

ЗАНЯТТЯ № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ ПРОТОКОЛУ МАРШРУТИЗАЦІЇ OSPF У ШИРОКОМОВНІЙ МЕРЕЖІ З МНОЖИННИМ ДОСТУПОМ НА БАЗІ МАРШРУТИЗАТОРІВ CISCO

Мета заняття: ознайомитися з особливостями функціонування протоколу маршрутизації OSPFv2 у ширококомовній мережі з множинним доступом (BMA – Broadcast Multiple-Access); ознайомитися з механізмом виборів виділеного маршрутизатора (DR) та резервного виділеного маршрутизатора (BDR); отримати практичні навички впливу на результат виборів через зміну пріоритетів інтерфейсів та ідентифікаторів маршрутизаторів; дослідити вплив таймерів Hello та Dead на час встановлення відносин сусідства та збіжність мережі; отримати практичні навички налагодження, моніторингу та діагностування роботи протоколу OSPF у комбінованій мережі з ширококомовним сегментом.

Обладнання та програмне забезпечення

Для виконання заняття на робочому місці студента має бути наявним таке обладнання та програмне забезпечення:

1. Маршрутизатори Cisco серії 1841/2801/2811/2821/2901/2911/2921 з не менш ніж двома Ethernet-інтерфейсами – 3 шт.
2. Керовані комутатори Cisco серії Catalyst 2960 (моделі WS-C2960-24TT-L або WS-C2960-48TT-L) – 4 шт. (один для ширококомовного сегмента, по одному на кожен робочу станцію).
3. Робочі станції (ПК або ноутбуки) з операційною системою Windows/Linux – не менше 3 шт.
4. Консольний кабель Cisco (rollover) з конектором RJ-45 та перехідником на USB або COM-порт – 1 шт.
5. Ethernet-кабелі прямого типу (T568B) категорії Cat 5e/Cat 6 – не менше 9 шт.
6. Термінальна програма-емулятор (PuTTY, Tera Term, SecureCRT або аналогічна) – встановлена на робочих станціях.

Схема підключення

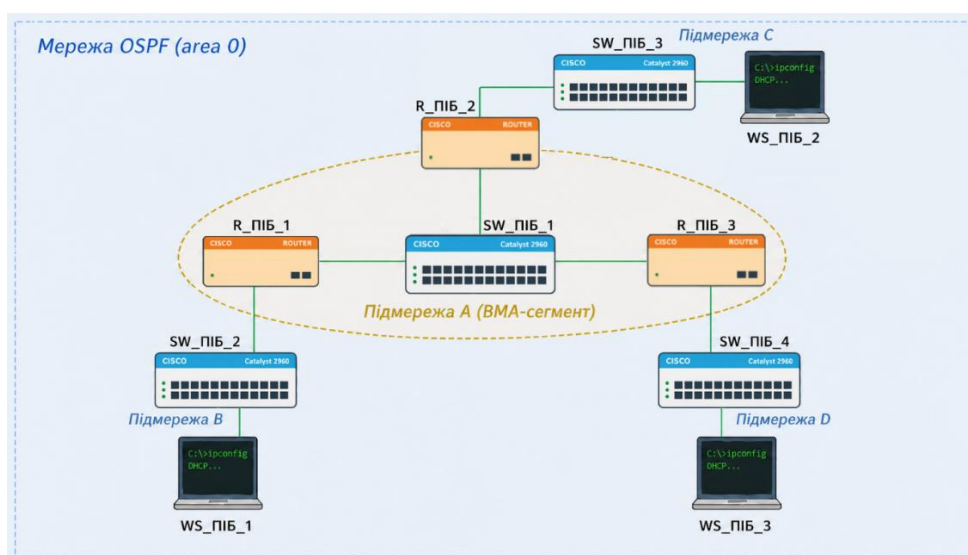


Рис. 6.1. Схема мережі, що будується у межах заняття

Примітка: ПІБ необхідно зазначати у скороченому форматі, який відповідає логіну для входу на платформу learn. Приклад: якщо логін для входу на learn – kb1_kmd, то назва маршрутизатора має бути у форматі R_kmd_1.

ЗАВДАННЯ

1. Ознайомитися з обладнанням та програмним забезпеченням робочого місця, перевірити наявність консольних і Ethernet-кабелів, термінальної програми.

2. Створити мережу відповідно до схеми на рис. 6.1. Усі три маршрутизатори підключити до центрального комутатора SW_ПІБ_1 через інтерфейси таким чином формується ширококомовний сегмент з множинним доступом, у якому буде функціонувати OSPF.

3. Провести налагодження іменування всіх пристроїв мережі (R_ПІБ_1, R_ПІБ_2, R_ПІБ_3, SW_ПІБ_1, SW_ПІБ_2, SW_ПІБ_3, SW_ПІБ_4).

4. Розробити схему IP-адресації пристроїв мережі. Для цього скористатися даними табл. 6.4. Результати заповнити у табл. 6.1.

Таблиця 6.1.

Параметри адресації мережі

Мережа / Пристрій	Інтерфейс	MAC-адреса	IP-адреса	Маска	Префікс
Підмережа А (BMA-сегмент)	–	–			
Підмережа В (LAN R1)	–	–			
Підмережа С (LAN R2)	–	–			
Підмережа D (LAN R3)	–	–			
Маршрутизатор R1	до BMA				
	до LAN B				
Маршрутизатор R2	до BMA				
	до LAN C				
Маршрутизатор R3	до BMA				
	до LAN D				
Комутатор SW1					
Комутатор SW2					
Комутатор SW3					
Комутатор SW4					
Робоча станція WS1	NIC				
Робоча станція WS2	NIC				
Робоча станція WS3	NIC				

5. Налаштувати IP-адресацію на всіх інтерфейсах маршрутизаторів та комутаторів, а також на робочих станціях, згідно з даними табл. 6.1. Перевірити стан інтерфейсів командою **show ip interface brief**. Перевірити зв'язок між парами безпосередньо приєднаних пристроїв командою **ping**.

6. Базове налагодження OSPF без втручання у вибори DR/BDR. На всіх трьох маршрутизаторах виконати базове налагодження OSPFv2 із стандартними параметрами:

- активувати протокол командою **router ospf process-id** (значення **process-id** обрати згідно з варіантом, табл. 6.5);
- оголосити безпосередньо приєднані мережі командою **network** із зазначенням інвертованої маски та **area 0**;

- встановити еталонну пропускну здатність командою **auto-cost reference-bandwidth 1000**;
- для тупикових локальних мереж (LAN R1, LAN R2, LAN R3) налаштувати пасивний інтерфейс командою **passive-interface**.

