

ЗАНЯТТЯ № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ МІЖ ВІРТУАЛЬНИМИ ЛОКАЛЬНИМИ МЕРЕЖАМИ НА БАЗІ БАГАТОРІВНЕВИХ (L3) КОМУТАТОРІВ CISCO

Мета заняття: ознайомитися з принципами організації маршрутизації між віртуальними локальними мережами (Inter-VLAN Routing) на базі багаторівневих комутаторів (Layer 3 Switches); розглянути використання інтерфейсів SVI (Switch Virtual Interface) та маршрутизованих портів (routed port); отримати практичні навички налагодження SVI, транкових каналів, маршрутизованих портів та агента ретрансляції DHCP (ip helper-address); засвоїти принципи взаємодії L3-комутатора із зовнішнім DHCP-сервером через механізм DHCP relay.

Обладнання та програмне забезпечення

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

1. Маршрутизатор Cisco серії 1841/2801/2811/2821/2901/2911/2921 – 1 шт.
2. Багаторівневий комутатор Cisco серії Catalyst 3560/3650/3750/3850 (з підтримкою ip routing та SVI) – 1 шт.
3. Керований комутатор Cisco серії Catalyst 2960 (моделі WS-C2960-24TT-L або WS-C2960-48TT-L) – 2 шт.
4. Робочі станції (ПК або ноутбуки) з операційною системою Windows/Linux – не менше 2 шт.
5. Консольний кабель Cisco (rollover) з конектором RJ-45 та перехідником на USB або COM-порт – 1 шт.
6. Ethernet-кабелі прямого типу (T568B) категорії Cat 5e/Cat 6 – не менше 5 шт.
7. Термінальна програма-емулятор (PuTTY, Tera Term, SecureCRT або аналогічна) – встановлена на робочих станціях.

Схема підключення

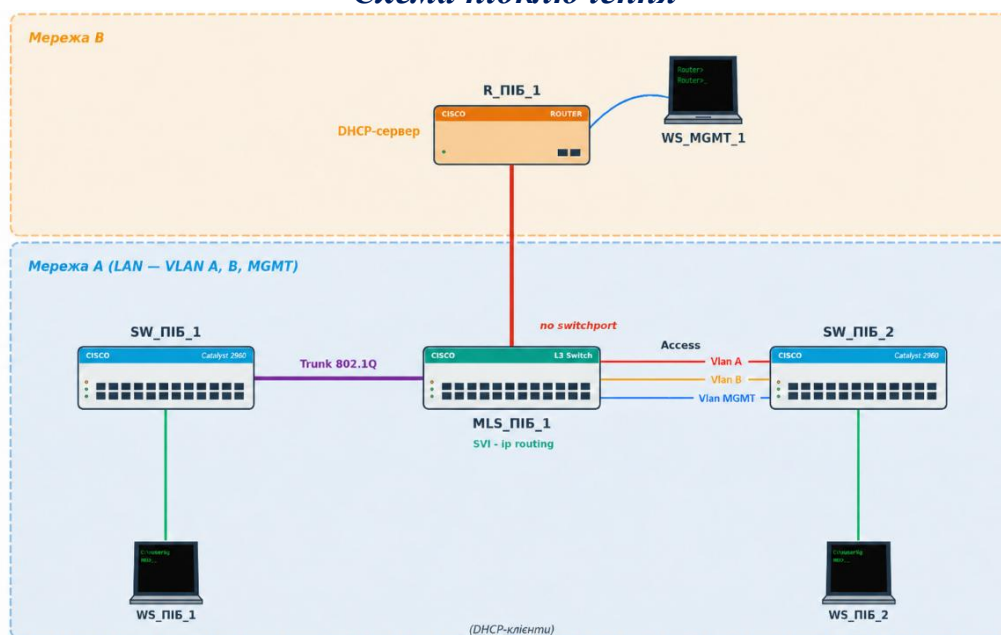


Рис. 4.1. Схема мережі, що будується у межах заняття

Примітка: ПІБ необхідно зазначати у скороченому форматі, який відповідає логіну для входу на платформу learn. Приклад: якщо логін для входу на learn – kbl_kmd, то назва комутатора має бути у форматі SW_kmd_1.

