

Лабораторна робота № 5

НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ

РОБОТИ ПРОТОКОЛУ ДИНАМІЧНОГО

РЕЗЕРВУВАННЯ ШЛЮЗУ VRRP

У МЕРЕЖІ НА БАЗІ ОБЛАДНАННЯ CISCO

Мета заняття: ознайомитися з особливостями функціонування та налагодження роботи протоколу динамічного резервування шлюзу VRRP на обладнанні Cisco; отримати практичні навички налагодження, моніторингу та діагностування роботи протоколу VRRP у мережі, побудованій на базі обладнання Cisco; дослідити процес роботи протоколу VRRP та процеси передачі даних у побудованій мережі.

Теоретичні відомості

Загальні відомості про протокол динамічного резервування шлюзу VRRP

Протокол VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) був розроблений як альтернатива закритим протоколам (у першу чергу фірмовому протоколу Cisco HSRP) і є єдиним на сьогодні стандартним відкритим протоколом динамічного резервування шлюзу. Окрім динамічного резервування шлюзу у протоколі VRRP існує можливість використання статичного балансування (розподілу) навантаження.

У розробці стандартів даного протоколу брали участь провідні фахівці багатьох світових розробників та виробників мережного обладнання та програмного забезпечення, зокрема, Ascend Communications Inc., Microsoft Inc., Nokia, Digital Equipment Corp., IBM Corporation, Ericsson. Основною організацією, яка координує розробку стандартів протоколу VRRP, є IETF. Відповідно цей протокол описаний у таких стандартах IETF: RFC-2338 „Virtual Router Redundancy Protocol”, RFC-2787 „Definitions of Managed Objects for the Virtual Router Redundancy Protocol”, RFC-3768 „Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)”, RFC-5798 „Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) Version 3 for IPv4 and IPv6”, RFC-6527 „Definitions of Managed Objects for the Virtual Router Redundancy Protocol Version 3 (VRRPv3)”. Питання застосування протоколу VRRP розглянуті і в

деяких інших стандартах IETF, зокрема, RFC-5342 „IANA Considerations and IETF Protocol Usage for IEEE 802 Parameters”, RFC-7042 „IANA Considerations and IETF Protocol and Documentation Usage for IEEE 802 Parameters”, які належать до категорії „Best Current Practice”.

На базі протоколу VRRP провідні виробники мережного обладнання (зокрема, фірми Brocade Communications Systems, Inc та Hewlett-Packard Company) розробили тестову версію нового відкритого промислового протоколу VRRPE (VRRP Extended), у якому реалізували динамічне балансування навантаження.

Існують три версії протоколу VRRP. Сьогодні широко використовуються дві з них: VRRP Version 2, описана у RFC-3768 та орієнтована на функціонування в IP-мережах версії 4, і VRRP Version 3, описана у RFC-5798 та орієнтована на функціонування в IP-мережах версій 4 та 6.

Стосовно моделі OSI протокол VRRP є протоколом мережного рівня. Відповідно, стосовно стеку TCP/IP даний протокол є протоколом рівня міжмережної взаємодії. Повідомлення протоколу VRRP напряду інкапсулюються в IP-пакети, які у свою чергу інкапсулюються у кадри канального рівня відповідної мережної технології. Як адреси призначення в IP-пакетах використовуються IP-адреси групової розсилки, зарезервовані за протоколом VRRP. Групові MAC-адреси призначення у кадрах формуються за правилами перетворення групових IP-адрес.

Для забезпечення функціонування протоколу VRRP введено поняття маршрутизатор VRRP (VRRP Router) та група резервування VRRP. Маршрутизатором VRRP є будь-який маршрутизатор, на якому активовано використання протоколу VRRP. До групи резервування протоколу VRRP входять активний маршрутизатор VRRP (VRRP Master Router, VRRP Virtual Router Master) та резервні маршрутизатори VRRP (VRRP Backup Routers, VRRP Virtual Router Backups). Оскільки одна група резервування VRRP передбачає підтримку функціонування одного віртуального маршрутизатора (VRRP Virtual Router), то для її позначення використовується ідентифікатор віртуального маршрутизатора VRID (VRRP Virtual Router IDentifier). Цій групі відповідають одна віртуальна адреса мережного рівня (VRRP Virtual IP-Address) та одна віртуальна адреса канального рівня (VRRP Virtual MAC-Address). Virtual

IP-Address – це адреса шлюзу за замовчуванням для кінцевих вузлів мережі. У протоколі VRRP наявне поняття власника IP-адреси (VRRP IP-Address Owner) – це маршрутизатор VRRP, що використовує IP-адресу, призначену віртуальному маршрутизатору, як реальну IP-адресу, призначену інтерфейсу. Оскільки функції віртуального маршрутизатора VRRP фактично виконує активний маршрутизатор VRRP, то саме через нього здійснюється фізична пересилка IP-пакетів до інших мереж. Слід зазначити, що один реальний маршрутизатор може бути членом кількох груп резервування VRRP, в одних групах він може бути активним, в інших – резервним. За рахунок цієї властивості реалізуються схеми підключення локальних мереж, у яких необхідне статичне балансування навантаження.

Вибори активного маршрутизатора VRRP здійснюються на основі механізму пріоритетів (Priority). Пріоритет може набувати значень у діапазоні від 0 до 255. Маршрутизатор із найбільшим пріоритетом вибирається як активний маршрутизатор VRRP, йому призначаються віртуальні IP-адреса і MAC-адреса, і на нього покладаються функції маршрутизації. Решта маршрутизаторів групи резервування є резервними маршрутизаторами. Якщо пріоритети маршрутизаторів, які претендують на роль активного, однакові, то виконується порівняння їх IP-адрес і маршрутизатор із найбільшою адресою стає активним маршрутизатором VRRP.

Правила протоколу VRRP передбачають, що активний маршрутизатор групи резервування періодично (через інтервал Advertisement Interval) розсилає службові повідомлення для підтвердження свого статусу, відомі як VRRP-оголошення (VRRP Advertisement). Структури повідомлення протоколу VRRP версій 2 та 3 наведені у додатку Б. Якщо VRRP-оголошення відсутні протягом певного проміжку часу (Master Down Interval), то вважається, що активний маршрутизатор вийшов із ладу (або вимкнений примусово) і активним стає той з резервних маршрутизаторів, пріоритет якого є найбільшим. Значення інтервалу Advertisement Interval встановлюється за замовчуванням і може змінюватися адміністратором мережі.

Значення інтервалу Master Down Interval розраховується за спеціальною формулою:

$$Master_Down_Interval = 3 \times Advertisement_Interval + Scew_Time,$$

де *Master_Down_Interval* – інтервал Master Down Interval, с;
Advertisement_Interval – інтервал Advertisement Interval, с;
Scew_Time – час відхилення, с.

Значення часу відхилення розраховується за формулою:

$$Scew_Time = (256 - Priority) / 256,$$

де *Priority* – значення пріоритету VRRP-маршрутизатора.

У роботі протоколу VRRP використовуються два службові таймери: Adver Timer та Master Down Timer. Таймер Adver Timer – це таймер, який спрацьовує для ініціалізації відправлення VRRP-оголошень, він формується за допомогою значення інтервалу Advertisement Interval. Таймер Master Down Timer – це таймер, який спрацьовує у тому разі, коли VRRP-оголошення не приходило протягом інтервалу Master Down Interval.

У ході виконання операцій протоколу маршрутизатор VRRP групи резервування може знаходитися в одному з таких станів:

- початковий стан (*Initialize State*);
- стан активного маршрутизатора (*Master State/Master Router*);
- стан резервного маршрутизатора (*Backup State/Backup Router*).

Діаграма змін станів маршрутизатора VRRP наведена на рис. 1. Ця діаграма використовується в усіх версіях протоколу VRRP. Відмітності стосуються лише умов переходів між станами. Для VRRP версії 2 ці умови описано нижче.

