

Лабораторна робота № 6

НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ У МЕРЕЖІ НА БАЗІ МАРШРУТИЗАТОРІВ CISCO

Мета заняття: ознайомитися з особливостями функціонування та налагодження статичної маршрутизації та маршрутизації за замовчуванням на обладнанні Cisco; отримати практичні навички налагодження, моніторингу та діагностування роботи статичної маршрутизації та маршрутизації за замовчуванням у мережі, побудованій на базі маршрутизаторів Cisco; дослідити особливості формування маршрутів та процеси передачі даних у побудованій мережі.

Теоретичні відомості *Методи* *статичної маршрутизації*

До методів статичної маршрутизації належать два методи:

1. Статична маршрутизація (Static Routing)
2. Маршрутизація за замовчуванням (Default Routing).

Статична маршрутизація передбачає, що маршрути передачі па-

кетів у таблиці маршрутизації всіх маршрутизаторів формуються адміністратором мережі в ручному режимі.

Перевагами статичної маршрутизації є:

– відсутність навантаження на центральний процесор маршрутизатора, а це означає, що можна використовувати більш дешеві маршрутизатори, ніж за динамічної маршрутизації;

– не використовується смуга пропускання каналів зв'язку між маршрутизаторами, оскільки немає потреби пересилати оновлення маршрутної інформації, це означає, що можна використовувати канали глобальних мереж із меншою пропускнуою здатністю або зменшуються витрати на передачу в разі оплати за об'ємом переданої інформації;

– високий рівень захисту, оскільки лише адміністратор встановлює маршрути до відповідних мереж.

Недоліки статичної маршрутизації такі:

- адміністратор повинен чітко знати топологію мережі та особливості об'єднання маршрутизаторів і правильно проводити налагодження кожного з маршрутизаторів;

- у разі додавання нової підмережі адміністратор повинен у ручному режимі додати нові маршрути на кожному з маршрутизаторів мережі;

- непридатність для використання у великих мережах через потребу виконання значного обсягу робіт із налагодження маршрутизаторів, а також через те, що не підтримується динамічне формування нових маршрутів.

Маршрутизація за замовчуванням використовується у тому разі, якщо необхідно проводити пересилку пакетів у віддалену мережу призначення, записів про яку немає у маршрутизаторі наступного переходу. Такий тип маршрутизації можна використовувати у тупикових мережах (Stub Networks) – мережах, які мають тільки один вихідний інтерфейс для підключення до іншої мережі.

Порядок налагодження статичної маршрутизації та маршрутизації за замовчуванням на маршрутизаторах Cisco

Налагодження функціонування статичної маршрутизації (та маршрутизації за замовчуванням) складається з таких етапів:

1. Активувати використання маршрутизації на маршрутизаторі (необов'язково).

2. Додати маршрути (маршрут для маршрутизації за замовчуванням) у таблицю маршрутизації (обов'язково).

3. Встановити підхід, який буде використовуватися при IP-адресації (класовий/безкласовий) (необов'язково).

Команди активації та налагодження специфічних параметрів маршрутизації на маршрутизаторах Cisco

Включення функціонування маршрутизації на маршрутизаторі Cisco виконується командою **ip routing**. Виключення – **no ip routing**. За замовчуванням на маршрутизаторах Cisco маршрутизація є включеною.

Слід звернути увагу на те, що налагодження маршрутизації може здійснюватися з використанням як класового, так і безкласового підходів. Підхід за замовчуванням залежить від версії IOS. Вибір підходу здійснюється за допомогою команди **ip classless**. За безкласового підходу пакети маршрутизуються, якщо маршрутизатору відомий маршрут до супермережі адресата. У разі коли безкласова адресація не застосовується, то пакет відкидається, якщо він приходить на маршрутизатор, якому невідомий маршрут до отримувача пакета.

Існує певна специфіка при поділі мережі на підмережі. Вона полягає в тому, що для застарілих маршрутизаторів наявні технічні проблеми та ускладнення при трактуванні адреси мережі та адреси нульової підмережі. Це стосується і початківців-адміністраторів. У сучасній практиці така ситуація зустрічається досить рідко. Для активації нульової підмережі використовується команда **ip subnet-zero**. За замовчуванням в останніх версіях IOS (починаючи з 12.X) використання нульової підмережі дозволене.

Синтаксис команди **ip routing** (режим глобального конфігурування):

ip routing.

Команда не має параметрів.

Синтаксис команди **ip classless** (режим глобального конфігурування):

ip classless.

Команда не має параметрів.

Синтаксис команди **ip subnet-zero** (режим глобального конфігурування):

ip subnet-zero.

Команда не має параметрів.

Команди налагодження статичної маршрутизації та маршрутизації за замовчуванням на маршрутизаторах Cisco

Для додавання у таблицю маршрутизації статичних маршрутів та маршрутів за замовчуванням використовується команда **ip route**. Відміна дії команди – **no ip route**. Для статичної маршрутизації дана команда може використовуватися з багатьма параметрами. Окрім

команди **ip route** для специфічних налаштувань маршрутизації використовуються команди **ip default-gateway** та **ip default-network**.

У разі, якщо маршрутизатор виконує функції звичайного вузла мережі, на ньому рекомендується вимикати маршрутизацію за допомогою команди **no ip routing**. Для забезпечення нормальної мережної взаємодії для цього вузла рекомендується налаштувати шлюз за замовчуванням. Його налагодження виконується за допомогою команди **ip default-gateway**. Для відміни виконується команда **no ip default-gateway**. Команда **ip default-gateway** також використовується у разі, коли маршрутизатор знаходиться у режимі завантаження (Boot Mode) для того, щоб завантажити IOS з TFTP-сервера. Слід відмітити, що у режимі завантаження маршрутизація вимкнена.

