

## Лабораторна робота №3

**Тема:** Дослідження та робота з таблицею маршрутизації у Windows XP.

**Мета:** Ознайомитися з принципами маршрутизації та навчитися користуватися утилітою route для зміни таблиці маршрутизації вручну.

### 1. Теоретичні відомості

#### 1.1. Принципи маршрутизації

Як відзначалося у попередній лабораторній роботі, на протоколі IP лежить відповідальність за маршрутизацію. Нагадаємо, що маршрутизація – це вибір маршруту передачі IP-пакетів в мережі (процес вибору маршруту ще називають IP-роутингом). Цей вибір здійснюється на основі розглянутих нижче принципів. У виборі маршруту беруть участь не лише маршрутизатори, але й кінцеві вузли (комп'ютери).

Маршрутизація може бути *безпосередньою* (direct) та *опосередкованою* (indirect). Безпосередня маршрутизація здійснюється без участі маршрутизатора у випадку, якщо вузол відправник IP-пакета та вузол-одержувач належать одній підмережі (як ми знаємо, фізичну адресу вузла-одержувача отримуємо за допомогою протоколу ARP). Опосередкована маршрутизація – більш типовий випадок, вона виконується тоді, коли вузол-відправник і вузол-одержувач належать різним підмережам.

При опосередкованій маршрутизації рішення про те, кому передати пакет, робиться на основі *таблиць маршрутизації* (routing tables). При цьому у стеку TCP/IP застосовується підхід, при якому кожен маршрутизатор (або кінцевий вузол) вибирає *лише один крок* передачі пакета, тобто, лише адресу того іншого маршрутизатора, якому буде скерований пакет (в англійській літературі цей підхід носить назву next-hop routing). Тоді цей інший маршрутизатор вибиратиме наступний крок маршрутизації і т.д. При *однокроковому* підході до маршрутизації пакетів немає обмеження на кількість маршрутизаторів, що лежать на шляху пакета.

Існує і інший підхід до маршрутизації – *маршрутизація від джерела* (Source Routing), при якому вся послідовність маршрутизаторів на шляху пакета задається наперед або кінцевим вузлом-відправником пакета, або першим маршрутизатором. Цей підхід застосовується в IP-мережах лише для відлагодження. Маршрут прописується у вже відомому нам полі IP-опції IP-пакета.

Таблиця маршрутизації має фіксований формат. Типовий приклад таблиці маршрутизації представлений таблицею 1. Звісно, таблиця такого типу є в кожного маршрутизатора і кінцевого вузла (але дані в кожній такій таблиці свої). Однак, створюються такі таблиці по-різному для маршрутизаторів і кінцевих вузлів. Для кінцевого вузла характерне заповнення таблиці маршрутизації *вручну* (адміністраторами) і збереження їх у вигляді файлів на дисках. Натомість маршрутизатори типово формують таблиці маршрутизації *автоматично*, на основі обміну службовою інформацією. Існує три класи алгоритмів побудови однокрокової маршрутизації: алгоритми фіксованої маршрутизації; алгоритми простої маршрутизації; алгоритми адаптивної маршрутизації.

Таблиці маршрутизації в маршрутизаторів є значно більші, ніж у кінцевих вузлів.

*Таблиця 1. Структура таблиці маршрутизації*

Адреса мережі призначення	Маска мережі призначення	Адреса наступного маршрутизатора	Інтерфейс	Відстань до мережі призначення (Метрика)
.....	.....	.....	.....	.....
192.168.21.0	255.255.255.0	192.168.21.212	192.168.21.212	1
192.168.21.212	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	10
.....	.....	.....	.....	.....
default				

У полі «Адреса мережі призначення» вказуються адреси всіх мереж, яким цей маршрутизатор може передавати пакети.

Поле «Адреса наступного маршрутизатора» містить адресу маршрутизатора, якому слід передати пакет.

Поле «Відстань до мережі призначення» (інша назва – «Метрика») зовсім необов'язково містить фізичну відстань. Це може бути довільна метрика, в залежності від значення відомого нам поля Тип Сервісу (Type of Service, ToS) IP-пакета. Зокрема, в якості значення поля «Відстань до мережі призначення» може бути кількість маршрутизаторів на шляху пакета (транзитних маршрутизаторів), час «подорожування» пакета, надійність ліній зв'язку або інші величини, що характеризують якість маршруту з точки зору класу сервісу.

Якщо маршрутизатор підтримує декілька класів сервісу пакетів, то таблиця маршрутів складається та застосовується окремо для кожного виду сервісу.