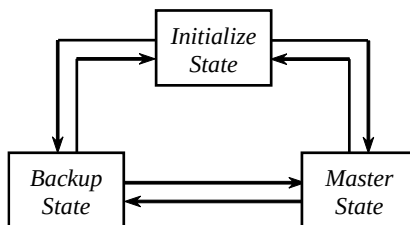


Рис. 1. Діаграма змін станів маршрутизатора VRRP

Початково VRRP-маршрутизатор знаходиться у стані *Initialize State*. У цьому стані він очікує на подію, яка сигналізує про початок

роботи протоколу (Startup Event). Після того, як використання протоколу VRRP на маршрутизаторі активовано, виконується перевірка, чи дорівнює пріоритет пристрою 255 (тобто чи є маршрутизатор власником IP-адреси, призначеної віртуальному маршрутизатору).

Якщо пріоритет дійсно дорівнює 255, то маршрутизатор повинен виконувати такі дії:

- розсилати повідомлення-оголошення VRRP Advertisement;
- надіслати запит Gratuitous ARP (містить MAC-адресу віртуального маршрутизатора для кожної IP-адреси, що асоційована з віртуальним маршрутизатором);
- встановити значення таймера Adver Timer таким, що дорівнює значенню інтервалу Advertisement Interval;
- перейти до стану *Master State*.

Якщо ж пріоритет пристрою не дорівнює 255, то маршрутизатор повинен перейти до стану *Backup State*.

У стані *Backup State* маршрутизатор здійснює моніторинг доступності і стану активного маршрутизатора. У цьому стані маршрутизатор повинен виконувати такі дії:

- не відповідати на ARP-запити, що стосуються IP-адреси, асоційованої з віртуальним маршрутизатором;
- відкидати повідомлення з MAC-адресою отримувача, яка дорівнює MAC-адресі віртуального маршрутизатора;
- не повинен приймати повідомлення, що відправлені на IP-адресу, яка асоційована з віртуальним маршрутизатором;
- якщо на маршрутизаторі відключається функціонування протоколу VRPR (Shutdown Event), то маршрутизатор повинен обнулити таймер Master Down Timer та перейти до стану *Initialize State*;
- якщо спрацює таймер Master Down Timer, то маршрутизатор повинен: надіслати VRRP-оголошення, розіслати запит Gratuitous ARP (що містить MAC-адресу віртуального маршрутизатора для кожної IP-адреси, яка асоційована з віртуальним маршрутизатором), встановити значення таймера Adver Timer таким, що дорівнює Advertisement Interval, та перейти у стан *Master State*;
- якщо отримано VRRP-оголошення, то маршрутизатор повинен виконати перевірку, чи дорівнює пріоритет в отриманому повідомленні 0; якщо ж пріоритет дорівнює 0, то встановити значення тай-

мера Master Down Timer таким, що дорівнює Skew Time, у протилежному разі виконати такі дії: якщо значення Preempt дорівнює False або якщо пріоритет в отриманому повідомленні більший чи дорівнює локальному пріоритету, то встановити Master Down Timer таким, що дорівнює Master Down Interval; інакше – відкинути отримане VRRP-оголошення.

У стані *Master State* маршрутизатор відповідає за пересилку IP-пакетів, що спрямовуються на IP-адресу, яка асоційована з віртуальним маршрутизатором. У цьому стані маршрутизатор повинен виконувати такі дії:

- відповідати на ARP-запити, що спрямовані на IP-адресу, яка асоційована з віртуальним маршрутизатором;

- повинен опрацьовувати повідомлення з MAC-адресою отримувача, яка дорівнює MAC-адресі віртуального маршрутизатора;

- не повинен приймати повідомлення, що відправлені на IP-адресу, яка асоційована з віртуальним маршрутизатором, якщо він не є власником IP-адреси;

- повинен приймати повідомлення, що відправлені на IP-адресу, яка асоційована з віртуальним маршрутизатором, якщо він є власником IP-адреси;

- якщо на маршрутизаторі відключається функціонування протоколу VRPR (Shutdown Event), то маршрутизатор повинен обнулити таймер Adver Timer, надіслати VRRP-оголошення, у якому пріоритет дорівнює нулеві та перейти до стану *Initialize State*;

- якщо спрацює таймер Adver Timer, то маршрутизатор повинен: надіслати VRRP-оголошення, встановити значення Adver Timer таким, що дорівнює значенню Advertisement Interval;

- якщо отримано VRRP-оголошення, то маршрутизатор повинен перевірити значення пріоритету у цьому оголошенні і якщо значення пріоритету дорівнює нулеві, то маршрутизатор повинен: надіслати VRRP-оголошення, встановити значення Adver Timer таким, що дорівнює значенню Advertisement Interval, якщо ж значення пріоритету в отриманому VRRP-оголошенні більше за значення локального пріоритету або якщо значення пріоритету в отриманому VRRP-оголошенні дорівнює локальному пріоритету й основна IP-адреса відправника більша від локальної основної IP-адреси, то

маршрутизатор повинен: обнулити таймер *Adver Timer*, встановити значення *Master Down Timer* таким, що дорівнює значенню *Master Down Interval*, перейти до стану *Backup State*, інакше маршрутизатор повинен відкинути VRRP-оголошення.

Недоліком протоколу VRRP, у порівнянні з протоколом HSRP, є відсутність корисної функції контролю стану зовнішніх щодо VRRP інтерфейсів та каналних сегментів. Неможливість враховувати стан зовнішніх інтерфейсів та підключених каналів зв'язку робить процедуру вибору активного маршрутизатора досить формальною. Для усунення цього недоліку виробники обладнання вимушені реалізовувати спеціальні механізми контролю зовнішніх інтерфейсів, каналів та мереж, відомі як EOT (Enhanced Object Tracking). Функція перевиборів *Preemt* у протоколі VRRP наявна і діє подібно до аналогічної функції протоколу HSRP.

Параметри протоколу VRRP версії 2 за замовчуванням наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Параметри протоколу VRRP версії 2 за замовчуванням

Характеристика/параметр	Значення
Функціонування протоколу за замовчуванням	неактивований
Групова IP-адреса призначення	224.0.0.18
Номер протоколу в IP-пакеті	112
Кількість груп резервування	до 256
Віртуальна MAC-адреса	00-00-5E-00-01-XX
Пріоритет інтерфейсу за замовчуванням	100
Інтервал <i>Advertise Interval</i> за замовчуванням, с	1
Інтервал <i>Master Down Interval</i> за замовчуванням, с	розраховується за формулою
Крок зміни пріоритету інтерфейсу пристрою при виконанні операції механізму EOT (Enhanced Object Tracking).	10

Примітка: XX – номер групи резервування VRRP.

Порядок налагодження функціонування протоколу VRRP на маршрутизаторі Cisco

Налагодження функціонування протоколу динамічного резервування шлюзу VRRP версії 2 на маршрутизаторі Cisco згідно з рекомендаціями виробника складається із певних обов'язкових та необов'язкових етапів. Порядок виконання згаданих етапів є таким:

1. Вибрати та активувати фізичний (Ethernet) інтерфейс маршрутизатора, налагодити параметри IP-адресації для обраного інтерфейсу (обов'язково).

2. Активувати функціонування протоколу на обраному інтерфейсі (обов'язково).

3. Зазначити текстовий опис групи резервування протоколу VRRP (необов'язково).

4. Налагодити параметри вибору (пріоритет) VRRP-маршрутизатора (необов'язково).

5. Налагодити часові параметри розсилки та опрацювання повідомлень протоколу (необов'язково).

6. Створити логічні об'єкти, пов'язані з контролем функціонування певних елементів мережі (фізичного каналу, маршруту у таблиці маршрутизації тощо), і налагодити параметри їх функціонування (необов'язково).

7. Налагодити параметри відстеження (контролю) стану зовнішніх щодо VRRP логічних об'єктів, пов'язаних із контролем функціонування певних фізичних і логічних елементів мережі, та параметри впливу на роботу протоколу в разі виникнення певних подій, пов'язаних із цими об'єктами (необов'язково).

