



Протокол IP



План

- Місце протоколу IP в моделях OSI і TCP/IP
- Сервіси IP
- Формат IP-пакета
- Маршрутизація

Internet Protocol

- IP (Internet Protocol) - міжмережевий протокол
 - internet - об'єднана мережа
 - internetworking - об'єднання мереж
 - Internet - назва найбільшої об'єднаної мережі
- Основа мережі Інтернет

Місце в моделях OSI і TCP/IP

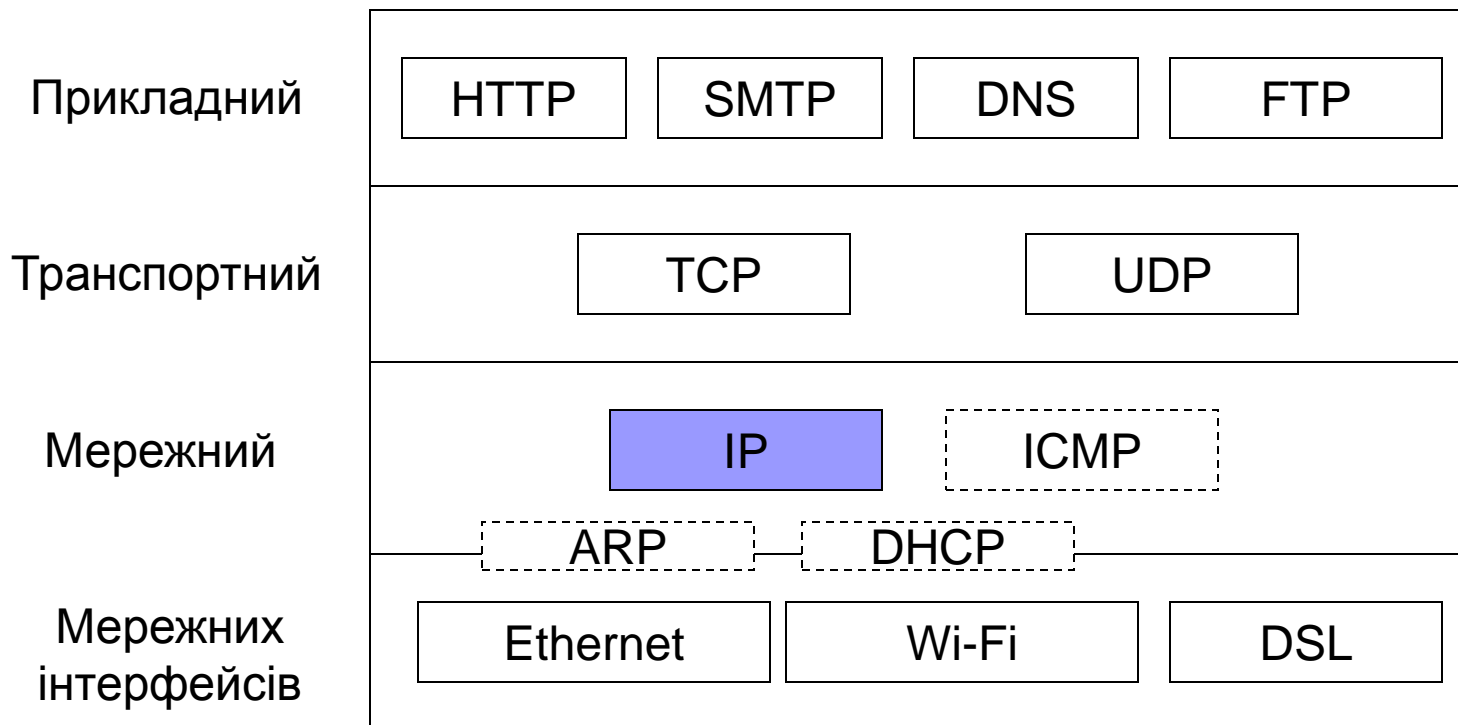
Модель OSI

Прикладний
Представлення
Сеансовий
Транспортний
Мережний
Канальний
Фізичний

Модель TCP/IP

Прикладний
Транспортний
Мережний
Мережних інтерфейсів

Мережний рівень у TCP/IP



Сервіси ІР

- Передача без встановлення з'єднання
 - Немає гарантії доставки
 - Довільний порядок доставки
- Завдання ІР
 - Маршрутизація
 - Об'єднання мереж
 - Якість обслуговування

