

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Український державний університет  
науки і технологій**

---

Кафедра «Електронні  
обчислювальні машини»

*В авторській редакції*

**КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ  
(ЧАСТИНА 2)**

Навчально-методичні рекомендації  
до лабораторних робіт

*Електронне видання*

ДНІПРО  
2023

УДК 004.7  
К 63

Упорядники:  
*І. В. Жуковицький, О. П. Заєць, В. В. Дзюба*

### Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми  
123 «Комп'ютерна інженерія»  
Протокол № 1 від 06.10.2023  
Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми  
125 «Кібербезпека»  
Протокол № 1 від 06.10.2023

К 63 Комп'ютерні мережі : навчально-методичні рекомендації до лабораторних робіт / упоряд. : І. В. Жуковицький, О. П. Заєць, В. В. Дзюба ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2023. – Ч. 2. – 29 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання студентами безвідривної форми навчання спеціальностей 123 «Комп'ютерна інженерія» та 125 «Кібербезпека та безпека інформації» під час виконання лабораторних робіт з дисципліни «Комп'ютерні мережі» в другому модулі курсу.

Навчально-методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, інструкції до виконання лабораторних робіт, вимоги до аналізу результатів та оформлення робіт, контрольні питання.

© Жуковицький І. В. та ін., упорядкування, 2023

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2023

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота №5. Дослідження механізмів статичної маршрутизації комп'ютерної мережі.....	5
Лабораторна робота №6. Дослідження можливостей операційної системи Cisco IOS.....	9
Лабораторна робота №7. Дослідження механізму статичної маршрутизації засобами ОС Cisco IOS .....	19
Список літератури .....	28

## ВСТУП

Дисципліна «Комп'ютерні мережі» відноситься до обов'язкової компоненти (ОК14) освітньо-професійної програми (ОП) «Комп'ютерна інженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти та до обов'язкової компоненти (ОК15) освітньо-професійної програми (ОП) «Кібербезпека» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Дане навчально-методичне видання сприяє здобуттю майбутніми фахівцями наступних результатів навчання (вміння, згідно робочих програм з цієї дисципліни за обома освітніми програмами):

- пояснювати роботу основних мережевих протоколів;
- налаштовувати механізм маршрутизації в мережі;
- досліджувати роботу мережевих протоколів;

В даному навчально-методичному виданні надані вказівки до виконання 3 лабораторних робіт, які заплановані для виконання в другому модулі курсу. Частина лабораторних робіт виконується на програмному симуляторі Cisco Packet Tracer для моделювання комп'ютерних мереж (університет є філією академії компанії Cisco і має право використовувати цю програму).

Інша частина лабораторних робіт виконується в середовищі ОС Ubuntu (ОС, що вільно розповсюджується) з використанням віртуальних машин, що дає змогу на одній машині створювати мережу з декількох віртуальних машин і проводити, таким чином, дослідження мережі на одній реальній машині. Це особливо актуально в умовах можливої (в межах окремого часу) дистанційної форми навчання.

В методичних вказівках до кожної лабораторної роботи наведено відповідні теоретичні відомості, послідовність виконання роботи, індивідуальне завдання щодо цієї роботи (за варіантами), зміст звіту, контрольні питання.

Все необхідне для виконання лабораторних робіт програмне забезпечення викладено в системі дистанційного навчання «Лідер» університету в курсі «Комп'ютерні мережі».

## Лабораторна робота № 5

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ СТАТИЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

**Мета роботи.** Освоїти навички розуміння та формування таблиць маршрутизації. На експериментальному полігоні, що побудований засобами системи віртуальних машин VMware Workstations Pro, налаштувати таблиці маршрутизації окремих вузлів та дослідити коректність цих таблиць.

#### 5.1 Загальні принципи маршрутизації

Задача маршрутизації виникає в складовій мережі. Складова мережа складається з набору підмереж, кожна з яких має свою унікальну адресу, які з'єднуються між собою маршрутизаторами. Наприклад, на рис.1 зображений фрагмент складовою мережі, що складається з локальних мереж S1 (адреса мережі 192.186.1.0/24) і S2 (адреса мережі 192.168.2.0/24) і маршрутизатора, який пов'язує ці мережі між собою.

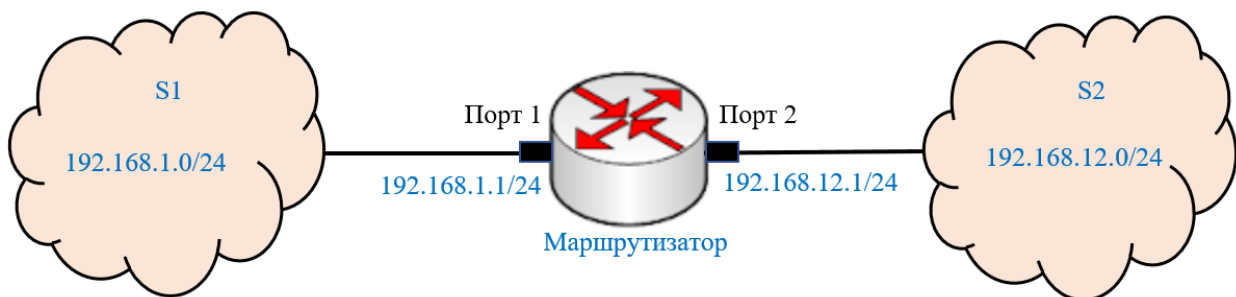


Рисунок 5.1 – Фрагмент складової мережі

Кожен з маршрутизаторів має по кілька портів (інтерфейсів), до яких приєднуються мережі (підмережі). Кожен порт маршрутизатора можна розглядати як окремий вузол мережі: він має власну мережеву адресу і власну локальну адресу в тій підмережі, яка до нього підключена. Наприклад, маршрутизатор, показаний на рис. 5.1 має два порти, до яких підключені мережі S1, S2. Порт 1 маршрутизатора має IP- і MAC-адресу в мережі з номером S1, порт 2 – IP- і MAC-адресу в мережі S2. Таким чином, маршрутизатор можна розглядати як сукупність декількох вузлів, кожен з яких входить в свою мережу. У складних складових мережах майже завжди існує кілька альтернативних маршрутів для передачі пакетів між двома кінцевими вузлами.

Маршрут - це послідовність маршрутизаторів, які повинен пройти пакет від відправника до одержувача.

Найчастіше, щоб за адресою мережі призначення можна було обрати раціональний маршрут подальшого проходження пакету, кожен кінцевий вузол (хост) і маршрутизатор аналізують спеціальну інформаційну структуру, яка називається таблицею маршрутизації. Як мінімум, рядок таблиці маршрутизації повинен містити наступні поля:

- адреса підмережі призначення;
- вихідний інтерфейс;
- IP-адреса наступного маршрутизатора.

Зазвичай в рядку таблиці маршрутизації присутні і інші поля, наприклад, відстань до підмережі призначення (метрика);

Оскільки пакет може бути адресований в будь-яку мережу складовою мережі на практиці широко відомий прийом зменшення кількості записів в таблиці маршрутизації, заснований на введенні маршруту за замовчуванням (default route). У таблиці досить записати номери тільки тих мереж, які безпосередньо приєднані до даного маршрутизатора або розташовані поблизу на тупикових маршрутах. Про всі ж інших мережах можна зробити в таблиці єдиний запис, що вказує на маршрутизатор, через який пролягає шлях до всіх цих мереж. Такий маршрутизатор називається маршрутизатором за замовчуванням (default router).

При **статичної маршрутизації** всі записи в таблиці мають незмінний, статичний статус, що має на увазі нескінченний термін їх життя. Записи про маршрути складаються і вводяться в пам'ять кожного маршрутизатора вручну адміністратором мережі.

При **адаптивної (динамічної) маршрутизації** використовуються протоколи маршрутизації, які на підставі тих чи інших алгоритмів формують, а потім динамічно редагують таблицю маршрутів.

Завдання маршрутизації вирішують не тільки проміжні вузли-маршрутизатори, але і кінцеві вузли – комп'ютери. Засоби мережевого рівня, встановлені на кінцевому вузлі, при обробці пакету повинні, перш за все, визначити, чи прямує він в іншу мережу або адресований якомусь вузлу даної мережі. Якщо номери мереж відправлення і призначення не співпадають, то потрібна маршрутизація.

Таблиці маршрутизації для кінцевих вузлів зазвичай створюються вручну адміністраторами.

## **5.2 Експериментальний полігон для виконання лабораторної роботи**

Робота виконується в середовищі віртуальних машин VMware Workstations Pro.

У кожного студента повинні бути створені і налаштовані три віртуальні машини (умовні позначення А, В, С), як показано на рис. 5.2.