8. Налагодити параметри активації протоколу VRRP після відновлення функціонування зовнішніх щодо VRRP елементів мережі (необов'язково).

9. Відключити функціонування не потрібних на момент налагодження груп резервування протоколу (необов'язково).

10. Налагодити параметри аутентифікації протоколу (необов'язково).

Порядок налагодження функціонування протоколу VRRP версії 3 має певні відмінності. Тому для отримання детальнішої інформації рекомендується користуватися технічною документацією.

Команди налагодження функціонування протоколу динамічного резервування шлюзу VRRP на маршрутизаторах Cisco

Налагодження функціонування протоколу динамічного резервування шлюзу VRRP може здійснюватися як на маршрутизаторах, так і на комутаторах 3-го рівня, виготовлених фірмою Cisco. Деякі відмінності у процесі налагодження можуть виникати через особливості синтаксису команд та версій Cisco IOS. Слід пам'ятати, що налагодження виконується не на маршрутизаторі у цілому, а лише на певному його інтерфейсі. За замовчуванням функціонування протоколу VRRP на інтерфейсі вимкнено. Основною командою, від якої походить решта команд для налагодження засобів протоколу VRRP у Cisco IOS, є команда **vrrp**. До переліку похідних команд входять такі команди як: **vrrp authentication**, **vrrp description**, **vrrp ip**, **vrrp preempt**, **vrrp priority**, **vrrp shutdown**, **vrrp timers**, **vrrp track**. Призначення та синтаксис вищезгаданих команд наведено нижче.

Для активації функціонування протоколу VRRP використовується команда **vrrp ip**. Для зазначення текстового опису групи резервування протоколу VRRP застосовується команда **vrrp description**. Зміна пріоритету VRRP-маршрутизатора здійснюється за допомогою команди **vrrp priority**. Часові параметри розсилки та опрацювання повідомлень протоколу VRRP можна змінити за допомогою команди **vrrp timers**. За допомогою команди **vrrp shutdown** на інтерфейсі здійснюється відключення функціонування певної групи резервування VRRP.

Команда **vrrp track** дає змогу відстежувати стан зовнішніх щодо VRRP логічних об'єктів, пов'язаних з функціонуванням певних елементів мережі (інтерфейсів, каналів, протоколів), і впливати на роботу протоколу в разі виходу їх з ладу. Із застосуванням цієї команди тісно пов'язане застосування команди **vrrp preempt**, яка дає змогу маршрутизатору з більш високим пріоритетом перехопити роль активного маршрутизатора, як правило, після відновлення функціонування після виходу з ладу.

Команда **vrrp track** також передбачає використання спеціалізованих команд, похідних від команди **track**, що забезпечують функціонування механізму EOT на маршрутизаторах Cisco як для протоколу VRRP, так і для іншого фірмового протоколу Cisco –

GLBP. Серед команд **track** варто згадати команди **track interface**, **track ip route**, **track list**, **track rtr**. Після виконання цих команд здійснюється перехід до спеціального режиму config-track, у якому доступний набір інших спеціалізованих команд, зокрема команда налаштування затримок **delay**. Команда **track interface** застосовується для створення логічного об'єкта, що буде відстежувати або стан протоколу фізичної лінії (каналу) для певного інтерфейсу, або наявність маршруту у таблиці маршрутизації і можливість інтерфейсу маршрутизувати IP-пакети. За допомогою команди **track ip route** можна налагодити логічний об'єкт відстеження доступності певної віддаленої мережі. Команда **track list** дає змогу об'єднувати створені окремі логічні об'єкти в один об'єкт і надалі відстежувати його стан.

У протоколі VRRP наявні засоби підвищення рівня захищеності при обміні службовими повідомленнями – засоби взаємної аутентифікації пристроїв, що входять до групи резервування VRRP. Налаштування аутентифікації здійснюється за допомогою команди **vrrp authentication**.

Синтаксис команди **vrrp authentication** (режим конфігурування інтерфейсу):

```
vrrp group_number authentication md5 { { key-string [0 | 7]  
key_string [timeout timeout_value]} | { key-chain key_chain } } | text string,
```

де **group_number** – номер групи резервування протоколу VRRP; може набувати значень від 0 до 255; за замовчуванням дорівнює 0;

md5 – службова конструкція, за допомогою якої зазначається, що для аутентифікації буде використовуватися функція хешування MD;

key-string – службова конструкція, за допомогою якої зазначається, що буде використовуватися ключ **key_string**, який може бути незашифрований (0) або зашифрований за алгоритмом Віженера (7);

key_string – текстовий ключ довжиною до 64 символів;

timeout – службова конструкція, за допомогою якої зазначається інтервал перед прийняттям нового ключа;

timeout_value – значення інтервалу (с) перед прийняттям нового ключа; може набувати значень від 0 до 32767; за замовчуванням дорівнює 0;

key-chain – службова конструкція, за допомогою якої зазначається, що буде використовуватися попередньо згенерований ключ;

key_chain – попередньо згенерований ключ;

text – службова конструкція, за допомогою якої зазначається, що буде застосовуватися аутентифікація з використанням звичайного відкритого пароля;

string – текстовий рядок пароля.

Синтаксис команди **vrrp description** (режим конфігурування інтерфейсу):

vrrp group_number description text,

де **group_number** – номер групи резервування протоколу VRRP; може набувати значень від 0 до 255; за замовчуванням дорівнює 0;

text – текстовий рядок опису (довжиною до 80 символів) групи резервування протоколу VRRP.

Синтаксис команди **vrrp ip** (режим конфігурування інтерфейсу):

vrrp group_number ip IP_address [secondary],

де **group_number** – номер групи резервування протоколу VRRP; може набувати значень від 1 до 255;

IP_address – IP-адреса для групи резервування протоколу VRRP (IP-адреса шлюзу за замовчуванням для кінцевих вузлів) у десятковому записі;

secondary – службова конструкція, за допомогою якої зазначається, що вказана IP-адреса є вторинною VRRP -адресою.

Синтаксис команди **vrrp preempt** (режим конфігурування інтерфейсу):

vrrp group_number preempt [delay minimum delay_value],

де **group_number** – номер групи резервування протоколу VRRP; може набувати значень від 1 до 255;

delay minimum – службова конструкція, за допомогою якої зазначається інтервал затримки перед тим, як маршрутизатор виконає спробу стати активним маршрутизатором після відновлення роботи каналу/інтерфейсу;

delay_value – значення інтервалу затримки (с), може набувати значень від 0 до 3600; за замовчуванням дорівнює 0 с.

Синтаксис команди **vrrp priority** (режим конфігурування інтерфейсу):

vrrp group_number priority priority_level,

де **group_number** – номер групи резервування протоколу VRRP; може набувати значень від 1 до 255;

priority_level – значення пріоритету маршрутизатора VRRP; може набувати значень від 1 до 254; значення 0 та 255 зарезервовано

для спеціальних цілей; за замовчуванням значення пріоритету дорівнює 100; більше значення свідчить про вищий рівень пріоритету пристрою.

Синтаксис команди **vrrp shutdown** (режим конфігурування інтерфейсу):

vrrp group_number shutdown,

де **group_number** – номер групи резервування протоколу VRRP; може набувати значень від 1 до 255;

Синтаксис команди **vrrp timers** (режим конфігурування інтерфейсу):

vrrp group_number timers { advertise [msec] advertisement_value } | learn,

де **group_number** – номер групи резервування протоколу VRRP; може набувати значень від 1 до 255;

advertise – службова конструкція, за допомогою якої змінюється значення інтервалу розсилки оповіщень протоколу VRRP;

msec – службова конструкція, за допомогою якої вказується на те, що значення інтервалу розсилки буде зазначено в мілісекундах;

advertisement_value – значення інтервалу розсилки оповіщення протоколу VRRP (с); може змінюватися у межах від 1 до 255; за замовчуванням дорівнює 1 с;

learn – службова конструкція, за допомогою якої вказується, що значення інтервалу розсилки необхідно встановити таким же, як на активному (Master Router) маршрутизаторі групи.

