ЗАНЯТТЯ 8

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ ПРОТОКОЛУ ДИНАМІЧНОГО РЕЗЕРВУВАННЯ ШЛЮЗУ HSRP У МЕРЕЖІ НА БАЗІ МАРШРУТИЗАТОРІВ CISCO

Мета заняття: ознайомитися з особливостями функціонування та налагодження протоколу динамічного резервування шлюзу HSRP (Hot Standby Router Protocol) на обладнанні Cisco; отримати практичні навички налагодження, моніторингу та діагностування роботи протоколу HSRP у мережі, побудованій на базі маршрутизаторів Cisco; дослідити механізм виборів активного та резервного маршрутизаторів, стани протоколу та таймери; налаштувати функції Interface Tracking і Preempt; дослідити статичне балансування навантаження засобами MHSRP (Multiple HSRP); дослідити аутентифікацію HSRP та налаштувати DHCP-сервер з HSRP-шлюзом.

Обладнання та програмне забезпечення

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

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

Схема підключення

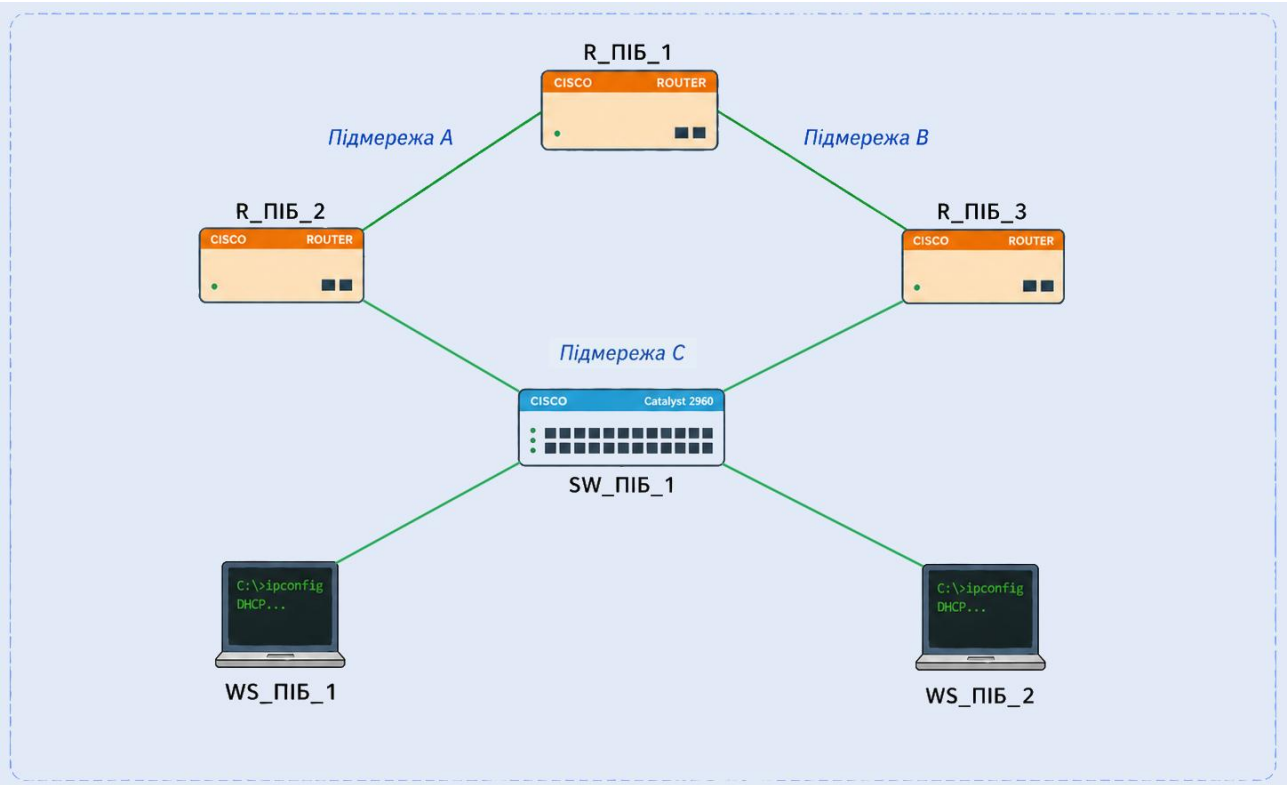

Рис. 8.1. Схема мережі HSRP, що будується у межах заняття

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. 8.1. Маршрутизатори **R_ПІБ_1**, **R_ПІБ_2** та **R_ПІБ_3** підключити до комутатора **SW_ПІБ_1** – таким чином формується підмережа С (HSRP-сегмент). Маршрутизатори R_ПІБ_2 та R_ПІБ_3 підключити до R_ПІБ_1 через підмережі А та В відповідно.
3. Провести налагодження іменування всіх пристроїв мережі (**R_ПІБ_1**, **R_ПІБ_2**, **R_ПІБ_3**, **SW_ПІБ_1**).
4. Розробити схему IP-адресації пристроїв мережі. Для цього скористатися даними табл. 8.5. Результати заповнити у табл. 8.1.