Формат кадру Ethernet

■ Формат кадру Ethernet

6 байт	6 байт	2 байта	46-1500 байт	4 байта
MAC-адреса отримувача	MAC-адреса відправника	Тип	Дані	Контрольна сума

Заголовок

Кінцевик

Формат кадру Ethernet

- Доставка на канальному рівні
 - MAC-адреси одержувача і відправника
- Мультиплексування
 - Поле «Тип» - протокол вищого рівня
- Перевірка правильності передачі
 - Поле «Контрольна сума»

Заголовок IPv4-пакету

4 біта Номер версії	4 біта Довжина заголовку	8 біт Тип сервісу	16 біт Загальна довжина	
16 біт Ідентифікатор пакету			3 біта Прап.	13 біт Зміщення фрагменту
8 біт Час життя		8 біт Тип протоколу	16 біт Контрольна сума	
32 біта IP-адреса відправника				
32 біта IP-адреса отримувача				
Опції та заповнення (не обов'язково)				

Заголовок IPv6-пакету

4 біта Номер версії	8 біт Пріоритет пакету	20 біт Відмітка потоку	
16 біт Розмір корисного навантаження		8 біт, Тип розширеного заголовку	8 біт Ліміт переходів
128 біт IP-адреса відправника			
128 біт IP-адреса отримувача			

Версія протоколу IP

- Існує дві версії IP: 4 і 6
- IPv4 (RFC 791)
 - Довжина IP-адреси 4 байта
 - Брак IP-адрес
 - Використовується зараз
- IPv6 (RFC 2460)
 - Довжина IP-адреси 16 байт
 - Вводиться в експлуатацію

Довжина заголовка

- В IP довжина заголовка не фіксована:
 - Додаткові опції
 - Службова інформація
 - Заповнювач
- Поле «Довжина заголовка» вимірюється в 32-бітових словах
- Довжина:
 - Мінімальна 20 байт (5 32-бітових слів)
 - Максимальна 60 байт (15 32-бітових слів)

Загальна довжина

- Загальна довжина - довжина пакету, включаючи заголовок і дані
- Вимірюється в байтах
- Максимальне значення - 65535 байт
- На практиці довжина вибирається з урахуванням MTU канального рівня
 - 1500 байт для Ethernet

Фрагментація

- При передачі між мережами з різними MTU IP-пакет може бути розбитий на частини
- Поля в заголовку IP, що відповідають за фрагментацію:
 - Ідентифікатор пакету
 - Прапори
 - Зміщення фрагмента

Фрагментація. Прапори

- Поле прапори складається з трьох біт:
 - Перший біт зарезервований і не використовується
 - DF (Do not Fragment) - не фрагментувати
 - MF (More Fragments) - є ще фрагменти

Фрагментація

- Ідентифікатор пакету:
 - Унікальний номер пакета, розбитого на частини (фрагментованого)
 - Всі фрагменти пакета повинні мати однаковий ідентифікатор
- Одержувач може приймати фрагменти різних пакетів
 - Затримки в передачі
 - Різні маршрути
 - Відкинуті пакети

Зміщення фрагмента

- Використовується для збірки фрагментованих пакетів
- Фрагменти пакета можуть прийти в неправильному порядку
- Містить зміщення поля даних відносно нефрагментованого пакета

Схема дефрагментації

- Одержувач приймає пакет і бачить, що встановлений прапор MF
- Одержувач запам'ятовує ідентифікатор пакета і записує в буфер всі пакети з цим ідентифікатором
- Якщо приходить пакет з нульовим прапором MF - ознака завершення передачі пакета
- Одержувач збирає пакет з фрагментів на основі поля «Зміщення»