ЗАВДАННЯ

1. Ознайомитися з обладнанням та програмним забезпеченням робочого місця, перевірити наявність консольного та Ethernet-кабелів, термінальної програми. Визначити модель багаторівневого комутатора, переконатися у підтримці **ip routing**.

2. Створити мережу відповідно до схеми на рис. 4.1. Мережа складається з маршрутизатора R_ПІБ_1, багаторівневого комутатора MLS_ПІБ_1 (L3 Switch) та двох комутаторів SW_ПІБ_1 та SW_ПІБ_2 і двох робочих станцій WS_ПІБ_1, WS_ПІБ_2. У мережі використовуються три VLAN:

- **VLAN A** – робоча VLAN для першої групи пристроїв;
- **VLAN B** – робоча VLAN для другої групи пристроїв;
- **VLAN MGMT** – Management VLAN для керування пристроями через SSH.

Зліва MLS_ПІБ_1 з'єднаний з SW_ПІБ_1 через **транковий канал**. Справа MLS_ПІБ_1 з'єднаний з SW_ПІБ_2 через **три окремі фізичні канали**. R_ПІБ_1 – підключеного до багаторівневого комутатора MLS_ПІБ_1 через маршрутизований порт (Мережа B).

3. Провести налагодження іменування всіх пристроїв мережі (R_ПІБ_1, MLS_ПІБ_1, SW_ПІБ_1 та SW_ПІБ_2).

4. Розробити схему IP-адресації пристроїв мережі. Для цього скористатися даними табл. 4.2. Результати занести у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Параметри адресації мережі

Мережа / Пристрій	Інтерфейс	MAC-адреса	IP-адреса	Маска	Префікс
Підмережа VLAN A	–	–			
Підмережа VLAN B	–	–			
Підмережа VLAN MGMT	–	–			
Підмережа B (R1–MLS1)	–				
Маршрутизатор R1					
MLS1	routed port (до R1)				
MLS1	SVI VLAN A				
MLS1	SVI VLAN B				
MLS1	SVI VLAN MGMT				
Комутатор SW1	Vlan MGMT				
Комутатор SW2	Vlan MGMT				
Робоча станція WS1	NIC		(DHCP)		
Робоча станція WS2	NIC		(DHCP)		

5. На багаторівневому комутаторі MLS_ПІБ_1 створити три VLAN (10, 20, 99) згідно з варіантом (табл. 4.3) та налаштувати:

- увімкнути маршрутизацію командою **ip routing**.
- порт для підключення до SW_ПІБ_1 у режимі **trunk** з дозволеними VLAN A, B, MGMT (**switchport trunk encapsulation dot1q** перед **switchport mode trunk**);
- SVI для кожної VLAN (**interface vlan A**, **interface vlan B**, **interface vlan MGMT**) з IP-адресами що будуть шлюзами за замовчуванням для пристроїв відповідних VLAN;

6. На порту `MLS_ПІБ_1`, що підключений до маршрутизатора `R_ПІБ_1`, налаштувати маршрутизований порт командою **no switchport** (перетворити L2-порт на L3-порт) та призначити IP-адресу підмережі B (відповідно до варіанту);

7. На комутаторі `SW_ПІБ_1` створити три VLAN (A, B, MGMT) та налаштувати:

- порти для підключення робочих станцій у режимі **access** для VLAN A та VLAN B (за варіантом);

- порт для підключення до `MLS_ПІБ_1` у режимі **trunk** з дозволеними VLAN A, B, MGMT;

- IP-адресу на інтерфейсі VLAN MGMT та шлюз за замовчуванням.