Синтаксис команди **vrrp track** (режим конфігурування інтерфейсу):

vrrp group_number track object_number [decrement priority_value],

де **group_number** – номер групи резервування протоколу VRRP; може набувати значень від 1 до 255;

object_number – номер об'єкта для відстеження; число, яке може набувати значень від 1 до 500;

decrement – службова конструкція, за допомогою якої зазначається зменшення пріоритету інтерфейсу при виникненні певної події;

priority_value – значення, на яке пріоритет інтерфейсу зменшується у випадку, коли інтерфейс деактивується; за замовчуванням дорівнює 10.

Синтаксис команди **track interface** (режим конфігурування інтерфейсу):

track object_number interface interface_type interface_id { line-protocol | ip routing},

де **object_number** – номер об'єкта для відстеження; число, яке може набувати значень від 1 до 500;

interface_type – тип інтерфейсу, може набувати значень **Ethernet, FastEthernet, GigabitEthernet, Serial** тощо;

interface_id – ідентифікатор інтерфейсу (порту), може мати од-ночислове позначення **number** (номер порту), двочислове позначення **module/number** (номер модуля/номер порту), тричислове позначення **slot/module/number** (номер слоту/номер модуля (адаптера)/номер інте-рфейсу);

line-protocol – службова конструкція, за допомогою якої зазначається ознака того, що буде контролюватися функціонування протоколу фізичної лінії (каналу);

ip routing – службова конструкція, за допомогою якої зазначається те, що буде контролюватися наявність маршруту у таблиці маршрутизації і можливість інтерфейсу маршрутизувати IP-пакети;

Синтаксис команди **track ip route** (режим конфігурування інтерфейсу):

track object_number ip route network_IP-address network_mask { metric threshold | reachability },

де **object_number** – номер об'єкта для відстеження; число, яке може набувати значень від 1 до 500;

network_IP-address – IP-адреса мережі (у десятковому записі),

network_mask – маска мережі, записана у звичайній формі;

metric threshold – службова конструкція, яка призначена для перевірки перевищення метрики маршруту до відповідної IP-мережі;

reachability – службова конструкція, яка призначена для активзації перевірки досяжності відповідної IP-мережі.

Синтаксис команди **track list** (режим конфігурування інтерфейсу):

track object_number list boolean { and | or } | threshold { percentage | weight },

де **object_number** – номер об'єкта для відстеження; число, яке може набувати значень від 1 до 500;

boolean – службова конструкція, за допомогою якої обирається логічна операція (**and** чи **or**), яка буде виконуватися над об'єктами відстеження;

and – службова конструкція, за допомогою якої зазначається, що буде використовуватися операція логічного "ТА";

or – службова конструкція, за допомогою якої зазначається, що буде використовуватися операція логічного "АБО";

threshold – службова конструкція, за допомогою якої вказується варіант перевищення одного з параметрів **percentage** чи **weight**;

percentage – службова конструкція, за допомогою якої зазначається, що буде використовуватися параметр **percentage**;

percentage – службова конструкція, за допомогою якої зазначається, що буде використовуватися параметр **weight**.

Синтаксис команди **delay** (режим конфігурування параметрів відстеження об'єкта config-track):

delay up | down delay_value,

де **up** – службова конструкція, за допомогою якої вказується затримка інформування після активації об'єкта відстеження;

down – службова конструкція, за допомогою якої вказується затримка інформування після деактивації об'єкта відстеження;

delay_value – значення інтервалу затримки (с); може змінюватися у межах від 1 до 180 с.

Команди моніторингу та діагностики роботи протоколу динамічного резервування шлюзу VRRP на маршрутизаторах Cisco

Для моніторингу та діагностики функціонування протоколу VRRP на маршрутизаторах Cisco використовуються як команди загального призначення, так і спеціалізовані команди. Перелік спеціалізованих команд є відносно невеликим і містить такі команди, як: **show vrrp**, **show vrrp all**, **show vrrp brief**, **show vrrp interface**. Додатково використовуються команди **show track**, **show track brief**, **show track interface**, **show track ip**, **show track resolution**, **show track timers**.

Важливими командами, які допомагають зрозуміти процеси передачі повідомлень протоколу VRRP, є команди трасування такі, як: **debug vrrp**, **debug vrrp all**, **debug vrrp auth**, **debug vrrp errors**, **debug vrrp events**, **debug vrrp packets**, **debug vrrp state**, **debug vrrp track**, **debug track**.

Узагальнений перелік команд моніторингу та діагностики роботи протоколу VRRP на маршрутизаторі Cisco наведений у табл. 2.

**Перелік команд моніторингу та діагностики роботи протоколу VRRP
на маршрутизаторі Cisco**

Команда	Призначення
Команди show vrrp	
show vrrp	Виведення інформації про роботу протоколу VRRP
show vrrp all	Виведення повної інформації про функціонування протоколу VRRP (зокрема, неактивні групи резервування)
show vrrp brief	Виведення інформації про функціонування протоколу VRRP у скороченому вигляді
show vrrp interface interface_type interface_id	Виведення інформації про функціонування протоколу VRRP на певному інтерфейсі
Команди show track	
show track	Виведення інформації про об'єкти відстеження подій
show track brief	Виведення інформації про об'єкти відстеження подій у скороченому вигляді
show track interface	Виведення інформації про інтерфейси, на яких відбувається відстеження подій
show track ip	Виведення інформації про параметри протоколу IP, які відстежуються
show track resolution	Виведення інформації про відображення об'єктів відстеження
show track timers	Виведення інформації про таймери відстеження
Команди debug vrrp	
debug vrrp	Активувати виведення узагальненої інформації про функціонування протоколу VRRP
debug vrrp all	Активувати виведення всієї інформації про функціонування протоколу VRRP
debug vrrp auth	Активувати виведення інформації про аутентифікацію протоколу VRRP
debug vrrp errors	Активувати виведення інформації про помилки протоколу VRRP
debug vrrp events	Активувати виведення інформації про події протоколу VRRP
debug vrrp packets	Активувати виведення інформації про передачу повідомлень протоколу VRRP
debug vrrp state	Активувати виведення інформації про стан пристрою VRRP
debug vrrp track	Активувати виведення інформації про відстеження протоколу VRRP
debug track	Активувати виведення інформації про відстеження подій

Модельний приклад налагодження функціонування протоколу динамічного резервування шлюзу VRRP у мережі на базі обладнання Cisco

Розглянемо специфіку налагодження роботи протоколу резервування шлюзу VRRP для мережі, схема якої наведена на рис. 2. Для забезпечення функціонування мережі використано протокол маршрутизації EIGRP.

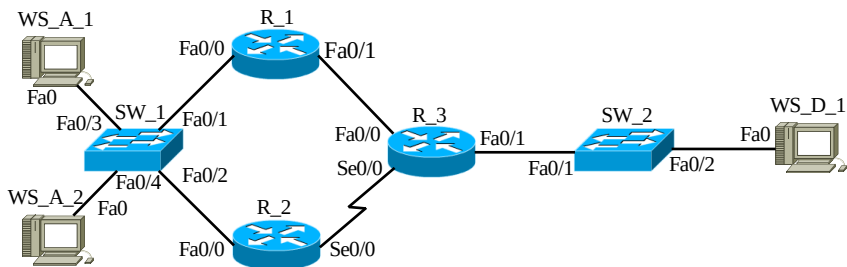


Рис. 2. Приклад мережі

Під час побудови даної мережі для з'єднання пристроїв використано дані табл. 3. Для налагодження параметрів адресації пристроїв використано дані табл. 4.