Кожна з машин виконує роль маршрутизатора. Хоча у машини (навіть віртуальної) тільки один інтерфейс (порт), але є можливість на цей інтерфейс призначити дві IP-адреси (спеціальні параметри команди `ifconfig`). Таким чином створюється 4 підмережі.

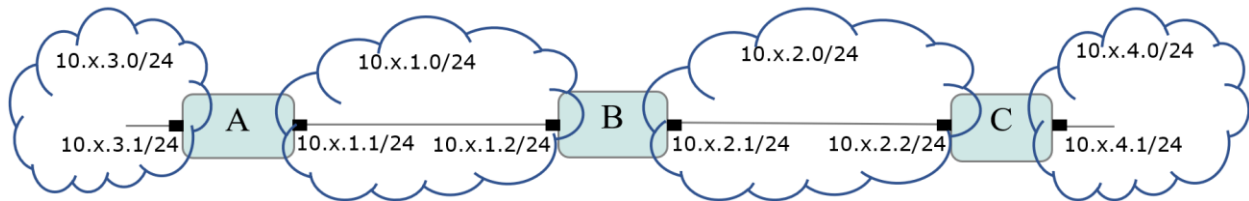


Рисунок 5.2 – Схема експериментального полігону (x - номер варіанту)

### 5.3 Послідовність виконання роботи

1) Увімкнути комп'ютери, завантажити три ВМ бажано за допомогою трьох раніше створених ярликів. Увімкнути кожну із завантажених ВМ.

2) На комп'ютері А встановити дві IP-адреси згідно рис. 5.2 та заданому варіанту. Наприклад, для x=133 команди конфігурування інтерфейсу виглядають наступним чином:

```
ivanov@ubuntu:~$ sudo ifconfig eth0:0 10.133.3.1/24 up
[sudo] password for ivanov: xxxxxxxx
ivanov@ubuntu:~$ sudo ifconfig eth0:1 10.133.1.1/24 up
```

(тут xxxxxx – пароль, який на екрані не відображається).

3) Переглянути та записати у файл поточну конфігурацію інтерфейсів за допомогою команди ifconfig.

4) На комп'ютері А переглянути та зберегти у файл поточну таблицю маршрутизації за допомогою команди netstat з параметром -r (опис netstat див. у Додатку ):

```
ivanov@ubuntu:~$ netstat -r > netstat1.txt
```

Приклад фрагменту запису в таблиці маршрутизації, що показується командою netstat наведено на рис. 5.3. Цей запис можливо інтерпретується наступним чином: якщо прийдуть, чи будуть сформовані для передачі пакети адресовані в мережу (Destination) 10.133.3.0 з маскою (Genmask) 255.255.255.0, то передавати їх в наступний роутер (шлюз – Gateway) не потрібно. Пакети що прийшли за власною адресою (10.133.3.1) оброблювати самостійно, пакети, що сформовані – передавати на інтерфейс (Iface) eth0.

Destination	Gateway	Genmask	Flags	MSS	Window	irtt	Iface
10.133.3.0	*	255.255.255.0	U	0	0	0	eth0

Рисунок 5.3 – Приклад запису в таблиці маршрутизації що показується командою netstat

Поля Flags, MSS, Windows запису в цій роботі аналізувати не потрібно.

5) Пункт 4 повторити для комп'ютерів В, С.

6) На терміналі ВМ А виконати команду

```
ivanov@ubuntu:~$ ping 10.x.4.1
```

Поясніть результат виконання цієї команди.

7) Налаштувати таблиці маршрутизації на кожному комп'ютері таким чином, щоб можна було передавати пакети с будь-якого комп'ютера на будь-який. Для налаштування таблиць маршрутизації використовується команда `route`. Формат команди `route` для додавання запису в таблицю маршрутизації (варіант для полігону цієї лабораторної роботи, інші варіанти розглядаються в лабораторній роботі №7):

```
route add -net <мережа_призначення>/<префікс> gw <шлюз>
```

чи

```
route add -net default gw <шлюз>
```

Тут <шлюз> – IP-адреса наступного маршрутизатора, куди слід направляти пакет з IP-адресою <мережа\_призначення>/<префікс>.

Оскільки в реальній мережі мереж призначення може бути велика кількість, то лише для окремих мереж призначення їх адреса вказується в рядку таблиці маршрутизації. Для всіх інших адрес вказується адреса наступного маршрутизатора з ключовим словом `default`. Звісно, що цей запис в таблиці маршрутизації повинен бути останнім.

Наприклад, для комп'ютера А та варіанту  $x=133$  записи в таблицю маршрутизації могли бути:

```
ivanov@ubuntu:~$ sudo route add -net 10.133.2.0/24 gw 10.133.1.1
```

```
[sudo] password for ivanov: xxxxxxxx
```

```
ivanov@ubuntu:~$ sudo route add -net 10.133.4.0/24 gw 10.133.1.1
```

Зверніть увагу, що для двох мереж (10.133.2.0/24, 10.133.4.0/24), до яких комп'ютер А напряму не підключений, треба передавати пакети через інтерфейс 10.133.1.1. Це дозволяє скоротити таблицю маршрутизації і замість попередніх двох записів зробити одну:

```
ivanov@ubuntu:~$ sudo route add -net default gw 10.133.1.1
```

8) За допомогою команди `netstat` переглянути та записати у файл поточні таблиці маршрутизації всіх комп'ютерів.

9) Перевірити зв'язок між комп'ютерами А, С за допомогою команди `ping`. Результати зберегти у файл.

### 5.3 Зміст звіту

Звіт складається в електронному форматі і роздруковується. Зміст повинен містити наступні пункти:

- назва роботи;
- мета роботи;
- номер варіанту

- схема експериментального полігону з IP-адресами інтерфейсів (портів) та мереж згідно варіанту;
- команди, за допомогою яких конфігуруються інтерфейси машин;
- скріншоти або зміст файлів сформованої конфігурації інтерфейсів VM.
- скріншот або зміст файлу з первинним змістом таблиці маршрутизації однієї з VM;
- команди для формування таблиць маршрутизації усіх VM;
- скріншоти або файли із змістом налагоджених таблиць маршрутизації усіх VM;
- скріншоти або файли із змістом результатів пінгування між комп'ютерами A, C та C, A.

#### **5.4 Контрольні питання**

1. Призначення маршрутизації в складеній мережі?
2. Що таке маршрут?
3. Призначення таблиці маршрутизації?
4. Мінімальний склад таблиці маршрутизації?
5. Дайте пояснення до таблиць маршрутизації, що видані за командою netstat.
6. Якою командою можуть формуватися записи в таблиці маршрутизації?
7. Призначення «маршруту за замовчуванням»?

#### **Лабораторна робота №6**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ CISCO IOS**

**Мета роботи.** Знайомство з IOS. Розгляд поняття «Контекст IOS», рівні контекстів, їх призначення, переходи між контекстами. Побудова експериментального полігону у системі Cisco Packet Tracer. Дослідження основних можливостей IOS для вивчення та налаштування (конфігурування) мережі.

#### **6.1 Загальні відомості про роботу в CISCO IOS**

Переважає більшість маршрутизаторів та комутаторів Cisco працює під керуванням операційної системи Cisco Internetwork Operating System (IOS). Система IOS контролює всі аспекти роботи пристрою, наприклад, список тих, кому дозволено доступ, який трафік допустимий, а який заблокований, включений/відключений інтерфейс і т.д.

Оболонка командного рядка IOS (Command Line Interface – CLI) – це інтерфейс для контролю та налаштування пристроїв Cisco. Доступ до командного рядка IOS можливий декількома способами, наприклад, підключившись до спеціального консольного порту, який є у кожного комутатора і маршрутизатора CISCO. При роботі в Cisco Packet Tracer також є можливість емуляції

підключення комп'ютера до консольного порту вузла (комутатора/маршрутизатора) і робота з вузлом через спеціальний додаток – термінал.

У Cisco Packet Tracer є можливість роботи з командним рядком та безпосередньо в окремому пристрої. У вікні налаштування комутатора або маршрутизатора (з'являється при натисканні на пристрої, розташованому в робочій області) є закладка «CLI».

У цій лабораторній роботі ми будемо розглядати роботу в маршрутизаторі IOS через термінал ПК, підключений до маршрутизатора через консольний порт.

При роботі в командному рядку Cisco IOS існує декілька контекстів (режимів введення команд).

**Контекст (режим) користувача** відкривається при підключенні до маршрутизатора. Вигляд запрошення командного рядка:

```
Router>
```

Замість слова Router виводиться ім'я маршрутизатора, якщо воно встановлено.