8. На комутаторі `SW_ПІБ_2` створити три VLAN (A, B, MGMT) та налаштувати:

- порти для підключення робочих станцій у режимі **access** для VLAN A та VLAN B (за варіантом);

- три порти для підключення до `MLS_ПІБ_1` у режимі **access** (по одному порту на кожен VLAN – аналогічно **Legacy Inter-VLAN Routing** з заняття № 3);

- IP-адресу на інтерфейсі VLAN MGMT та шлюз за замовчуванням (адресу SVI VLAN MGMT на `MLS_ПІБ_1`).

9. На маршрутизаторі `R_ПІБ_1` налаштувати IP-адресу на інтерфейсі до `MLS_ПІБ_1` (підмережа B, відповідно до варіанту) та активувати інтерфейс командою `no shutdown`.

10. На маршрутизаторі `R_ПІБ_1` налаштувати DHCP-сервер для VLAN A та VLAN B. Для кожної VLAN створити окремий пул адрес (**ip dhcp pool**), вказати мережу, шлюз за замовчуванням (адресу SVI відповідної VLAN на `MLS_ПІБ_1`), DNS-сервери (8.8.8.8, 8.8.4.4). Виключити з пулів адреси SVI та інші статичні адреси. На `MLS_ПІБ_1` налаштувати **ip helper-address** на SVI VLAN A та VLAN B (вказати IP-адресу `R_ПІБ_1` з підмережі B) для перенаправлення DHCP-запитів.

11. Налаштувати маршрутизацію за замовчуванням

- На `MLS_ПІБ_1` додати маршрут за замовчуванням (`ip route 0.0.0.0 0.0.0.0` адреса `R_ПІБ_1` у підмережі B), що вказує на `R_ПІБ_1` як шлюз для досягнення зовнішніх мереж;

- На `R_ПІБ_1` додати статичні маршрути до підмереж VLAN A, VLAN B та VLAN MGMT (**ip route network mask** адреса **routed port** `MLS_ПІБ_1` у підмережі B). Без цих маршрутів DHCP **relay** не працюватиме, а відповіді на **ping** до WS не повернуться.

12. Налаштувати віддалений доступ через SSH до `MLS_ПІБ_1`, `SW_ПІБ_1`, `SW_ПІБ_2` та `R_ПІБ_1` через VLAN MGMT. Створити користувачів **Admin** (privilege 15) та **User** (privilege 1) з паролем **1111**. Згенерувати RSA-ключі розміром **2048** біт, увімкнути **SSHv2**. Усі паролі – **1111**.

13. Налаштувати робочі станції `WS_ПІБ_1` та `WS_ПІБ_2` як DHCP-клієнти. Підключити до портів різних VLAN на `SW_ПІБ_1` та `SW_ПІБ_2`. Перевірити отримання IP-адрес.

14. Перевірити наявність зв'язку між усіма пристроями мережі:

- `WS_ПІБ_1` (VLAN A) до `WS_ПІБ_2` (VLAN B) – **ping** через

MLS_ПІБ_1;

- WS_ПІБ_1 до R_ПІБ_1 – **ping** через MLS_ПІБ_1 та мережу В;
- R_ПІБ_1 до SVI VLAN А, В, MGMT на MLS_ПІБ_1;
- робочих станцій до Management-адрес комутаторів (VLAN MGMT);
- виконати **tracert** для спостереження маршруту.

15. Дослідити таблиці маршрутизації (**show ip route** на R_ПІБ_1 та MLS_ПІБ_1), стан SVI (**show ip interface brief**), таблиці VLAN (**show vlan brief**), стан транкових каналів (**show interfaces trunk**), прив'язки DHCP (**show ip dhcp binding** на R_ПІБ_1).

16. Вивести та проаналізувати файли конфігурацій усіх комунікаційних пристроїв мережі.

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

ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Варіант визначається за номером стійки, за якою працюють студенти.

Таблиця 4.2.