Якщо у таблиці є записи з однаковим значенням поля «Адреса мережі призначення», вибирається той, в якого краще значення поля «Відстань до мережі призначення».

Кінцевий вузол «дивиться» у свою таблицю маршрутизації і на основі цього приймає рішення про те, якому маршрутизатору передати пакет для мережі, якій належить вузол-одержувач. Фізичну адресу вибраного маршрутизатора комп'ютер-відправник дізнається за допомогою протоколу ARP за IP-адресою цього маршрутизатора.

В таблиці маршрутизації *може бути присутній* запис, в якого значенням поля «Адреса мережі призначення» є *default* (типово це останній запис таблиці). Якщо такий запис є, то всі пакети, номер мережі в яких відсутній у полі «Адреса мережі призначення» таблиці маршрутизації, передаються маршрутизатору, IP-адреса якого зазначена в полі «Адреса наступного маршрутизатора» для запису default. Припускається, що маршрутизатор за замовчанням передасть пакет у магістральну мережу, а маршрутизатори, підключені до магістралі, мають повну інформацію про склад інтермережі.

Наявність маршруту за замовчанням дозволяє скоротити обсяг таблиць маршрутизації у кінцевих вузлах і маршрутизаторах. Особливо часто маршрутизацією за замовчанням користуються кінцеві вузли (адже маршрутизація – далеко не основна функція комп'ютера). Іще один спосіб уникнути великого обсягу таблиць маршрутизації на кінцевих вузлах – одержати від маршрутизатора інформацію про раціональний маршрут для певної мережі на основі протоколу ICMP.

У таблиці маршрутизації можуть бути присутні також записи про маршрут, специфічний для вузла, і записи про адреси мереж, безпосередньо підключених до портів маршрутизатора.

Специфічний для вузла маршрут містить повну IP-адресу (замість номера мережі).

## 1.2. Алгоритми маршрутизації

**Фіксована маршрутизація.** Цей алгоритм базується на утворенні таблиці маршрутизації вручну адміністратором мережі. Він типово застосовується у мережах з простою топологією і може застосовуватися для магістралей крупних мереж (адже сама магістраль має просту топологію). Розрізняють одномаршрутні таблиці, в яких для кожного адресата заданий один маршрут, і багатомаршрутні, для яких до одного адресата є декілька шляхів, один основний і кілька резервний (має бути і правило вибору шляху).

**Алгоритми простої маршрутизації** охоплюють три підкласи:

- Випадкова маршрутизація – пакети передаються в довільному напрямку, окрім вихідного;
- Лавинна маршрутизація – пакети передаються в усіх напрямках, окрім вихідного.
- Маршрутизація за попереднім досвідом – таблиці маршрутів складаються на основі даних IP-пакетів, що проходять через маршрутизатор.

**Адаптивна маршрутизація** – основний вид алгоритмів маршрутизації в сучасних мережах зі складною топологією. Адаптивна маршрутизація полягає у тому, що маршрутизатори періодично обмінюються інформацією про підмережі, наявні у мережі, та про зв'язки між

маршрутизаторами. Типово, окрім топології зв'язків, враховується їхній стан і пропускна здатність. Адаптивні протоколи дозволяють усім маршрутизаторам збирати дані про топологію зв'язків в мережі, відстежуючи зміни конфігурації зв'язків. Ці протоколи мають розподілений характер, тобто, робота розподілена між всіма маршрутизаторами.

### 1.3. Утиліта route

Утиліта route призначена для створення та редагування таблиць маршрутизації. Формат команди route є наступним:

**route [-f][-p][команда [вузол][MASK маска][шлюз][METRIC метрика][IP-інтерфейс]]**

Таблиця 2. Параметри утиліти route

-f	Повне очищення таблиць маршрутизації (видаляються записи для всіх шлюзів). Якщо вказана одна з команд, таблиці очищаються до виконання команди.	
-p	Задає збереження записів, доданих командою ADD, при перевантаженні системи, тоді як за замовчанням зміни не зберігаються (для Windows95 цей параметр не підтримується). Ігнорується для решти команд, що міняють відповідні постійні маршрути.	
команда	PRINT	Друкує маршрут
	ADD	Додає маршрут
	DELETE	Видаляє маршрут
	CHANGE	Змінює існуючий маршрут
вузол	Визначає комп'ютер, якому необхідно надіслати зазначену команду	
MASK	Якщо вводиться ключове слово MASK, то наступний параметр інтерпретується як параметр «маска»	
маска	Значення маски підмережі, яке пов'язується з записом для даного маршруту. За замовчанням припускається 255.255.255.255.	
шлюз	IP-адреса шлюзу	
METRIC	Установка поля Метрика у параметр метрика, значенням якого може бути довільне число від 1 до 9999.	