У цьому режимі неможливо редагувати або переглядати конфігурації пристрою, можна лише дізнатися про статус маршрутизатора та іншу довідкову інформацію. Щоб отримати основний список команд, введіть знак запитання:

```
Router>?
```

Для зміни конфігурації маршрутизатора необхідно увімкнути **привілейований режим (контекст адміністратора)**. Для його включення використовуйте команду enable:

```
Router>enable
```

```
Password:
```

```
Router# ← Запрошення привілейованого режиму
```

При цьому зазвичай потрібний пароль адміністратора. При першому ввімкненні він не потрібен, а потім пароль можна призначити в цьому режимі.

Режим користувача від привілейованого режиму можна завжди відрізнити, поглянувши на запрошення. В кінці запрошення користувальницького режиму знаходиться символ >, а в кінці запрошення привілейованого режиму, незалежно від заданого підрежиму, завжди виводиться символ #.

Для виходу з контексту адміністратора в контекст користувача використовують команду disable:

```
Router#disable
```

```
Router>
```

У контексті адміністратора доступні команди, що дозволяють отримати повну інформацію про конфігурацію маршрутизатора і його стан. У цьому режимі у вас є повноваження для доступу до всіх елементів маршрутизатора, включаючи команди конфігурування. Однак команди конфігурування не мо-

жна вводити безпосередньо. Перед тим як приступити до фактичного налаштування маршрутизатора, необхідно включити один з підрежимів привілейованого режиму (**Глобальний контекст конфігурування**) за допомогою команди `configure terminal` («конфігурувати через термінал»):

```
Router#configure terminal  
Router(configure)#
```

Зверніть увагу, як у цьому режимі змінився вигляд запрошення.

Глобальний контекст конфігурування містить як безпосередньо команди конфігурування маршрутизатора, так і команди переходу в контексти конфігурування підсистем маршрутизатора, наприклад, такі, як:

- **контекст конфігурування інтерфейсу** – відкривається командою `interface <ім'я_інтерфейсу>`, наприклад

```
Router(configure)#interface FastEthernet0/0  
Router(config-if)#
```

На цьому рівні можна вводити команди, які стосуються налаштування інтерфейсу, наприклад, призначити інтерфейс IP-адресі.

Щоб вийти з цього режиму та повернутися до глобального конфігураційного режиму, виконайте команду `exit`.

- **контекст конфігурування процесу динамічної маршрутизації** – відкривається командою `router <протокол маршрутизації> [<параметри>]`, наприклад:

```
Router(config)#router rip  
Router(config-router)#
```

Існує багато інших контекстів конфігурування.

Вигляд запрошення командного рядка в контекстах конфігурування, які зустрічаються найчастіше:

<code>router(config)#</code>	/глобальний/
<code>router(config-if)#</code>	/інтерфейсу/
<code>router(config-router)#</code>	/динамічної маршрутизації/
<code>router(config-line)#</code>	/термінальної лінії/

Необхідно запам'ятати вид запрошень командою рядка у всіх вищевказаних контекстах та правила переходу з контексту до контексту. Надалі приклади команд завжди будуть даватися разом із запрошеннями, з яких потрібно визначати контекст, в якому подається команда. Приклади не міститимуть вказівок, як потрапити в необхідний контекст.

Вихід із глобального контексту конфігурування в контекст адміністратора, а також вихід з будь-якого підконтексту конфігурування в контекст верхнього рівня здійснюється командою `exit` або `Ctrl-Z`. Крім того, команда `end`, подана в

будь-якому з контекстів конфігурування, негайно завершує процес конфігурування і повертає оператора в контекст адміністратора.

Спрощена схема контекстів представлена на рис. 6.1.

Всі команди та параметри при введенні можуть бути скорочені (наприклад, enable – en, configure terminal – conf t); якщо скорочення виявиться неоднозначним, маршрутизатор повідомить про це, а після натискання табуляції видасть варіанти, що відповідають введеному фрагменту.

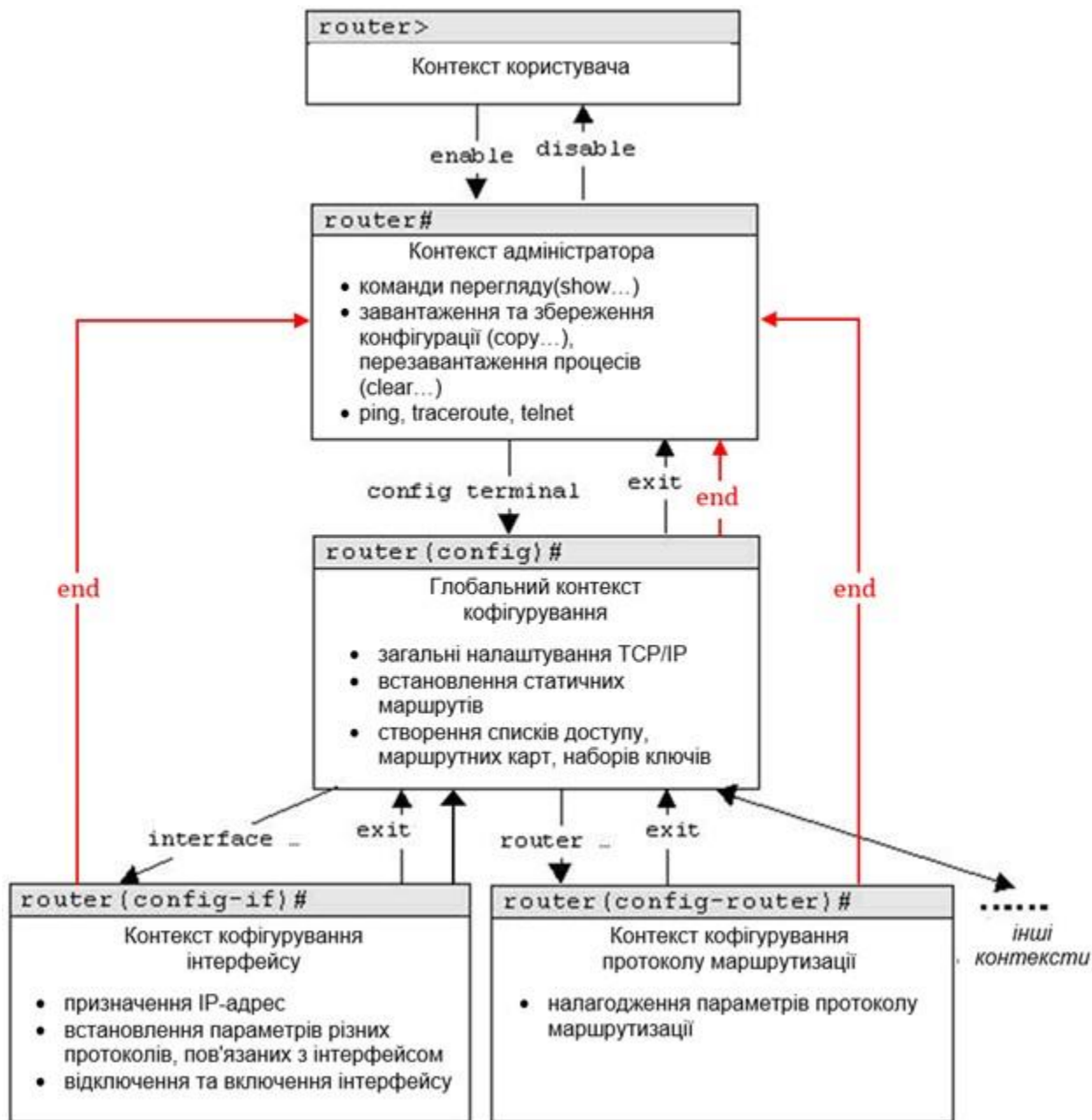


Рисунок 6.1 – Схема контекстів Cisco IOS

## 6.2 Послідовність виконання роботи

### 6.2.1 Побудова найпростішого полігону

У системі Cisco Packet Tracer побудувати найпростіший полігон для роботи з маршрутизатором IOS через термінал PC (рис. 6.2).

При підключенні PC до маршрутизатора додатково до Ethernet виберіть тип з'єднання – консоль, інтерфейс PC – RS232, інтерфейс маршрутизатора – Консоль.

IP-адреси мережі 192.168.X.0/24 (X – номер Вашого варіанту) налаштуйте за методикою, яку використовували у лабораторній роботі 1 (на рис. 6.2 IP-адреси відповідають варіанту 33).