Окрім команди **ip default-gateway**, можна використовувати команду **ip default-network**. Ця команда налаштовує так званий шлюз останньої надії (gateway of last resort). Особливістю даної команди є те, що вона функціонує при ввімкненій маршрутизації і є класовою командою. Коли здійснюється налагодження команди **ip default-network**, маршрутизатор розглядає маршрути на таку мережу як „шлюз останньої надії”. Для кожної мережі, налаштованої за допомогою команди **ip default-network**, якщо у маршрутизатора є маршрут на таку мережу, цей маршрут отримує позначку як кандидат на маршрут за замовчуванням.

Синтаксис команди **ip route** (режим глобального конфігурування):

ip route destination_network_IP-address network_mask

[outgoing_interface | next_hop_IP-address] [dhcp] [distance]
[name next-hop-name] [permanent | track number] [tag tag],

де **destination_network_IP-address** – IP-адреса мережі призначення (у десятковому записі), яка вноситься в таблицю маршрутизації;

network_mask – маска мережі, записана у звичайній формі;

outgoing_interface – інтерфейс виходу (тип інтерфейсу та його номер), через який буде пересилатися пакет, що призначений віддаленій мережі; при використанні цього параметра стандартна адміністративна відстань для маршруту дорівнює 0; цей параметр рекоме-

ндується використовувати для двоточкових послідовних каналів зв'язку; для широкомовних середовищ (зокрема, Ethernet) рекомендується зазначити адресу наступного переходу;

next_hop_IP-address – IP-адреса наступного переходу, тобто IP-адреса інтерфейсу безпосередньо підключеного сусіднього маршрутизатора, через який буде пересилатися пакет; при використанні цього параметра стандартна адміністративна відстань для маршруту дорівнює 1;

dhcp – службова конструкція, використання якої дає змогу DHCP-серверу розсилати статичний маршрут як маршрут за замовчуванням;

distance – адміністративна відстань. Може набувати значень від 1 до 255. За замовчуванням статичний маршрут має значення адміністративної відстані 1. Якщо використати інше значення, то можна змінити поведінку статичного маршруту;

name next-hop-name – присвоєння текстової назви маршруту;

permanent – ознака постійності маршруту. При виключенні інтерфейсу маршрутизатора або у разі виходу з ладу каналу зв'язку до сусіднього маршрутизатора (чи інших проблем зв'язку) запис про статичний маршрут із таблиці маршрутизації автоматично видаляється. Коли ж зазначена ознака постійності, то запис про маршрут у таблиці маршрутизації зберігається незалежно від стану інтерфейсу чи каналу зв'язку;

track number – ключове слово, яке пов'язує з маршрутом об'єкт стеження. Діапазон значень **number** змінюється від 1 до 500;

tag tag – ключове слово, яке дає змогу задати значення **tag**, що буде використовуватися для зіставлення маршруту з картами маршрутів. Це корисно для керування перерозподілом маршрутів.

Для додавання у таблицю маршрутизації маршрутів за замовчуванням використовується спрощений варіант команди **ip route** – команда **ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 ...** Використання саме таких адреси мережі та маски пов'язане з особливостями опрацювання пакетів маршрутизатором.

Синтаксис команди **ip route 0.0.0.0 0.0.0.0** (режим глобального конфігурування):

ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 [outgoing interface | next_hop_IP-address], де *outgoing interface* та *next_hop_IP-address* – параметри, аналогічні тим, що використовуються у команді **ip route**.

Синтаксис команди **ip default-gateway** (режим глобального конфігурування):

ip default-gateway address,

де *address* – IP-адреса шлюза за замовчуванням.

Синтаксис команди **ip default-network** (режим глобального конфігурування):

ip default-network network_address,

де *network_address* – IP-адреса мережі (будь-який маршрут до мережі стає маршрутом за замовчуванням; для протоколу маршрутизації RIP – це маршрут 0.0.0.0, для протоколу маршрутизації OSPF – зовнішній маршрут).

Діагностика роботи маршрутизатора при використанні статичної маршрутизації та маршрутизації за замовчуванням

Діагностика роботи маршрутизатора, на якому використовується статична маршрутизації та маршрутизація за замовчуванням, проводиться за допомогою команди перегляду таблиці маршрутизації **show ip route**, команд перегляду поточної і стартової конфігурації маршрутизатора **show running-config** та **show startup-config**, команд діагностики роботи маршрутів **ping**, **traceroute** та їх модифікацій.

Синтаксис команди **show ip route** (привілейований режим):

show ip route [destination_network_IP-address [network_mask] [longer-prefixes] | protocol [process-id] | list [access-list-number | access-list-name],

де *destination_network_IP-address* – IP-адреса мережі (у десятковому записі), про яку необхідно отримати інформацію з таблиці маршрутизації;

network_mask – маска мережі, записана у звичайній формі;

longer-prefixes – ключове слово, яке вказує, що необхідно вивести інформацію про маршрути, які мають префікс, більший ніж *destination_network_IP-address_network_mask*;

protocol – назва протоколу або методу маршрутизації, про який необхідно вивести маршрутну інформацію; може набувати стандартних значень, таких як **bgp**, **connected**, **eigrp**, **ospf**, **rip**, **static**; також може вказуватися назва мережі або вузла;

process-id – номер процесу для вказаного протоколу маршрутизації;

list – ключове слово, яке використовується для виведення інформації, що відфільтрована списком доступу;

access-list-number – номер списку доступу;

access-list-name – назва списку доступу.

Команди діагностики доступності вузлів та трасування маршрутів

Для перевірки зв'язку між вузлами як локальних, так і глобальних мереж використовується команда **ping**. Дана команда наявна у всіх мережних ОС, які підтримують роботу стеку протоколів TCP/IP. Синтаксис команди **ping** є подібним для всіх ОС. В ОС Windows починаючи з Windows XP використовується подібна внутрішня команда **pathping**. Сторонні виробники також розробляють подібні команди. Наприклад, **arping** (має реалізації як в ОС Windows, так і в ОС UNIX/Linux), **fping** (ОС UNIX/Linux).