Таблиця 3

Параметри інтерфейсів пристроїв для прикладу

Пристрій	Інтерфейс	Підключення до пристрою	Підключення до інтерфейсу
Маршрутизатор R_1	Fa0/0	Комутатор SW_1	Fa0/1
	Fa0/1	Маршрутизатор R_3	Fa0/0
Маршрутизатор R_2	Fa0/0	Комутатор SW_1	Fa0/2
	Se0/0 (DCE)	Маршрутизатор R_3	Se0/0 (DTE)
Маршрутизатор R_3	Fa0/0	Маршрутизатор R_1	Fa0/1
	Fa0/1	Комутатор SW_2	Fa0/1
	Se0/0 (DTE)	Маршрутизатор R_2	Se0/0 (DCE)
Комутатор SW_1	Fa0/1	Маршрутизатор R_1	Fa0/0
	Fa0/2	Маршрутизатор R_2	Fa0/0
	Fa0/3	Робоча станція WS_A_1	Fa0/0
	Fa0/4	Робоча станція WS_A_2	Fa0/0
Комутатор SW_2	Fa0/1	Маршрутизатор R_3	Fa0/1
	Fa0/2	Робоча станція WS_D_1	Fa0
Робоча станція WS_A_1	Fa0	Комутатор SW_1	Fa0/3
Робоча станція WS_A_2	Fa0		Fa0/4
Робоча станція WS_D_1	Fa0	Комутатор SW_2	Fa0/2

Таблиця 4

Параметри адресації мережі

Підмережа/ Пристрій	Інтерфейс/Мережний адаптер/Шлюз	IP-адреса	Маска підмережі	Префікс
Підмережа А	–	195.10.1.0	255.255.255.0	/24
Підмережа В	–	195.20.1.0	255.255.255.252	/30
Підмережа С	–	195.30.1.0	255.255.255.252	/30
Підмережа D	–	195.40.1.0	255.255.255.128	/25
Маршрутизатор R_1	Інтерфейс Fa0/0	195.10.1.252	255.255.255.0	/24
	Інтерфейс Fa0/1	195.20.1.1	255.255.255.252	/30
Маршрутизатор R_2	Інтерфейс Fa0/0	195.10.1.253	255.255.255.0	/24
	Інтерфейс Sc0/0	195.30.1.1	255.255.255.252	/30
Маршрутизатор R_3	Інтерфейс Fa0/0	195.20.1.2	255.255.255.252	/30
	Інтерфейс Fa0/1	195.40.1.126	255.255.255.128	/25
	Інтерфейс Sc0/0	195.30.1.2	255.255.255.252	/30
Віртуальний маршрутизатор	Група резервування VRRP	195.10.1.254	255.255.255.0	/24
Комутатор SW_1	Інтерфейс Vlan 1	195.10.1.250	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–
Комутатор SW_2	Інтерфейс Vlan 1	195.40.1.120	255.255.255.128	/25
	Шлюз за замовчуванням	195.40.1.126	–	–
Робоча станція WS_A_1 (Linux)	Мережний адаптер	195.10.1.1	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–
Робоча станція WS_A_2 (Windows)	Мережний адаптер	195.10.1.2	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.10.1.254	–	–
Робоча станція WS_D_1 (Linux)	Мережний адаптер	195.40.1.1	255.255.255.128	/25
	Шлюз за замовчуванням	195.40.1.126	–	–

Параметри налагодження протоколу VRRP для пристроїв підмережі А наведені у табл. 5.

Таблиця 5

Параметри налагодження протоколу VRRP для пристроїв підмережі А

Параметр	Значення параметра
Версія протоколу	2 (встановлена автоматично)
Номер групи резервування	1
Опис групи резервування	LAN-A
Віртуальна IP-адреса	195.10.1.254
Віртуальна MAC-адреса	00-00-5E-00-01-01
Маршрутизатор Master	R_1
Пріоритет маршрутизатора Master	50
Маршрутизатор Backup	R_2
Пріоритет маршрутизатора Backup	45
Інтервал розсилки оновлень протоколу, с	5
Затримка перед спробою стати активним маршрутизатором після перезавантаження, с	3

Сценарії налагодження параметрів адресації інтерфейсів та протоколу маршрутизації EIGRP для маршрутизаторів мережі наведені нижче.

...

```
R_1>enable
R_1#configure terminal
R_1(config)#interface FastEthernet 0/0
R_1(config-if)#description LINK_TO_LAN_A
R_1(config-if)#ip address 195.10.1.252 255.255.255.0
R_1(config-if)#no shutdown
R_1(config-if)#exit
R_1(config)#interface FastEthernet 0/1
R_1(config-if)#description LINK_TO_R_3
R_1(config-if)#ip address 195.20.1.1 255.255.255.252
R_1(config-if)#no shutdown
R_1(config-if)#exit
R_1(config)#router eigrp 1
R_1(config-router)#network 195.10.1.0 0.0.0.255
R_1(config-router)#network 195.20.1.0 0.0.0.3
R_1(config-router)#exit
R_1(config)#exit
R_1#
...
```

...

```
R_2>enable
R_2#configure terminal
R_2(config)#interface FastEthernet 0/0
R_2(config-if)#description LINK_TO_LAN_A
R_2(config-if)#ip address 195.10.1.253 255.255.255.0
R_2(config-if)#no shutdown
R_2(config-if)#exit
R_2(config)#interface Serial 0/0
R_2(config-if)#description LINK_TO_R_3
R_2(config-if)#ip address 195.30.1.1 255.255.255.252
R_2(config-if)#clock rate 64000
R_2(config-if)#no shutdown
```

```

R_2(config-if)#exit
R_2(config)#router eigrp 1
R_2(config-router)#network 195.10.1.0 0.0.0.255
R_2(config-router)#network 195.30.1.0 0.0.0.3
R_2(config-router)#exit
R_2(config)# exit
R_2#
...

...
R_3>enable
R_3#configure terminal
R_3(config)#interface FastEthernet 0/0
R_3(config-if)#description LINK_TO_R_1
R_3(config-if)#ip address 195.20.1.2 255.255.255.252
R_3(config-if)#no shutdown
R_3(config-if)#exit
R_3(config)#interface FastEthernet 0/1
R_3(config-if)#description LINK_TO_LAN_D
R_3(config-if)#ip address 195.40.1.254 255.255.255.128
R_3(config-if)#no shutdown
R_3(config-if)#exit
R_3(config)#interface Serial 0/0
R_3(config-if)#description LINK_TO_R_2
R_3(config-if)#ip address 195.30.1.2 255.255.255.252
R_3(config-if)#no shutdown
R_3(config-if)#exit
R_3(config)#router eigrp 1
R_3(config-router)#network 195.20.1.0 0.0.0.3
R_3(config-router)#network 195.30.1.0 0.0.0.3
R_3(config-router)#network 195.40.1.0 0.0.0.127
R_3(config-router)#exit
R_3(config)# exit
R_3#
...

```

Сценарій налагодження параметрів адресації комутатора SW_1 та відключення функції **ip igmp snooping** наведений нижче.

```
...
SW_1>enable
SW_1#configure terminal
SW_1(config)#interface vlan 1
SW_1(config-if)#ip address 195.10.1.250 255.255.255.0
SW_1(config-if)#no shutdown
SW_1(config-if)#exit
SW_1(config)#no ip igmp snooping
SW_1(config)#exit
SW_1#
...
```

Сценарії налагодження функціонування протоколу резервування шлязу VRRP на маршрутизаторах R_1 та R_2 наведені нижче.

```
...
R_1>enable
R_1#configure terminal
R_1(config)#interface FastEthernet 0/0
R_1(config-if)#vrrp 1 ip 195.10.1.254
R_1(config-if)#vrrp 1 priority 50
R_1(config-if)#vrrp 1 description LAN-A
R_1(config-if)#vrrp 1 timers advertise 5
R_1(config-if)#vrrp 1 timers learn
R_1(config-if)#vrrp 1 track 100 decrement 10
R_1(config-if)#vrrp 1 preempt delay minimum 3
R_1(config-if)#exit
R_1(config)#track 11 interface FastEthernet 0/1 line-protocol
R_1(config-track)#delay up 1
R_1(config-track)#delay down 1
R_1(config-track)#exit
R_1(config)#track 12 interface FastEthernet 0/1 ip routing
R_1(config-track)#delay up 1
R_1(config-track)#delay down 1
R_1(config-track)#exit
```

```

R_1(config)#track 100 list boolean or
R_1(config-track)#object 11
R_1(config-track)#object 12
R_1(config-track)#exit
R_1(config)#exit
R_1#
...

...
R_2>enable
R_2#configure terminal
R_2(config)#interface FastEthernet 0/0
R_2(config-if)#vrrp 1 ip 195.10.1.254
R_2(config-if)#vrrp 1 priority 45
R_2(config-if)#vrrp 1 description LAN-A
R_2(config-if)#vrrp 1 timers advertise 5
R_2(config-if)#vrrp 1 timers learn
R_2(config-if)#vrrp 1 track 200 decrement 10
R_2(config-if)#vrrp 1 preempt delay minimum 3
R_2(config-if)#exit
R_2(config)#track 21 interface Serial 0/0 line-protocol
R_2(config-track)#delay up 1
R_2(config-track)#delay down 1
R_2(config-track)#exit
R_2(config)#track 22 interface Serial 0/0 ip routing
R_2(config-track)#delay up 1
R_2(config-track)#delay down 1
R_2(config-track)#exit
R_2(config)#track 200 list boolean or
R_2(config-track)#object 21
R_2(config-track)#object 22
R_2(config-track)#exit
R_2(config)#exit
R_2#
...