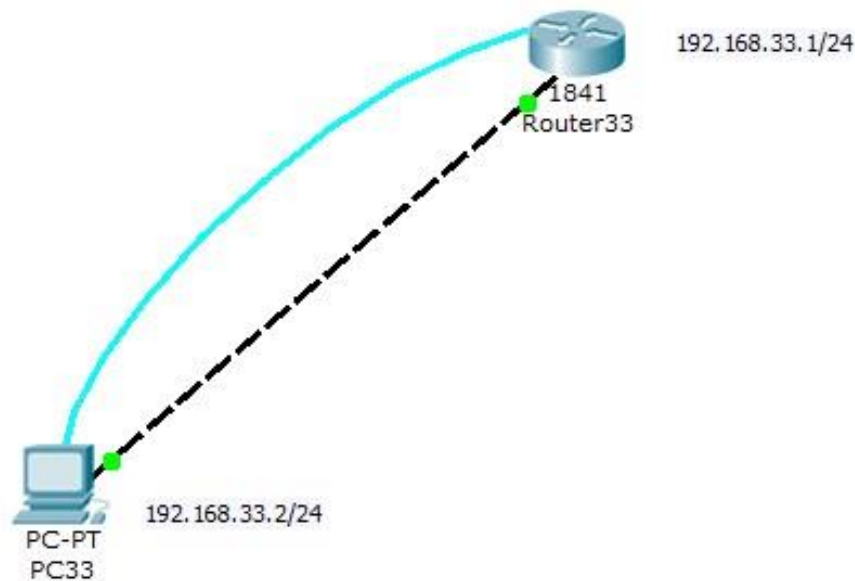


Рисунок 6.2 – Найпростіший полігон для роботи з маршрутизатором IOS через термінал PC

Налаштуйте ім'я роутера згідно з Вашим варіантом. Для цього увійдіть у вікно налаштування роутера (рис. 6.3). Вхід у вікно – клацання на роутері на робочому столі. Виберіть закладку Config, натисніть кнопку Setting (якщо ця кнопка не відображається, натисніть спочатку кнопку GLOBAL). У позиціях Display Name та Hostname введіть RouterX, де X – номер Вашого варіанта (на рис. 6.3 вказані імена для варіанта 33). Аналогічну операцію зробіть для PC (рис. 6.4). Після цього назви роутера і PC на робочому столі будуть відповідати вашому варіанту (наприклад, варіант 33 – Router33 і PC33 для на рис. 6.2). Зробіть скріншот Вашої мережі (аналогічно рис. 6.2, але з іменами роутера та PC Вашого варіанта).

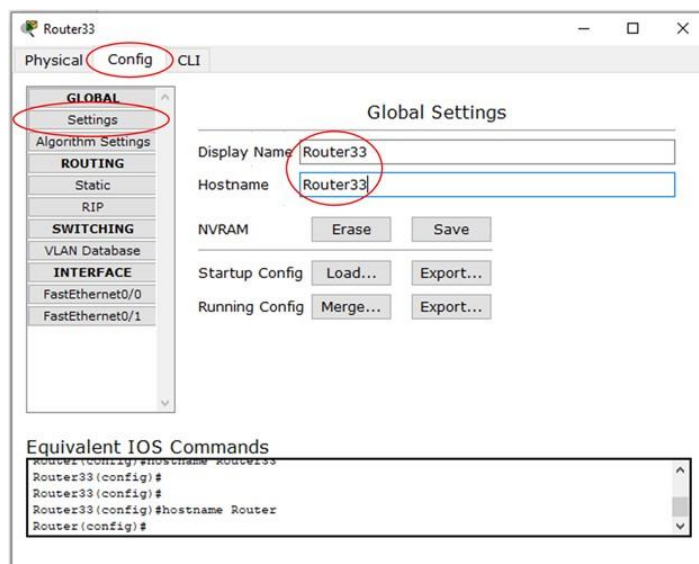


Рисунок 6.3 – Пункт Global Setting закладки Config у вікні налаштування роутера

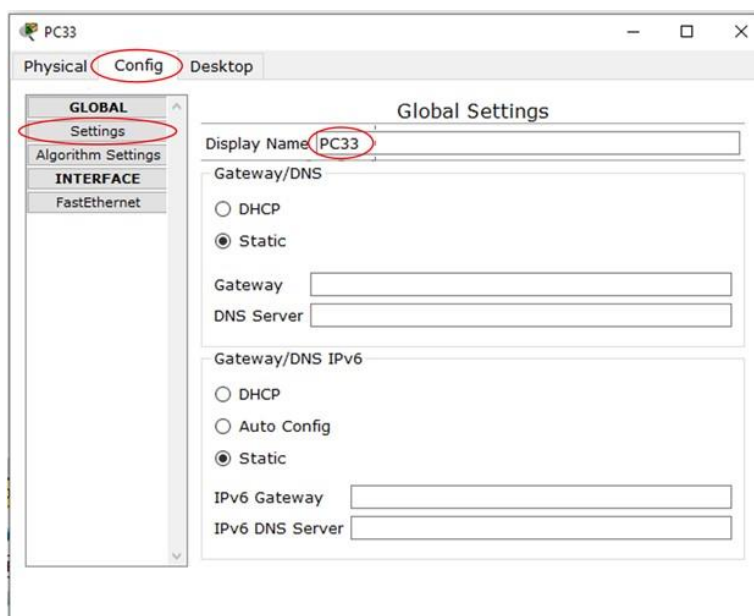


Рисунок 6.4 – Пункт Global Setting закладки Config у вікні налаштування PC

## 6.2.2 Вхід до IOS маршрутизатора через термінал

У вікні налаштування PC (вхід у вікно – клацання на зображенні PC на робочому столі) виберіть закладку «Desktop», а всередині поля закладки клацніть іконку «Terminal» (рис. 6.5).

У вікні з'являться налаштування консольної лінії терміналу (рис. 6.6). Перевірте стандартні параметри порту (параметри порту: 9600, 8, None, 1, None).

Натисніть ОК. Повинно з'явитись вікно робочого поля терміналу (рис. 6.7). У вікні може бути показано кілька повідомлень. У будь-якій частині вікна має з'явитися повідомлення Press RETURN to get started! Натисніть клавішу

Enter – з'явиться запрошення до діалогу. Проаналізуйте текст запрошення та символ у кінці тексту.

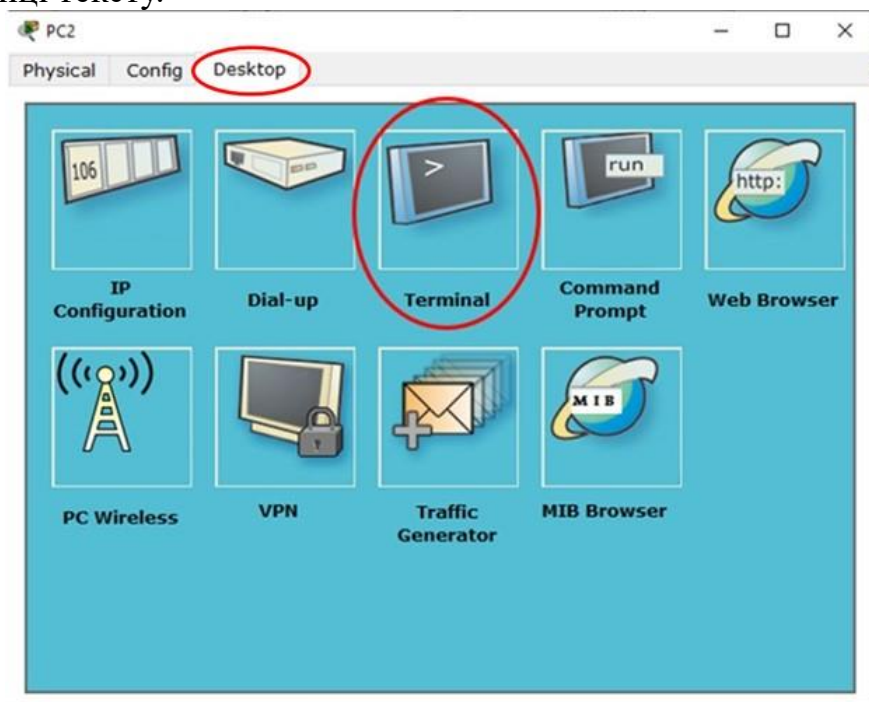


Рисунок 6.5 – Вхід до терміналу PC

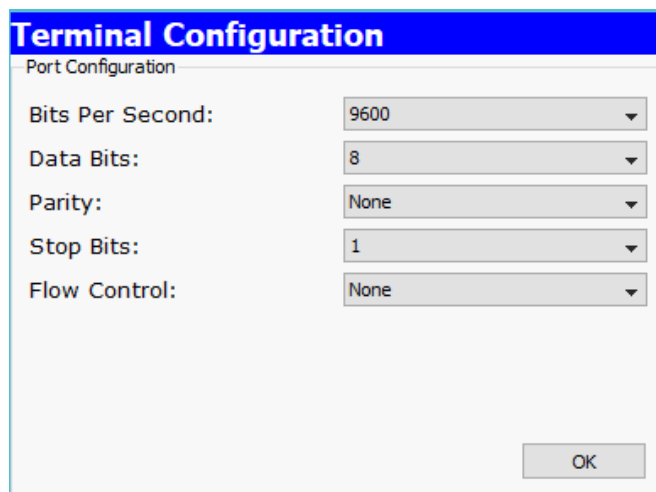


Рисунок 6.6 – Вікно налаштувань лінії терміналу

### 6.2.3 Перехід між контекстами

На рис. 6.1 показано 5 можливих контекстів IOS. Ваше завдання: з того контексту, в якому знаходиться система (на прикладі рис. 6.8 – це контекст користувача, але у Вас це може бути і інший контекст) перейти послідовно у всі інші контексти. Для переходу з контексту глобального конфігурування в контекст конфігурування інтерфейсу використовуйте команду `interface FastEthernet0/0`, а для переходу в контекст конфігурування процесу динамічної маршрутизації використовуйте `router rip`.