Можливостей команди **ping** у багатьох випадках недостатньо для детальної діагностики проблем при передачі даних у великій мережі, тому розроблені команди, які дозволяють відслідковувати маршрути передачі повідомлень. У багатьох ОС для трасування маршруту передачі пакетів використовується команда **traceroute** та її різновиди. В ОС Windows це команда **tracert**, в ОС UNIX/Linux та Cisco IOS – **traceroute**. Сторонніми виробниками розроблено багато модифікацій цієї команди. Зокрема **tracpath**, **tracemap**, **tcptraceroute (tracetcp)**, **mtr (my traceroute)**, **WinMTR**. Деякі з них мають графічний інтерфейс (наприклад, **WinMTR**), деякі дають змогу виводити результати (карту мережі) у графічному вигляді (**tracemap**).

Модельний приклад налагодження статичної маршрутизації у мережі на базі маршрутизаторів Cisco

Розглянемо специфіку налагодження статичної маршрутизації для мережі, зображеної на рис. 1. Для спрощення побудови мережі та налаштувань локальна підмережа А представлена лише однією робочою станцією. Аналогічно представлені локальні підмережі D, E, F.

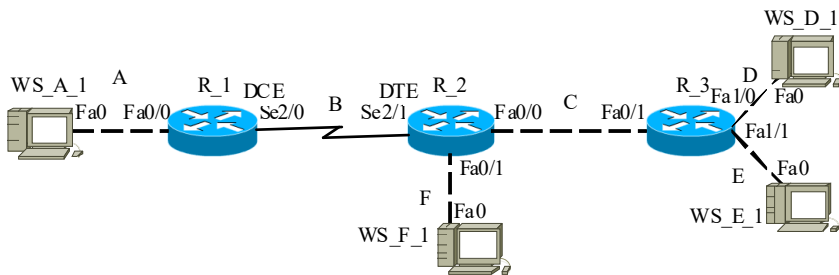


Рис. 1. Приклад мережі

При побудові даної мережі для з'єднання пристроїв використано дані табл. 1. Для налагодження параметрів адресації пристроїв використано дані табл. 2.

Таблиця 1

Параметри інтерфейсів пристроїв для прикладу

Пристрій	Інтерфейс	Підключення до пристрою	Підключення до інтерфейсу
Маршрутизатор R_1	Fa0/0	Робоча станція WS_A_1	Fa0
	Se2/0 (DCE)	Маршрутизатор R_2	Se2/1 (DTE)
Маршрутизатор R_2	Se2/1 (DTE)	Маршрутизатор R_1	Se2/0 (DCE)
	Fa0/0	Маршрутизатор R_3	Fa0/1
Маршрутизатор R_3	Fa0/1	Робоча станція WS_F_1	Fa0
	Fa1/0	Маршрутизатор R_2	Fa0/0
	Fa1/1	Робоча станція WS_D_1	Fa0
Робоча станція WS_A_1	Fa0	Маршрутизатор R_1	Fa0/0
Робоча станція WS_F_1	Fa0	Маршрутизатор R_2	Fa0/1
Робоча станція WS_D_1	Fa0	Маршрутизатор R_3	Fa1/0
Робоча станція WS_E_1	Fa0	Маршрутизатор R_3	Fa1/1

Параметри адресації мережі

Підмережа/ Пристрій	Інтерфейс/Мережний адаптер/Шлюз	IP-адреса	Маска підмережі	Префікс
Підмережа А	–	195.1.1.0	255.255.255.0	/24
Підмережа В	–	195.2.1.0	255.255.255.252	/30
Підмережа С	–	195.3.1.0	255.255.255.252	/30
Підмережа D	–	195.4.1.0	255.255.255.128	/25
Підмережа E	–	195.4.1.128	255.255.255.128	/25
Підмережа F	–	195.5.1.0	255.255.255.192	/26
Маршрутизатор R_1	Інтерфейс Fa0/0	195.1.1.1	255.255.255.0	/24
	Інтерфейс Se2/0	195.2.1.1	255.255.255.252	/30
Маршрутизатор R_2	Інтерфейс Se2/1	195.2.1.2	255.255.255.252	/30
	Інтерфейс Fa0/0	195.3.1.1	255.255.255.252	/30
	Інтерфейс Fa0/1	195.5.1.1	255.255.255.192	/26
Маршрутизатор R_3	Інтерфейс Fa0/1	195.3.1.2	255.255.255.252	/30
	Інтерфейс Fa1/0	195.4.1.1	255.255.255.128	/25
	Інтерфейс Fa1/1	195.4.1.129	255.255.255.128	/25
Робоча станція WS_A_1	Мережний адаптер	195.1.1.2	255.255.255.0	/24
	Шлюз за замовчуванням	195.1.1.1	–	–
Робоча станція WS_D_1	Мережний адаптер	195.4.1.2	255.255.255.128	/25
	Шлюз за замовчуванням	195.4.1.1	–	–
Робоча станція WS_E_1	Мережний адаптер	195.4.1.130	255.255.255.128	/25
	Шлюз за замовчуванням	195.4.1.129	–	–
Робоча станція WS_F_1	Мережний адаптер	195.5.1.2	255.255.255.192	/26
	Шлюз за замовчуванням	195.5.1.1	–	–

Для подальшого налагодження маршрутизації для кожного маршрутизатора необхідно визначити ті підмережі, інформація про параметри адресації яких маршрутизаторові відома, і ті, інформація про параметри яких невідома. Інформація про відомі мережі отримується з налагоджених інтерфейсів маршрутизатора. Інформацію про невідомі мережі необхідно внести адміністраторові мережі на кожному з маршрутизаторів за допомогою відповідних команд. Для мережі, яка наведена на рис. 1, узагальнена інформація про відомі та невідомі підмережі наведена у табл. 3.