#### 1.3.1. Команди утиліти route

Команда PRINT

route PRINT

Приклад результату показаний на рис. 1

```
Z:\>route PRINT
=====
Список интерфейсов
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x2 ...00 22 15 41 3f ad ..... Marvell Yukon 88E8056 PCI-E Gigabit Ethernet
troller - [шэзяюЕС яырэшЕют шър ярьхСют
=====
Активные маршруты:
Сетевой адрес      Маска сети      Адрес шлюза      Интерфейс      Метрика
0.0.0.0            0.0.0.0         192.168.21.3     192.168.21.212 10
127.0.0.0          255.0.0.0       127.0.0.1       127.0.0.1      1
192.168.21.0       255.255.255.0   192.168.21.212  192.168.21.212 10
192.168.21.212     255.255.255.255 127.0.0.1       127.0.0.1      10
192.168.21.255     255.255.255.255 192.168.21.212  192.168.21.212 10
224.0.0.0          240.0.0.0       192.168.21.212  192.168.21.212 10
255.255.255.255    255.255.255.255 192.168.21.212  192.168.21.212 1
Основной шлюз:      192.168.21.3
=====
Постоянные маршруты:
Отсутствует

Z:\>
```

Рис. 1. Результат команды PRINT

Можна використовувати команду PRINT для виводу лише частини записів. Для заміни довільної кількості довільних символів застосовують символ «\*». На рис. 2 показано команду для виводу лише вузлів, що починаються з 12.

```
Z:\>route PRINT 12*
=====
Список интерфейсов
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x2 ...00 22 15 41 3f ad ..... Marvell Yukon 88E8056 PCI-E Gigabit Ethernet
troller - |шэшыюЕЕ яырэшЕют·шър ярхЕют
=====
Активные маршруты:
Сетевой адрес      Маска сети      Адрес шлюза      Интерфейс      Метрика
      127.0.0.0      255.0.0.0      127.0.0.1      127.0.0.1      1
Основной шлюз:      192.168.21.3
=====
Постоянные маршруты:
Отсутствует
Z:\>_
```

Рис. 2. Вивід вибраних вузлів

### Команда ADD

**route ADD <destination> MASK <subnet><gateway> METRIC <metric> IF <interface>**

Параметри команди ADD визначені у таблиці 3.

Таблиця 3. Параметри команди ADD

destination	Визначає IP-адресу або символічне ім'я мережі або хоста.
subnetmask	Маска підмережі, що пов'язується з маршрутизатором. Якщо цей параметр не заданий, за замовчанням використовується 255.255.255.255.
gateway	IP-адреса або (ім'я хоста) маршрутизатора.
metric	Значення метрики від 1 до 9999 (за замовчанням 1).
interface	Визначає інтерфейс (за замовчанням визначається з IP-адреси шлюзу).

### Команда DELETE

**route DELETE <destination>**

де destination – IP-адреса мережі або символічне ім'я хоста. Наприклад:

route DELETE 10.0.0.0

### Команда CHANGE

Команда CHANGE має той самий формат, що команда ADD, і використовується лише для зміни адреси основного шлюзу і/або метрики.

## 1.4. Відправлення пакетів маршрутизатору

Для відправлення пакетів маршрутизатору можна скористатися командою tracert, але спочатку слід дізнатися адресу маршрутизатора (за допомогою команди ipconfig, Основний Шлюз). Команду tracert слід виконувати лише після того, як буде запущений Wireshark з фільтром ip. Тоді в аналізаторі протоколів слід виділити записи з відповідним значенням поля Source (рис. 3) і дізнатися деталі про IP-пакет (рис. 4).

Capturing from Marvell Gigabit Ethernet Controller (Microsoft's Packet Scheduler) : \Device\NPF\_{880393D6-1789-495C}

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: ip Expression... Clear Apply Save

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
510	189.420525	192.168.21.50	239.255.255.250	SSDP	477	NOTIFY * HTTP/1.1
512	189.420528	192.168.21.50	239.255.255.250	SSDP	486	NOTIFY * HTTP/1.1
514	189.420727	192.168.21.50	239.255.255.250	SSDP	529	NOTIFY * HTTP/1.1
527	194.527844	192.168.21.3	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packet
549	204.527550	192.168.21.3	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packet
564	214.527254	192.168.21.3	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packet
567	215.958411	192.168.21.239	224.0.1.60	SRVLOC	86	Attribute Request

Рис. 3. Вибір відправлених пакетів

Frame 527: 78 bytes on wire (624 bits)