Таблиця 8.1.

Параметри адресації мережі

Мережа / Пристрій	Інтерфейс	MAC-адреса	IP-адреса	Маска	Префікс	Шлюз за замовчуванням
Підмережа A	–	–				–
Підмережа B	–	–				–
Підмережа C	–	–				–
Віртуальний шлюз HSRP (група 1)	–	(HSRP virtual)				–
Віртуальний шлюз HSRP (група 2)	–	(HSRP virtual)				–
R1	до R2					
	до R3					
	до SW1					
R2	до R1					
	до SW1					
R3	до R1					
	до SW1					
SW1	Vlan 1					
WS1	NIC					
WS2	NIC					

5. Налаштувати IP-адресацію на всіх інтерфейсах маршрутизаторів та комутатора згідно з табл. 8.1. ПеревІРити стан інтерфейсів командою **show ip interface brief**. ПеревІРити зв'язок між безпосередньо приєднаними пристроями командою **ping**.

6. Налаштувати статичну маршрутизацію або протокол динамічної маршрутизації (за табл. 8.6) між підмережами A, B і C для забезпечення повного міжмережного зв'язку.

7. Налаштувати **DHCP-сервер** на R_ПІБ_2 та R_ПІБ_3 (або на R_ПІБ_1) для видачі IP-адрес робочим станціям WS_ПІБ_1 та WS_ПІБ_2. Шлюзом за замовчуванням у DHCP-пулі вказати **віртуальну IP-адресу HSRP** (не фізичну адресу маршрутизатора). ПеревІРити отримання адрес командою **ipconfig /all** на WS.

8. Налаштувати **HSRP версія 2 (одна група резервування)** на R_ПІБ_2 та R_ПІБ_3 для підмережі C (HSRP-сегмент). Параметри відповідно до варіанту (табл. 8.7):

- задати номер групи HSRP та версію протоколу командою **standby version 2**;
- задати віртуальну IP-адресу командою **standby [group] ip [virtual-ip]**;
- задати пріоритет командою **standby [group] priority [value]** згідно з варіантом;
- увімкнути функцію Preempt командою **standby [group] preempt** на маршрутизаторі з вищим пріоритетом;
- зафіксувати стан HSRP командами **show standby** та **show standby brief**. Визначити, який маршрутизатор став Active, який – Standby. Заповнити табл. 8.2.

Таблиця 8.2.

Результати дослідження стану HSRP (одна група)

Маршрутизатор	Група HSRP	Роль (Active/Standby)	Пріоритет	Версія	Virtual IP	Virtual MAC	Hello / Hold, с
R2							
R3							

9. Дослідити **функцію Interface Tracking**:

- на маршрутизаторі-Active налаштувати відстеження зовнішнього інтерфейсу командою **standby [group] track [interface] [decrement]** з декрементом пріоритету згідно з варіантом (табл. 8.7);
- вимкнути зовнішній інтерфейс командою **shutdown** – переконатися, що пріоритет Active-маршрутизатора знизився і відбулися перевибори (Preempt). Зафіксувати повідомлення **%HSRP-6-STATECHANGE**;
- відновити інтерфейс командою **no shutdown** – переконатися у зворотньому переключенні. Заповнити табл. 8.3.

Таблиця 8.3.

Результати дослідження Interface Tracking та Preempt

Стан мережі	Active (R)	Standby (R)	Пріоритет Active	Пріоритет Standby	Повідомлення %HSRP-6	Зв'язок WS→WS
До відключення інтерфейсу (базовий стан)						
Після shutdown зовнішнього інтерфейсу на Active						
Після no shutdown (відновлення)						

10. Дослідити **аутентифікацію HSRP (MD5)**:

- на обох маршрутизаторах налаштувати аутентифікацію командою **standby [group] authentication md5 key-string [key]** з ключем згідно з варіантом (табл. 8.7);
- перевІРити, що відносини HSRP збереглися (обидва маршрутизатори бачать одне одного);
- на одному з маршрутизаторів змінити ключ – переконатися, що Standby-маршрутизатор втрачає зв'язок з Active та переходить у стан Active самостійно (split-brain). Відновити правильний ключ.