```

Результати виконання команд моніторингу та діагностики роботи протоколу VRRP для розглянутого прикладу

З метою перегляду інформації про роботу протоколу VRRP для розглянутого прикладу використано команди **show vrrp** (команди **show vrrp interface FastEthernet 0/0** та **show vrrp all** для даного прикладу покажуть аналогічні результати), **show vrrp brief**, **show track**, **show track brief**. Результати роботи цих команд для маршрутизаторів R_1 та R_2 наведено відповідно на рис. 3 – 10.

```
R_1#show vrrp
FastEthernet0/0 - Group 1
LAN-A
  State is Master
  Virtual IP address is 195.10.1.254
  Virtual MAC address is 0000.5e00.0101
  Advertisement interval is 5.000 sec
  Preemption enabled, delay min 3 secs
  Priority is 50
  Track object 100 state Up decrement 10
  Master Router is 195.10.1.252 (local), priority is 50
  Master Advertisement interval is 5.000 sec
  Master Down interval is 15.804 sec
R_1#
```

Рис. 3. Результати виконання команди **show vrrp** на маршрутизаторі R_1

```
R_2#show vrrp
FastEthernet0/0 - Group 1
LAN-A
  State is Backup
  Virtual IP address is 195.10.1.254
  Virtual MAC address is 0000.5e00.0101
  Advertisement interval is 5.000 sec
  Preemption enabled, delay min 3 secs
  Priority is 45
  Track object 200 state Up decrement 10
  Master Router is 195.10.1.252, priority is 50
  Master Advertisement interval is 5.000 sec
  Master Down interval is 15.824 sec (expires in 15.708 sec) Learning
R_2#
```

Рис. 4. Результати виконання команди **show vrrp** на маршрутизаторі R_2

```
R_1#
R_1#show vrrp brief
Interface      Grp Pri Time   Own Pre State  Master addr  Group addr
Fa0/0          1  50 15804      Y Master 195.10.1.252 195.10.1.254
R_1#
```

Рис. 5. Результати виконання команди **show vrrp brief** на маршрутизаторі R_1

```
R_2#show vrrp brief
Interface      Grp Pri Time   Own Pre State  Master addr  Group addr
Fa0/0          1  45 15824      Y Backup 195.10.1.252 195.10.1.254
R_2#
```

Рис. 6. Результати виконання команди **show vrrp brief** на маршрутизаторі R_2

```
R_1#show track
Track 11
  Interface FastEthernet0/1 line-protocol
  Line protocol is Up
    1 change, last change 00:01:25
  Delay up 1 sec, down 1 sec
Track 12
  Interface FastEthernet0/1 ip routing
  IP routing is Up
    1 change, last change 00:00:50
  Delay up 1 sec, down 1 sec
Track 100
  List boolean or
  Boolean OR is Up
    4 changes, last change 00:01:24
    object 11 Up
    object 12 Up
  Tracked by:
    VRRP FastEthernet0/0 1
R_1#
```

Рис. 7. Результати виконання команди **show track** на маршрутизаторі R_1

```
R_2#show track
Track 21
  Interface Serial0/0 line-protocol
  Line protocol is Up
    1 change, last change 00:03:24
  Delay up 1 sec, down 1 sec
Track 22
  Interface Serial0/0 ip routing
  IP routing is Up
    1 change, last change 00:03:02
  Delay up 1 sec, down 1 sec
Track 200
  List boolean or
  Boolean OR is Up
    2 changes, last change 00:03:23
    object 21 Up
    object 22 Up
  Tracked by:
    VRRP FastEthernet0/0 1
R_2#
```

Рис. 8. Результати виконання команди **show track** на маршрутизаторі R_2

```
R_1#show track brief
```

Track	Object	Parameter	Value
11	interface FastEthernet0/1	line-protocol	Up
12	interface FastEthernet0/1	ip routing	Up
100	list	boolean	Up

```
R_1#
```

Рис. 9. Результати виконання команди **show track brief** на маршрутизаторі R_1

```
R_2#show track brief
Track   Object                               Parameter      Value
21      interface Serial0/0                 line-protocol  Up
22      interface Serial0/0                 ip routing     Up
200     list                               boolean        Up
R_2#
```

Рис. 10. Результати виконання команди **show track brief** на маршрутизаторі R_2

З метою перевірки досяжності шлюзу за замовчуванням мережі A з робочих станцій WS_A_1 та WS_A_2 використано команду **ping**. З метою перевірки досяжності мережі D (зокрема, робочої станції WS_D_1) використано команду **tracert (traceroute)**. Побічним результатом використання цих команд є додавання записів в ARP-таблиці відповідних вузлів. Результати виконання команд діагностики **ping**, **traceroute (tracert)**, **arp** на робочих станціях WS_A_1 та WS_A_2 наведені відповідно на рис. 11 – 16.

```
root@WS_A_1~#ping 195.10.1.254
PING 195.10.1.254 (195.10.1.254): 56 data bytes
64 bytes from 195.10.1.254: seq=0 ttl=255 time=10.769 ms
64 bytes from 195.10.1.254: seq=1 ttl=255 time=6.331 ms
64 bytes from 195.10.1.254: seq=2 ttl=255 time=14.258 ms
64 bytes from 195.10.1.254: seq=3 ttl=255 time=9.333 ms
^C
--- 195.10.1.254 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 6.331/10.172/14.258 ms
root@WS_A_1~#
```

Рис. 11. Результат виконання команди **ping** на робочій станції WS_A_1

```
root@WS_A_1~#traceroute 195.40.1.1
traceroute to 195.40.1.1 (195.40.1.1), 30 hops max, 38 byte packets
 1  195.10.1.252 (195.10.1.252)  10.459 ms  10.886 ms  7.863 ms
 2  195.20.1.2 (195.20.1.2)  30.877 ms  31.386 ms  30.417 ms
 3  195.40.1.1 (195.40.1.1)  50.499 ms  42.296 ms  43.536 ms
root@WS_A_1~#
```

Рис. 12. Результат виконання команди **traceroute** на робочій станції WS_A_1

```
root@WS_A_1~#arp -a
? (195.10.1.254) at 00:00:5e:00:01:01 [ether] on eth0
root@WS_A_1~#
```

Рис. 13. Результат виконання команди **arp** на робочій станції WS_A_1


```

C:\>ping 195.10.1.254
Обмен пакетами с 195.10.1.254 по 32 байт:
Ответ от 195.10.1.254: число байт=32 время 23мс TTL=125
Ответ от 195.10.1.254: число байт=32 время 4мс TTL=125
Ответ от 195.10.1.254: число байт=32 время 6мс TTL=125
Ответ от 195.10.1.254: число байт=32 время 11мс TTL=125
Статистика Ping для 195.10.1.254:
    Пакетов: отправлено = 4, получено = 4, потеряно = 0 <0% потерь>,
Приблизительное время приема-передачи в мс:
    Минимальное = 4 мсек, Максимальное 23 мсек, Среднее = 11 мсек
C:\>