Параметри IP-адресації мережі

№ варіанта	IP-адреса VLAN А	IP-адреса VLAN В	IP-адреса VLAN MGMT	Префікс підмережі А	IP-адреса підмережі В	Префікс підмережі В
1	191.C.S.0	192.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.0	/30
2	192.C.S.0	193.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.4	/30
3	193.C.S.0	194.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.8	/30
4	194.C.S.0	195.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.12	/30
5	195.C.S.0	196.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.16	/30
6	196.C.S.0	197.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.20	/30
7	197.C.S.0	198.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.24	/30
8	198.C.S.0	199.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.28	/30
9	199.C.S.0	200.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.32	/30
10	200.C.S.0	201.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.36	/30
11	201.C.S.0	202.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.40	/30
12	202.C.S.0	203.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.44	/30
13	203.C.S.0	204.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.48	/30
14	204.C.S.0	205.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.52	/30
15	205.C.S.0	206.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.56	/30
16	206.C.S.0	207.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.60	/30
17	207.C.S.0	208.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.64	/30
18	208.C.S.0	209.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.68	/30
19	209.C.S.0	210.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.72	/30
20	210.C.S.0	211.C.S.0	10.C.S.0	/24	172.C.S.76	/30

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.

Параметри VLAN та портів комутаторів

№ варіанта	VLAN А	VLAN В	VLAN MGMT	SW1-MLS (trunk)	Native VLAN
1	10	20	100	trunk/on	A
2	11	21	200	dynamic desirable	B
3	12	22	300	trunk/on	A
4	13	23	400	dynamic desirable	B
5	14	24	500	trunk/on	A
6	15	25	600	trunk/on	B
7	16	26	700	dynamic desirable	A
8	17	27	800	trunk/on	B
9	18	28	900	dynamic desirable	A
10	19	29	110	trunk/on	B
11	30	40	120	dynamic desirable	A
12	31	41	130	trunk/on	B
13	32	42	140	dynamic desirable	A
14	33	43	150	trunk/on	B
15	34	44	160	dynamic desirable	A
16	35	45	170	trunk/on	B
17	36	46	180	dynamic desirable	A
18	37	47	190	trunk/on	B
19	38	48	210	dynamic desirable	A
20	39	49	220	trunk/on	B

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: багаторівневі комутатори (L3 Switches), інтерфейси SVI, маршрутизовані порти (no switchport), ip routing, DHCP relay (ip helper-address), маршрутизація за замовчуванням, порівняння SVI з Router-on-a-Stick.
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. 4.1 з конкретними значеннями.
6. Лістинги команд (або скріншоти) з результатами виконання, а саме:
 - створення VLAN та налагодження **access/trunk**-портів на MLS_ПІБ_1, SW_ПІБ_1 та SW_ПІБ_2;
 - налагодження SVI на MLS_ПІБ_1 (interface vlan A, B, MGMT з IP-адресами);

- налагодження маршрутизованого порту (**no switchport**) на MLS_ПІБ_1;
 - увімкнення **ip routing** на MLS_ПІБ_1;
 - налагодження IP-адреси на R_ПІБ_1;
 - налагодження DHCP-серверів на R_ПІБ_1 та **ip helper-address** на MLS_ПІБ_1;
 - налагодження статичних маршрутів на R_ПІБ_1 та маршруту за замовчуванням на MLS_ПІБ_1;
 - налагодження SSH;
 - результати **show vlan brief, show interfaces trunk, show ip interface brief, show ip route** (на обох L3-пристроях);
 - результати **show ip dhcp binding** на R_ПІБ_1;
 - результати **ipconfig /all** на робочих станціях;
 - результати **ping** та **tracert** між пристроями різних VLAN та мережі В;
 - результати підключення по SSH;
 - вміст **running-config** усіх пристроїв.
7. Опис проблем, що виникли під час виконання завдання, та шляхи їх усунення.
8. Висновки по заняттю.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Детальний опис віртуальних локальних мереж (**VLAN**), транкового протоколу **IEEE 802.1Q**, режимів портів **access** та **trunk** наведено у теоретичних відомостях заняття 2. Основи маршрутизації між VLAN (**Legacy** та **Router-on-a-Stick**) розглянуті у занятті 3. У цьому розділі описується сучасний метод **Inter-VLAN Routing** на базі багаторівневих комутаторів (**Layer 3 Switches**).