7. **Аналіз результатів виборів DR/BDR за стандартних умов.** Після того як на всіх трьох маршрутизаторах протокол OSPF активований і відносини сусідства встановлені, виконати дослідження результатів виборів DR/BDR. Для цього:

- на кожному з маршрутизаторів виконати команду **show ip ospf neighbor** – зафіксувати стан відносин сусідства (FULL/DR, FULL/BDR, FULL/DROTHER, 2-WAY/DROTHER) та **Router ID** кожного сусіда;
- виконати команду **show ip ospf interface interface-id** на кожному маршрутизаторі – зафіксувати тип мережі (BROADCAST), пріоритет інтерфейсу (Priority), Router ID DR-маршрутизатора (Designated Router) та BDR-маршрутизатора (Backup Designated Router);
- заповнити табл. 6.2 з результатами виборів за стандартних умов;
- пояснити, **чому саме обраний маршрутизатор став DR** (за яким критерієм він переміг – за пріоритетом, за Router ID або найвища IP-адреса серед активних фізичних інтерфейсів).

Таблиця 6.2.

Результати виборів за стандартних умов

Маршрутизатор	Роль (DR, BDR, DROTHER)	Router ID	Priority	Тип мережі	Hello / Dead, c	DR / BDR (Router ID)
R1						
R2						
R3						

Примітка: у графі «Роль» зазначається фактична роль маршрутизатора за результатами **show ip ospf neighbor**. У графі «DR / BDR (Router ID)» – Router ID чинного DR.

8. Перевірити зв'язність між робочими станціями WS_ПІБ_1, WS_ПІБ_2 та WS_ПІБ_3 командою **ping**. Виконати команду **tracert** з WS_ПІБ_1 до WS_ПІБ_3 – переконатися, що пакети проходять через широкомовний сегмент А.

9. **Спостереження станів відносин сусідства через debug.** Між моментом активації OSPF та формуванням повних (FULL) відносин сусідства маршрутизатори проходять послідовність станів: **DOWN** → **INIT** → **2-WAY** → **EXSTART** → **EXCHANGE** → **LOADING** → **FULL**. Особливість ВМА-мережі: між парами маршрутизаторів DR↔DROTHER та BDR↔DROTHER формуються повні (FULL) відносини, але між парами DROTHER↔DROTHER відносини залишаються у стані **2-WAY** – маршрутизатори «знають» про існування одне одного, але не обмінюються детальною топологічною інформацією на пряму. Завдання дослідження:

- на одному з маршрутизаторів сегмента активувати трасування командами **debug ip ospf adj** та **debug ip ospf hello** для виведення інформації про процес встановлення відносин сусідства та про надсилання Hello-повідомлень;

- на цьому ж маршрутизаторі перезапустити процес OSPF командою **clear ip ospf process** (підтвердити дію вводом **yes**); зафіксувати у звіті фрагмент дебаг-виводу з повним списком переходів станів від **DOWN** до **FULL** (або **2-WAY** – якщо сусід є **DROTHER**);

- звернути увагу на стан **WAITING**, у якому маршрутизатор перебуває до **Wait Timer** секунд (за замовчуванням 40 с – дорівнює **Dead Interval**) і протягом якого він слухає **Hello**-повідомлення для виявлення чинних **DR/BDR**, перш ніж брати участь у виборах. Якщо протягом **Wait Timer** **DR/BDR** не виявлено – маршрутизатор сам ініціює вибори;

- після завершення процесу виконати команду **show ip ospf neighbor** та зафіксувати фінальний стан відносин: пари маршрутизатор↔**DR** і маршрутизатор↔**BDR** мають бути у стані **FULL/DR** та **FULL/BDR** відповідно, а пара **DROTHER↔DROTHER** (якщо обидва маршрутизатори – **DROTHER**) – у стані **2-WAY/DROTHER**;

- вимкнути дебаг командою **undebg all** або **no debug all**.

10. **Налагодження параметрів OSPF для впливу на вибори DR/BDR.** Виконати **три** послідовні сценарії впливу на результат виборів **DR/BDR**. Перед кожним сценарієм усі попередні налагодження, що впливають на вибори (**loopback**-інтерфейси, **router-id**, **ip ospf priority**), повинні бути скинуті у дефолтний стан, а процес OSPF – перезапущений командою **clear ip ospf process**. Кожен сценарій передбачає досягнення заданого варіантом розподілу ролей **DR / BDR / DROTHER** одним конкретним методом:

- **Сценарій 1 – вплив через loopback-інтерфейси.** Згідно з даними табл. 6.5 на кожному маршрутизаторі створити **loopback**-інтерфейс командою **interface Loopback 0** і призначити **IP**-адресу командою **ip address A.B.C.D 255.255.255.255**. Найвища **IP**-адреса серед активних **loopback**-інтерфейсів автоматично використовується як **Router ID** при наступному запуску OSPF; маршрутизатор з найбільшим **RID** стає **DR**. Виконати **clear ip ospf process** на всіх трьох маршрутизаторах. Зафіксувати фактичний результат у табл. 6.3;

- **Сценарій 2 – вплив через явне задання Router ID.** Видалити **loopback**-інтерфейси командою **no interface Loopback 0**. Згідно з даними табл. 6.6 у режимі конфігурування OSPF на кожному маршрутизаторі виконати команду **router-id A.B.C.D**. Виконати **clear ip ospf process** на всіх трьох маршрутизаторах. Зафіксувати фактичний результат у табл. 6.3.

- **Сценарій 3 – вплив через пріоритети інтерфейсів.** Скинути значення **Router ID** у режимі конфігурування OSPF командою **no router-id**. Згідно з даними табл. 6.7 на інтерфейсі кожного маршрутизатора, що дивиться у **VMA**-сегмент, виконати команду **ip ospf priority priority_value**. Маршрутизатор з найбільшим пріоритетом стає **DR**; пріоритет **0** повністю виключає маршрутизатор з виборів. Виконати **clear ip ospf process** на всіх трьох маршрутизаторах. Зафіксувати фактичний результат у табл. 6.3.

Після кожного сценарію зафіксувати нові результати виборів **DR/BDR** командами **show ip ospf neighbor** та **show ip ospf interface**. Заповнити окремий блок табл. 6.3 для кожного зі сценаріїв (1, 2, 3). Порівняти отримані результати з очікуваним розподілом за варіантом, з результатами завдання 7 табл. 6.2 та між

сценаріями. Пояснити, чому в усіх трьох сценаріях вдається досягти бажаного розподілу ролей, але різними засобами.

Таблиця 6.3.

Результати виборів DR/BDR (три сценарії)

Сценарій	Маршрутизатор	Параметр (Loopback / RID / Priority)	Router ID	Роль (DR / BDR / DROTHER)	DR / BDR (Router ID)
Сценарій 1 (loopback)	R1				
	R2				
	R3				
Сценарій 2 (router-id)	R1				
	R2				
	R3				
Сценарій 3 (priority)	R1				
	R2				
	R3				

Примітка: у графі «Параметр» для Сценарію 1 зазначається IP-адреса Loopback 0; для Сценарію 2 – значення Router ID; для Сценарію 3 – пріоритет інтерфейсу. У графі «Роль» – фактична роль маршрутизатора.

12. Дослідити роботу протоколу OSPF за допомогою повного набору діагностичних команд:

- **show ip ospf** – загальна інформація про процес OSPF, RID, кількість областей, кількість LSA;
- **show ip ospf interface** – параметри інтерфейсів OSPF (RID, тип мережі, DR/BDR, метрика, таймери Hello/Dead);
- **show ip ospf neighbor** – список сусідніх маршрутизаторів, стан відносин сусідства;
- **show ip ospf neighbor detail** – детальна інформація з зазначенням пріоритету, часу до закінчення Dead Interval та інше;
- **show ip ospf database** – повний вміст LSDB;
- **show ip route ospf** – таблиця маршрутизації з маршрутами OSPF.