Час життя

- Час життя (TTL, Time To Live) - максимальний час, протягом якого пакет може переміщатися мережею
- Потрібно для запобігання «нескінченного» просування пакетів
- Одиниці виміру:
 - Секунди
 - Проходження через маршрутизатор (hop)

Тип протоколу

- Призначено для реалізації функції мультимплексування / демультимплексування
- Код протоколу, дані якого передаються (RFC 1700):
 - TCP - 6
 - UDP - 17
 - ICMP - 1

Контрольна сума заголовку

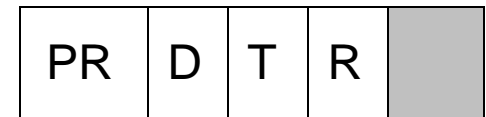
- Контрольна сума, розраховується по заголовку
- Перевіряється і перераховується на кожному проміжному маршрутизаторі
- При помилці в контрольній сумі пакет відкидається
 - Немає оповіщення відправника про помилку
 - Немає запитів на повторну передачу

Поле «Тип сервісу»

- Призначення - забезпечення якості обслуговування
- Два формату:
 - Тип сервісу (старий)
 - Диференційне обслуговування (використовується зараз)

Тип сервісу

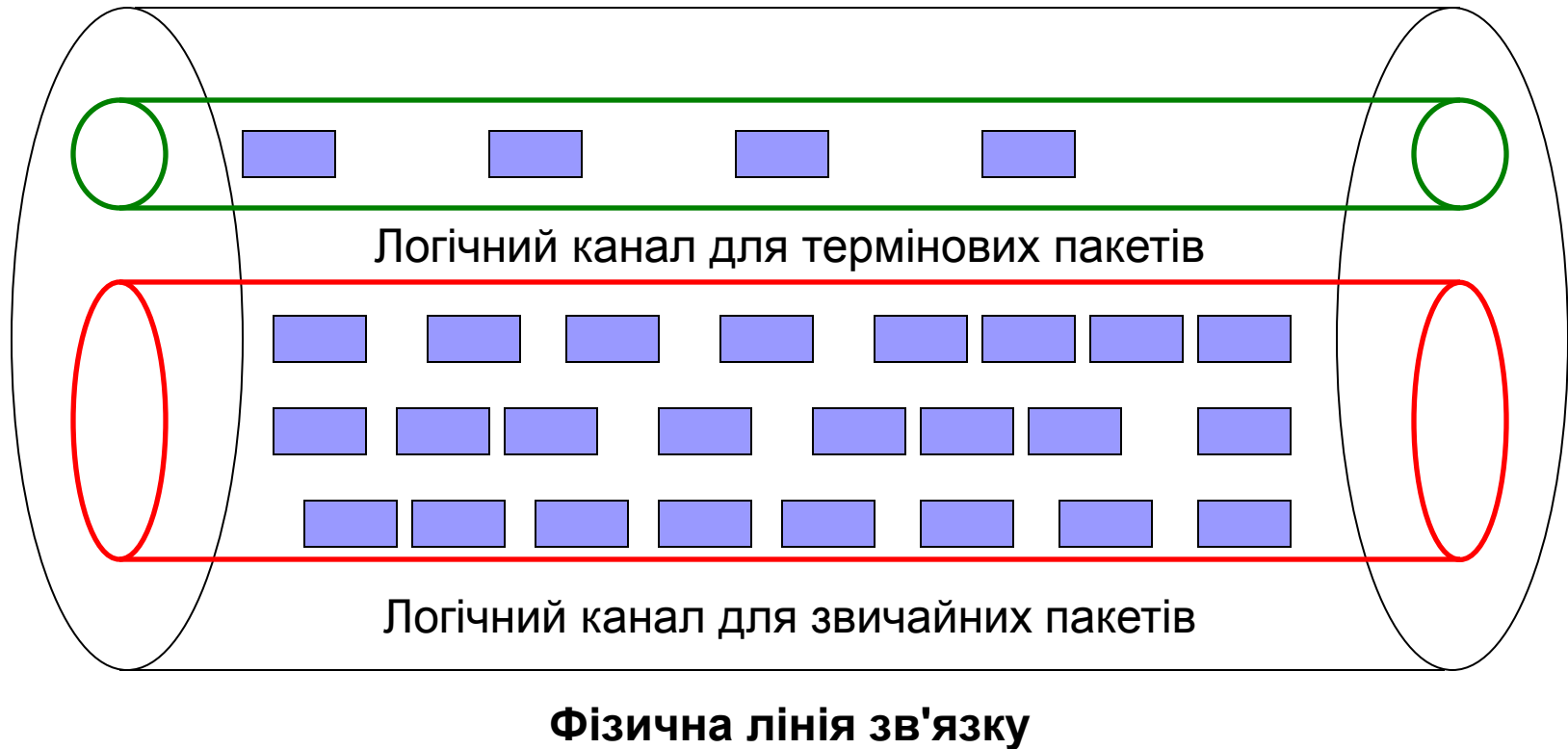
- Використовується 6 з 8 біт
- PR (3 біта) - пріоритет пакета:
 - 0 - найнижчий
 - 7 - найвищий
- Критерій вибору маршруту:
 - D (Delay) - мінімальна затримка
 - T (Throughput) - максимальна пропускна здатність
 - R (Reliability) - максимальна надійність