Багаторівневі комутатори (Layer 3 Switches)

Багаторівневий комутатор (Layer 3 Switch, MLS – Multilayer Switch) – мережний пристрій, що поєднує функції комутатора другого рівня та маршрутизатора третього рівня моделі OSI. На відміну від звичайного комутатора L2 (наприклад, Catalyst 2960), багаторівневий комутатор (наприклад, Catalyst 3560, 3650, 3750, 3850) здатний виконувати маршрутизацію IP-пакетів між VLAN апаратно, без пересилання трафіку на зовнішній маршрутизатор.

Переваги використання L3 Switch для Inter-VLAN Routing порівняно з Router-on-a-Stick:

- значно вища швидкість маршрутизації (апаратна комутація замість програмної на маршрутизаторі);
- відсутність вузького місця у вигляді одного транкового каналу до маршрутизатора;
- менша затримка (latency), оскільки перенаправлення пакетів відбувається всередині комутатора;
- спрощення топології – не потрібен зовнішній маршрутизатор для Inter-VLAN Routing.

Інтерфейсу SVI (Switch Virtual Interface)

SVI (Switch Virtual Interface) – віртуальний інтерфейс третього рівня, створений на багаторівневому комутаторі для конкретної VLAN. SVI виконує ті ж функції, що й підінтерфейс маршрутизатора або фізичний інтерфейс маршрутизатора: він має IP-адресу, є шлюзом за замовчуванням для пристроїв VLAN і забезпечує маршрутизацію пакетів між VLAN.

Важливо розуміти різницю між SVI на комутаторі другого рівня та на багаторівневому комутаторі. На Catalyst 2960 (L2) **SVI** існує виключно для цілей управління: він має IP-адресу, але не виконує маршрутизацію між VLAN – пакети між різними VLAN через SVI на L2 комутаторі не передаються. На Catalyst 3560/3750 (L3) SVI виконує повноцінну маршрутизацію між VLAN після активації команди **ip routing**: кожен SVI є повноцінним L3-інтерфейсом, аналогічним підінтерфейсу маршрутизатора у **Router-on-a-Stick**.

За замовчуванням на комутаторах Cisco створюється SVI для VLAN 1 (для віддаленого керування). Додаткові SVI необхідно створювати вручну. SVI створюється при першому виконанні команди **interface vlan vlan-id**.

Умови для переходу SVI у стан **up/up**:

- відповідна VLAN повинна існувати в базі даних VLAN комутатора;
- щонайменше один порт, що належить до цієї VLAN, повинен бути у стані **up**;
- на SVI повинна бути призначена IP-адреса;
- SVI не повинен бути вимкнений командою **shutdown**.

Приклад налаштування SVI:

```
...
MLS(config)# vlan 10
MLS(config-vlan)# name SALES
MLS(config-vlan)# exit
MLS(config)# interface vlan 10
MLS(config-if)# ip address 191.168.1.1 255.255.255.0
MLS(config-if)# no shutdown
...
```

Після створення SVI для всіх потрібних VLAN необхідно увімкнути маршрутизацію **ip routing**.

Команда ip routing

Команда **ip routing** вмикає функцію маршрутизації IP-пакетів між інтерфейсами (**SVI** та **routed port**) безпосередньо на комутаторі. За замовчуванням ця функція відключена навіть на L3 Switch – без неї комутатор передає кадри лише на каналному рівні (як звичайний L2 switch), а IP-адреси SVI використовуються лише для управлінського доступу.

Після виконання цієї команди комутатор починає будувати таблицю маршрутизації (перевіряється командою **show ip route**) і пересилати пакети між підмережами VLAN апаратно через ASIC. Саме апаратна маршрутизація є ключовою перевагою L3 Switch перед **Router-on-a-Stick**, де маршрутизація виконується програмно на CPU маршрутизатора.