11. Налаштувати **MHSRP (статичне балансування навантаження)** – дві групи резервування на підмережі С:

- Група 1 (за варіантом, табл. 8.7): R_ПІБ_2 – Active (вищий пріоритет), R_ПІБ_3 – Standby;
- Група 2 (за варіантом, табл. 8.7): R_ПІБ_3 – Active (вищий пріоритет), R_ПІБ_2 – Standby;
- На WS_ПІБ_1 задати шлюз = Virtual IP групи 1; на WS_ПІБ_2 задати шлюз = Virtual IP групи 2;
- ПеревІРити командами **show standby brief** на обох маршрутизаторах – впевнитися, що R_ПІБ_2 є Active для групи 1 і Standby для групи 2, і навпаки для R_ПІБ_3. Заповнити табл. 8.4.

Таблиця 8.4.

Результати налагодження MHSRP (дві групи – статичне балансування)

Група HSRP	Virtual IP	Active маршрутизатор	Пріоритет Active	Standby маршрутизатор	Пріоритет Standby	Шлюз для	show standby brief
1		R2		R3		WS1	
2		R3		R2		WS2	

12. Дослідити **зміну таймерів HSRP**:

- змінити Hello та Hold таймери командою **standby [group] timers [hello] [hold]** згідно з варіантом (табл. 8.7);
- перевIРити застосування таймерів командою **show standby** (поле «Hello time»). Зафіксувати нові значення у табл. 8.2.

13. Дослідити **відмовостійкість** HSRP:

- відключити Active-маршрутизатор командою **shutdown** на інтерфейсі підмережі С;
- виконати **ping** з WS_ПІБ_1 – переконатися, що зв'язок відновився через Standby-маршрутизатор;
- зафіксувати час переключення (кількість втрачених ping-пакетів × інтервал). Відновити інтерфейс.

14. Дослідити роботу протоколу HSRP за допомогою діагностичних команд: **show standby**, **show standby brief**, **show standby all**, **debug standby** (короткочасно), **debug standby events**, **debug standby packets**.

15. Вивести та проаналізувати файли конфігурацій усіх пристроїв мережі.

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

ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Варіант визначається за номером стійки, за якою працюють студенти.

Таблиця 8.5.

Параметри IP-адресації мережі (варіанти)

№ вар.	Підмережа A (R1–R2)	Підмережа B (R1–R3)	Підмережа C (HSRP-сегм.)	BIPт. IP група 1	BIPт. IP група 2
1	172.C.S.0/30	172.C.S.4/30	10.C.S.0/24	10.C.S.254	10.C.S.253
2	172.C.S.8/30	172.C.S.12/30	10.C.S.0/24	10.C.S.30	10.C.S.29
3	172.C.S.16/30	172.C.S.20/30	10.C.S.0/24	10.C.S.62	10.C.S.61
4	172.C.S.24/30	172.C.S.28/30	10.C.S.0/24	10.C.S.94	10.C.S.93
5	172.C.S.32/30	172.C.S.36/30	10.C.S.0/24	10.C.S.126	10.C.S.125
6	172.C.S.40/30	172.C.S.44/30	10.C.S.0/24	10.C.S.158	10.C.S.157
7	172.C.S.48/30	172.C.S.52/30	10.C.S.0/24	10.C.S.190	10.C.S.189
8	172.C.S.56/30	172.C.S.60/30	10.C.S.0/24	10.C.S.222	10.C.S.221
9	172.C.S.64/30	172.C.S.68/30	10.C.S.0/24	10.C.S.254	10.C.S.253
10	172.C.S.72/30	172.C.S.76/30	10.C.S.0/24	10.C.S.30	10.C.S.29
11	172.C.S.80/30	172.C.S.84/30	10.C.S.0/24	10.C.S.62	10.C.S.61
12	172.C.S.88/30	172.C.S.92/30	10.C.S.0/24	10.C.S.94	10.C.S.93
13	172.C.S.96/30	172.C.S.100/30	10.C.S.0/24	10.C.S.126	10.C.S.125
14	172.C.S.104/30	172.C.S.108/30	10.C.S.0/24	10.C.S.158	10.C.S.157
15	172.C.S.112/30	172.C.S.116/30	10.C.S.0/24	10.C.S.190	10.C.S.189
16	172.C.S.120/30	172.C.S.124/30	10.C.S.0/24	10.C.S.180	10.C.S.179
17	172.C.S.128/30	172.C.S.132/30	10.C.S.0/24	10.C.S.58	10.C.S.57
18	172.C.S.136/30	172.C.S.140/30	10.C.S.0/24	10.C.S.48	10.C.S.47
19	172.C.S.144/30	172.C.S.148/30	10.C.S.0/24	10.C.S.24	10.C.S.23
20	172.C.S.152/30	172.C.S.156/30	10.C.S.0/24	10.C.S.112	10.C.S.111

***Примітка*: C** (class) – номер аудиторії: ауд. **107 → 71**, ауд. **107a → 72**; **S** (stand) – номер стійки (зазначено зверху стійки).

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

Таблиця 8.6.

