



# Керуючі протоколи мережного рівня



# План

- Місце керуючих протоколів в моделях OSI і TCP/IP
- Internet Control Message Protocol (ICMP)
- Address Resolution Protocol (ARP)
- Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

# Місце в моделях OSI і TCP/IP

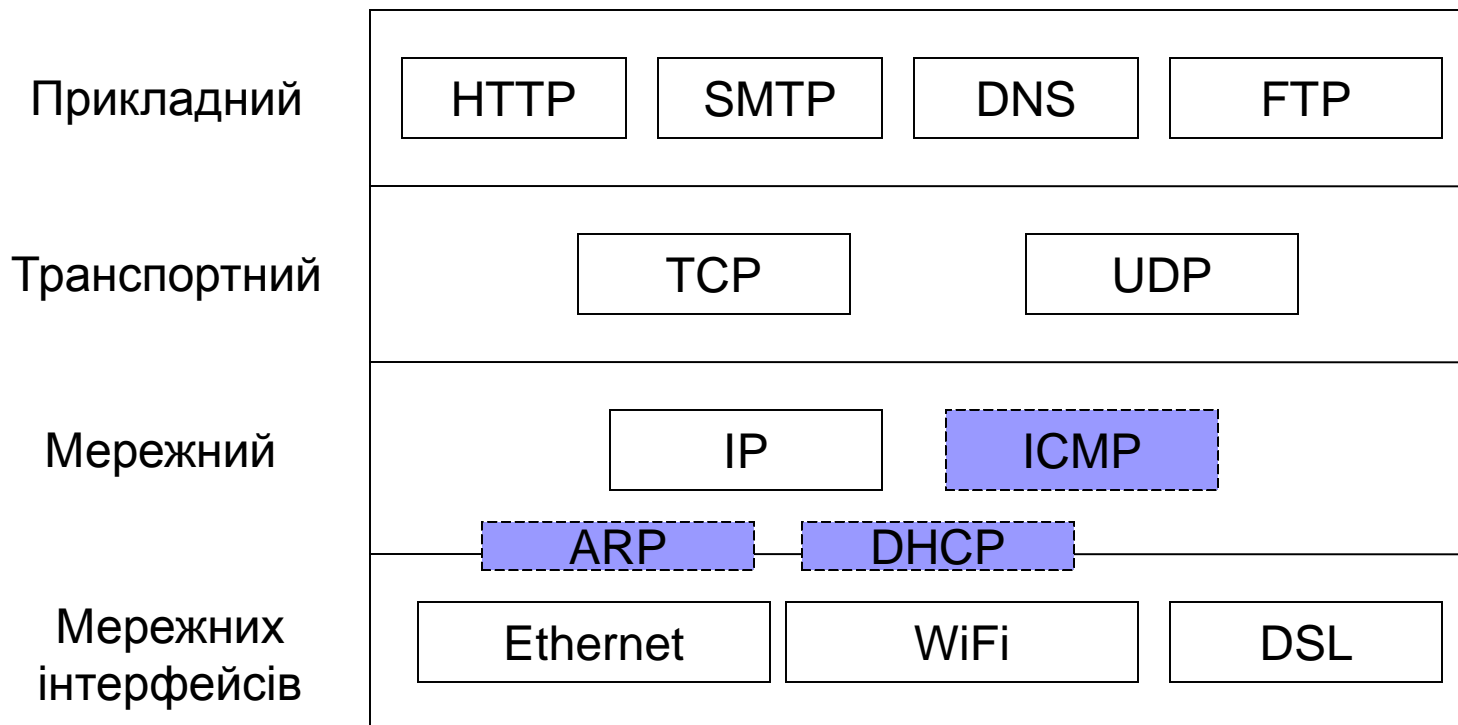
Модель OSI

Прикладний
Представлення
Сеансовий
Транспортний
Мережний
Канальний
Фізичний

Модель TCP/IP

Прикладний
Транспортний
Мережний
Мережних інтерфейсів

# Мережний рівень у TCP/IP



# Протоколи мережного рівня

- IP - передача даних
- ICMP - діагностика і моніторинг мережі
- ARP - визначення локальних адрес з глобальних IP-адрес
- DHCP - автоматичне конфігурування вузлів в мережі (призначення IP-адреси, маски підмережі, маршрутизатора за замовчуванням і т.п.)