Якщо команда **ip routing** не виконана – SVI матимуть IP-адреси, але пінг

між пристроями різних VLAN буде недоступний, а **show ip route** відобразить лише локальні (L) записи без записів типу C (**Connected**) для підмереж VLAN.

Маршрутизовані порти (Routed Ports)

Маршрутизований порт – фізичний порт багаторівневого комутатора, який працює як інтерфейс маршрутизатора (Layer 3 port). На відміну від звичайного порту доступу або транкового порту, маршрутизований порт не належить до жодної VLAN і не бере участі у протоколі **STP**. Він функціонує як звичайний інтерфейс маршрутизатора з IP-адресою.

Для налаштування маршрутизованого порту використовується команда **no switchport**, яка вимикає функціональність другого рівня на цьому порті.

Приклад налаштування Routed Ports:

```
...
MLS(config)# interface GigabitEthernet 1/0/24
MLS(config-if)# no switchport
MLS(config-if)# ip address 172.168.1.2 255.255.255.252
MLS(config-if)# no shutdown
...
```

Для перевірки того, що порт дійсно перейшов у режим **routed port**, використовується команда **show interfaces interface-id switchport**. У виводі рядок **Switchport: Disabled** підтверджує, що L2-функціональність відключена і порт працює як L3-інтерфейс:

```
MLS# show interfaces GigabitEthernet1/0/24 switchport
Name: Gi1/0/24
Switchport: Disabled
```

Якщо рядок виводить **Switchport: Enabled** – команда **no switchport** не була виконана або не збереглась у конфігурації.

Після виконання команди **no switchport** порт втрачає можливість належати до VLAN, працювати у режимі **access** або **trunk**. Натомість він отримує можливість мати IP-адресу і бере участь у маршрутизації.

Порівняння SVI та Router-on-a-Stick

Таблиця 4.4.

Порівняння способів Inter-VLAN Routing

Характеристика	Legacy (Заняття 3)	Router-on-a-Stick (Заняття 3)	L3 Switch з SVI (Заняття 4)
Пристрій маршрутизації	Зовнішній маршрутизатор	Зовнішній маршрутизатор	Багаторівневий комутатор
Тип з'єднання	По одному на VLAN	Один trunk-канал	Внутрішньо (SVI)
Швидкість маршрутизації	Програмна (CPU маршрутизатора)	Програмна (CPU маршрутизатора)	Апаратна (ASIC комутатора)
Масштабованість	Низька	Середня	Висока
Затримка	Висока	Середня	Мінімальна
Участь у STP	Ні	Ні	Так (SVI – ні, але порти – так)
Вартість обладнання	Нижча	Нижча	Вища (L3 switch)
Типове застосування	2–3 VLAN, навчальне середовище	До 8–10 VLAN	Середні та великі мережі

DHCP relay (ip helper-address)

Коли DHCP-сервер розташований не на тому ж пристрої, що виконує маршрутизацію між VLAN, а на зовнішньому маршрутизаторі (як у цьому занятті – DHCP-сервер на Router), ширококомовні DHCP-запити клієнтів (**DHCP DISCOVER**) не виходять за межі своєї VLAN. Для вирішення цієї проблеми на SVI багаторівневого комутатора налагоджується команда **ip helper-address**, яка перетворює ширококомовні DHCP-запити у спрямовані (**unicast**) і пересилає їх на IP-адресу DHCP-сервера.

Приклад налаштування ip helper-address:

```
...
MLS(config)# interface vlan 10
MLS(config-if)# ip helper-address 172.168.1.1
MLS(config-if)#exit
MLS(config)# interface vlan 20
MLS(config-if)# ip helper-address 172.168.1.1
...
```

де **172.168.1.1** – IP-адреса маршрутизатора Router у мережі В.

Статична маршрутизація та маршрут за замовчуванням

Для забезпечення повної зв'язності між усіма пристроями мережі необхідно налаштувати статичні маршрути на двох пристроях.

На MLS – маршрут за замовчуванням, що вказує на Router як шлюз для досягнення мереж поза VLAN:

```
...
MLS(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.168.1.1
...
```

де **172.168.2.1** – IP-адреса інтерфейсу Router у мережі В.