Параметри налагодження протоколу маршрутизації

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Протокол маршрутизації	OSPF	EIGRP	RIP	STATIC	EIGRP	RIP	OSPF	STATIC	RIP	OSPF

Продовження табл. 8.6.

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Протокол маршрутизації	EIGRP	STATIC	OSPF	EIGRP	RIP	STATIC	EIGRP	RIP	OSPF	STATIC

Таблиця 8.7.

Параметри налагодження протоколу HSRP

№ вар.	HSRP група 1	Пріор. R2 (гр.1)	Пріор. R3 (гр.1)	HSRP група 2	Пріор. R2 (гр.2)	Пріор. R3 (гр.2)	Декр. Tracking	Hello/ Hold, с	MD5 ключ	Затримка Preempt, с
1	10	120	100	20	100	120	30	1/3	cisco8!	5
2	10	130	100	20	100	130	30	1/3	netkey2	5
3	10	120	90	20	90	120	30	2/6	pass123	10
4	10	150	100	20	100	150	50	1/3	hsrpkey	5
5	10	110	100	20	100	110	20	2/6	cisco8!	10
6	10	120	100	20	100	120	30	1/3	netkey2	5
7	10	130	100	20	100	130	30	2/6	pass123	5
8	10	150	90	20	90	150	50	1/3	hsrpkey	10
9	10	120	100	20	100	120	30	1/3	cisco8!	5
10	10	110	100	20	100	110	20	2/6	netkey2	5
11	10	130	100	20	100	130	30	1/3	pass123	10
12	10	120	90	20	90	120	30	2/6	hsrpkey	5
13	10	150	100	20	100	150	50	1/3	cisco8!	5
14	10	110	100	20	100	110	20	2/6	netkey2	10
15	10	130	100	20	100	130	30	1/3	pass123	5
16	10	120	100	20	100	120	30	2/6	hsrpkey	5
17	10	150	90	20	90	150	50	1/3	cisco8!	10
18	10	110	100	20	100	110	20	1/3	netkey2	5
19	10	130	100	20	100	130	30	2/6	pass123	5
20	10	120	90	20	90	120	30	1/3	hsrpkey	10

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): призначення та класифікація FHRP-протоколів; протокол HSRP – принцип роботи, стани, таймери, вибIP Active/Standby; функції Interface Tracking та Preempt; MHSRP та статичне балансування навантаження; аутентифікація HSRP.

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. 8.1 з конкретними значеннями.

6. Лістинги команд (або скріншоти) з результатами виконання:

- налагодження HSRP (включно з командами **standby ip**, **standby priority**, **standby preempt**, **standby track**, **standby authentication md5**);

- результати **show standby** та **show standby brief** – заповнена табл. 8.2;
- результати дослідження Interface Tracking – заповнена табл. 8.3;
- результати налагодження MHSRP – заповнена табл. 8.4;
- результати **ping** та **tracert** між WS_ПІБ_1 та WS_ПІБ_2 до та після відмови Active-маршрутизатора;
- фрагмент **debug standby events** під час перевиборів;
- вміст **running-config** усіх маршрутизаторів.

7. Опис проблем, що виникли під час виконання завдання, та шляхи їх усунення.
8. Висновки по заняттю.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Протоколи резервування першого переходу (FHRP)

У сучасних корпоративних мережах критичним компонентом є шлюз за замовчуванням – маршрутизатор, через який кінцеві вузли передають трафік у зовнішні мережі. Вихід з ладу єдиного шлюзу призводить до повної втрати зовнішнього зв'язку для всіх хостів підмережі. Протоколи резервування першого переходу (FHRP – First Hop Redundancy Protocols) вирішують цю проблему шляхом створення групи маршрутизаторів, що разом виступають як єдиний віртуальний шлюз з єдиною IP- та MAC-адресою, прозоро для кінцевих вузлів.

До найпоширеніших FHRP-протоколів належать:

- **HSRP (Hot Standby Router Protocol)** – фIPмовий протокол Cisco, RFC 2281 (v1) та RFC 7734 (v2); найбільш поширений у мережах Cisco;
- **VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol)** – відкритий стандарт IETF, RFC 5798; аналог HSRP для обладнання різних виробників;
- **GLBP (Gateway Load Balancing Protocol)** – фIPмовий протокол Cisco з вбудованим динамічним балансуванням навантаження між усіма учасниками групи одночасно.

Загальна характеристика протоколу HSRP

Протокол HSRP (Hot Standby Router Protocol) розроблений компанією Cisco у 1997 р. для широкомовних мереж з множинним доступом (Ethernet). Основна ідея: група маршрутизаторів обирає один Active-маршрутизатор, який виконує функції шлюзу, та один Standby-маршрутизатор, готовий перебрати функції при відмові Active. Решта маршрутизаторів є запасними (Listen state). Для кінцевих вузлів підмережі вся група виглядає як єдиний віртуальний маршрутизатор з віртуальною IP-адресою та віртуальною MAC-адресою.