На рис. 6.8 показаний приклад такого переходу з контексту користувача.

Зробіть скріншот аналогічного ланцюжка команд для Вашого пристрою.

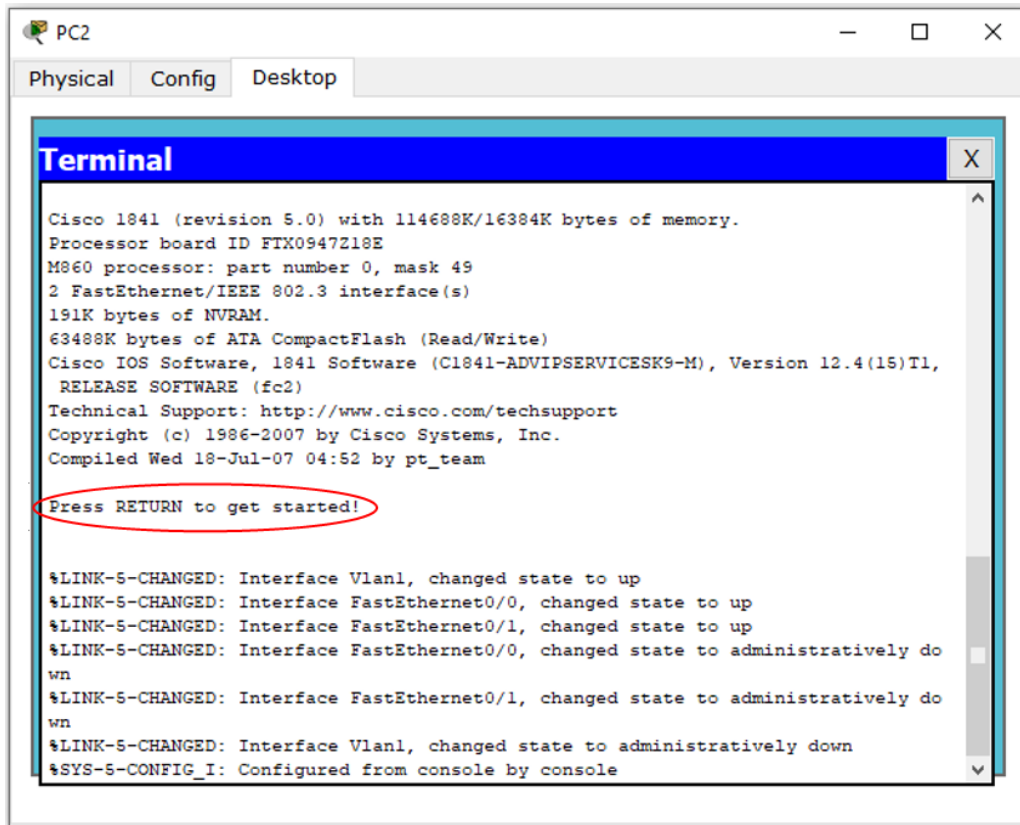


Рисунок 6.7 – Вікно робочого поля терміналу

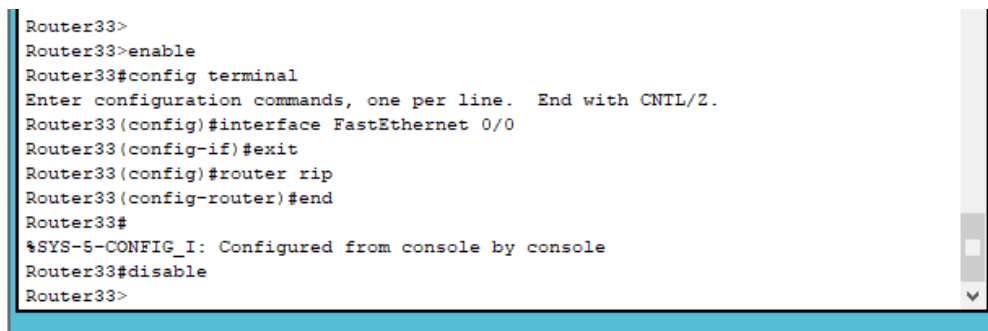


Рисунок 6.8 – Приклад переходу між контекстами

## 6.2.4 Експерименти з довідковою системою IOS

- У IOS є довідкова система за командами. У командному рядку відображається запрошення, вигляд якого залежить від контексту і пристрій чекає введення команд. Найпростіший спосіб викликати довідку, це ввести знак питання (?) у будь-якому місці командного рядка (Enter натискати не потрібно). Зробіть скріншот цього списку контексту користувача.

- Довідкова система дає змогу визначити параметри команди. Для цього після назви команди введіть через пропуск питання. Зробіть цю операцію для

команди `show`. На екрані має з'явитись список параметрів (їх часто називають підкомандами). У нижній частині екрана з'явиться рядок `-more-`. Щоб продовжити виведення списку, натисніть або клавішу `Enter` (виведення на екран рядок за рядком), або `Space` (висновок посторінково). Щоб вийти зі списку, натисніть «q» або «CTRL+C». Зробіть скріншот частки цього списку.

- Зверніть увагу, у кожному рядку списку лише один параметр. Якщо Ви введете команду з цим одним параметром, може з'явитися повідомлення про помилку. У цьому випадку після першого параметра через пропуск знову введіть знак питання і Ви отримаєте список можливих наступних параметрів і т.д.

- Проєкспериментуйте із командою `show ip`. Зробіть скріншот результату виводу з повним списком будь-якого набору параметрів.

- Перейдіть до привілейованого режиму (контекст адміністратора). Виведіть список доступних команд. Зробіть скріншот цього списку.

- Використовуючи довідкову систему, спробуйте налаштувати дату та час командою `clock`.

### 6.2.5 Експерименти з базового налаштування маршрутизатора

- Для базового налаштування маршрутизатора перейдіть з привілейованого режиму в режим (контекст) глобального конфігурування.

- Змініть ім'я роутера командою `hostname <нове ім'я>`. В імені має бути номер Вашого варіанту, наприклад, для варіанта 33:

```
Router(config)#hostname Router33
```

Зверніть увагу на те, як змінилося запрошення. Зробіть скріншот команди та нового запрошення.

- Для забезпечення безпеки привілейованого режиму введіть пароль для входу в цей режим командою `enable password <пароль>`. Увімкніть у пароль номер Вашого варіанту. Наприклад, для варіанта 33:

```
Router33(config)#enable password pass33
```

Вийдіть в режим користувача і спробуйте знову увійти в привілейований режим.

- Безпечніший паролний захист для входу в привілейований режим забезпечується зашифрованим паролем, для якого використовується команда `enable secret <пароль>`. Наприклад

```
Router33(config)#enable secret sec33
```

Вийдіть в режим користувача і спробуйте знову увійти в привілейований режим. Який пароль підійшов?

### 6.2.6 Експерименти конфігурування інтерфейсів

- Кожен інтерфейс маршрутизатора можна налаштовувати (конфігурувати) в режимі (контексті) інтерфейсу. Для цього в режимі глобального контексту не-

обхідно ввести команду `interface <ім'я інтерфейсу>`. Наприклад, введіть команду

```
Router33(config)#interface FastEthernet0/0
```

Як змінилося запрошення?

- Призначте цьому інтерфейсу IP-адресу 10.x.1.1/24 (x – номер Вашого варіанта).

Для цього скористайтесь командою `ip`; визначте параметри команди, використовуючи довідкову систему.

- Призначте інтерфейсу FastEthernet0/1 IP-адресу 10.x.1.2/24.
- Увімкнення/вимкнення інтерфейсів виконується командами `no shutdown` (увімкнення) та `shutdown` (вимикання) в режимі (контексті) конфігурування інтерфейсу. Один із інтерфейсів увімкніть, а другий вимкніть.