Диференційне обслуговування

- Поле «Тип сервісу» було впроваджено в протокол на ранній стадії розвитку Інтернет
- Виявилось, що якість обслуговування на основі поля «Тип сервісу» забезпечити складно
- З ростом і збільшенням популярності Інтернет з'явилися практичні підходи:
 - Інтегроване обслуговування
 - Диференційне обслуговування

Диференційне обслуговування

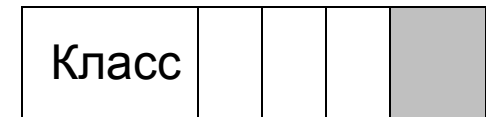


Диференційне обслуговування

- Диференційне обслуговування витіснило традиційне уявлення поля «Тип сервісу»
 - RFC 2474
- Простота реалізації:
 - Виконується окремо на кожному маршрутизаторі (Per-Hop Behavior)
 - Немає необхідності знати топологію мережі і вимоги застосунків

Диференційне обслуговування

- Використовується 6 з 8 біт
- 3 біта - клас обслуговування
- 2 біта - варіанти обслуговування пакета всередині класу
- 1 біт - прапор індикатор «виходу» пакета з профілю класу
- За замовчуванням всі 0 для сумісності



Пріоритети потоку для IPv6

Клас трафіку	Призначення
0	Нехарактеризований трафік
1	Наповнювальний трафік (мережні новини)
2	Автономний інформаційний трафік (електрона пошта)
3	Резерв
4	Неавтономний масовий трафік (FTP, HTTP, NFS)
5	Резерв
6	Інтерактивний трафік (Telnet, X terminal, SSH)
7	Керівний трафік (BGP, SNMP)