На Router – статичні маршрути до кожної підмережі VLAN через MLS:

```
...
R(config)# ip route 191.168.1.0 255.255.255.0 172.168.1.2
R(config)# ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.168.1.2
R(config)# ip route 10.168.1.0 255.255.255.0 172.168.1.2
...
```

де **172.168.1.2** – IP-адреса routed port на MLS у мережі В.

Без цих маршрутів пакети від Router до WS у VLAN не матимуть зворотного шляху – **DHCP relay** працюватиме (запит дійде до Router), але відповідь **DHCP OFFER** не повернеться до клієнта.

Основні команди діагностики Inter-VLAN Routing на L3 Switch

Команда	Призначення
show ip route	Таблиця маршрутизації L3 Switch
show ip interface brief	Короткий статус усіх L3-інтерфейсів (SVI та routed ports)
show vlan brief	Список VLAN та портів
show interfaces trunk	Стан транкових каналів
show interfaces interface-id switchport	Режим порту (access/trunk/routed)
show ip dhcp binding	Видані DHCP-адреси
show running-config interface vlan vlan-id	Конфігурація SVI
show running-config interface interface-id	Конфігурація маршрутизованого порту

Рекомендована послідовність перевірки після завершення налаштування

1. Перевірка стану SVI та routed port.

```
MLS# show ip interface brief
```

```
Interface          IP-Address      OK? Method Status  Protocol
GigabitEthernet1/0/24 172.168.1.2    YES manual up      up
Vlan10              191.168.1.1    YES manual up      up
Vlan20              192.168.1.1    YES manual up      up
Vlan99              10.168.1.1     YES manual up      up
```

Порт Gi1/0/24 – **routed port** з IP-адресою. SVI VLAN 10, 20, 99 у стані **up/up** – маршрутизація між VLAN активна. Якщо SVI у стані **down/down** – або VLAN не створена, або немає жодного активного порту в цій VLAN. Якщо **up/down** – SVI вимкнений командою shutdown.

2. Перевірка таблиці маршрутизації на MLS.

```
MLS# show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, L - local
```

```
Gateway of last resort is 172.168.1.1 to network 0.0.0.0
```

```
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 172.168.1.1
    172.168.1.0/30 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C   172.168.1.0/30 is directly connected, GigabitEthernet1/0/24
L   172.168.1.2/32 is directly connected, GigabitEthernet1/0/24
    191.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C   191.168.1.0/24 is directly connected, Vlan10
L   191.168.1.1/32 is directly connected, Vlan10
    192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C   192.168.1.0/24 is directly connected, Vlan20
L   192.168.1.1/32 is directly connected, Vlan20
```

Запис **S* 0.0.0.0/0** – маршрут за замовчуванням до Router. Записи **C** – підмережі VLAN та підмережа B, безпосередньо підключені. Відсутність **S*** означає, що маршрут за замовчуванням не налаштований – пінг за межі підмереж VLAN не пройде.

3. Перевірка таблиці маршрутизації на Router.

```
Router# show ip route
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
172.168.1.0/30 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```

C    172.168.1.0/30 is directly connected, FastEthernet0/0
L    172.168.1.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
S    191.168.1.0/24 [1/0] via 172.168.1.2
S    192.168.1.0/24 [1/0] via 172.168.1.2
S    10.168.1.0/24 [1/0] via 172.168.1.2

```

Записи **S** – статичні маршрути до підмереж VLAN через MLS. Відсутність статичних маршрутів на Router – найпоширеніша причина того, що **ping** від Router до WS доходить, але відповідь не повертається (**Request timed out**).