Інформація про відомі і невідомі маршрутизаторам підмережі

Маршрутизатор	Відомі підмережі	Невідомі підмережі
Маршрутизатор R_1	Підмережа А – 195.1.1.0/24; Підмережа В – 195.2.1.0/30	Підмережа С – 195.3.1.0/30; Підмережа D – 195.4.1.0/25; Підмережа Е – 195.4.1.128/25; Підмережа F – 195.5.1.0/26
Маршрутизатор R_2	Підмережа В – 195.2.1.0/30; Підмережа С – 195.3.1.0/30; Підмережа F – 195.5.1.0/26	Підмережа А – 195.1.1.0/24; Підмережа D – 195.4.1.0/25; Підмережа Е – 195.4.1.128/25
Маршрутизатор R_3	Підмережа С – 195.3.1.0/30; Підмережа D – 195.4.1.0/25; Підмережа Е – 195.4.1.128/25	Підмережа А – 195.1.1.0/24; Підмережа В – 195.2.1.0/30; Підмережа F – 195.5.1.0/26

Сценарії налагодження параметрів інтерфейсів та параметрів адресації для маршрутизаторів R_1, R_2, R_3 наведені нижче.

```

...
R_1>enable
R_1#configure terminal
R_1(config)#interface FastEthernet 0/0
R_1(config-if)#description LAN_A
R_1(config-if)#ip address 195.1.1.1 255.255.255.0
R_1(config-if)#no shutdown
R_1(config-if)#exit
R_1(config)#interface Serial 2/0
R_1(config-if)#description LINK_TO_R_2
R_1(config-if)#clock rate 64000
R_1(config-if)#ip address 195.2.1.1 255.255.255.252
R_1(config-if)#no shutdown
R_1(config-if)#exit
R_1(config)#
...

```

```
...
R_2>enable
R_2#configure terminal
R_2(config)#interface Serial 2/1
R_2(config-if)#description LINK_TO_R_1
R_2(config-if)#ip address 195.2.1.2 255.255.255.252
R_2(config-if)#no shutdown
R_2(config-if)#exit
R_2(config)#interface FastEthernet 0/0
R_2(config-if)#description LINK_TO_R_3
R_2(config-if)#ip address 195.3.1.1 255.255.255.252
R_2(config-if)#no shutdown
R_2(config-if)#exit
R_2(config)#interface FastEthernet 0/1
R_2(config-if)#description LAN_F
R_2(config-if)#ip address 195.5.1.1 255.255.255.192
R_2(config-if)#no shutdown
R_2(config-if)#exit
R_2(config)#
...
...
R_3(config)#interface FastEthernet 0/1
R_3(config-if)#description LINK_TO_R_2
R_3(config-if)#ip address 195.3.1.2 255.255.255.252
R_3(config-if)#no shutdown
R_3(config-if)#exit
R_3(config)#interface FastEthernet 1/0
R_3(config-if)#description LAN_D
R_3(config-if)#ip address 195.4.1.1 255.255.255.128
R_3(config-if)#no shutdown
R_3(config-if)#exit
R_3(config)#interface FastEthernet 1/1
R_3(config-if)#description LAN_E
R_3(config-if)#ip address 195.4.1.129 255.255.255.128
R_3(config-if)#no shutdown
R_3(config-if)#exit
R_3(config)#
```

...

Налагодження статичної маршрутизації передбачає для кожного маршрутизатора заповнення таблиці маршрутизації інформацією про невідомі мережі та напрямки передачі пакетів. Для цього необхідно скористатися даними табл. 3.

Сценарії налагодження статичної маршрутизації для маршрутизаторів R_1, R_2, R_3 наведені нижче.

...

```
R_1(config)#ip classless
R_1(config)#ip subnet-zero
R_1(config)#ip route 195.3.1.0 255.255.255.252 Serial 2/0
R_1(config)#ip route 195.4.1.0 255.255.255.128 Serial 2/0
R_1(config)#ip route 195.4.1.128 255.255.255.128 Serial 2/0
R_1(config)#ip route 195.5.1.0 255.255.255.192 Serial 2/0
```

...

...

```
R_2(config)#ip classless
R_2(config)#ip subnet-zero
R_2(config)#ip route 195.1.1.0 255.255.255.0 Serial 2/1
R_2(config)#ip route 195.4.1.0 255.255.255.128 195.3.1.2
R_2(config)#ip route 195.4.1.128 255.255.255.128 195.3.1.2
```

...

...

```
R_3(config)#ip classless
R_3(config)#ip subnet-zero
R_3(config)#ip route 195.1.1.0 255.255.255.0 195.3.1.1
R_3(config)#ip route 195.2.1.0 255.255.255.252 195.3.1.1
R_3(config)#ip route 195.5.1.0 255.255.255.192 195.3.1.1
```

...

Результати виконання налаштувань статичної маршрутизації за даними сценаріями для маршрутизаторів R_1, R_2, R_3 відповідно наведені на рис. 2–4.

```

R_1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
   o - ODR, P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
C    195.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
     195.2.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    195.2.1.0 is directly connected, Serial2/0
     195.3.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
S    195.3.1.0 is directly connected, Serial2/0
     195.4.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
S    195.4.1.128 is directly connected, Serial2/0
S    195.4.1.0 is directly connected, Serial2/0
     195.5.1.0/26 is subnetted, 1 subnets
S    195.5.1.0 is directly connected, Serial2/0
R_1#