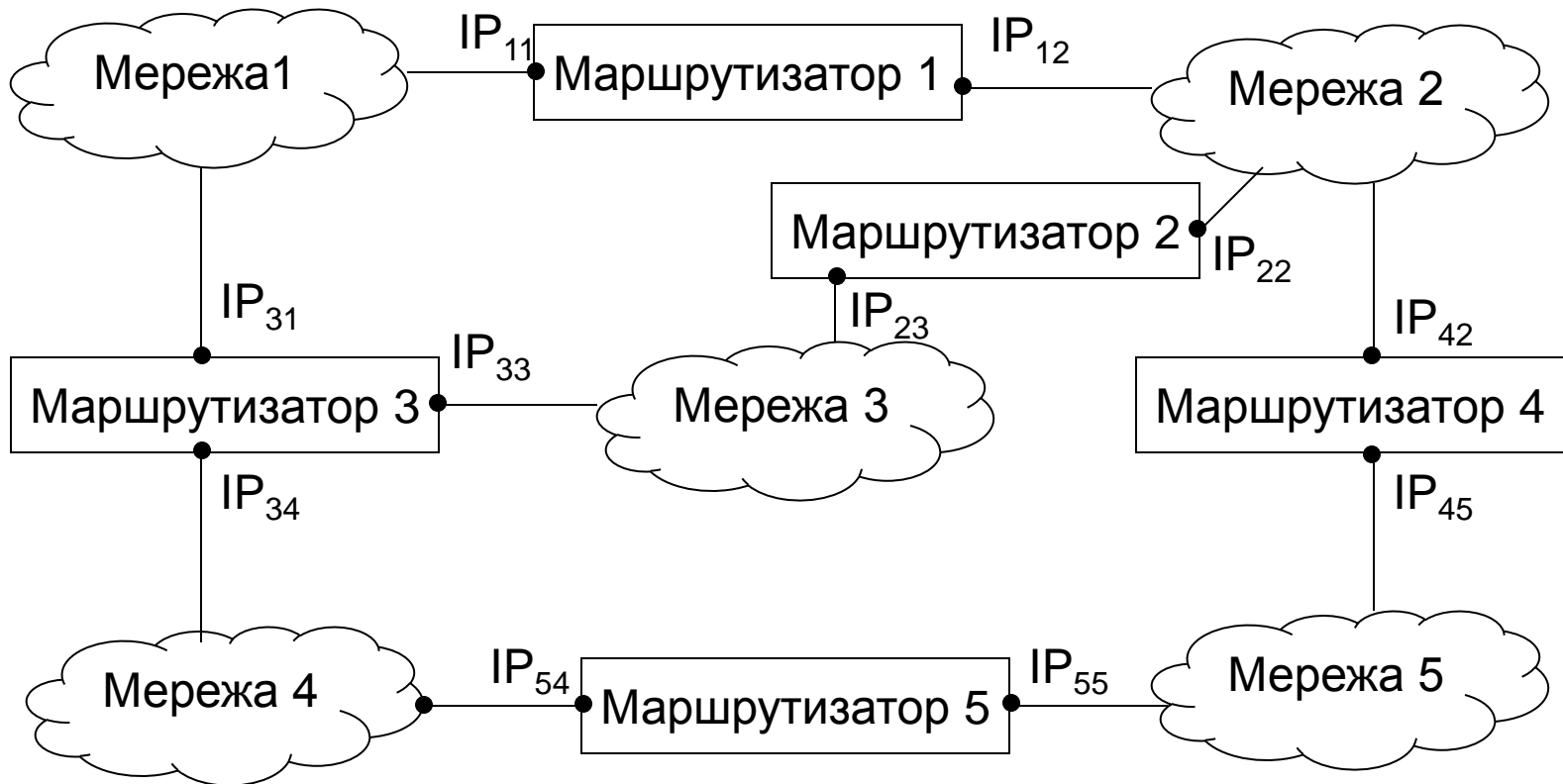
Опції заголовка ІР-пакета

- Заголовок ІР-пакета може включати додаткові поля
- Приклади опцій:
 - Записати маршрут
 - Маршрут відправника
 - Жорстка маршрутизація
 - Вільна маршрутизація
 - Часові мітки

Заповнення

- Опції можуть мати різний розмір
- Довжина заголовка IP-пакета повинна бути кратна 32 бітам
- Для вирівнювання до 32 біт поле опцій доповнюється нулями