4. Перевірка **DHCP relay**.

```
MLS# show running-config interface vlan 10
```

```

interface Vlan10
 ip address 191.168.1.1 255.255.255.0
 ip helper-address 172.168.1.1
 no shutdown

```

Рядок `ip helper-address 172.168.1.1` підтверджує, що DHCP-запити з VLAN 10 перенаправляються на Router. Якщо цей рядок відсутній – клієнти VLAN 10 не отримують IP-адресу від DHCP-сервера на R_ПІБ_1, навіть якщо маршрутизація між VLAN налаштована правильно.

```
Router# show ip dhcp binding
```

IP address	Client-ID/Hardware address	Lease expiration	Type
191.168.1.11	0100.50ab.cd12.34	Apr 30 2026 10:00	Automatic
192.168.1.11	0100.50ab.ef56.78	Apr 30 2026 10:05	Automatic

Адреси з різних підмереж VLAN (191.168.x і 192.168.x) у таблиці видач підтверджують коректну роботу **DHCP relay**. Якщо таблиця порожня при активних клієнтах – перевірити **ip helper-address** на SVI та статичні маршрути на Router.

Типові помилки при налаштуванні Inter-VLAN на L3 Switch

1. Не увімкнена маршрутизація. Без команди **ip routing** багаторівневий комутатор працює як звичайний L2 switch – SVI мають IP-адреси для керування, але маршрутизація між VLAN не виконується.

2. VLAN не існує. Якщо VLAN не створена командою **vlan vlan-id**, SVI для неї залишиться у стані **down**.

3. Немає активних портів у VLAN. SVI не перейде у стан **up**, якщо жоден порт, що належить до цієї VLAN, не знаходиться у стані **up**.

4. **Switchport trunk encapsulation**. На комутаторах Catalyst 3560/3750 перед **switchport mode trunk** необхідно виконати **switchport trunk encapsulation dot1q** – інакше **trunk** не активується. Причина: ці моделі підтримують два протоколи тегування – **dot1q** та застарілий **ISL** (Inter-Switch Link), тому тип інкапсуляції необхідно вказати явно. Детальний опис **ISL** та відмінностей від **dot1q** наведено у теоретичних відомостях заняття № 2. На Catalyst 2960 ця команда не потрібна, оскільки 2960 підтримує виключно dot1q.

5. Відсутність **ip helper-address**. Якщо DHCP-сервер розташований на іншому пристрої – без **ip helper-address** клієнти не отримують адреси.

6. Відсутність зворотних маршрутів. Якщо на маршрутизаторі не додані маршрути до підмереж VLAN – відповіді на **ping** не повертаються (**Request timed out**).

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке багаторівневий комутатор (Layer 3 Switch)? Чим він відрізняється від звичайного комутатора L2?
2. Що таке інтерфейс SVI (Switch Virtual Interface)? Яке його призначення?
3. Які умови необхідні для переходу SVI у стан up/up?
4. Якою командою увімкнути маршрутизацію на багаторівневому комутаторі Cisco?
5. Що таке маршрутизований порт (routed port)? Якою командою він створюється?
6. Чим маршрутизований порт відрізняється від порту доступу (access) та транкового порту (trunk)?
7. Порівняйте способи Inter-VLAN Routing: Router-on-a-Stick (заняття 3) та L3 Switch з SVI (заняття 4). Які переваги та недоліки кожного?
8. Для чого потрібна команда `switchport trunk encapsulation dot1q` на L3 Switch? Чому вона не потрібна на комутаторах Catalyst 2960?
9. Що таке DHCP relay? Для чого використовується команда `ip helper-address`?
10. Чому на SVI кожної VLAN необхідно налагоджувати `ip helper-address`, якщо DHCP-сервер знаходиться на зовнішньому маршрутизаторі?
11. Як налаштувати маршрутизацію за замовчуванням на L3 Switch? Якою командою?
12. Чому на маршрутизаторі необхідно додавати статичні маршрути до підмереж VLAN?
13. Якими командами `show` можна перевірити стан SVI, маршрутизацію та VLAN на L3 Switch?
14. Що відбувається, якщо на L3 Switch не виконати команду `ip routing`, але створити SVI з IP-адресами?
15. Як перевірити, що порт комутатора працює як маршрутизований (routed), а не як L2-порт?