Ключові характеристики протоколу:

1. **Транспорт:** UDP, порт 1985 (v1), 1985/2029 (v2); групова адреса 224.0.0.2 (v1) або 224.0.0.102 (v2);
2. **Версії:** HSRPv1 підтримує до 256 груп, HSRPv2 – до 4096 груп і підтримує IPv6;

3. **Пріоритет:** діапазон 0–255, за замовчуванням 100; маршрутизатор з найбільшим пріоритетом стає Active; при рівних пріоритетах – порівнюються IP-адреси (більша стає Active);

4. **Таймери:** Hello Time – 3 с (за замовч.); Hold Time – 10 с (за замовч.); якщо Standby не отримує Hello протягом Hold Time – ініціює перевибори;

5. **Virtual MAC-адреса:** 0000.0C07.ACXX (v1), 0000.0C9F.FXXX (v2), де XX/XXX – номер групи HSRP.

Стани протоколу HSRP

Кожен маршрутизатор у процесі роботи HSRP послідовно проходить такі стани:

1. **Initial** – початковий стан після активації інтерфейсу або зміни параметрів HSRP;

2. **Learn** – маршрутизатор очікує отримання Hello від Active з метою дізнатися Virtual IP та значення таймерів;

3. **Listen** – маршрутизатор знає Virtual IP, але не є ні Active, ні Standby; прослуховує повідомлення Active та Standby;

4. **Speak** – маршрутизатор надсилає власні Hello, беручи участь у виборах Active та Standby;

5. **Standby** – маршрутизатор є резервним (другий за пріоритетом); постійно надсилає Hello для підтвердження своєї готовності;

6. **Active** – маршрутизатор виконує функції шлюзу: відповідає на ARP-запити за Virtual IP, пересилає пакети.

Діаграма переходів: при активації інтерфейсу → Initial → Learn (якщо Virtual IP невідома) → Listen → Speak → Standby або Active. При відмові Active-маршрутизатора: «Standby-маршрутизатор переходить у стан Active після спливання Hold Time (за замовчуванням 10 с) – саме стільки він чекає на Hello-повідомлення, перш ніж констатувати відмову сусіда. Додаткових виборів не потрібно: Standby вже відомий. Час перемикання можна скоротити до мілісекунд, зменшивши таймери командою standby timers msec.»

Функції Interface Tracking та Preempt

Interface Tracking – механізм моніторингу стану зовнішніх (uplink) інтерфейсів маршрутизатора. Якщо відстежуваний інтерфейс виходить з ладу, пріоритет HSRP-маршрутизатора автоматично знижується на задане значення (decrement, за замовч. 10). Це може призвести до зміни ролей, якщо пріоритет став нижчим за пріоритет Standby-маршрутизатора. При відновленні інтерфейсу пріоритет повертається до попереднього значення.

Preempt – функція, що дозволяє маршрутизатору з вищим пріоритетом «відібрати» роль Active у поточного Active-маршрутизатора. За замовчуванням Preempt вимкнений – маршрутизатор, що повернувся у мережу після відмови, навіть маючи вищий пріоритет, залишається у ролі Standby. Preempt обов'язково вмикати разом з Interface Tracking для коректної роботи механізму відновлення.

Команда налагодження:

…

Router(config-if)# standby 1 track GigabitEthernet0/0 30

Router(config-if)# standby 1 preempt delay minimum 5

…

MHSRP – статичне балансування навантаження

MHSRP (Multiple HSRP) – використання двох або більше груп HSRP на одному інтерфейсі для організації статичного балансування навантаження між маршрутизаторами. Кожна група має свою Virtual IP-адресу. Частина хостів підмережі налаштовується на шлюз = Virtual IP групи 1 (де R_ПІБ_2 є Active), інша частина – на шлюз = Virtual IP групи 2 (де R_ПІБ_3 є Active). При цьому обидва маршрутизатори одночасно виконують функції шлюзу для різних груп хостів. Кожна група має власний Standby-маршрутизатор – таким чином досягається і балансування, і резервування.

Приклад налагодження MHSRP:

1. Router1 – Active для групи 1, Standby для групи 2

…

Router1(config-if)# standby 1 ip 10.10.1.254

Router1(config-if)# standby 1 priority 120

Router1(config-if)# standby 1 preempt

Router1(config-if)# standby 2 ip 10.10.1.253

Router1(config-if)# standby 2 priority 100

…

2. Router2 – Active для групи 2, Standby для групи 1

…

Router2(config-if)# standby 1 ip 10.10.1.254

Router2(config-if)# standby 1 priority 100

Router2(config-if)# standby 2 ip 10.10.1.253

Router2(config-if)# standby 2 priority 120

Router2(config-if)# standby 2 preempt

…

Аутентифікація HSRP

HSRP підтримує два механізми аутентифікації для захисту від несанкціонованого підключення маршрутизаторів до групи резервування:

1. **Plaintext (відкритий текст)** – пароль передається у відкритому вигляді у Hello-повідомленнях (не рекомендований для продакшн-мереж);

2. **MD5** – хеш пароля; навіть перехоплення пакетів не дозволяє відновити ключ. Налагоджується командою **standby authentication md5 key-string KEY**. Маршрутизатори з різними ключами не встановлять відносини HSRP між собою. Обидва маршрутизатори повинні мати однаковий ключ.