# Протокол ICMP

- ICMP (Internet Control Message Protocol) - протокол міжмережних керуючих повідомлень
- Описаний у RFC 792
- Протокол IP використовує передачу без встановлення з'єднання
  - Немає гарантії доставки пакетів
- ICMP - засіб оповіщення про проблеми з доставкою пакетів

# Протокол ICMP

- Приклади повідомлень про помилки:
  - Закінчився час життя пакета (TTL)
  - Заборонено фрагментувати пакет (встановлений прапор DF), а для передачі потрібна фрагментація
- Повідомлення відправляються не завжди:
  - Немає повідомлень про проблеми з пакетами з ICMP-повідомленнями
- IP або ICMP не зобов'язані обробляти повідомлення ICMP
  - Немає виправлення помилок
  - Немає повторної відправки пакетів

# Формат пакету ICMP

1 байт Тип повідомлення	1 байт Код повідомлення	2 байта Контрольна сума	} Заголовок
2 байта Залежить від типу і коду повідомлення		2 байта Залежить від типу і коду повідомлення	
Поле даних			



# Формат пакету ICMP

- Поля заголовка:
  - Тип - ідентифікатор типу повідомлення
  - Код - ідентифікатор коду повідомлення про помилку
  - Контрольна сума
- Дані:
  - Заголовок і перші 8 байт даних IP-пакета
- Повідомлення ICMP:
  - Повідомлення про помилки (host unreachable)
  - Повідомлення запит-відповідь (ping)

# Типи ICMP-повідомлень

Тип	Призначення повідомлення
0	Ехо-відповідь
3	Вузол призначення недосяжний
4	Пригнічення джерела
5	Перенаправлення маршруту
8	Ехо-запит
11	Закінчення часу життя пакета
12	Проблеми з параметрами
13	Запит мітки часу
14	Відповідь мітки часу
17	Запит маски
18	Відповідь маски

# Коди помилок (для типу 3)

Код	Причина
0	Мережа недосяжна
1	Вузол недосяжний
2	Протокол недосяжний
3	Порт недосяжний
4	Помилка фрагментації
5	Помилка в маршруті джерела
6	Мережа призначення невідома
7	Вузол призначення невідомий
8	Вузол-джерело ізольований
9	Адміністративна заборона



# Застосування ICMP

- Діагностика мережі
- Утиліти
  - ping
  - traceroute (tracert в Windows)

# Утиліта ping

- Простий засіб перевірки працездатності мережі
- Ехо-протокол:
  - Ехо-запит ICMP (Тип = 8)
  - Ехо-відповідь ICMP (Тип = 0)
- Перевірка досяжності конкретного вузла

# Утилита ping

```
$ ping -c4 comsys.kpi.ua
```

```
PING comsys.kpi.ua (77.47.192.42) 56(84) bytes of data.
```

```
64 bytes from comsys.kpi.ua (77.47.192.42): icmp_seq=1 ttl=64 time=0.171 ms
```

```
64 bytes from comsys.kpi.ua (77.47.192.42): icmp_seq=2 ttl=64 time=0.118 ms
```

```
64 bytes from comsys.kpi.ua (77.47.192.42): icmp_seq=3 ttl=64 time=0.267 ms
```

```
64 bytes from comsys.kpi.ua (77.47.192.42): icmp_seq=4 ttl=64 time=0.234 ms
```

```
--- comsys.kpi.ua ping statistics ---
```

```
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3027ms
```

```
rtt min/avg/max/mdev = 0.118/0.197/0.267/0.059 ms
```

# Формат ICMP-повідомлення ping

Тип = 8/0	Код = 0	Контрольна сума	} Заголовок
Ідентифікатор запиту		Порядковий номер	
Поле даних			
Дані Ехо-запиту або Ехо-відповіді			

# Утиліта traceroute

- Утиліта, що дозволяє визначити маршрут від відправника до одержувача
- Знаходить адреси всіх маршрутизаторів, через які проходить пакет