```

Рис. 14. Результат виконання команди **ping** на робочій станції WS_A_2

```

C:\>tracert 195.40.1.1
Трассировка маршрута к 195.4.1.2 с максимальным числом прыжков 30
 1  11 ms    10 ms    10 ms  195.10.1.252
 2  18 ms    31 ms    20 ms  195.20.1.2
 3  59 ms    43 ms    41 ms  195.40.1.1
Трассировка завершена.
C:\>

```

Рис. 15. Результат виконання команди **tracert** на робочій станції WS_A_2

```

c:\>arp -a
Интерфес: 195.10.1.2 -- 0x2
    Адрес IP          Физический адрес      Тип
    195.10.1.254      00:00:5e:00:01:01     динамический
c:\>

```

Рис. 16. Результат виконання команди **arp** на робочій станції WS_A_2

Необхідно зазначити, що команда **tracert** (**tracert**) першою точкою маршруту виводить не IP-адресу шлюзу за замовчуванням мережі (віртуальну IP-адресу групи резервування VRRP), а IP-адресу інтерфейса маршрутизатора, через який відбуватиметься фактична передача трафіка. У нашому випадку – це маршрутизатор R_1.

З метою перевірки роботи протоколу VRRP змодельємо ситуацію виходу з ладу каналу зв'язку між маршрутизаторами R_1 та R_2 за рахунок відключення інтерфейсу **FastEthernet 0/1** маршрутизатора R_1. Для відстеження інформаційного обміну між маршрутизаторами активуємо режим відлагодження на маршрутизаторі R_2. Зміни у роботі протоколу на маршрутизаторах R_1 та R_2 відстежимо за допомогою команд **show vrrp** та **show track brief**. Результати виконання цих команд наведені на рис. 17 – 20. Результати інформаційного обміну між маршрутизаторами наведені на рис. 21.

```

R_1#show vrrp
FastEthernet0/0 - Group 1
LAN-A
  State is Backup
  Virtual IP address is 195.10.1.254
  Virtual MAC address is 0000.5e00.0101
  Advertisement interval is 5.000 sec
  Preemption enabled, delay min 3 secs
  Priority is 40 (cfgd 50)
  Track object 100 state Down decrement 10
  Master Router is 195.10.1.253, priority is 45
  Master Advertisement interval is 5.000 sec
  Master Down interval is 15.804 sec (expires in 12.740 sec) Learning
R_1#

```

Рис. 17. Результати виконання команди **show vrrp** на маршрутизаторі R_1

```

R_1#show track brief

```

Track	Object	Parameter	Value
11	interface FastEthernet0/1	line-protocol	Down (hw admin-down)
12	interface FastEthernet0/1	ip routing	Down (hw admin-down)
100	list	boolean	Down

```

R_1#

```

Рис. 18. Результати виконання команди **show track brief** на маршрутизаторі R_1

```

R_2#show vrrp
FastEthernet0/0 - Group 1
LAN-A
  State is Master
  Virtual IP address is 195.10.1.254
  Virtual MAC address is 0000.5e00.0101
  Advertisement interval is 5.000 sec
  Preemption enabled, delay min 3 secs
  Priority is 45
  Track object 200 state Up decrement 10
  Master Router is 195.10.1.253 (local), priority is 45
  Master Advertisement interval is 5.000 sec
  Master Down interval is 15.824 sec
R_2#

```

Рис. 19. Результати виконання команди **show vrrp** на маршрутизаторі R_2

```

R_2#show track brief

```

Track	Object	Parameter	Value
21	interface Serial0/0	line-protocol	Up
22	interface Serial0/0	ip routing	Up
200	list	boolean	Up

```

R_2#

```

Рис. 20. Результати виконання команди **show track brief** на маршрутизаторі R_2

```

R_2#debug vrrp all
VRRP debugging is on
R_2#
*Mar  1 00:01:18.595: VRRP: Grp 1 Advertisement priority 50, ipaddr 195.10.1.252
*Mar  1 00:01:18.595: VRRP: Grp 1 Event - Advert higher or equal priority
R_2#
*Mar  1 00:01:22.011: VRRP: Grp 1 Advertisement priority 50, ipaddr 195.10.1.252

```

```

*Mar 1 00:01:22.015: VRRP: Grp 1 Event - Advert higher or equal priority
R_2#
*Mar 1 00:01:26.083: VRRP: Grp 1 Advertisement priority 40, ipaddr 195.10.1.252
R_2#
*Mar 1 00:01:29.083: VRRP: Grp 1 Event - Master down timer expired
*Mar 1 00:01:29.083: %VRRP-6-STATECHANGE: Fa0/0 Grp 1 state Backup -> Master
R_2#
*Mar 1 00:01:29.083: VRRP: tbridge_smf_update failed
*Mar 1 00:01:29.087: VRRP: Grp 1 sending Advertisement checksum ECEF
R_2#
*Mar 1 00:01:33.847: VRRP: Grp 1 sending Advertisement checksum ECEF
R_2#
*Mar 1 00:01:38.399: VRRP: Grp 1 sending Advertisement checksum ECEF
R_2#
*Mar 1 00:01:42.447: VRRP: Grp 1 sending Advertisement checksum ECEF
R_2#
*Mar 1 00:01:46.615: VRRP: Grp 1 sending Advertisement checksum ECEF
R_2#

```

Рис. 21. Результати інформаційного обміну протоколу VRRP на маршрутизаторі R_2

Також виконаємо перевірку досяжності шлюзу за замовчуванням мережі A та перевірку досяжності мережі D. Для цього також використаємо команди діагностики **ping**, **tracert (traceroute)**, **arp**. Результати виконання цих команд на робочих станціях WS_A_1 та WS_A_2 наведені відповідно на рис. 22 – 27.

```

root@WS_A_1~#ping 195.10.1.254
PING 195.10.1.254 (195.10.1.254): 56 data bytes
64 bytes from 195.10.1.254: seq=0 ttl=255 time=12.064 ms
64 bytes from 195.10.1.254: seq=1 ttl=255 time=5.239 ms
64 bytes from 195.10.1.254: seq=2 ttl=255 time=13.561 ms
64 bytes from 195.10.1.254: seq=3 ttl=255 time=10.502 ms
^C
--- 195.10.1.254 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 5.239/10.341/13.561 ms
root@WS_A_1~#

```

Рис. 22. Результат виконання команди **ping** на робочій станції WS_A_1

```

root@WS_A_1~#tracert 195.40.1.1
tracert to 195.40.1.1 (195.40.1.1), 30 hops max, 38 byte packets
 1 195.10.1.253 (195.10.1.253) 7.648 ms 8.826 ms 10.220 ms
 2 195.30.1.2 (195.30.1.2) 9.594 ms 10.748 ms 9.548 ms
 3 195.40.1.1 (195.40.1.1) 30.128 ms 19.790 ms 20.697 ms
root@WS_A_1~#

```

Рис. 23. Результат виконання команди **tracert** на робочій станції WS_A_1

```

root@WS_A_1~#arp -a
? (195.10.1.254) at 00:00:5e:00:01:01 [ether] on eth0
root@WS_A_1~#

```

Рис. 24. Результат виконання команди **arp** на робочій станції WS_A_1

```

C:\>ping 195.10.1.254
Обмен пакетами с 195.10.1.254 по 32 байт:

```

```

Ответ от 195.10.1.254: число байт=32 время 21мс TTL=125
Ответ от 195.10.1.254: число байт=32 время 4мс TTL=125
Ответ от 195.10.1.254: число байт=32 время 2мс TTL=125
Ответ от 195.10.1.254: число байт=32 время 6мс TTL=125
Статистика Ping для 195.10.1.254:
  Пакетов: отправлено = 4, получено = 4, потеряно = 0 <0% потерь>,
Приблизительное время приема-передачи в мс:
  Минимальное = 2 мсек, Максимальное 21 мсек, Среднее = 8 мсек
C:\>

```

Рис. 25. Результат виконання команди **ping** на робочій станції WS_A_2

```

C:\>tracert 195.40.1.1
Трассировка маршрута к 195.4.1.2 с максимальным числом прыжков 30
 1    8 ms    10 ms    32 ms    195.10.1.253
 2    9 ms    10 ms    10 ms    195.30.1.2
 3   27 ms    22 ms    19 ms    195.40.1.1
Трассировка завершена.
C:\>

```

Рис. 26. Результат виконання команди **tracert** на робочій станції WS_A_2

```

c:\>arp -a
Интерфес: 195.10.1.2 -- 0x2
    Адрес IP          Физический адрес          Тип
195.10.1.254         00:00:5e:00:01:01         динамический
c:\>

```

Рис. 27. Результат виконання команди **arp** на робочій станції WS_A_2

Результат виконання команди **tracert (traceroute)** також підтверджує той факт, що маршрут передачі трафіка змінився –весь мережний трафік із підмережі А до зовнішніх мереж фізично проходитьиме через маршрутизатор R_2.