```

Рис. 2. Виконання команди show ip route на маршрутизаторі R_1

```

R_2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
   o - ODR, P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
     192.2.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    192.2.1.0 is directly connected, Serial2/1
S    195.1.1.0/24 is directly connected, Serial2/1
     195.3.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    195.3.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
     195.4.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
S    195.4.1.128 [1/0] via 195.3.1.2
S    195.4.1.0 [1/0] via 195.3.1.2
     195.5.1.0/26 is subnetted, 1 subnets
C    195.5.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1
R_2#

```

Рис. 3. Виконання команди show ip route на маршрутизаторі R_2

```

R_3#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
   o - ODR, P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
S    195.1.1.0/24 [1/0] via 195.3.1.1
     195.2.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
S    195.2.1.0 [1/0] via 195.3.1.1
     195.3.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    195.3.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1
     195.4.1.0/25 is subnetted, 1 subnets
C    195.4.1.128 is directly connected, FastEthernet1/1
     195.5.1.0/26 is subnetted, 1 subnets
S    195.5.1.0 [1/0] via 195.3.1.1
R_3#

```

Рис. 4. Виконання команди **show ip route** на маршрутизаторі R_3

Способи спрощення налагодження статичної маршрутизації в мережі на базі маршрутизаторів Cisco

Налагодження статичної маршрутизації є достатньо кропітким завданням, яке вимагає уваги під час виконання великої кількості команд. З метою спрощення процедури налагодження використовуються такі способи:

1. Використання маршрутизації за замовчуванням.
2. Проведення попередньої агрегації (сумаризації) адрес підмереж.
3. Використання маршрутизатора (шлюза)/мережі за замовчуванням.

Маршрутизація за замовчуванням використовується на так званих тупикових маршрутизаторах. Тупиковий маршрутизатор (Stub Router) це маршрутизатор, який підключається до ядра мережі (або іншого маршрутизатора) лише через один інтерфейс. Для прикладу ядром мережі можна вважати маршрутизатор R_2. Маршрутизатори R_1 та R_2 мають по одному інтерфейсу для підключення до R_2, відповідно їх можна вважати тупиковими і налаштовувати на них маршрутизацію за замовчуванням. Для маршрутизатора R_2 аналіз показує, що буде доцільним проагрегувати підмережі D (195.4.1.0/25) та E (195.4.1.128/25) в одну мережу, яка має адресу 195.4.1.0/24. Використання даних підходів спрощує процедуру налагодження мережі.

Сценарії налагодження маршрутизації за замовчуванням та статичної маршрутизації для попередньо проагрегованих адрес для маршрутизаторів R_1, R_2, R_3 наведені нижче.

```
...
R_1(config)#ip classless
R_1(config)#ip subnet-zero
R_1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Serial2/0
...
R_2(config)#ip classless
R_2(config)#ip subnet-zero
R_2(config)#ip route 195.1.1.0 255.255.255.0 Serial2/1
R_2(config)#ip route 195.4.1.0 255.255.255.0 195.3.1.2
...
R_3(config)#ip classless
```

```
R_3(config)#ip subnet-zero
R_3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 195.3.1.1
```

...

Результати виконання налаштувань за даними сценаріями для маршрутизаторів R_1, R_2, R_3 відповідно наведені на рис. 5–7.

```
R_1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
         o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

C       195.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
       195.2.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       195.2.1.0 is directly connected, Serial2/0
S*    0.0.0.0/0 is directly connected, Serial2/0
R_1#
```

Рис. 5. Виконання команди **show ip route** на маршрутизаторі R_1

```
R_2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
         o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

S       195.1.1.0/24 is directly connected, Serial2/1
       195.2.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       195.2.1.0 is directly connected, Serial2/1
       195.3.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       195.3.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
S       195.4.1.0/24 [1/0] via 195.3.1.2
       195.5.1.0/26 is subnetted, 1 subnets
C       195.5.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1
R_2#
```

Рис. 6. Виконання команди **show ip route** на маршрутизаторі R_2

```
R_3#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
         o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 195.3.1.1 to network 0.0.0.0

       195.3.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       195.3.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1
S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 195.3.1.1
R_3#
```


Рис. 7. Виконання команди **show ip route** на маршрутизаторі R_3

Для розглянутого прикладу (рис. 5, 7) слід зазначити таке: у записі [1/0] одиниця вказує використану адміністративну відстань; нуль – метрику маршруту; запис Gateway of last resort (шлюз останньої надії) встановлений як мережа 0.0.0.0.

Результати перевірки доступності робочої станції WS_E_1 з робочої станції WS_A_1 за допомогою команд **ping**, **pathping** наведені на рис. 8, а, б. Результати трасування маршруту за допомогою команди **tracert** від робочої станції WS_A_1 до робочої станції WS_E_1 наведені на рис. 8, в.

```
C:\>ping 195.4.1.2
Обмен пакетами с 195.4.1.2 по 32 байт:
Ответ от 195.4.1.2: число байт=32 время 266мс TTL=125
Ответ от 195.4.1.2: число байт=32 время 209мс TTL=125
Ответ от 195.4.1.2: число байт=32 время 259мс TTL=125
Ответ от 195.4.1.2: число байт=32 время 198мс TTL=125

Статистика Ping для 195.4.1.2:
  Пакетов: отправлено = 4, получено = 4, потеряно = 0 <0% потерь>,
Приблизительное время приема-передачи в мс:
  Минимальное = 198 мсек, Максимальное 266 мсек, Среднее = 233 мсек

C:\>
```

a

```
C:\>pathping 195.4.1.2
Трассировка маршрута к 195.4.1.2 с максимальным числом прыжков 30
 0 195.1.1.2
 1 195.1.1.1
 2 195.2.1.2
 3 195.3.1.2
 4 195.4.1.2
Подсчет статистики за: 75 сек. ...
      Исходный узел      Маршрутный узел
Прыжок  RTT   Утер./Отпр.   %   Утер./Отпр.   %   Адрес
 0
 1  29мс    0/100 = 0%    |   0/100 = 0%    |   195.1.1.2
 2  35мс    0/100 = 0%    |   0/100 = 0%    |   195.1.1.1
 3  20мс    0/100 = 0%    |   0/100 = 0%    |   195.2.1.2
 4  21мс    0/100 = 0%    |   0/100 = 0%    |   195.2.1.2
 5  20мс    0/100 = 0%    |   0/100 = 0%    |   195.3.1.2
 6  21мс    0/100 = 0%    |   0/100 = 0%    |   195.3.1.2
 7  21мс    0/100 = 0%    |   0/100 = 0%    |   195.4.1.2
 8  21мс    0/100 = 0%    |   0/100 = 0%    |   195.4.1.2
Трассировка завершена.
C:\>
```