# Утилита traceroute

```
$ traceroute comsys.kpi.ua
```

```
 1 core23.fsn1.hetzner.com (213.239.229.233)  0.347 ms  0.250 ms  0.243
ms
 2 core1.fra.hetzner.com (213.239.229.77)    4.824 ms  4.827 ms  5.033 ms
 3 core9.fra.hetzner.com (213.239.252.18)   5.205 ms  10.551 ms 5.174 ms
 4 213-133-113-42.clients.your-server.de (213.133.113.42) 5.134 ms
5.026 ms  5.160 ms
 5 88.81.245.32 (88.81.245.32)  33.908 ms  39.756 ms 88.81.245.72
39.972 ms
 6 77.88.211.79 (77.88.211.79)  30.943 ms  33.697 ms  30.913 ms
 7 ge779.swr.kpi.ua (77.47.136.51)  37.175 ms  34.587 ms  37.339 ms
 8 gw.comsys.kpi.ua (77.47.130.18)  33.638 ms  30.984 ms  33.816 ms
 9 comsys.kpi.ua (77.47.192.42)  31.446 ms  31.440 ms  34.278 ms
```

# Утиліта traceroute

- traceroute використовує повідомлення «Час життя минув» (тип 11) для пошуку маршрутизаторів
- Спочатку traceroute відправляє IP-пакет з TTL = 1
  - Перший маршрутизатор приймає його, зменшує TTL до 0 і видаляє пакет
  - Перший маршрутизатор також відправляє ICMP-повідомлення «Час життя минув», Тип = 11
  - traceroute запам'ятовує адресу маршрутизатора
- traceroute відправляє IP-пакет з TTL = 2
- Так триває до тих пір, поки IP-пакет не досягне одержувача

# Протокол ARP

- Address Resolution Protocol (ARP) - протокол перетворення адрес
- Завдання ARP
  - За відомою глобальною адресою (IP-адреса) знайти локальну адресу (в технології каналного рівня)
- Типи ARP:
  - Для широкомовних мереж
  - Для глобальних мереж (без широкомовлення)

# ARP в ширококомовних мережах

- Схема роботи:
  - Вузол-відправник розсилає ширококомовний запит «У кого адреса IP1»
  - Всі вузли отримують ширококомовний запит
  - Вузол з адресою IP1 повідомляє свою локальну адресу, інші запит ігнорують
  - Вузол-відправник отримує відповідь і витягує з неї локальну адресу
- Для Ethernet локальна адреса - MAC-адреса

# Формат ARP-запиту

Поле	Значення
Тип мережі	1
Тип протоколу	2048
Довжина локальної адреси	6
Довжина глобальної адреси	4
Дія	1
Локальна адреса відправника	D8:CB:8A:B0:7E:85
Глобальна адреса відправника	10.18.50.135
Локальна адрес отримувача	00:00:00:00:00:00
Глобальна адрес отримувача	10.18.50.1

# Формат ARP-відповіді

Поле	Значення
Тип мережі	1
Тип протоколу	2048
Довжина локальної адреси	6
Довжина глобальної адреси	4
Дія	2
Локальна адреса відправника	F4:6D:04:E1:C3:06
Глобальна адреса відправника	10.18.50.1
Локальна адрес отримувача	D8:CB:8A:B0:7E:85
Глобальна адрес отримувача	10.18.50.135

# ARP-таблиця

- Вузол кешує відповіді ARP
  - Немає необхідності запитувати MAC-адресу при кожному відправленні
- ARP-таблиця зберігає дані про відповідність MAC і IP-адрес

IP-адреса	MAC-адреса	Тип
10.18.50.1	F4:6D:04:E1:C3:06	Динамічний
10.18.50.135	D8:CB:8A:B0:7E:85	Статичний

# ARP-таблиця

- Типи записів в ARP-таблиці
  - Динамічні - створюються в результаті розсилки ARP-запитів
  - Статичні - створюються адміністраторами вручну
- Команди роботи з ARP-таблицею:
  - `arp -a` - перегляд таблиці
  - `arp -s` - додавання статичного запису
  - `arp -d` - видалення запису



# Термін життя записів ARP

- Динамічні записи в таблиці ARP мають обмежений час життя
  - У комп'ютера може змінитися IP-адреса
  - Після закінчення часу життя запис видаляється з таблиці ARP
- Добровільне ARP-повідомлення (gratuitous ARP)
  - Відправлення ARP-запиту зі своєю IP-адресою
  - Використовується для повідомлення про нову IP-адресу
  - Запобігання призначення однакових IP

# Протокол DHCP

- Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) - протокол динамічної конфігурації вузлів
- Для роботи в мережі комп'ютера потрібна IP-адреса
- Як комп'ютеру дізнатися свою IP-адресу під час ввімкнення?
- Як комп'ютер дізнається свою MAC-адресу?