13. Виконати порівняльне дослідження таблиць маршрутизації на всіх трьох маршрутизаторах командою **show ip route**. Проаналізувати: типи маршрутів за міткою (**C** – **connected**, **L** – **local**, **O** – **OSPF intra-area**), значення адміністративної відстані [**110/cost**] у квадратних дужках. Пояснити, чому кожен маршрутизатор має маршрути до підмереж A, C, D однаковою способом – через свого сусіда у ВМА-сегменті, а не через DR (у термінах SPF-алгоритму DR не є транзитною точкою для трафіку даних, а є лише централізованою точкою обміну топологічною інформацією).

14. Вивести та проаналізувати файли конфігурацій усіх комунікаційних пристроїв мережі (команда **show running-config**). У випадку виявлення помилок у налагодженнях – визначити причину та усунути їх.

17. Продемонструвати виконану роботу керівнику практики та оформити звіт за заняттям.

ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Варіант визначається за номером стійки, за якою працюють студенти.

Таблиця 6.4.

Параметри IP-адресації мережі

№ варіанта	Підмережа А, /29	Підмережа В, /24	Підмережа С, /24	Підмережа D, /24
1	170.C.S.0 / 29	171.C.S.0 / 24	191.C.S.0 / 24	221.C.S.0 / 24
2	170.C.S.8 / 29	172.C.S.0 / 24	192.C.S.0 / 24	222.C.S.0 / 24
3	170.C.S.16 / 29	173.C.S.0 / 24	193.C.S.0 / 24	223.C.S.0 / 24
4	170.C.S.24 / 29	174.C.S.0 / 24	194.C.S.0 / 24	224.C.S.0 / 24
5	170.C.S.32 / 29	175.C.S.0 / 24	195.C.S.0 / 24	225.C.S.0 / 24
6	170.C.S.40 / 29	176.C.S.0 / 24	196.C.S.0 / 24	226.C.S.0 / 24
7	170.C.S.48 / 29	177.C.S.0 / 24	197.C.S.0 / 24	227.C.S.0 / 24
8	170.C.S.56 / 29	178.C.S.0 / 24	198.C.S.0 / 24	228.C.S.0 / 24
9	170.C.S.64 / 29	179.C.S.0 / 24	199.C.S.0 / 24	229.C.S.0 / 24
10	170.C.S.72 / 29	180.C.S.0 / 24	200.C.S.0 / 24	230.C.S.0 / 24
11	170.C.S.80 / 29	181.C.S.0 / 24	201.C.S.0 / 24	231.C.S.0 / 24
12	170.C.S.88 / 29	182.C.S.0 / 24	202.C.S.0 / 24	232.C.S.0 / 24
13	170.C.S.96 / 29	183.C.S.0 / 24	203.C.S.0 / 24	233.C.S.0 / 24
14	170.C.S.104 / 29	184.C.S.0 / 24	204.C.S.0 / 24	234.C.S.0 / 24
15	170.C.S.112 / 29	185.C.S.0 / 24	205.C.S.0 / 24	235.C.S.0 / 24
16	170.C.S.120 / 29	186.C.S.0 / 24	206.C.S.0 / 24	236.C.S.0 / 24
17	170.C.S.128 / 29	187.C.S.0 / 24	207.C.S.0 / 24	237.C.S.0 / 24
18	170.C.S.136 / 29	188.C.S.0 / 24	208.C.S.0 / 24	238.C.S.0 / 24
19	170.C.S.144 / 29	189.C.S.0 / 24	209.C.S.0 / 24	239.C.S.0 / 24
20	170.C.S.152 / 29	190.C.S.0 / 24	210.C.S.0 / 24	240.C.S.0 / 24

Примітка: С (class) – номер аудиторії: для ауд. 107 – 71, для ауд. 107а – 72, S (stand) – номер стійки (зазначено зверху стійки).

УВАГА! В залежності від години проведення практики значення може змінюватись за вимогою керівника.

Сценарій 1. IP-адреси Loopback 0 для впливу на вибори DR/BDR

№ вар.	OSPF PID	Loopback 0 R1	Роль R1	Loopback 0 R2	Роль R2	Loopback 0 R3	Роль R3
1	1	3.3.3.3	DR	2.2.2.2	BDR	1.1.1.1	DROTHER
2	10	3.3.3.3	DR	1.1.1.1	DROTHER	2.2.2.2	BDR
3	100	2.2.2.2	BDR	3.3.3.3	DR	1.1.1.1	DROTHER
4	200	1.1.1.1	DROTHER	3.3.3.3	DR	2.2.2.2	BDR
5	2	2.2.2.2	BDR	1.1.1.1	DROTHER	3.3.3.3	DR
6	12	1.1.1.1	DROTHER	2.2.2.2	BDR	3.3.3.3	DR
7	120	6.6.6.6	DR	5.5.5.5	BDR	4.4.4.4	DROTHER
8	220	6.6.6.6	DR	4.4.4.4	DROTHER	5.5.5.5	BDR
9	3	5.5.5.5	BDR	6.6.6.6	DR	4.4.4.4	DROTHER
10	13	4.4.4.4	DROTHER	6.6.6.6	DR	5.5.5.5	BDR
11	130	5.5.5.5	BDR	4.4.4.4	DROTHER	6.6.6.6	DR
12	230	4.4.4.4	DROTHER	5.5.5.5	BDR	6.6.6.6	DR
13	4	9.9.9.9	DR	8.8.8.8	BDR	7.7.7.7	DROTHER
14	14	9.9.9.9	DR	7.7.7.7	DROTHER	8.8.8.8	BDR
15	140	8.8.8.8	BDR	9.9.9.9	DR	7.7.7.7	DROTHER
16	240	7.7.7.7	DROTHER	9.9.9.9	DR	8.8.8.8	BDR
17	5	8.8.8.8	BDR	7.7.7.7	DROTHER	9.9.9.9	DR
18	15	7.7.7.7	DROTHER	8.8.8.8	BDR	9.9.9.9	DR
19	150	6.6.6.6	DR	4.4.4.4	BDR	2.2.2.2	DROTHER
20	250	7.7.7.7	DR	3.3.3.3	DROTHER	5.5.5.5	BDR

Примітка: Маска для всіх loopback-інтерфейсів – /32 (255.255.255.255). При перезапуску процесу OSPF командою **clear ip ospf process** Router ID кожного маршрутизатора автоматично встановлюється рівним IP-адресі loopback-інтерфейсу. Маршрутизатор з найвищим Router ID стає DR, другий – BDR, третій – DROTHER.