Завдання на лабораторну роботу

1. У середовищі віртуальної мережевої лабораторії eve.ztu.edu.ua створити проєкт мережі (рис. 28). Для побудованої мережі заповнити описову таблицю, яка аналогічна табл. 3.

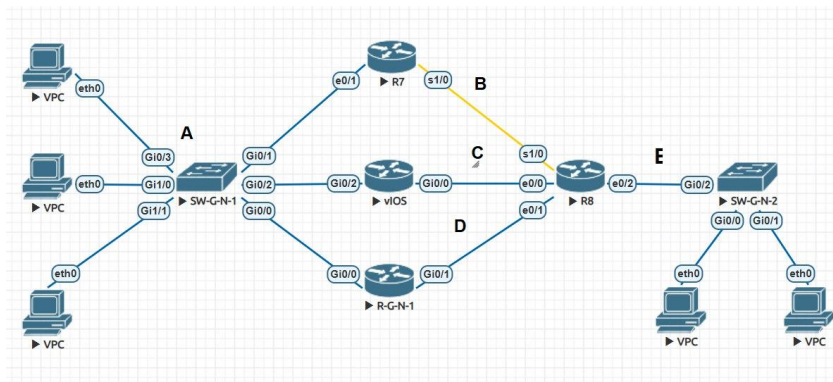


Рис. 28. Проєкт мережі

2. Розробити схему адресації пристроїв мережі. Для цього скористатися даними табл. 6. Результати навести у вигляді таблиці, яка аналогічна табл. 4. При виконанні розрахунків врахувати такі особливості адресації:

- у мережі А будуть використовуватися дві групи резервування VRRP, кожна з яких матиме власну віртуальну IP-адресу;
- перша половина робочих станцій та серверів мережі буде мати IP-адресу шлюзу за замовчуванням першої групи резервування, а друга половина – другої групи резервування.

3. Визначити основні параметри для налагодження протоколу VRRP для пристроїв підмережі А. Для визначення параметрів скористатися даними табл. 7. При виборі ролей маршрутизаторів VRRP враховувати пропускні здатності зовнішніх каналів зв'язку. Результати навести у вигляді таблиці, яка аналогічна табл. 5.

4. Провести базове налагодження пристроїв, інтерфейсів та каналів зв'язку. Провести налагодження параметрів IP-адресації пристроїв мережі відповідно до даних, які отримані у п. 2. Переві-

рити наявність зв'язку між сусідніми парами пристроїв мережі. Налагодити функціонування засобів маршрутизації у побудованій мережі (для вибору методу/протоколу маршрутизації скористатися даними табл. 7).

5. Налагодити основні параметри функціонування протоколу VRRP на пристроях мережі А відповідно до даних, які отримані у п. 3.

6. Налагодити додаткові параметри функціонування протоколу VRRP на пристроях мережі:

- відслідковування стану зовнішніх щодо VRRP інтерфейсів маршрутизаторів (обов'язково);

- відслідковування стану зовнішніх щодо VRRP мереж (необов'язково);

7. Дослідити функціонування протоколу VRRP на пристроях мережі та поведінку VRRP-пристроїв у разі:

- виходу з ладу (відключення) одного з маршрутизаторів – членів групи резервування VRRP;

- виходу з ладу (відключення) одного або кількох інтерфейсів, які використовуються для формування каналів В, С, D між маршрутизаторами мережі;

- відновлення функціонування маршрутизатора – члена групи резервування VRRP, який виходив із ладу;

- відновлення функціонування інтерфейсу/інтерфейсів, які виходили з ладу.

8. Дослідити процеси передачі даних між вузлами віддалених підмереж А та Е при виконанні дій, які аналогічні діям п. 7.

Таблиця 6

Дані для адресації підмереж (каналів)

№ ва- ріа- нта	Підмережа А		Підмережа В		Підмережа С		Підмережа D		Підмережа Е		Протокол маршру- тизації
	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	
1	193.G.N.0	/27	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/24	OSPF
2	193.G.N.64	/27	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/25	EIGRP
3	193.G.N.128	/27	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/26	OSPF
4	193.G.N.192	/27	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/27	EIGRP
5	193.G.N.0	/28	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/28	OSPF
6	193.G.N.32	/28	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/24	EIGRP
7	193.G.N.64	/28	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/25	OSPF
8	193.G.N.96	/28	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/26	EIGRP
9	193.G.N.128	/28	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/27	OSPF
10	193.G.N.160	/28	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/28	EIGRP
11	193.G.N.192	/28	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/24	OSPF
12	193.G.N.224	/28	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/25	EIGRP
13	193.G.N.0	/25	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/26	OSPF
14	193.G.N.0	/26	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/27	EIGRP
15	193.G.N.128	/26	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/30	197.G.N.0	/28	OSPF

Таблиця 7

Параметри для налагодження функціонування протоколу VRRP

№ варіан- та	Номер групи резервування		Пріоритети маршрутизаторів						Інтервал протоколу Advertisement Interval, c
			Група резервування 1			Група резервування 2			
	Група 1	Група 2	Master Router	Backup Router 1	Backup Router 2	Master Router	Backup Router 1	Backup Router 2	
1	101	201	200	195	190	150	145	140	3
2	102	202	195	190	185	145	140	135	4
3	103	203	190	185	180	140	135	130	5
4	104	204	185	180	175	135	130	125	6
5	105	205	180	175	170	130	125	120	7
6	106	206	175	170	165	125	120	115	3
7	107	207	170	165	160	120	115	110	4
8	108	208	165	160	155	115	110	105	5
9	109	209	160	155	150	110	105	100	6
10	110	210	155	150	145	105	100	95	7
11	111	211	150	145	140	100	95	90	3
12	112	212	145	140	135	95	90	85	4
13	113	213	140	135	130	90	85	80	5
14	114	214	135	130	125	85	80	75	6
15	115	215	130	125	120	80	75	70	7

Контрольні питання

1. Передумови розробки протоколу VRRP.
2. Загальна характеристика протоколу VRRP.
3. Порівняльна характеристика протоколів VRRP та HSRP.
4. Стандартизація протоколу VRRP.
5. Характеристики протоколу VRRP стосовно моделі OSI та стеку TCP/IP.
6. Версії протоколу VRRP.
7. Ролі пристроїв у протоколі VRRP. Група резервування протоколу VRRP.
8. Стани пристроїв у протоколі VRRP.
9. Адресація у протоколі VRRP.
10. Часові інтервали та таймери протоколу VRRP.
11. Структура повідомлення протоколу VRRP. Типи повідомлень протоколу VRRP.
12. Балансування навантаження у протоколі VRRP.
13. Механізми (елементи) захисту даних протоколу VRRP.
14. Наведіть перелік та поясніть призначення основних команд для налагодження протоколу VRRP на маршрутизаторі Cisco.
15. Наведіть перелік та поясніть призначення основних команд моніторингу роботи протоколу VRRP на маршрутизаторі Cisco.