б

```
C:\>tracert 195.4.1.2
Трассировка маршрута к 195.4.1.2 с максимальным числом прыжков 30
 1  62 ms  62 ms  64 ms  195.1.1.1
 2  166 ms 193 ms 192 ms 195.2.1.2
 3  310 ms 385 ms 325 ms 195.3.1.2
 4  459 ms 447 ms 383 ms 195.4.1.2
```

Трассировка завершена.
C:\>

6

Рис. 8. Приклад перевірки доступності та трасування маршруту від робочої станції WS_A_1 до робочої станції WS_D_1 за допомогою команд **ping** та **tracert**

Завдання на лабораторну роботу

1. У середовищі програмного симулятора/емулятора створити проект мережі (рис. 9). При побудові звернути увагу на вибір моделей комутаторів та маршрутизаторів, мережних модулів та адаптерів, а також мережних з'єднань. Різновиди технологій Ethernet для підмереж А, В, С, D, H, O, P обираються довільно. Під час формування каналів E, F, G скористатися даними табл. 4. Підключені локальні мережі (А, В, D, H, O, P) можна показувати як за допомогою одного вузла, так і за допомогою повноцінної мережі на базі окремого комутатора з кількома вузлами. Для побудованої мережі заповнити описову таблицю, яка аналогічна табл. 1.

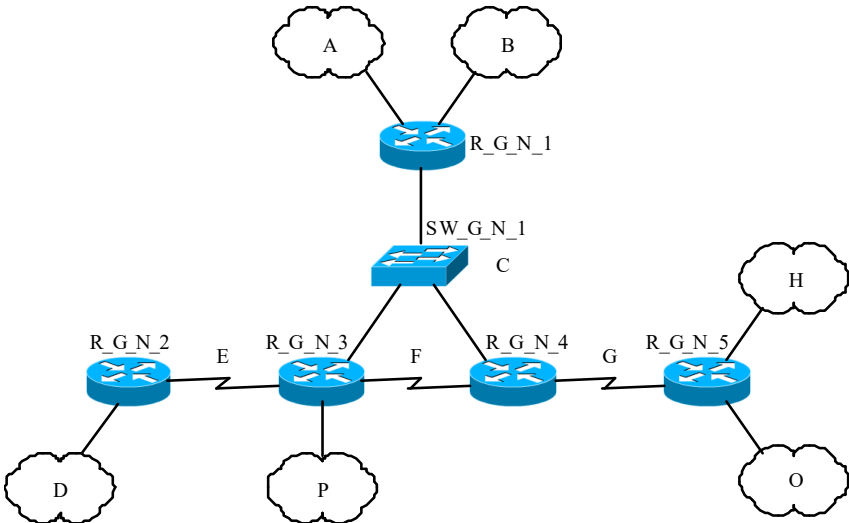


Рис. 9. Проект мережі

2. Розробити схему адресації пристроїв мережі. Для цього використовувати дані табл. 5, 6. Результати навести у вигляді таблиці, яка аналогічна табл. 2.

3. Визначити, який метод маршрутизації (статичну чи за замовчуванням) використовувати на кожному маршрутизаторі. Визначити інформацію про відомі і невідомі кожному маршрутизатору мережі. Проаналізувати можливості сумаризації підмереж. Результати (у т.ч. і сумаризації) навести у вигляді таблиці, яка аналогічна табл. 3.

Таблиця 4

Параметри підмереж (каналів зв'язку)

№ варіанта	Канал E		Канал F		Канал G	
	Clock rate, бт/с	DCE	Clock rate, бт/с	DCE	Clock rate, бт/с	DCE
1	9600	R_G_N_2	500000	R_G_N_3	72000	R_G_N_4
2	1000000	R_G_N_2	800000	R_G_N_3	500000	R_G_N_5
3	38400	R_G_N_2	1000000	R_G_N_4	64000	R_G_N_5
4	250000	R_G_N_2	1300000	R_G_N_4	128000	R_G_N_4
5	64000	R_G_N_3	2000000	R_G_N_3	250000	R_G_N_4
6	128000	R_G_N_3	1000000	R_G_N_3	800000	R_G_N_5
7	125000	R_G_N_3	19200	R_G_N_4	128000	R_G_N_4
8	128000	R_G_N_3	2000000	R_G_N_4	19200	R_G_N_5
9	148000	R_G_N_2	56000	R_G_N_3	2000000	R_G_N_4
10	250000	R_G_N_2	19200	R_G_N_3	1000000	R_G_N_5
11	500000	R_G_N_2	9600	R_G_N_4	500000	R_G_N_5
12	800000	R_G_N_2	1000000	R_G_N_4	800000	R_G_N_4
13	1000000	R_G_N_3	38400	R_G_N_3	1000000	R_G_N_4
14	1300000	R_G_N_3	250000	R_G_N_3	1300000	R_G_N_5
15	2000000	R_G_N_3	64000	R_G_N_4	2000000	R_G_N_4
16	1000000	R_G_N_3	128000	R_G_N_4	1000000	R_G_N_5
17	19200	R_G_N_2	125000	R_G_N_3	19200	R_G_N_4
18	2000000	R_G_N_2	128000	R_G_N_3	2000000	R_G_N_5
19	56000	R_G_N_2	148000	R_G_N_4	56000	R_G_N_5
20	19200	R_G_N_2	250000	R_G_N_4	19200	R_G_N_4
21	72000	R_G_N_3	72000	R_G_N_3	9600	R_G_N_4
22	500000	R_G_N_3	500000	R_G_N_3	1000000	R_G_N_5