- Перегляньте поточну конфігурацію маршрутизатора за допомогою команди привілейованого режиму `show running-config` (показати поточну конфігурацію).

```
Router133(config-if)#do show running-config
```

*Примітка.* Приставка `do` дозволяє виконувати команду `show` в будь-якому режимі (крім, зрозуміло, користувача), не входячи в привілейований.

Знайдіть у виведенні паролі для входу та конфігурацію інтерфейсів. Зробіть скріншот поточної конфігурації.

### 6.3 Зміст звіту

Звіт складається в електронному форматі та роздруковується. Звіт повинен містити:

- назва роботи;
- мета роботи;
- номер Вашого варіанту;
- скріншот команди зміни імені маршрутизатора та нового запрошення.
- скріншот заданого варіанту мережі (із заданими IP-адресами);
- схему контекстів IOS;
- скріншот ланцюжка команд переходу між контекстами;
- скріншот списку команд контексту користувача (з довідкової системи);
- скріншот частини списку параметрів (підкоманд) команди `show`;
- скріншот результату виведення команди `show ip ...` з повним списком будь-якого набору параметрів;
- скріншот частини списку команд доступних у привілейованому режимі (контексті адміністратора).
- скріншот команди `clock`, за допомогою якої Ви налаштували дату та час;
- скріншот виконання команди `show clock`;
- скріншот команди налаштування IP-адреси одного з інтерфейсів маршрутизатора.

– знімок екрана поточної конфігурації інтерфейсу.

## 6.4 Контрольні питання

1. Які є режими введення команд у командному рядку?
2. Як перемикається між режимами введення команд у командному рядку?
3. Як увійти в режими глобальної конфігурації, активізувати окремий вид конфігурації і вийти з цих режимів?
4. Види запрошень у різних режимах (контекстах) IOS?
5. Як встановити ім'я хосту?
6. Яку інформацію можна подивитися командою show в режимі користувача?
7. Яку інформацію можна подивитися командою show в привілейованому режимі, але не можна подивитися в режимі користувача?
8. Як підняти (включить) інтерфейс та визначити його стан?
9. Як призначити IP-адресу на інтерфейс і переконатися, що вона призначена?
10. Як визначити, що пароль зашифрований при вході в привілейований режим?

## Лабораторна робота №7

### ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ СТАТИЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ ЗАСОБАМИ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ CISCO IOS

**Мета роботи.** Отримати навички та дослідити можливості налаштування статичної маршрутизації засобами ОС Cisco IOS на експериментальному полігоні у системі Cisco Packet Tracer.

#### 7.1 Загальні відомості про налаштування статичної маршрутизації засобами CISCO IOS

Як було розглянуто у лабораторній роботі №5 для організації взаємодії окремих підмереж служать спеціальні пристрої – маршрутизатори (роутери). У самих роутерах і кінцевих пристроях – хостах (комп'ютерах) – формуються спеціальні таблиці маршрутизації. ОС Cisco IOS дозволяє формувати та переглядати такі таблиці у маршрутизаторах, (у комп'ютерах механізм Cisco Packet Tracer дозволяє налаштовувати таблиці маршрутизації лише у вікні конфігурації, вказуючи адресу шлюзу) переглядати їх, тестувати правильність роботи та структуру механізму маршрутизації.

### 7.1.1 Формування таблиць маршрутизації засобами CISCO IOS

Для конфігурації статичної маршрутизації у маршрутизаторах Cisco використовують дві форми команди ip route у режимі (контексті) глобальної конфігурації.

- *Перша форма:*

```
ip route <АдресаПризначення> <МаскаМережіПризначення> <Адреса>
```

Команда вказує маршрутизатору, що всі пакети, призначені для мережі з IP-адресою <АдресаМережіПризначення> <МаскаМережіПризначення>, слід направляти на той свій інтерфейс, з якого досягнемо IP-адресу <Адреса>. Як правило, <Адреса> – це адреса наступного маршрутизатора на шляху до мережі з IP-адресою <АдресаМережіПризначення>. Вихідний інтерфейс та фізичні адреси вихідних пакетів визначаються маршрутизатором за своїми ARP-таблицями на підставі IP-адреси <Адреса>.

Наприклад

```
Route(config)#ip route 10.7.0.0 255.255.0.0 10.4.0.2
```

Така форма рекомендується для мереж Ethernet.

- *Друга форма:*

```
ip route <АдресаМережіПризначення> <МаскаМережіПризначення> <Інтерфейс>
```

Команда вказує маршрутизатору, що всі пакети, призначені для мережі з IP-адресою <АдресаМережіПризначення> <МаскаМережіПризначення>, слід спрямовувати на свій інтерфейс <Інтерфейс>. Наприклад,

```
Route(config)#ip route 10.6.0.0 255.255.0.0 Serial1
```

Така форма рекомендується для мереж типу точка-точка, в яких вихідний інтерфейс, куди направляється пакет, однозначно пов'язаний тільки з одним (наступним шляхом до мережі, що адресується) маршрутизатором.

### 7.1.2 Інтерфейс петля

На мережних пристроях можна створювати мережеві інтерфейси, не пов'язані з реальними каналами передачі даних і призначати ним IP адреси з масками. Такі інтерфейси називають петлями (loopback). Якщо до якогось реального мережного інтерфейсу маршрутизатора надалі буде приєднана підмережа, то спочатку на маршрутизаторі створюється loopback, налаштовується у плані взаємодії з іншими ділянками мережі і потім замінюється на реальний інтерфейс. Інтерфейс петля з'являється після команди interface loopbackN або скорочено int IN, де N ціле невід'ємне число –номер петлі. Наприклад,

```
Router(config)>int lo 10.133.10.1 255.255.255.0
```

### 7.1.3 Перегляд таблиць маршрутизації засобами CISCO IOS

Для перегляду таблиць маршрутизації у CISCO IOS використовується команда `show ip route`, яка запускається в контексті (режимі) адміністратора:

```
Route#show ip route
```

### 7.1.4 Контроль роботи механізму маршрутизації

Контроль роботи механізму маршрутизації реалізується командою `ping`, використовуючи яку перевіряють доступність хостів, розташованих у різних підмережах.

Для більш детального звіту про роботу механізму маршрутизації є команди `tracert` в PC і `trace`, `tracert` в маршрутизаторі IOS.

Механізм роботи цих команд заснований на тому, що кожен IP-пакет проходить на своєму шляху певну кількість вузлів, доки досягне своєї мети. У заголовку пакета є параметр TTL – час життя. Це кількість вузлів, які можуть пройти пакет перед тим, як він буде знищений. Кожен маршрутизатор, через який проходить пакет, зменшує значення TTL на одиницю. При TTL=0 пакет знищується, а відправнику надсилається істр-повідомлення `Time Exceeded`.

Кожна з перерахованих вище команд відправляє на заданий хост пакет з TTL=1. Перший маршрутизатор, зменшивши TTL на 1, знищує пакет і відправляє повідомлення зі своєю адресою, відправник фіксує адресу вузла, що відповів, і відправляє пакет з TTL=2, далі з TTL=3 і так поки пакет не досягне мети. Коли відправник отримує повідомлення від цільового вузла трасування вважається завершеним.

Приклад команди `tracert`, запущеної з PC, показано на рис. 7.1.

```
PC>tracert 10.133.2.4

Tracing route to 10.133.2.4 over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms    0 ms    0 ms    10.133.1.1
  1  55 ms   62 ms   19 ms   10.133.1.1
  2  63 ms   80 ms   36 ms   192.168.1.2
  3  104 ms  110 ms  94 ms   192.168.0.1
  4  173 ms  114 ms  173 ms  10.133.2.4

Trace complete.
```

Рисунок 7.1 – Приклад виконання команди `tracert`

Тут видно, що до цільового вузла з адресою 10.133.2.4 пакет пройшов три маршрутизатори з адресами 10.133.1.1, 192.168.1.2, 192.168.0.1. Для виявлення кожного з вузлів (включно з цільовою) було направлено по три пакети, відповіді на які повернулися із зазначеною затримкою.