…

Router1(config-if)# standby 1 authentication md5 key-string cisco8!

Router2(config-if)# standby 1 authentication md5 key-string cisco8!

…

Команди налагодження та моніторингу HSRP

Таблиця 8.8.

Команди налагодження, моніторингу та діагностики протоколу HSRP

Команда	Призначення
standby [gr] ip [vip]	Активація HSRP та задання Virtual IP-адреси групи
standby version {1|2}	ВибIP версії протоколу (v2 підтримує більше груп та IPv6)
standby [gr] priority [0-255]	Задання пріоритету маршрутизатора у групі
standby [gr] preempt [delay min N]	Дозвіл на захоплення ролі Active при вищому пріоритеті
standby [gr] track INT [decrement]	Відстеження зовнішнього інтерфейсу; зниження пріоритету при відмові
standby [gr] timers H S	Зміна Hello (H) та Hold (S) таймерів у секундах
standby [gr] authentication md5 key-string KEY	Налагодження MD5-аутентифікації групи HSRP
standby [gr] name NAME	Текстове ім'я групи резервування
show standby	Детальна інформація про всі HSRP-групи: стан, пріоритет, таймери, Virtual IP/MAC
show standby brief	Коротка таблиця HSRP-груп: інтерфейс, група, пріоритет, Active, Standby, VIP
show standby all	Повна інформація з усіх інтерфейсів включно з параметрами аутентифікації
show standby delay	Затримки ініціалізації HSRP на інтерфейсах
debug standby	Увімкнути дебаг усіх подій HSRP
debug standby events	Дебаг подій зміни стану та пріоритету
debug standby packets	Дебаг пакетів Hello, Coup, Resign
debug standby terse	Скорочений дебаг (тільки значущі події)
undebug all	Вимкнути всі дебаги

Рекомендована послідовність перевIPки роботи протоколу HSRP

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

1. ПеревIPка стану інтерфейсів.

```
Router1# show ip interface brief
GigabitEthernet0/0   10.10.1.2   YES manual up   up
GigabitEthernet0/1   192.168.1.2  YES manual up   up
```

Усі інтерфейси мають бути у стані up/up. Стан up/down означає відсутність кабелю або проблему на протилежному кінці.

2. ПеревIPка стану HSRP (коротка форма).

```
Router1# show standby brief
                     P indicates configured to preempt.
Interface   Grp  Pri P State   Active          Standby         Virtual IP
Gi0/0       1    120 P Active  local           10.10.1.3       10.10.1.254
Gi0/0       2    100   Standby 10.10.1.3       local           10.10.1.253
```

Стовпець State: **Active** – маршрутизатор є активним шлюзом; **Standby** – резервний, готовий перейняти функції. Символ **P** у стовпці Pri – Preempt увімкнений. «local» у стовпці Active/Standby означає, що цей маршрутизатор і є Active або Standby відповідно.

3. Детальна перевІРка HSRP.

```
Router1# show standby GigabitEthernet0/0 1
GigabitEthernet0/0 - Group 1 (version 2)
  State is Active
    4 state changes, last state change 00:05:23
  Virtual IP address is 10.10.1.254
  Active virtual MAC address is 0000.0C9F.F001
    Local virtual MAC address is 0000.0C9F.F001 (v2 default)
  Hello time 1 sec, hold time 3 sec
  Next hello sent in 0.608 secs
  Preemption enabled, delay min 5 secs
  Active router is local
  Standby router is 10.10.1.3, priority 100 (expires in 2.848 sec)
  Priority 120 (configured 120)
    Track interface GigabitEthernet0/1 state Up decrement 30
  Authentication MD5, key-string
  Group name is "hsrp-Gi0/0-1" (default)
```

Поле «State is Active» – підтверджує роль. **Virtual IP/MAC** – адреси, на які відповідає Active-маршрутизатор. **Hello time / hold time** – таймери, що мають збігатися на обох маршрутизаторах. **Track interface** – відстежуваний інтерфейс та величина декременту пріоритету.