23	64000	R_G_N_3	64000	R_G_N_4	38400	R_G_N_4
24	128000	R_G_N_3	128000	R_G_N_4	250000	R_G_N_5
25	250000	R_G_N_2	250000	R_G_N_3	64000	R_G_N_4
26	800000	R_G_N_2	800000	R_G_N_3	128000	R_G_N_5
27	128000	R_G_N_2	128000	R_G_N_4	125000	R_G_N_5
28	19200	R_G_N_2	19200	R_G_N_4	128000	R_G_N_4
29	2000000	R_G_N_3	2000000	R_G_N_3	148000	R_G_N_4
30	1000000	R_G_N_3	1000000	R_G_N_3	250000	R_G_N_5

Таблиця 5

Дані для адресації підмереж

№ варіанта	Підмережа А		Підмережа В		Підмережа С		Підмережа D		Підмережа Е	
	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс
1	193.G.N.0	/25	193.G.N.128	/25	194.G.N.0	/29	195.G.N.0	/24	196.G.N.0	/30
2	193.G.N.0	/26	193.G.N.64	/26	194.G.N.8	/29	195.G.N.0	/25	196.G.N.4	/30
3	193.G.N.128	/26	193.G.N.192	/26	194.G.N.16	/29	195.G.N.0	/26	196.G.N.8	/30
4	193.G.N.0	/27	193.G.N.32	/27	194.G.N.24	/29	195.G.N.0	/27	196.G.N.12	/30
5	193.G.N.64	/27	193.G.N.96	/27	194.G.N.32	/29	195.G.N.0	/28	196.G.N.16	/30
6	193.G.N.128	/27	193.G.N.160	/27	194.G.N.40	/29	195.G.N.0	/24	196.G.N.20	/30
7	193.G.N.192	/27	193.G.N.224	/27	194.G.N.48	/29	195.G.N.0	/25	196.G.N.24	/30
8	193.G.N.0	/28	193.G.N.16	/28	194.G.N.56	/29	195.G.N.0	/26	196.G.N.28	/30
9	193.G.N.32	/28	193.G.N.48	/28	194.G.N.64	/29	195.G.N.0	/27	196.G.N.32	/30
10	193.G.N.64	/28	193.G.N.80	/28	194.G.N.72	/29	195.G.N.0	/28	196.G.N.36	/30
11	193.G.N.96	/28	193.G.N.112	/28	194.G.N.0	/28	195.G.N.0	/24	196.G.N.40	/30
12	193.G.N.128	/28	193.G.N.144	/28	194.G.N.16	/28	195.G.N.0	/25	196.G.N.44	/30
13	193.G.N.160	/28	193.G.N.176	/28	194.G.N.32	/28	195.G.N.0	/26	196.G.N.48	/30
14	193.G.N.192	/28	193.G.N.208	/28	194.G.N.48	/28	195.G.N.0	/27	196.G.N.52	/30
15	193.G.N.224	/28	193.G.N.240	/28	194.G.N.64	/28	195.G.N.0	/28	196.G.N.56	/30
16	193.G.N.0	/25	193.G.N.128	/25	194.G.N.80	/28	195.G.N.0	/24	196.G.N.60	/30
17	193.G.N.0	/26	193.G.N.64	/26	194.G.N.96	/28	195.G.N.0	/25	196.G.N.64	/30
18	193.G.N.128	/26	193.G.N.192	/26	194.G.N.112	/28	195.G.N.0	/26	196.G.N.68	/30
19	193.G.N.0	/27	193.G.N.32	/27	194.G.N.128	/28	195.G.N.0	/27	196.G.N.72	/30
20	193.G.N.64	/27	193.G.N.96	/27	194.G.N.0	/27	195.G.N.0	/28	196.G.N.76	/30
21	193.G.N.128	/27	193.G.N.160	/27	194.G.N.32	/27	195.G.N.0	/24	196.G.N.80	/30
22	193.G.N.192	/27	193.G.N.224	/27	194.G.N.64	/27	195.G.N.0	/25	196.G.N.84	/30
23	193.G.N.0	/28	193.G.N.16	/28	194.G.N.96	/27	195.G.N.0	/26	196.G.N.88	/30
24	193.G.N.32	/28	193.G.N.48	/28	194.G.N.128	/27	195.G.N.0	/27	196.G.N.92	/30
25	193.G.N.64	/28	193.G.N.80	/28	194.G.N.160	/27	195.G.N.0	/28	196.G.N.96	/30
26	193.G.N.96	/28	193.G.N.112	/28	194.G.N.192	/27	195.G.N.0	/24	196.G.N.4	/30
27	193.G.N.128	/28	193.G.N.144	/28	194.G.N.224	/27	195.G.N.0	/25	196.G.N.24	/30
28	193.G.N.160	/28	193.G.N.176	/28	194.G.N.0	/26	195.G.N.0	/26	196.G.N.44	/30
29	193.G.N.192	/28	193.G.N.208	/28	194.G.N.64	/26	195.G.N.0	/27	196.G.N.64	/30
30	193.G.N.224	/28	193.G.N.240	/28	194.G.N.128	/26	195.G.N.0	/28	196.G.N.84	/30