У маршрутизаторі IOS команди `trace` і `tracert` можна надсилати в привілейованому режимі без вказівки цільової адреси в команді. При цьому буде запропоновано діалог з користувачем IOS, де крім цільової адреси можна вказати ще ряд параметрів команди. Зокрема, можна замість трьох пакетів на кожен вузол (Probe count) відправляти лише один (це буде корисним для спостереження за виконанням команди в режимі симуляції). Приклад діалогу (у квадратних дужках відповідь за замовчуванням):

Router#trace	
Protocol [ip]:	<i>Протокол формування пакетів</i>
Target IP address: 10.133.2.3	<i>Цільова адреса</i>
Source address: 10.133.1.1	<i>Адреса джерела</i>
Numeric display [n]: y	<i>Відображення за замовчуванням</i>
Timeout in seconds [3]:	<i>Інтервал між пакетами</i>
Probe count [3]:	<i>Кількість проб для вузла</i>
Minimum Time to Live [1]:	<i>Початкове значення TTL</i>
Maximum Time to Live [30]:	<i>Максимальне значення TTL</i>
Type escape sequence to abort.	
Tracing the route to 10.133.2.3	
1 192.168.1.2 30 msec	
2 192.168.0.1 31 msec	
3 10.133.2.3 125 msec	

## **7.2 Послідовність виконання роботи**

### **7.2.1 Побудова експериментального полігону**

У системі Cisco Packet Tracer побудувати полігон для налаштування механізму маршрутизації з можливістю роботи з маршрутизаторами IOS через термінали PC (рис. 7.2). Типи ліній зв'язку маршрутизаторів та адреси мереж взяти з таблиці 7.1 відповідно до заданого варіанту. IP-адреси вузлів виберіть довільно в рамках IP-адрес відповідних мереж і вкажіть біля відповідних інтерфейсів (приклад оформлення полігону на робочому полі Cisco Packet Tracer показано на рис. 7.3).

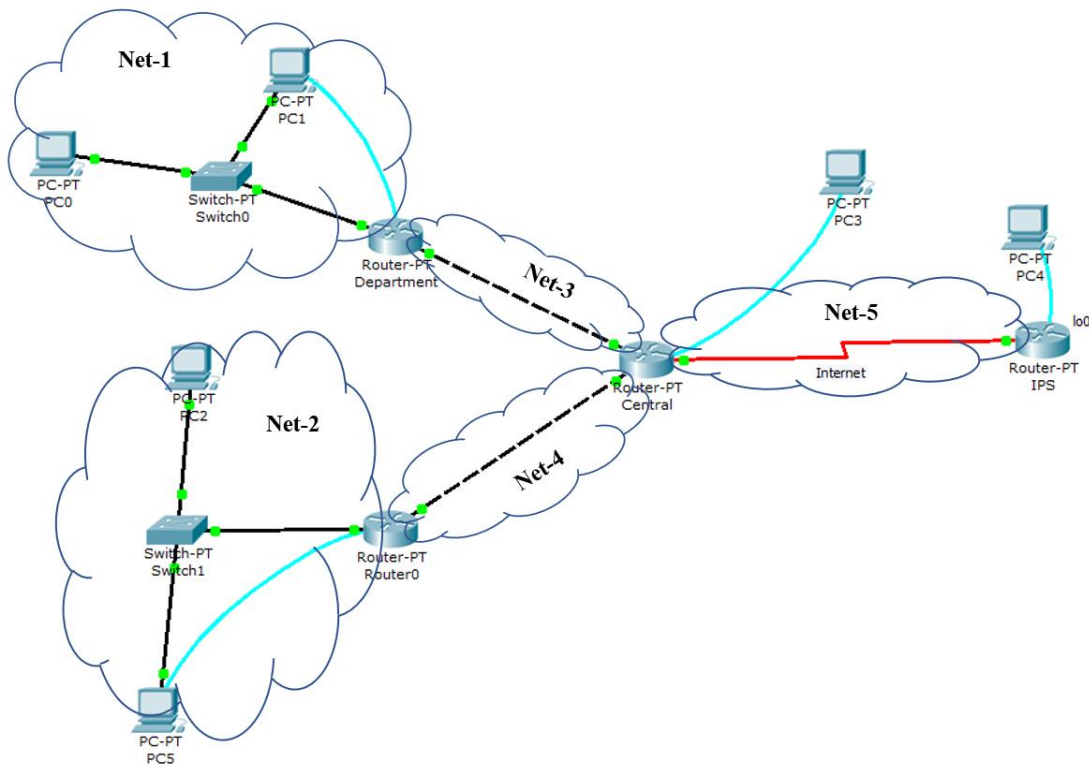


Рисунок 7.2 – Топологія полігону для налаштування маршрутизації

Маршрутизатори пов'язані між собою (мережі NET-3, Net4, Net-5) з'єднаннями типу точка-точка (Point to Point). Залежно від цього варіанта цей тип з'єднання може бути реалізований через інтерфейси FastEthernet (у прикладі це Net-3 і Next-4) або Serial (Net-5).

При з'єднанні маршрутизаторів через інтерфейс Serial один із пристроїв (байдуже який) оголошується DCE-пристроєм (DCE – Data Circuit-terminating Equipment – апаратура передачі даних), а другий – DTE-пристроєм (DTE – Data Terminal Equipment – кінцеве обладнання даних). При виборі типу з'єднання Serial DCE (іконка з годинником) перший пристрій, до якого застосовується з'єднання, стає DCE-пристроєм, а другий автоматично стане стороною DTE.

Таблица 7.1

**Типи ліній зв'язку маршрутизаторів та адреси мереж**

	Net-1	Net-2	Net-3	Net-4	Net-5
IP-адреса мережі (v – номер варіанту)	132.16.v.0/24	216.v.17.0/24	172.v.201.32/30	92.17.v.0/30	211.17.v.0/24
	<b>Інтерфейс</b>				
Парний варіант	FastEthernet	FastEthernet	Serial	FastEthernet	Serial
Непарний варіант	FastEthernet	FastEthernet	FastEthernet	Serial	Serial

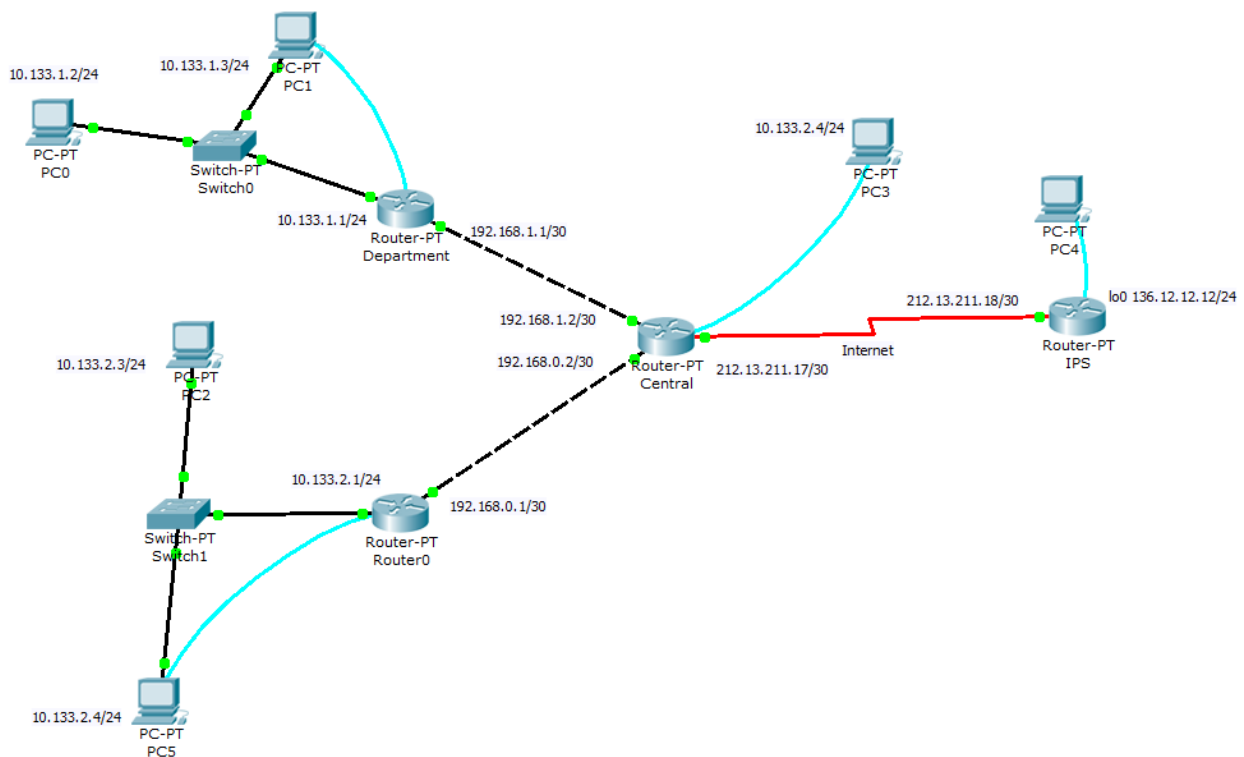


Рисунок 7.3 – Приклад оформлення полігону на робочому полі Cisco Packet Tracer

DCE-пристрій вимагає налаштування синхронізації. Для встановлення синхронізації DCE-пристрою увійдіть у контекст відповідного інтерфейсу (Serial 2/0) та налаштуйте частоту синхронізації командою `clock`. Наприклад, для DCE-маршрутизатора ISP (Internet Service Provider):

```
ISP(config)#interface Serial2/0
ISP(config-if)#clock 128000
```

### 7.2.2 Налаштування комп'ютерів мережі

Будь-який комп'ютер, підключений до мережі, має таблицю маршрутизації. Переглянути таблицю маршрутизації комп'ютера можна командою `netstat -r`.