Сценарій 2. Значення Router ID для впливу на вибори DR/BDR

№ вар.	OSPF PID	Router ID R1	Роль R1	Router ID R2	Роль R2	Router ID R3	Роль R3
1	1	30.0.0.1	DR	20.0.0.1	BDR	10.0.0.1	DROTHER
2	10	30.0.0.2	DR	10.0.0.2	DROTHER	20.0.0.2	BDR
3	100	20.0.0.3	BDR	30.0.0.3	DR	10.0.0.3	DROTHER
4	200	10.0.0.4	DROTHER	30.0.0.4	DR	20.0.0.4	BDR
5	2	20.0.0.5	BDR	10.0.0.5	DROTHER	30.0.0.5	DR
6	12	10.0.0.6	DROTHER	20.0.0.6	BDR	30.0.0.6	DR
7	120	30.0.0.7	DR	20.0.0.7	BDR	10.0.0.7	DROTHER
8	220	30.0.0.8	DR	10.0.0.8	DROTHER	20.0.0.8	BDR
9	3	20.0.0.9	BDR	30.0.0.9	DR	10.0.0.9	DROTHER
10	13	10.0.0.10	DROTHER	30.0.0.10	DR	20.0.0.10	BDR
11	130	20.0.0.11	BDR	10.0.0.11	DROTHER	30.0.0.11	DR
12	230	10.0.0.12	DROTHER	20.0.0.12	BDR	30.0.0.12	DR
13	4	30.0.0.13	DR	20.0.0.13	BDR	10.0.0.13	DROTHER
14	14	30.0.0.14	DR	10.0.0.14	DROTHER	20.0.0.14	BDR
15	140	20.0.0.15	BDR	30.0.0.15	DR	10.0.0.15	DROTHER
16	240	10.0.0.16	DROTHER	30.0.0.16	DR	20.0.0.16	BDR
17	5	20.0.0.17	BDR	10.0.0.17	DROTHER	30.0.0.17	DR
18	15	10.0.0.18	DROTHER	20.0.0.18	BDR	30.0.0.18	DR
19	150	30.0.0.19	DR	20.0.0.19	BDR	10.0.0.19	DROTHER
20	250	30.0.0.20	DR	10.0.0.20	DROTHER	20.0.0.20	BDR

Примітка: Перед виконанням сценарію 2 видалити loopback-інтерфейси командою **no interface Loopback 0**. Маршрутизатор з найвищим Router ID стає DR.

Сценарій 3. Пріоритети інтерфейсів для впливу на вибори DR/BDR

№ вар.	OSPF PID	Priority R1	Роль R1	Priority R2	Роль R2	Priority R3	Роль R3	Hello, с	Dead, с
1	1	200	DR	100	BDR	1	DROTHER	5	20
2	10	200	DR	1	DROTHER	100	BDR	6	24
3	100	100	BDR	200	DR	1	DROTHER	7	28
4	200	1	DROTHER	200	DR	100	BDR	8	32
5	2	100	BDR	1	DROTHER	200	DR	9	36
6	12	1	DROTHER	100	BDR	200	DR	10	40
7	120	200	DR	100	BDR	0	DROTHER	5	20
8	220	100	BDR	200	DR	0	DROTHER	6	24
9	3	200	DR	0	DROTHER	100	BDR	7	28
10	13	0	DROTHER	200	DR	100	BDR	8	32
11	130	200	DR	100	BDR	1	DROTHER	9	36
12	230	200	DR	1	DROTHER	100	BDR	10	40
13	4	100	BDR	200	DR	1	DROTHER	5	20
14	14	1	DROTHER	200	DR	100	BDR	6	24
15	140	100	BDR	1	DROTHER	200	DR	7	28
16	240	1	DROTHER	100	BDR	200	DR	8	32
17	5	200	DR	100	BDR	0	DROTHER	9	36
18	15	100	BDR	200	DR	0	DROTHER	10	40
19	150	200	DR	0	DROTHER	100	BDR	5	20
20	250	0	DROTHER	200	DR	100	BDR	6	24

Примітка: Перед виконанням скинути значення Router ID. Пріоритет задається на інтерфейсі, що дивиться у VMA-сегмент. Значення Hello Interval та Dead Interval застосовуються однаково на всіх трьох маршрутизаторах і **обов'язково** повинні збігатися на всіх сусідах. Пріоритет **0** повністю виключає маршрутизатор з виборів DR/BDR.

ЗМІСТ ЗВІТУ З ЗАНЯТТЯ

Звіт з заняття повинен містити:

1. Номер, тему та мету заняття.
2. Короткі теоретичні відомості (за власним конспектом, обсягом 2–3 сторінки) з таких питань: особливості функціонування OSPF у ширококомовних мережах з множинним доступом; призначення DR і BDR; алгоритм та критерії виборів DR/BDR; алгоритм автоматичного вибору Router ID; типи мереж OSPF; LSA Type 1 (Router LSA) та LSA Type 2 (Network LSA) – призначення, генератор, поширення; стани відносин сусідства (DOWN, INIT, 2-WAY, EXSTART, EXCHANGE, LOADING, FULL); таймери Hello, Dead, Wait, Retransmit; команди налагодження та діагностики.
3. Перелік використаного обладнання та програмного забезпечення.

4. Схему (ФОТО) побудованої мережі з позначенням усіх пристроїв та інтерфейсів.
5. Розроблену схему IP-адресації у вигляді табл. 6.1 з конкретними значеннями.
6. Лістинги команд (або скріншоти) з результатами виконання, а саме:
 - налагодження IP-адресації на всіх інтерфейсах маршрутизаторів та комутаторів;
 - налагодження протоколу OSPFv2 на всіх трьох маршрутизаторах (Етап А – стандартні параметри): команди **router ospf, network ... area 0, auto-cost reference-bandwidth, passive-interface**;
 - результати дослідження виборів DR/BDR за стандартних умов – заповнена таблиця 6.2;
 - результати дослідження станів відносин сусідства через **debug** – фрагмент дебаг-виводу з **debug ip ospf adj** з повним списком переходів станів від DOWN до FULL/2-WAY;
 - налагодження параметрів виборів DR/BDR за трьома сценаріями (згідно з табл. 6.4, 6.5, 6.6 відповідно): команди **interface Loopback 0 + ip address** (Сценарій 1); **router-id** (Сценарій 2); **ip ospf priority** (Сценарій 3); **clear ip ospf process** після кожного сценарію;
 - налагодження таймерів Hello та Dead Interval командами **ip ospf hello-interval** та **ip ospf dead-interval** на всіх інтерфейсах ВМА-сегмента (для Сценарію 3);
 - результати **show ip ospf neighbor** та **show ip ospf interface** з усіх трьох маршрутизаторів – окремо для кожного зі сценаріїв 1, 2, 3;
 - заповнена таблиця 6.7 з результатами трьох сценаріїв;
7. Опис проблем, що виникли під час виконання завдання, та шляхи їх усунення.
8. Висновки по заняттю.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Типи мереж у протоколі OSPF

Протокол OSPF класифікує мережі за кількістю маршрутизаторів, що можуть бути одночасно підключені до одного канального сегмента, та за здатністю середовища передавати широкомовні (broadcast) повідомлення. Виокремлюють чотири основні типи мереж:

