Ethernet і Serial для з'єднання пристроїв згідно топології.

Примітка: Переконайтеся, що маршрутизатори і комутатори не мають початкової конфігурації, записаної в файлі startup. Якщо не знаєте, як це зробити, зверніться до викладача.

Таблиця 5.1 – Адресна схема мережі

Пристрій	Інтерфейс	IPv4 -адреса	Шлюз
R1	G0/0	172.16.X.1/24	N/A
	S0/0/0	172.16.X+2.1/30	N/A
	S0/0/1	192.168.X+1.5/30	N/A
R2	G0/0	172.16.X+1.1/24	N/A
	S0/0/0	172.16.X+2.2/30	N/A
	S0/0/1	192.168.X+1.9/30	N/A
R3	G0/0	192.168.X.1/24	N/A
	S0/0/0	192.168.X+1.10/30	N/A
	S0/0/1	192.168.X+1.6/30	N/A
PC1	NIC	172.16.X.2/24	172.16.X.1/24
PC2	NIC	172.16.X+1.2/24	172.16.X+1.1/24
PC3	NIC	172.16.X+1.3/24	172.16.X+1.1/24
PC4	NIC	192.168.X.2/24	192.168.X.1/24

Параметр X в IP-адресації виберіть відповідно до варіанту вашого завдання.

Частина 2: Налаштування базових параметрів пристроїв і перевірка зв'язків

У частині 2 необхідно налаштувати базові параметри пристроїв, такі як ім'я пристрою, IP-адреси інтерфейсів пристрою. Необхідно також перевірити коректність зв'язків в LAN і проаналізувати маршрути, записані в таблицях маршрутизації маршрутизаторів R1 – R3.

Крок 1: Налаштуйте параметри протоколу IP на комп'ютерах (IP-адресу, маску підмережі, IP-адресу шлюзу). Дайте комп'ютерам імена.

Крок 2: Налаштування базових параметрів маршрутизаторів.

Крок 3: Налаштування параметрів протоколу IP на маршрутизаторах.

а. Налаштуйте IP-адреси на інтерфейсах маршрутизаторів R1 – R3 відповідно до таблиці адрес.

Як приклад нижче представлено команди налаштування інтерфейсу S0/0/0 маршрутизатора R1 для варіанта 1.

```
R1(config)# interface s0/0/0
R1(config-if)# ip address 172.16.3.1 255.255.255.252
R1(config-if)# clock rate 128000
```


R1(config-if)# **no shutdown**

Крок 4: Перевірка з'єднань в локальних мережах.

а. Перевірте за допомогою команди **ping** зв'язність мережі.

Результати роботи, виконаної на кроці 4, відобразіть в протоколі.

Крок 5: Збір інформації.

а. За допомогою команди **show** перевірте стан інтерфейсів маршрутизаторів R1 – R3, перегляньте інформацію в таблиці маршрутизації маршрутизаторів R1 – R3.

Чому не всі мережі, представлені в таблиці 5.1, вказані в таблицях маршрутизації для кожного з маршрутизаторів?

Результати роботи, виконаної на кроці 5, відобразіть в протоколі.

Частина 3: Конфігурування маршрутизації OSPFv2

Крок 1: Конфігурування протоколу OSPFv2 на маршрутизаторах R1, R2 і R3.

а. Конфігуруйте протокол OSPF на маршрутизаторах R1 – R3. Задайте номер процесу 1 протоколу OSPF на кожному з маршрутизаторів. Для цього використайте команду:

Router(config)# **router ospf** *process-id*,

де *process-id* – номер процесу.

б. Дайте ідентифікатори маршрутизаторам: R1 = 1.1.1.1; R2 = 2.2.2.2; R3 = 3.3.3.3. Як приклад, нижче наведена команда конфігурування ідентифікатора маршрутизатора R2:

R2(config-router)# **router-id 2.2.2.2**

с. Визначте, які інтерфейси маршрутизаторів виконуватимуть OSPF. Для цього використайте команду:

network *network-address wildcard-mask* **area 0**,

де *network-address* – адреса мережі, *wildcard-mask* – маска, зворотна стандартній масці. Для її обчислення можна використовувати правило:

255.255.255.255 – mask,

де mask – стандартная маска.

Wildcard-mask дозволяє ефективно задавати діапазони адрес інтерфейсів, які беруть участь в процесі OSPF.

d. Встановіть інтерфейси маршрутизаторів, підключені до локальних мереж, в пасивний стан.

Крок 2: Перевірка коректності роботи мережі.

a. Перегляньте таблиці маршрутизації R1, R2, R3 на наявність маршрутів до всіх мереж.

Як приклад, нижче наведено результат виконання команди `show ip route` для маршрутизатора R1 варіанту 30.R1#

Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
 D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
 N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
 i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
 * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
 P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

```

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
C    172.16.30.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    172.16.30.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
O    172.16.31.0/24 [110/65] via 172.16.32.2, 00:07:04, Serial0/0/0
C    172.16.32.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
L    172.16.32.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
O    192.168.30.0/24 [110/65] via 192.168.31.6, 00:00:27, Serial0/0/1
    192.168.31.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C    192.168.31.4/30 is directly connected, Serial0/0/1
L    192.168.31.5/32 is directly connected, Serial0/0/1
O    192.168.31.8/30 [110/128] via 192.168.31.6, 00:02:04, Serial0/0/1
    [110/128] via 172.16.32.2, 00:02:04, Serial0/0/0
  
```

Маршрути OSPF відображені в таблиці маршрутизації з використанням коду O.

Занесіть вміст таблиці маршрутизації маршрутизатора R3 в протокол лабораторної роботи.

б. Перевірте коректність роботи мережі за допомогою команди **ping**.
 Результати роботи, виконаної на цьому етапі, відобразіть в протоколі.

6 Зміст протоколу

У протоколі повинні бути відображені назва даної роботи, її мета, результати виконання домашнього завдання, результати виконання лабораторного завдання, висновки за результатами виконаної роботи.

7 Література

7.1 Конспект лекцій з дисципліни «Комп'ютерні мережі» – ukr.net/e-disk, 2020.

7.2 Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. – С.Пб.: Питер, 2008.

Приложение А: Команды конфигурирования

Настройка протокола OSPF на маршрутизаторе R2 для варианта 2

```
R2(config)# router OSPF 1  
R2(config-router)# router-id 2.2.2.2  
R2(config-router)# network 172.16.3.0 0.0.0.255 area 0  
R2(config-router)# network 172.16.4.0 0.0.0.3 area 0  
R2(config-router)# network 192.168.3.8 0.0.0.3 area 0  
R2(config-router)# passive-interface g0/0
```

Просмотр установленного значения пропускной способности интерфейса s0/0/0 маршрутизатора R1

```
R1#show interface s0/0/0
```

Просмотр установленного значения оценки интерфейса s0/0/0 маршрутизатора R1

```
R1#show ip OSPF interface s0/0/0
```