Перегляньте таблиці маршрутизації комп'ютерів перед їх налаштуванням.

У механізмі статичної маршрутизації потрібно сформувати таблиці маршрутизації комп'ютерів мережі (PC0, PC1, PC2, PC5). Для цього потрібно відкрити вікно налаштування комп'ютера (клацнути на комп'ютері), вибрати закладку `Config` (рис. 7.4) і в полі `Gateway` вказати IP-адресу інтерфейсу маршрутизатора, через яку комп'ютер буде зв'язуватися з іншими підмережами.

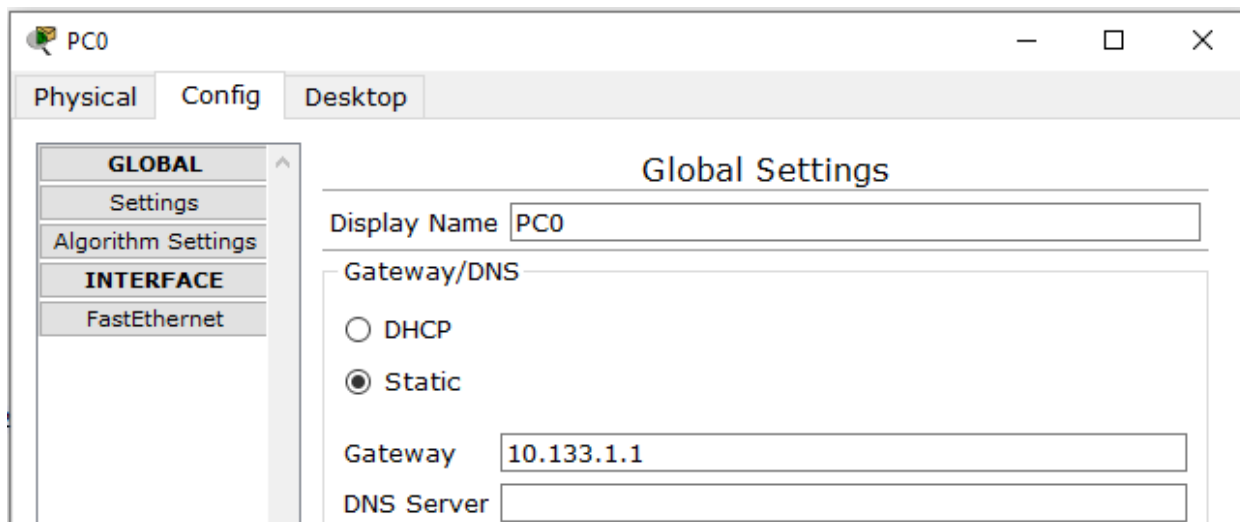


Рисунок 7.4 – У полі Gateway вводиться IP-адреса інтерфейсу маршрутизатора, через який комп'ютер зв'язуватиметься з іншими підмережами

Перегляньте і зробіть скріншот таблиці маршрутизації комп'ютера після заповнення поля Gateway. Проаналізуйте поля таблиці.

### 7.2.3 Налаштування маршрутизаторів мережі

Увійдіть через відповідний термінал у маршрутизаторі IOS і виконайте такі дії:

- налаштуйте ім'я маршрутизатора (виберіть довільно);
- налаштуйте IP-адреси інтерфейсів;
- налаштуйте частоту синхронізації DCE-пристроїв;
- перегляньте і зробіть скріншоти таблиць маршрутизації до налаштування;
- налаштуйте таблицю маршрутизації кожного маршрутизатора, яка забезпечує взаємодію між собою будь-яких кінцевих вузлів мережі, включаючи віртуальний інтерфейс lo0; якщо для досягнення будь-якої мережі можливий лише один варіант передачі пакета, увімкніть у таблицю маршрут за промовчанням; зробіть скріншоти налаштованих таблиць маршрутизації.

### 7.2.4 Перевірка механізму маршрутизації командою ping

Після налаштування таблиць маршрутизації виконайте пінг комп'ютерів між окремими підмережами. Зробіть скріншоти результатів.

### 7.2.5 Дослідження роботи команд трасування

З комп'ютерів PC2 та PC5 виконайте трасування маршрутів (командою `tracert`) до кожного з інтерфейсів (включаючи lo0) маршрутизаторів Central та ISP.

Зробіть скріншоти результатів.

З маршрутизатора Department (парний варіант завдання) або Router0 (непарний варіант завдання) через термінал виконайте трасування маршруту до інтерфейсів маршрутизатора ISP командою `trace` або `tracert`. Зробіть скріншоти результатів.

Трасування з маршрутизатора Department до вхідного інтерфейсу маршрутизатора ISP виконайте в режимі симуляції. Перед тим, як перейти в режим симуляції, відключіть у всіх маршрутизаторах (через термінали) та комутаторах (на закладці CLI вікна налаштування комутатора) режим періодичної видачі інформаційних повідомлень командою `no cdp run`. Наприклад, для комутатора Switch0:

```
Switch0(config)#no cdp run
```

Запуск команди `trace` здійсніть у привілейованому режимі так, як зазначено в п. 7.1.2. Це забезпечить реалізацію лише однієї проби (за умовчанням – три) для вузла. Уважно відстежте (в закладках вікна «PDU information at Device: ...») вміст інформації в пакетах, що передаються на кожному кроці роботи утиліти. Зробіть скріншоти вмісту пакетів.

### 7.3 Зміст звіту

Звіт складається в електронному форматі та роздруковується. Звіт повинен містити:

- назва роботи;
- мета роботи;
- номер Вашого варіанту;
- скріншот побудованої у робочому вікні Cisco Packet Tracer мережі з підписаними IP-адресами;
- скріншот налаштованої таблиці маршрутизації одного з комп'ютерів мережі (виведення таблиць маршрутизації командою `netstat -r`);
- скріншоти налаштованих таблиць маршрутизації кожного маршрутизатора мережі;
- скріншоти результатів пінгування PC0 – PC5, PC0 – lo0, PC5 – lo0;
- скріншоти результатів трасування маршрутів (командою `tracert`) з комп'ютерів PC2 та PC5 до кожного з інтерфейсів (включаючи lo0) маршрутизаторів Central та ISP;
- на кожному кроці трасування з маршрутизатора Department до вхідного інтерфейсу маршрутизатора ISP в режимі симуляції.

### 7.4 Контрольні питання

1. Що таке таблиця маршрутів?
2. Якщо адміністратор не налаштував жодних маршрутів, що буде містити таблиця маршрутизації?
3. Які дві форми завдання статичної маршрутизації ви знаєте?
4. Як у команді маршрутизації визначається мережа призначення?

5. Поясніть значення полів у командах маршрутизації.
6. Поясніть зміст записів у налаштованій таблиці маршрутизації.
7. Коли використовується маршрутизація за промовчанням?
8. Як у таблиці маршрутизації (ОС IOS) вказується маршрут за промовчанням?
9. Коли використовують інтерфейс петля?
10. Як працює команда трасування?
11. У якому контексті (режимі) IOS та якою командою можна переглянути таблицю маршрутизації маршрутизатора?
12. У якому контексті (режимі) IOS та якою командою можна додати запис до таблиці маршрутизації маршрутизатора?
13. У якому контексті (режимі) IOS та якою командою можна видалити запис із таблиці маршрутизації маршрутизатора?

## Список літератури

1. Курс «Комп'ютерні мережі» у системі «Лідер». Український державний університет науки і технологій. URL: <https://lider.ust.edu.ua> (дата звернення: 02.10.2023).
2. Буров Є. В. Комп'ютерні мережі : підручник. Львів : Магнолія 2006, 2010. 262 с.
3. Жуков І. А., Гуменюк В. О., Альтман І. Є. Комп'ютерні мережі та технології : навч. посіб. Київ : НАУ, 2004. 276 с.

Навчально-методичне видання

**Жуковицький Ігор Володимирович,  
Заєць Олексій Петрович,  
Дзюба Володимир Володимирович**

## **КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ (ЧАСТИНА 2)**

Навчально-методичні рекомендації до лабораторних робіт

Електронне видання

Експертний висновок склав докт. техн. наук, проф. Анатолій Косолапов

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 664 від 21.09.2023)

В авторській редакції  
Комп'ютерна верстка І. В. Жуковицький

Формат 60x84 <sup>1/16</sup>. Ум. друк. арк. 1,63. Обл.-вид. арк.. 0,98.  
Зам. № 103

Видавець: Український державний університет науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010