Ethernet II, Src: PrimaryA\_69:96:2b (C)

Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.21.3, Destination: 224.0.0.5

Version: 4  
Header length: 20 bytes

Differentiated Services Field: 0xc0  
Total Length: 64  
Identification: 0xaccd (44237)

Flags: 0x00  
Fragment offset: 0  
Time to live: 1  
Protocol: OSPF IGP (89)

Header checksum: 0x5627 [correct]  
Source: 192.168.21.3 (192.168.21.3)  
Destination: 224.0.0.5 (224.0.0.5)  
[Source GeoIP: Unknown]  
[Destination GeoIP: Unknown]

Open Shortest Path First

Рис. 4. Деталі IP-пакета

## 2. Контрольні запитання

1. Опишіть структуру таблиці маршрутизації.
2. Яким чином передається IP-пакет у випадку, якщо вузол-відправник і вузол одержувач належать до однієї підмережі?
3. Чим відрізняється формування таблиць маршрутизації у маршрутизаторах і кінцевих вузлах?
4. Які є класи алгоритмів побудови таблиць маршрутизації?
5. Як пов'язані між собою тип сервісу IP-пакету та таблиця маршрутизації?
6. Що означає запис default у таблиці маршрутизації?
7. Розкрийте поняття next-hop routing.
8. Назвіть переваги підходу до маршрутизації, при якому кожен вузол або маршрутизатор приймає рішення лише про один крок маршрутизації.
9. Що таке маршрутизація від джерела і для чого вона використовується?
10. Де прописується шлях пакета при маршрутизації від джерела?
11. Для чого призначена утиліта route і які параметри вона приймає?
12. Опишіть формат команди ADD утиліти route. Наведіть приклад.
13. Опишіть команди PRINT і DELETE. Наведіть приклади.
14. Опишіть формат команди CHANGE утиліти route. Наведіть приклад.
15. Для зміни яких полів у таблиці маршрутизації використовується команда CHANGE?
16. Які значення можуть бути записані у полі Метрика таблиці маршрутизації.

17. З якою командою використовується параметр `-r` утиліти `route` і яке його призначення?
18. Поясніть призначення параметра `-f` утиліти `route`.
19. Як очистити таблицю маршрутизації?
20. Чим лавинна маршрутизація відрізняється від випадкової?

### 3. Хід роботи

1. Ознайомтеся з теоретичними відомостями.
2. За допомогою аналізатора протоколів дослідіть відправлення пакетів на адресу маршрутизатора, зверніть увагу на IP та MAC адреси відправлених пакетів.
3. Роздрукуйте таблицю маршрутизації. Випробуйте команди утиліти `route`. Якщо результат команди неуспішний внаслідок невідповідності синтаксису, про це стане ясно з повідомлень у командному рядку. Спробуйте в команді `ADD` використати шлюз з числа тих, що виведені командою `PRINT`, а також цілком випадкову адресу шлюзу. Проаналізуйте результати. Задайте в параметрах команди `ADD` випадкову комбінацію значень вузла та маски. Проаналізуйте результати а зробіть висновки.
4. Самостійно знайдіть детальну інформацію про призначення поля Інтерфейс у таблиці маршрутизації.
5. Самостійно знайдіть інформацію про призначення протоколу IGMP і його зв'язок з протоколом ICMP.
6. Самостійно знайдіть відповідь на одне з наступних запитань (варіант запитання відповідає номеру студента в журналі) та представте цю відповідь у звіті:
  - Яка область застосування лавинної маршрутизації?
  - Де застосовується маршрутизація за попереднім досвідом?
  - Які недоліки має маршрутизація за попереднім досвідом?
  - Що містить поле Інтерфейс таблиці маршрутизації і для чого воно призначене?
  - Для чого в таблиці маршрутизації вказується маска мережі?
  - Чому значення маски підмережі за замовчанням приймається 255.255.255.255?
  - Назвіть переваги адаптивної маршрутизації.
  - Де на комп'ютері зберігається таблиці маршрутизації?
  - Що називають статичною маршрутизацією?
  - Що називають динамічною маршрутизацією?
  - Як записується специфічний для вузла маршрут?
  - Які з алгоритмів побудови таблиць маршрутизації передбачають відстеження змін у конфігурації зв'язків у мережі?
7. Сформууйте звіт зі структурою, аналогічною до звітів з попередніх лабораторних робіт. У теоретичних відомостях слід дати відповіді на 3 вибрані викладачем запитання з числа контрольних запитань. У висновку слід подати результати осмислення одержаних результатів.