4. ПеревІРка відмовостійкості.

```
Router1(config-if)# shutdown
%HSRP-6-STATECHANGE: GigabitEthernet0/0 Grp 1 state Active -> Speak
%HSRP-6-STATECHANGE: GigabitEthernet0/0 Grp 1 state Speak -> Standby

На R2:
%HSRP-6-STATECHANGE: GigabitEthernet0/0 Grp 1 state Standby -> Active
```

Повідомлення **%HSRP-6-STATECHANGE** підтверджує зміну ролей. Час між відключенням інтерфейсу і повідомленням Active на R_ПІБ_3 = Hold Time (за замовч. 10 с). Зменшення таймерів **standby timers msec 200 msec 600** дозволяє скоротити час перемикання до <1 с.

5. ПеревІРка наскрізного зв'язку через Virtual IP.

```
C:\> ping 10.71.1.254
Reply from 10.71.1.254: bytes=32 time=1ms TTL=255

C:\> arp -a
10.71.1.254    0000-0c9f-f001   dynamic
```

Успішний ping до Virtual IP підтверджує коректну роботу HSRP. ARP-таблиця хоста повинна містити Virtual MAC, а не фізичну MAC-адресу маршрутизатора. При переключенні Active → Standby Virtual MAC залишається незмінною, тому хосту не потрібно оновлювати ARP-кеш.

6. ПеревІРка MHSRP – обидві групи одночасно.

```
Router1# show standby brief
Interface   Grp  Pri P State   Active      Standby     Virtual IP
Gi0/0       1    120 P Active  local       10.10.1.3   10.10.1.254
Gi0/0       2    100   Standby 10.10.1.3   local       10.10.1.253
```

Router2 є Active для групи 1 і Standby для групи 2 одночасно. Аналогічно Router1 є Active для групи 2 і Standby для групи 1. Таким чином, WS1 (шлюз = 10.10.1.254) використовує R1, а WS2 (шлюз = 10.10.1.253) – R2.

Типові помилки при налагодженні HSRP

1. Розбіжність Virtual IP між маршрутизаторами групи. Якщо на R1 Virtual IP = 10.10.1.254, а на R2 – 10.10.1.253, вони не сформують спільну групу HSRP. Виявляється командою **show standby brief** – обидва маршрутизатори будуть у стані Active для різних адрес.

2. Відсутність Preempt при використанні Interface Tracking. Якщо Preempt вимкнений, маршрутизатор з відновленим зовнішнім інтерфейсом та вищим пріоритетом не поверне собі роль Active автоматично – мережа залишиться на субоптимальному маршруті. Preempt обов'язково вмикати на маршрутизаторі з вищим пріоритетом.

3. Неправильна версія HSRP (v1/v2 розбіжність). HSRPv1 і HSRPv2 використовують різні multicast-адреси (224.0.0.2 vs 224.0.0.102). Маршрутизатори з різними версіями не бачать Hello одне одного і обидва переходять у стан Active (split-brain). ПеревІРити командою **show standby** – рядок «version».

4. Розбіжність MD5-ключів аутентифікації. Маршрутизатори з різними ключами ігнорують Hello одне одного. Обидва переходять у стан Active для своєї групи. Виявляється через **debug standby packets** – повідомлення «authentication mismatch».

5. Недостатній декремент Interface Tracking. Якщо декремент менший за різницю пріоритетів, пониження пріоритету Active не призведе до перевиборів. Приклад: Active пріоритет 120, Standby – 100, декремент = 10 → після відмови Active стає 110, що більше 100 – перевиборів не відбудеться. Декремент повинен бути достатнім: **decrement > priority_Active - priority_Standby**.

6. Шлюз у DHCP-пулі вказує на фізичну IP замість Virtual IP. Якщо хост отримає фізичну IP-адресу маршрутизатора як шлюз – при відмові цього маршрутизатора хост втратить зв'язок, навіть якщо HSRP коректно переключило роль Active. Завжди вказувати **default-router VIRTUAL_IP** у DHCP-пулі.