Таблиця 6

Дані для адресації підмереж

№ варіанта	Підмережа F		Підмережа G		Підмережа H		Підмережа O		Підмережа P	
	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс
1	197.G.N.0	/30	198.G.N.8	/30	199.G.N.0	/27	199.G.N.32	/27	200.G.N.0	/24
2	197.G.N.20	/30	198.G.N.28	/30	199.G.N.64	/27	199.G.N.96	/27	200.G.N.0	/25
3	197.G.N.40	/30	198.G.N.48	/30	199.G.N.128	/27	199.G.N.160	/27	200.G.N.0	/26
4	197.G.N.60	/30	198.G.N.68	/30	199.G.N.192	/27	199.G.N.224	/27	200.G.N.0	/27
5	197.G.N.80	/30	198.G.N.88	/30	199.G.N.0	/28	199.G.N.16	/28	200.G.N.0	/28
6	197.G.N.4	/30	198.G.N.12	/30	199.G.N.32	/28	199.G.N.48	/28	200.G.N.0	/24
7	197.G.N.24	/30	198.G.N.32	/30	199.G.N.64	/28	199.G.N.80	/28	200.G.N.0	/25
8	197.G.N.44	/30	198.G.N.52	/30	199.G.N.96	/28	199.G.N.112	/28	200.G.N.0	/26
9	197.G.N.64	/30	198.G.N.72	/30	199.G.N.128	/28	199.G.N.144	/28	200.G.N.0	/27
10	197.G.N.84	/30	198.G.N.92	/30	199.G.N.160	/28	199.G.N.176	/28	200.G.N.0	/28
11	197.G.N.8	/30	198.G.N.16	/30	199.G.N.192	/28	199.G.N.208	/28	200.G.N.0	/24
12	197.G.N.28	/30	198.G.N.36	/30	199.G.N.224	/28	199.G.N.240	/28	200.G.N.0	/25
13	197.G.N.48	/30	198.G.N.56	/30	199.G.N.0	/25	199.G.N.128	/25	200.G.N.0	/26
14	197.G.N.68	/30	198.G.N.76	/30	199.G.N.0	/26	199.G.N.64	/26	200.G.N.0	/27
15	197.G.N.88	/30	198.G.N.96	/30	199.G.N.128	/26	199.G.N.192	/26	200.G.N.0	/28
16	197.G.N.12	/30	198.G.N.16	/30	199.G.N.0	/27	199.G.N.32	/27	200.G.N.0	/24
17	197.G.N.32	/30	198.G.N.36	/30	199.G.N.64	/27	199.G.N.96	/27	200.G.N.0	/25
18	197.G.N.52	/30	198.G.N.56	/30	199.G.N.128	/27	199.G.N.160	/27	200.G.N.0	/26
19	197.G.N.72	/30	198.G.N.76	/30	199.G.N.192	/27	199.G.N.224	/27	200.G.N.0	/27
20	197.G.N.92	/30	198.G.N.96	/30	199.G.N.0	/26	199.G.N.64	/26	200.G.N.0	/28
21	197.G.N.16	/30	198.G.N.0	/30	199.G.N.32	/28	199.G.N.48	/28	200.G.N.0	/24
22	197.G.N.36	/30	198.G.N.20	/30	199.G.N.64	/28	199.G.N.80	/28	200.G.N.0	/25
23	197.G.N.56	/30	198.G.N.40	/30	199.G.N.96	/28	199.G.N.112	/28	200.G.N.0	/26
24	197.G.N.76	/30	198.G.N.60	/30	199.G.N.128	/28	199.G.N.144	/28	200.G.N.0	/27
25	197.G.N.96	/30	198.G.N.80	/30	199.G.N.160	/28	199.G.N.176	/28	200.G.N.0	/28
26	197.G.N.16	/30	198.G.N.4	/30	199.G.N.192	/28	199.G.N.208	/28	200.G.N.0	/24
27	197.G.N.36	/30	198.G.N.24	/30	199.G.N.224	/28	199.G.N.240	/28	200.G.N.0	/25
28	197.G.N.56	/30	198.G.N.44	/30	199.G.N.0	/25	199.G.N.128	/25	200.G.N.0	/26
29	197.G.N.76	/30	198.G.N.64	/30	199.G.N.0	/26	199.G.N.64	/26	200.G.N.0	/27
30	197.G.N.96	/30	198.G.N.84	/30	199.G.N.128	/26	199.G.N.192	/26	200.G.N.0	/28

4. Провести базове налагодження пристроїв, інтерфейсів та каналів зв'язку (за даними табл. 4). Провести налагодження параметрів IP-адресації пристроїв мережі відповідно до даних, які отримані у п. 2. Перевірити наявність зв'язку між сусідніми парами пристроїв мережі.

5. Налаштувати маршрутизацію на кожному із маршрутизаторів мережі відповідно до даних, які отримані у п. 3.

6. Дослідити процес передачі даних між вузлами віддалених підмереж. У разі відсутності зв'язку визначити проблеми та усунути їх.

Контрольні питання

1. Структура таблиці маршрутизації маршрутизатора Cisco.
2. Джерела заповнення таблиці маршрутизації маршрутизатора Cisco.
3. Статична маршрутизація.
4. Переваги та недоліки використання статичної маршрутизації.
5. Маршрутизація за замовчуванням. Особливості застосування маршрутизації за замовчуванням.
6. Призначення адміністративної відстані. Значення адміністративної відстані за замовчуванням для статичної маршрутизації.
7. Способи спрощення налагодження статичної маршрутизації.
8. Призначення команди **ip classless**.
9. Призначення команди **ip subnet-zero**.
10. Призначення команди **ip default-gateway**.
11. Призначення та синтаксис команди **ip route**.
12. Особливості застосування команди **ip route** для двоточкових з'єднань та ширококомовних мереж.
13. Синтаксис команди **ip route** для статичної маршрутизації
14. Синтаксис команди **ip route** для маршрутизації за замовчуванням.
15. Структура запису статичної маршрутизації та маршрутизації за замовчуванням як результат команди **show ip route**.