- **Point-to-Point** (точка-точка) – двоточкове з'єднання, у якому одночасно може бути не більше двох маршрутизаторів. Прикладом є послідовний канал HDLC або PPP. У такій мережі немає необхідності у виборах DR/BDR, оскільки кожен маршрутизатор має лише одного сусіда. За замовчуванням цей тип встановлюється для послідовних інтерфейсів;
- **Broadcast Multiple-Access (ВМА)** – широкомовна мережа з множинним доступом, у якій до одного канального сегмента може бути підключено довільну кількість маршрутизаторів і середовище підтримує широкомовлення. Класичним прикладом є Ethernet-сегмент. У таких мережах

обов'язково проводяться вибори DR/BDR. За замовчуванням цей тип встановлюється для Ethernet-інтерфейсів;

- **Non-Broadcast Multiple-Access (NBMA)** – неширокомовна мережа з множинним доступом, до якої може бути підключено довільну кількість маршрутизаторів, але середовище не підтримує широкомовлення. Приклад – Frame Relay у multipoint-режимі. У таких мережах також відбуваються вибори DR/BDR, проте сусіди повинні бути сконфігуровані вручну командою **neighbor**;

- **Point-to-Multipoint** – з'єднання «точка-багато точок», що використовується у спеціальних топологіях. Вибори DR/BDR не проводяться.

Тип мережі OSPF визначається автоматично за типом інтерфейсу, але може бути змінений адміністративно командою **ip ospf network**.

Особливості функціонування OSPF у VMA-мережі. Призначення DR і BDR

Якщо у VMA-сегменті працює n маршрутизаторів і кожен з них формує повні відносини сусідства (full adjacency) з кожним іншим, кількість таких відносин дорівнює $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$ – для 3 маршрутизаторів це 3 відносини, для 5 – 10, для 10 – 45. Через кожне таке відношення маршрутизатори обмінюються службовими повідомленнями (Database Description, Link State Update, Link State Acknowledgment), а кожна зміна топології розповсюджується по всіх відносинах. Зі зростанням кількості маршрутизаторів сегмента це призводить до квадратичного зростання обсягу службового трафіка та навантаження на маршрутизатори.

Для усунення цієї проблеми протокол OSPF (RFC 2328) запроваджує концепцію **виділеного маршрутизатора (DR – Designated Router)** та **резервного виділеного маршрутизатора (BDR – Backup Designated Router)**. Принцип роботи:

- DR і BDR обираються між усіма маршрутизаторами сегмента у процесі виборів;
- кожен маршрутизатор сегмента (включно з тими, що залишилися як **DROTHER**) встановлює **повні відносини сусідства тільки з DR і BDR**;
- між DROTHER-маршрутизаторами зберігаються лише двосторонні (2-WAY) відносини сусідства, через які не передається топологічна інформація;
- DROTHER посилають свої LSA на multicast-адресу 224.0.0.6 (AllDRouters), яку слухають лише DR і BDR;
- DR консолідує отриману інформацію та поширює її всім маршрутизаторам сегмента на multicast-адресу 224.0.0.5 (AllSPFRouters);
- BDR також отримує всі повідомлення, але активно ретранслювати починає лише при відмові DR.

Завдяки цьому загальна кількість повних adjacencies на сегменті зменшується з $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$ до $2 \cdot n - 3$ (один DR, один BDR, кожен з решти має 2 повних adjacencies – з DR і BDR; разом з відношенням DR↔BDR це і дає $2 \cdot n - 3$). Для 5 маршрутизаторів: $10 \rightarrow 7$; для 10: $45 \rightarrow 17$. Економія зростає з ростом сегмента.

Алгоритм виборів DR і BDR

Вибори DR і BDR проводяться у такому порядку:

1. При активації OSPF на інтерфейсі маршрутизатор переходить у стан **WAITING** і слухає Hello-повідомлення від інших маршрутизаторів сегмента протягом часу, що дорівнює **Wait Timer** (за замовчуванням дорівнює **Dead Interval** – 40 с для BMA). Це дозволяє виявити вже наявні DR і BDR, якщо такі є.
2. Маршрутизатор з найвищим значенням **пріоритету інтерфейсу** (OSPF priority – від 0 до 255) обирається як DR. Маршрутизатор з другим найвищим пріоритетом – як BDR. За замовчуванням пріоритет дорівнює **1**.
3. За умови однакових пріоритетів використовується тиебрейкер – найвищий **Router ID** стає DR, другий за величиною – BDR.
4. Маршрутизатор з пріоритетом **0** повністю виключається з процесу виборів – навіть з найвищим Router ID він НЕ може стати ні DR, ні BDR.
5. Маршрутизатор, який не став ні DR, ні BDR, отримує роль **DROTHER**.
6. Після виборів DR починає розсилати Hello-повідомлення для ініціалізації процесу формування повних відносин сусідства з усіма маршрутизаторами сегмента. Розмір LSDB кожного маршрутизатора синхронізується з DR.

«Sticky»-поведінка DR/BDR. Після проведених виборів DR і BDR залишаються у своїх ролях, доки не вийдуть з ладу. Якщо у мережі з'являється новий маршрутизатор з пріоритетом, вищим за пріоритет чинного DR – **перевибори НЕ відбуваються**. Цей новий маршрутизатор просто стає DROTHER. Така поведінка обрана навмисно, оскільки часті перевибори призводили б до постійної ресинхронізації LSDB всього сегмента і зниження стабільності мережі. Перевибори відбуваються лише за такими сценаріями:

- **відмова DR** – BDR автоматично перетворюється на новий DR, після чого проводяться вибори нового BDR серед DROTHER;
- **відмова BDR** – DR залишається DR, проводяться лише вибори нового BDR;
- примусове перезавантаження процесу OSPF командою **clear ip ospf process** на всіх маршрутизаторах сегмента;
- повне відключення усіх маршрутизаторів сегмента (тоді при увімкненні відбуваються нові вибори з нуля).

Алгоритм автоматичного вибору Router ID

Router ID (RID) – 32-бітний ідентифікатор маршрутизатора у форматі IP-адреси (наприклад, *1.1.1.1*), що використовується для однозначної ідентифікації маршрутизатора у домені OSPF, для виборів DR/BDR (як тиебрейкер при рівних пріоритетах) та як Advertising Router у LSA. Алгоритм визначення RID:

1. Якщо у конфігурації OSPF задано команду **router-id A.B.C.D**, то саме це значення використовується (рекомендований спосіб).
2. Якщо команда **router-id** не задана – RID обирається як **найвища IP-адреса серед активних loopback-інтерфейсів**. Loopback-інтерфейси мають перевагу, бо їх стан не залежить від фізичних з'єднань.

3. Якщо loopback-інтерфейси не налаштовані – RID обирається як **найвища IP-адреса серед активних фізичних інтерфейсів** на момент запуску OSPF.

Після того як RID обрано і процес OSPF активований, **RID не змінюється** навіть якщо з'являється новий інтерфейс з вищою IP-адресою або loopback. Для зміни RID необхідно або задати його явно командою **router-id**, або перезапустити процес OSPF командою **clear ip ospf process**, або перезавантажити маршрутизатор. Тому на практиці RID завжди задають явно – це гарантує передбачуваність і стабільність виборів DR/BDR.