Маршрутизація

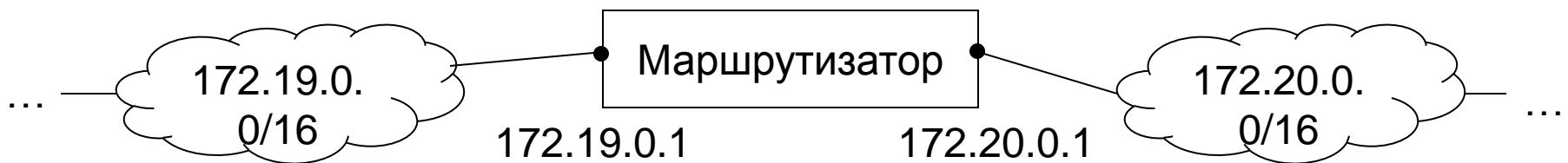


Маршрутизатор

- Пристрій для об'єднання мереж
 - Спеціалізований апаратний маршрутизатор
 - Звичайний комп'ютер
- Повинен стояти на кожній границі об'єднання мереж
- Має IP-адресу в кожній мережі, до якої підключений
 - Комутатори не мають адрес і в мережі не помітні

Таблиця маршрутизації

Адреса	Маска	Шлюз	Інтерфейс	Метрика
172.19.0.1	255.255.255.255	Під'єднаний	172.19.0.1	276
172.19.0.0	255.255.0.0	Під'єднаний	172.19.0.1	276
172.20.0.1	255.255.255.255	Під'єднаний	172.20.0.1	276
172.20.0.0	255.255.255.255	Під'єднаний	172.20.0.1	276
172.16.0.0	255.255.0.0	192.19.132.6	172.19.0.1	306
172.18.0.0	255.255.0.0	192.20.11.3	172.20.0.1	306
172.17.0.0	255.255.0.0	192.19.168.56	172.19.0.1	306



Таблиця маршрутизації

- Адреса - адреса мережі або вузла
- Маска - маска мережі або вузла
- Шлюз:
 - Адреса маршрутизатора, через який можна потрапити до мережі / вузла
 - Під'єднаний - мережа або вузол підключені до порту маршрутизатора
- Інтерфейс - номер інтерфейсу або IP-адреса, через яку доступна мережа

Метрика

- Одна мережа може бути доступна через кілька маршрутів
 - Надійність
- Якщо є кілька маршрутів, який обрати?
- Метрика - відстань до мережі в умовних одиницях
- Вибирається маршрут з меншою метрикою

Метрика

- Вимірюється в умовних одиницях
- Старий підхід - кількість маршрутизаторів між мережами
- Новий підхід - умовні одиниці з урахуванням:
 - Кількості маршрутизаторів
 - Пропускної здатності каналів
 - Завантаження каналів
 - Комбінація параметрів

Записи в таблиці маршрутизації

■ Статичні

- Конфігурація інтерфейсів
- Вручну прописані маршрути до мереж

■ Динамічні

- Конфігуруються автоматично
- Протоколи маршрутизації RIP, OSPF, BGP та ін.

Маршрут за замовчуванням

- Маршрутизатор повинен знати про всі існуючі мережі
 - На практиці неможливо
- Маршрутизатор за замовчуванням (шлюз, default router, gateway) - маршрутизатор, на який відправляються пакети для невідомих мереж
- Умовне позначення:
 - 0.0.0.0, маска 0.0.0.0
 - default

Пошук маршруту в таблиці маршрутизації

- Пошук маршруту до вузла
 - Пакет відправляється до вузла
- Пошук маршруту до мережі
 - Пакет відправляється в мережу
- Пошук маршруту за замовчуванням
 - Пакет відправляється на маршрутизатор за замовчуванням
- Якщо маршрут не знайдений, пакет відкидається

Передача пакету

- Під'єднана мережа:
 - Пакет передається безпосередньо вузлу
- Віддалена мережа
 - Пакет передається на маршрутизатор, який є шлюзом для цієї мережі

Таблиця маршрутизації на вузлах

- Таблиця маршрутизації є не тільки у маршрутизаторів, а й у всіх вузлів мережі
- Вміст таблиці маршрутизації хоста:
 - Під'єднана мережа
 - Маршрутизатор за замовчуванням
 - (Не обов'язково) маршрути до знайомих мереж