# Методи призначення IP-адрес

- Вручну адміністратором
  - IP-адреса призначається вручну на кожному комп'ютері в мережі
  - У великій мережі високі затрати часу для налаштування
  - Постійна IP-адреса
- Автоматично
  - Використовується протокол DHCP
  - Потрібне налаштування DHCP-сервера
  - Не потрібне ручне налаштування комп'ютерів
  - IP-адреса може змінюватися

# Протокол DHCP

## ■ Клієнт DHCP

- Комп'ютер, який отримує IP-адресу автоматично

## ■ Сервер DHCP

- Комп'ютер, який забезпечує призначення IP-адрес
- Веде таблицю виданих IP-адрес, щоб уникнути дублювання

# Повідомлення протоколу DHCP

- DHCP DISCOVER - широкомовний запит на пошук DHCP-сервера в мережі
- DHCP OFFER - пропозиція IP-адреси DHCP-сервером клієнтові
- DHCP REQUEST - запит IP-адреси DHCP-клієнтом
- DHCP ACK - підтвердження призначення IP-адреси DHCP-клієнта
- DHCP RELEASE - звільнення IP-адреси DHCP-клієнтом

# Протокол DHCP

- Навіщо три повідомлення з однаковою IP-адресою?
  - DHCP OFFER
  - DHCP REQUEST
  - DHCP ACK
- У мережі може бути кілька DHCP-серверів
  - Всі сервери надсилають клієнту IP-адреси (DHCP OFFER)
  - Клієнт запитує IP-адресу тільки у одного DHCP-сервера (DHCP REQUEST)

# Протокол DHCP

- DHCP-сервер повинен знаходитися в тій же мережі, що і клієнт
- Пошук DHCP-серверів виконується за допомогою широкомовного запиту
  - Широкомовний запит не виходить за межі мережі (маршрутизатор)
- DHCP Relay - пристрій, який приймає широкомовні запити і пересилає їх DHCP-серверу (комутатор, маршрутизатор тощо)

# Способи призначення IP-адрес

- Пул адрес - список (діапазон) IP-адрес, які призначає DHCP-сервер
- Способи призначення IP-адрес:
  - Постійний - виділена IP-адреса для кожної MAC-адреси
  - Динамічний - призначення комп'ютеру будь-якої IP-адреси з пулу



# Призначення IP-адрес

- Скільки IP-адрес потрібно для пулу DHCP-сервера?
- Комп'ютери можуть з'являтися і зникати (ноутбуки, планшети і т.п.)
- IP-адреси призначаються не назавжди, а на фіксований термін
  - Lease time (Термін оренди)

# Оренда IP-адрес

- Після завершення терміну оренди IP-адреса має бути повернена в пул DHCP-сервера
- Що робити, якщо комп'ютер хоче продовжити роботу в мережі
  - Повторний запит IP-адреси
- Що робити, якщо комп'ютер відключився до закінчення терміну оренди
  - IP-адреса буде вважатися зайнятою, поки не закінчиться термін оренди

# Звільнення IP-адреси

- Після того, як комп'ютер закінчив роботу в мережі, він може повернути IP-адресу в пул DHCP-сервера
  - Повідомлення DHCP RELEASE
- Команда
  - `ipconfig /release`
- Отримання нової IP-адреси
  - `ipconfig /renew`

# Конфігураційна інформація

- Для роботи в мережі потрібна не тільки IP-адреса
- DHCP надає:
  - IP-адресу
  - Маску підмережі
  - Маршрутизатор за замовчуванням
  - Адреса DNS-сервера