Стани відносин сусідства OSPF

При формуванні відносин сусідства маршрутизатори OSPF проходять послідовність станів. Стандартом визначено 8 станів, що відображають прогрес у синхронізації LSDB:

- **DOWN** – початковий стан; Hello-повідомлення від сусіда не отримано;
- **ATTEMPT** – використовується лише для NBMA-мереж; маршрутизатор активно намагається встановити з'єднання з вручну сконфігурованим сусідом;
- **INIT** – отримано Hello-повідомлення від сусіда, але власний RID цього маршрутизатора у списку відомих сусідів цього Hello ще не зазначений; одностороннє з'єднання;
- **2-WAY** – обмін Hello-повідомленнями двосторонній (сусід підтверджує отримання Hello від нашого маршрутизатора). У BMA-мережах **саме на цьому етапі проводяться вибори DR/BDR**. Між парами DROTHER↔DROTHER маршрутизатори зупиняються у стані 2-WAY і далі не просуваються – вони знають про існування одне одного, але не обмінюються детальною топологічною інформацією;
- **EXSTART** – перший етап обміну топологічною інформацією; маршрутизатори домовляються, хто з них буде Master (з вищим RID) і хто Slave у процесі обміну DBD-повідомленнями; встановлюється послідовність повідомлень;
- **EXCHANGE** – обмін Database Description (DBD) повідомленнями, що містять заголовки LSA (без повного вмісту); маршрутизатор будує перелік LSA, які йому ще невідомі;
- **LOADING** – маршрутизатор посилає Link State Request (LSR) повідомлення з переліком невідомих LSA; сусід відповідає Link State Update (LSU); після отримання всіх запитаних LSA маршрутизатор переходить у наступний стан;
- **FULL** – синхронізація LSDB завершена; маршрутизатори мають ідентичні бази даних; повне відношення сусідства встановлено. Саме у цьому стані запускається алгоритм SPF для розрахунку маршрутів.

Wait Timer – важливий допоміжний таймер, що використовується при переході зі стану **INIT** у **2-WAY**. Маршрутизатор очікує до **Wait Timer** секунд (за замовчуванням дорівнює Dead Interval – 40 с для BMA), щоб виявити чинних

DR/BDR у сегменті, перш ніж брати участь у виборах. Якщо протягом Wait Timer DR/BDR не виявлено – маршрутизатор сам ініціює вибори. Це запобігає ситуації, коли перший маршрутизатор, що увімкнувся, відразу ж стає DR, без шансів інших маршрутизаторів вплинути на результат.

Network LSA (LSA Type 2) – особливість ВМА-мереж

У ВМА-мережах OSPF використовує два типи LSA для опису топології сегмента:

- **LSA Type 1 (Router LSA)** – генерується кожним маршрутизатором і описує його власні інтерфейси, стани каналів та сусідів; поширюється тільки в межах однієї області (area);
- **LSA Type 2 (Network LSA)** – генерується **ВИНЯТКОВО DR-маршрутизатором** і описує сам ВМА-сегмент: перелік усіх маршрутизаторів, що сформували повні відносини сусідства з DR (тобто DR, BDR і всіх DROTHER). Поле **Link State ID** дорівнює IP-адресі інтерфейсу DR у цьому сегменті; поле **Advertising Router** – Router ID DR.

Чому Network LSA необхідна. Без LSA Type 2 кожен маршрутизатор у Router LSA повинен був би описувати кожного свого сусіда у ВМА-сегменті як окреме point-to-point з'єднання, що при n маршрутизаторах у сегменті дало б $n \cdot (n-1)$ описів окремих з'єднань у LSDB. Завдяки LSA Type 2 кожен Router LSA описує ВМА-сегмент одним записом «transit network» (тип 2 у Router LSA), що посилається на Network LSA від DR. Це призводить до:

- значного зменшення розміру LSDB у мережах з великою кількістю маршрутизаторів сегмента;
- зменшення обчислювальної складності алгоритму SPF (граф топології спрощується);
- консистентної топологічної моделі: ділянка ВМА представляється як «transit network» (один вузол графа топології), до якого приєднані всі маршрутизатори сегмента – це адекватніше відображає реальність, ніж повна mesh-топологія.

LSA Type 2 існує **тільки у ВМА та NBMA мережах** – у мережах типу Point-to-Point або Point-to-Multipoint вибори DR/BDR не проводяться, отже, і Network LSA не генерується.

Мультикаст-адреси протоколу OSPF

OSPF використовує дві зарезервовані IPv4 multicast-адреси для розсилки службових повідомлень у ВМА-мережах:

- **224.0.0.5 (AllSPFRouters)** – слухається всіма маршрутизаторами OSPF у сегменті. На цю адресу DR і BDR розсилають Hello-повідомлення та Link State Update (LSU) до всіх маршрутизаторів сегмента;
- **224.0.0.6 (AllDRouters)** – слухається лише DR і BDR. На цю адресу DROTHER-маршрутизатори надсилають свої LSU-повідомлення до DR/BDR. Така адресація дозволяє уникнути зайвого навантаження на DROTHER (вони не отримують Hello/LSU від інших DROTHER напряму).

Така асиметрична multicast-схема є частиною оптимізації ВМА: інформація концентрується на DR (через 224.0.0.6), а DR одночасно поширює її всім маршрутизаторам сегмента (через 224.0.0.5).

Таймери протоколу OSPF

Стандартні значення таймерів OSPF для різних типів мереж наведено у табл. 6.8.

Таблиця 6.8.

Стандартні значення таймерів протоколу OSPF

Тип мережі	Hello Interval, c	Dead Interval, c (4×Hello)	Wait Timer, c (=Dead)	Retransmit Interval, c
Point-to-Point	10	40	40	5
Broadcast (ВМА)	10	40	40	5
Non-Broadcast (NBMA)	30	120	120	5
Point-to-Multipoint	30	120	120	5

Призначення таймерів:

- **Hello Interval** – інтервал між послідовними Hello-повідомленнями. **Обов'язково повинен збігатися** на всіх маршрутизаторах сегмента – інакше відносини сусідства не сформуються;

- **Dead Interval** – час, протягом якого маршрутизатор очікує Hello від сусіда; якщо за цей час Hello не отримано – сусід вважається втраченим. За замовчуванням дорівнює 4×Hello. Також обов'язково повинен збігатися на сусідах;

- **Wait Timer** – час очікування у стані WAITING при формуванні відносин у ВМА/NBMA;

- **Retransmit Interval** – інтервал між повторними відправками LSA-оновлень, якщо за них не отримано підтвердження.

Зменшення Hello/Dead Interval (наприклад, до 1/4 с) **прискорює виявлення відмов** і зменшує час збіжності, але **збільшує службовий трафік** і навантаження на CPU маршрутизаторів. Збільшення таймерів – навпаки, зменшує службовий трафік, але збільшує час реакції на відмови.