7. IGMP Snooping заважає HSRP Hello. На деяких комутаторах IGMP Snooping може блокувати груповий трафік HSRP (224.0.0.102), якщо комутатор не знає, на які порти його пересилати. Рішення: або відключити IGMP Snooping командою **no ip igmp snooping** на комутаторі, або додати статичний маршрут для multicast-групи HSRP.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке FHRP? Перелічіть три найбільш поширені протоколи з цієї групи та вкажіть їх ключові відмінності.
2. Поясніть принцип роботи протоколу HSRP. Що таке Virtual IP і Virtual MAC? Навіщо вони потрібні?
3. Перелічіть стани протоколу HSRP та опишіть умови переходу між ними. Який стан є нормальним робочим для Active-маршрутизатора?
4. За яким алгоритмом відбуваються вибори Active та Standby маршрутизаторів у групі HSRP? Що відбувається при рівних пріоритетах?
5. Що таке таймери Hello Time та Hold Time? Які значення є за замовчуванням? Яким чином їх зміна впливає на час перемикання при відмові?
6. Поясніть призначення функції Interface Tracking. Чому недостатнього декременту може бути замало для ініціювання перевиборів?
7. Що таке функція Preempt? Чому її необхідно вмикати разом з Interface Tracking? Що станеться без Preempt після відновлення Active-маршрутизатора?
8. Чим відрізняється HSRP Version 1 від Version 2? Назвіть конкретні технічні відмінності (multicast-адреса, кількість груп, підтримка IPv6).
9. Що таке MHSRP? Як за його допомогою реалізується статичне балансування навантаження? Наведіть приклад з двома групами.
10. Яка різниця між балансуванням у MHSRP та GLBP? У чому обмеженість статичного балансування MHSRP?
11. Які механізми аутентифікації підтримує HSRP? Що відбудеться, якщо на двох маршрутизаторах задано різні MD5-ключі?
12. Якою командою налагоджується HSRP? Перелічіть обов'язкові та необов'язкові команди для базового налагодження.
13. Яку інформацію виводить команда show standby brief? Розшифруйте кожен стовпець у її виводі.
14. Чому у DHCP-пулі шлюз за замовчуванням має вказувати на Virtual IP HSRP, а не на фізичну адресу маршрутизатора?
15. Що таке split-brain у контексті HSRP? Через які помилки він виникає та як його виявити?
16. Яка Virtual MAC-адреса формується для групи HSRP 1 у версії 2? Запишіть формулу.
17. Яким чином HSRP взаємодіє з функцією IGMP Snooping на комутаторі? Яка проблема може виникнути і як її вирішити?
18. Якими командами дебагу можна спостерігати за процесом перевиборів Active/Standby у реальному часі?
19. Порівняйте HSRP та VRRP: спільні риси та відмінності у термінології, таймерах, адресах.
20. Якими способами можна зменшити час переключення HSRP при відмові Active-маршрутизатора нижче 1 секунди?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 р. № 1556-VII.
2. Положення «Про проведення практики студентів вищих навчальних закладів України», затвердженого наказом МОН України від 08.04.1993 р. № 93.
3. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.
4. ДСТУ 8302:2015 Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 17 с.
5. Odom Wendell. CCNA 200-301 Official Cert Guide. Volume 1. / Wendell Odom. Cisco Press, 2020. – 1095 p.
6. Odom Wendell. CCNA 200-301 Official Cert Guide. Volume 2. / Wendell Odom. Cisco Press, 2020. – 774 p.
7. Буров Є.В. Комп'ютерні мережі. Підручник. Том 1. / Є.В. Буров, М.М. Митник. – Львів: «Магнолія 2006», 2021. – 334 с.
8. Буров Є.В. Комп'ютерні мережі. Підручник. Том 2. / Є.В. Буров, М.М. Митник. – Львів: «Магнолія 2006», 2021. – 204 с.
9. Єфіменко А.А. Основи побудови локальних комп'ютерних мереж Ethernet на базі керованих комутаторів компанії Cisco: навч. посіб. – Житомир: ДУ «Житомирська політехніка», 2021. – 116 с.
10. Єфіменко А.А. Комп'ютерні мережі: методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт. Ч. 1–3. – Житомир: ЖДТУ, 2017–2019.
11. Дячук О.Ю., Єфіменко А.А., Колощук М.С. Глобальні мережі: методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт. – Житомир: Житомирська політехніка, 2025. – 192 с.
12. Huawei Technologies Co. S5700 Series Ethernet Switches Configuration Guide. – Shenzhen: Huawei, 2023.
13. Cisco Systems. Cisco IOS Configuration Fundamentals Command Reference. – San Jose: Cisco Press, 2022.
14. Навчальний курс CCNA: Introduction to Networks [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.netacad.com.
15. Навчальний курс CCNA: Switching, Routing, and Wireless Essentials [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.netacad.com.
16. Комп’ютерні мережі : навч. посіб. [Електронний ресурс] / А.В.Чепинога, А.А.Єфіменко, К.С.Рудаков, А.О.Лавданський, Є.В.Ланських, Е.В.Фауре. – Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2025. – 386 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Зразок титульного аркуша звіту з технологічної практики

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

ЗВІТ З ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПРАКТИКИ № 2

Студента (ки) _____ курсу групи _____
спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

_____
(прізвище та ініціали студента)

Керівник практики від кафедри:

_____
(вчений ступінь, звання, прізвище та ініціали)

Житомир – 20ХХ

ДОДАТОК Б

Зразок сторінки щоденника практики

Дата	Найменування виконаних робіт	Підпис студента	Підпис керівника
	Заняття 1. Дослідження та налагодження агрегації каналів EtherChannel і Multilink PPP у мережах на базі обладнання Cisco.		

Відгук керівника практики:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Дата:_____ Підпис керівника: _____

_____