Команди налагодження OSPF у ВМА-мережі

Основні команди налагодження роботи OSPF у ВМА-мережі:

- **router ospf process-id** – вхід у режим конфігурування OSPF;
- **router-id A.B.C.D** – встановлення Router ID у форматі IP-адреси;
- **network address wildcard area** – оголошення мережі для участі у OSPF з прив'язкою до області;

- **ip ospf network {broadcast | non-broadcast | point-to-multipoint | point-to-point}** (режим інтерфейсу) – встановлення типу мережі OSPF;

- **ip ospf priority priority_value** (режим інтерфейсу) – встановлення пріоритету інтерфейсу для виборів DR/BDR; діапазон 0–255; **0 виключає маршрутизатор з виборів**; за замовчуванням 1;

- **ip ospf hello-interval seconds** (режим інтерфейсу) – інтервал Hello;

- **ip ospf dead-interval seconds** (режим інтерфейсу) – інтервал Dead;

- **ip ospf retransmit-interval seconds** (режим інтерфейсу) – інтервал між повторами LSA;
- **clear ip ospf process** – перезапуск процесу OSPF (ініціює нові вибори DR/BDR).

Приклад налагодження OSPF на маршрутизаторі у ВМА-мережі (маршрутизатор повинен стати DR):

```

...
Router(config)# router ospf 10
Router(config-router)# router-id 1.1.1.1
Router(config-router)# auto-cost reference-bandwidth 1000
Router(config-router)# network 192.168.1.0 0.0.0.7 area 0
Router(config-router)# network 10.10.1.0 0.0.0.255 area 0
Router(config-router)# passive-interface FastEthernet 0/1
Router(config-router)# exit
Router(config)# interface FastEthernet 0/0
Router(config-if)# ip ospf priority 200
Router(config-if)# ip ospf hello-interval 5
Router(config-if)# ip ospf dead-interval 20
Router(config-if)# exit
...

```

Команди моніторингу та діагностики OSPF

Таблиця 6.9.

Команди моніторингу та діагностики роботи OSPF у ВМА-мережі

Команда	Призначення
show ip protocols	Інформація про активовані протоколи маршрутизації
show ip ospf	Загальна інформація про процес OSPF, RID, кількість областей
show ip ospf interface	Параметри інтерфейсів OSPF (RID, тип мережі, DR/BDR, пріоритет, таймери)
show ip ospf interface Fa0/0	Параметри конкретного інтерфейсу
show ip ospf neighbor	Список сусідніх маршрутизаторів, стан відносин сусідства, ролі (DR/BDR/DROTHER)
show ip ospf neighbor detail	Детальна інформація про сусідів
show ip ospf database	Повний вміст LSDB (усі типи LSA)
show ip ospf database router	Лише LSA Type 1 (Router LSA)
show ip ospf database network	Лише LSA Type 2 (Network LSA)
show ip route ospf	Таблиця маршрутизації лише з маршрутами OSPF
debug ip ospf adj	Виведення інформації про процес встановлення відносин сусідства
debug ip ospf hello	Виведення інформації про Hello-повідомлення
debug ip ospf events	Загальні події OSPF
clear ip ospf process	Перезапуск процесу OSPF (ініціює нові вибори DR/BDR)
undebug all	Вимкнення всіх дебагів

Рекомендована послідовність перевірки роботи протоколу OSPF у ВМА-мережі

Рекомендована послідовність перевірки після завершення налаштування наведена нижче. Для кожної команди показано характерний вивід та пояснення ключових полів.

1. Перевірка стану інтерфейсів.

```
Router# show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status Protocol
FastEthernet0/0    172.16.0.1      YES manual up       up
FastEthernet0/1    191.71.1.254    YES manual up       up
Loopback0          3.3.3.3         YES manual up       up
```

Усі інтерфейси, що задіяні у роботі мережі, повинні мати стан up/up. Для Loopback-інтерфейсу стан завжди up/up незалежно від фізичних з'єднань – це і робить loopback-адресу надійним джерелом для Router ID. Стан down/down фізичного інтерфейсу – потрібна команда no shutdown або перевірка кабелю.

2. Перевірка відносин сусідства OSPF.

```
Router# show ip ospf neighbor
Neighbor ID  Pri  State           Dead Time   Address      Interface
2.2.2.2     1    FULL/BDR        00:00:33   172.16.0.2   FastEthernet0/0
3.3.3.3     1    2-WAY/DROTHER   00:00:35   172.16.0.3   FastEthernet0/0
```

Виведення показує всіх сусідів сегмента ВМА. Стан **FULL/DR** або **FULL/BDR** – повна синхронізація LSDB з DR/BDR. Стан **2-WAY/DROTHER** – взаємне розпізнавання між парою DROTHER↔DROTHER без обміну топологічною інформацією напряду (це нормально для ВМА-мережі і свідчить про правильну роботу механізму DR/BDR). Якщо стан довго залишається **INIT** або **EXSTART** – перевірити: збіжність Hello/Dead Interval (повинні збігатися на всіх сусідах сегмента); унікальність Router ID; однаковість маски підмережі та area ID. Dead Time показує час до закінчення Dead Interval; повинен бути близько 30–40 с (за замовчуванням Dead 40, Hello 10).

3. Перевірка параметрів інтерфейсу OSPF та результатів виборів DR/BDR.

```
Router# show ip ospf interface FastEthernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 172.16.0.1/29, Area 0
  Process ID 10, Router ID 3.3.3.3, Network Type BROADCAST, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
  Designated Router (ID) 3.3.3.3, Interface address 172.16.0.1
  Backup Designated Router (ID) 2.2.2.2, Interface address 172.16.0.2
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 1
```

Тип мережі **BROADCAST** встановлений автоматично для Ethernet-інтерфейсу – це і є умова для проведення виборів DR/BDR. State показує роль маршрутизатора у сегменті: DR / BDR / DROTHER. Поля Designated Router (ID) і Backup Designated Router (ID) повинні бути однаковими на всіх трьох маршрутизаторах сегмента – це підтверджує консистентність виборів. Поле **Adjacent neighbor count** – кількість повних adjacencies (для DR/BDR – дорівнює загальній кількості сусідів; для DROTHER – лише 2: з DR і BDR). Якщо результат виборів не відповідає очікуваному за варіантом – необхідно виконати команду **clear ip ospf process** на всіх трьох маршрутизаторах для повторних виборів.

4. Перевірка бази даних стану каналів (LSDB) та Network LSA.

```

Router# show ip ospf database
      OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 10)
      Router Link States (Area 0)
Link ID      ADV Router      Age      Seq#          Checksum Link count
1.1.1.1     1.1.1.1          234     0x80000003   0x00A4C2 2
2.2.2.2     2.2.2.2          231     0x80000003   0x008B91 2
3.3.3.3     3.3.3.3          229     0x80000003   0x00721F 2
      Net Link States (Area 0)
Link ID      ADV Router      Age      Seq#          Checksum
172.16.0.1  3.3.3.3         229     0x80000001   0x00C8A3

```

Секція **Router Link States** (LSA Type 1) – кожен маршрутизатор сегмента генерує власне Router LSA з описом своїх інтерфейсів та сусідів. Секція **Net Link States** (LSA Type 2) – особлива для ВМА-мережі. Має бути **рівно один запис** для ВМА-сегмента, причому поле Advertising Router (ADV Router) повинно дорівнювати **Router ID чинного DR** (у прикладі 3.3.3.3 – DR). Поле Link ID – IP-адреса інтерфейсу DR у ВМА-сегменті. Якщо у секції Net Link States кілька записів – це означає неузгодженість виборів DR (різні маршрутизатори вважають себе DR), що є серйозною проблемою.

```

Router# show ip ospf database network 172.16.0.1
      OSPF Router with ID (3.3.3.3) (Process ID 10)
      Net Link States (Area 0)
Routing Bit Set on this LSA
LS age: 232
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 172.16.0.1 (address of Designated Router)
Advertising Router: 3.3.3.3
Network Mask: /29
      Attached Router: 3.3.3.3
      Attached Router: 2.2.2.2
      Attached Router: 1.1.1.1

```

Перелік **Attached Router** – це Router ID усіх маршрутизаторів сегмента, що сформували повні відносини сусідства з DR (включно з самим DR і BDR). Має містити **рівно три записи** для нашої мережі. Якщо запис відсутній для одного з маршрутизаторів – він не сформував повне сусідство з DR (наприклад, у нього стан 2-WAY/DROTHER з усіма іншими маршрутизаторами через помилку у конфігурації, або він повністю виключений через **priority 0**).

5. Перевірка таблиці маршрутизації.

```

Router# show ip route
Codes: C - connected, L - local, O - OSPF, IA - OSPF inter area, ...
      172.16.0.0/29 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      172.16.0.0/29 is directly connected, FastEthernet0/0
L      172.16.0.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
      191.71.0.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      191.71.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
L      191.71.1.254/32 is directly connected, FastEthernet0/1
O      221.71.1.0/24 [110/11] via 172.16.0.2, 00:05:23, FastEthernet0/0
O      241.71.1.0/24 [110/11] via 172.16.0.3, 00:05:23, FastEthernet0/0

```

Записи **C** і **L** – безпосередньо приєднані мережі та локальні адреси інтерфейсів. Записи **O** – міжвузлові маршрути OSPF (Intra-Area). Адміністративна відстань **110** у квадратних дужках. Метрика **11** – сума cost вихідного інтерфейсу (10 для FastEthernet) та cost інтерфейсу сусіда у LAN (1 для GigabitEthernet 0/1 з RefBW 1000). Зверніть увагу: маршрути проходять **безпосередньо через сусіда у ВМА-сегменті**, а не через DR – це підтверджує,

що DR є лише централізованою точкою обміну топологічною інформацією, а не транзитною точкою для трафіку даних.

7. Перевірка наскрізного зв'язку.

```
C:\> tracert 241.71.1.1
Tracing route to 241.71.1.1 over a maximum of 30 hops
  1    1 ms    *        1 ms    191.71.1.254
  2    2 ms    1 ms    2 ms    172.16.0.3
  3    3 ms    2 ms    3 ms    241.71.1.1
Trace complete.
```

Виведення показує шлях до хоста 241.71.1.1. Перший хоп – шлюз за замовчуванням. Другий хоп – інтерфейс Router у ВМА-сегменті (172.16.0.3) – пакет передається безпосередньо через ВМА-сегмент, **незалежно від того, який маршрутизатор є DR**. Третій хоп – кінцева станція. Якщо **ping** працює, але **tracert** зупиняється – на одному з маршрутизаторів відсутній зворотний маршрут (наприклад, не оголошена якась з підмереж командою **network ... area 0**).

Типові помилки при налагодженні OSPF у ВМА-мережі

1. **Розбіжність Hello/Dead Interval на сусідах.** Якщо на двох маршрутизаторах сегмента налагоджено різні значення Hello або Dead Interval, відносини сусідства не сформується – стан залишиться у INIT. Виявити проблему допомагає команда **show ip ospf interface** (порівняти таймери) або **debug ip ospf hello**.

2. **Невірна інвертована маска у команді network.** Інвертована маска вказує, які біти можуть змінюватися. Для /29 – 0.0.0.7, для /24 – 0.0.0.255, для /30 – 0.0.0.3. Помилка призводить до того, що інтерфейс не активується у потрібній області.

3. **Несумісні Router ID.** Якщо на двох маршрутизаторах задано однаковий Router ID – між ними не сформується відносини сусідства. Для уникнення цієї помилки рекомендовано задавати RID явно командою **router-id** з унікальним значенням для кожного маршрутизатора.

4. **Неочікуваний результат виборів DR/BDR.** Найпоширеніша причина – забуто виконати **clear ip ospf process** після зміни пріоритетів або Router ID. Через «sticky» властивість, чинні DR/BDR залишаються у своїх ролях навіть після зміни параметрів – нові значення набувають чинності лише після перезапуску процесу.

5. **Маршрутизатор з priority 0 в єдиному сегменті.** Якщо у сегменті всі маршрутизатори мають priority 0 – DR/BDR не обираються, відносини сусідства не формуються, мережа не функціонує. Принаймні один маршрутизатор повинен мати ненульовий пріоритет.

6. **Зміна типу мережі без узгодження.** Якщо на одному з маршрутизаторів сегмента змінити тип мережі OSPF командою **ip ospf network point-to-point** (а на інших залишити broadcast) – відносини сусідства не сформується, оскільки на сусідах буде розбіжність типів мережі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які типи мереж розрізняє протокол OSPF? Назвіть характеристики кожного.
2. Що таке VMA-мережа? Наведіть приклади.
3. Розшифруйте аббревіатуру DR. Яке призначення DR у VMA-мережі?
4. Розшифруйте аббревіатуру BDR. Чому потрібен BDR, а не лише DR?
5. Опишіть алгоритм виборів DR і BDR. За яким параметром відбувається первинне порівняння маршрутизаторів?
6. Яке значення Priority виключає маршрутизатор з виборів DR/BDR?
7. Що таке Router ID? Опишіть алгоритм його автоматичного вибору.
8. Опишіть «sticky»-поведінку DR/BDR. Що відбувається при появі у мережі нового маршрутизатора з вищим пріоритетом?
9. За яких умов відбуваються перевибори DR/BDR? Що відбувається при відмові DR? При відмові BDR?
10. Перелічіть стани відносин сусідства OSPF у послідовності їх проходження. У якому стані проводяться вибори DR/BDR?
11. Чому у VMA-мережі між парами DROTHER↔DROTHER відносини залишаються у стані 2-WAY, а не переходять у FULL?
12. Що таке Wait Timer? Для чого він потрібен? Чому дорівнює його значення за замовчуванням?
13. Які мультикаст-адреси використовує OSPF? Хто їх слухає, хто на них надсилає?
14. Перелічіть та поясніть призначення основних таймерів OSPF (Hello, Dead, Wait, Retransmit). Які зі стандартних значень для VMA-мереж?
15. Чому Hello Interval та Dead Interval повинні збігатися на всіх маршрутизаторах сегмента?
16. Якими командами Cisco IOS задаються пріоритет інтерфейсу та Router ID?
17. Чому у мережі, де DR і BDR є чітко визначеними ролями, маршрут до іншої підмережі у таблиці маршрутизації НЕ обов'язково проходить через DR? Поясніть різницю між роллю DR на рівні протоколу та маршрутизацією трафіку даних.