

Темаб. Канальний рівень

Кожна мережа має фізичні компоненти та середовища передавання даних, які з'єднують ці компоненти. Різні типи середовищ передавання даних потребують різної інформації про дані, щоб прийняти їх і перемістити фізичною мережею. Думайте про це так: Від сильного удару м'яч для гольфу рухається через повітря швидко і далеко. Він також може рухатися і через воду, але не так швидко або настільки далеко, наскільки дозволяє потужність удару. Це тому, що м'яч для гольфу пересувається іншим середовищем; вода замість повітря.

Дані повинні отримувати допомогу для переміщення їх різними середовищами передавання даних. Цю допомогу надає Канальний рівень передавання даних. Як ви вже могли здогадатися, ця допомога залежить від кількох факторів. Цей розділ надасть вам огляд цих факторів, як вони впливають на дані, та протоколів, що розроблені для забезпечення успішної доставки даних. Давайте розпочнемо!

Мета розділу: Пояснити, як керування доступом до середовища передавання даних на Канальному рівні підтримує зв'язок між мережами.

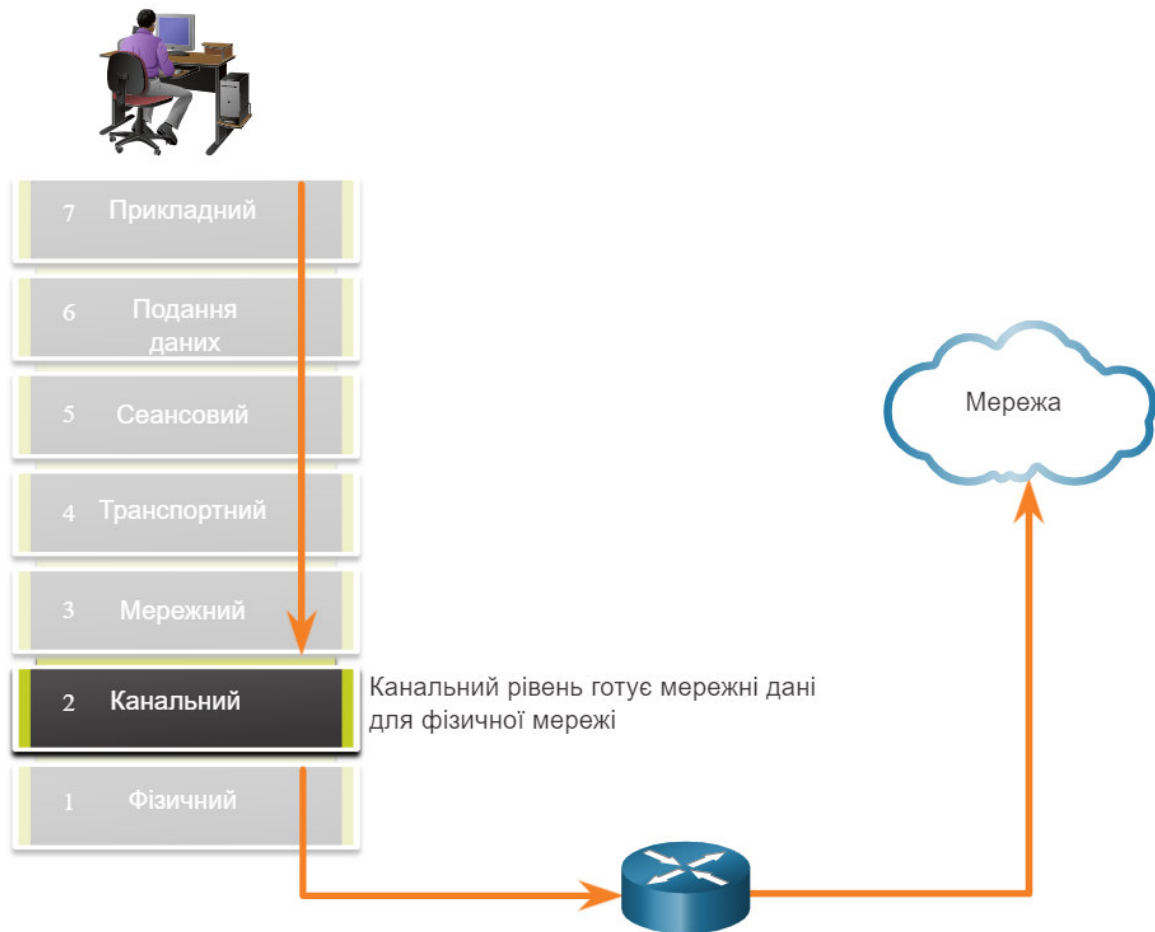
Назва теми	Мета вивчення теми
6.1. Призначення Канального рівня	Описати призначення та функції канального рівня при налаштуванні зв'язку для передавання даних через конкретне середовище.
6.2. Топології	Порівняти характеристики методів контролю доступу до середовища передавання даних для WAN і LAN топологій.
6.3. Кадр Канального рівня	Описувати характеристики і функції кадру Канального рівня.

6.1. Призначення Канального рівня

6.1.1. Канальний рівень

Канальний рівень моделі OSI (Рівень 2), як показано на рисунку, готує мережні дані для фізичної мережі. Канальний рівень відповідає за зв'язок між мережними інтерфейсними картами (NIC). Канальний рівень виконує наступні функції:

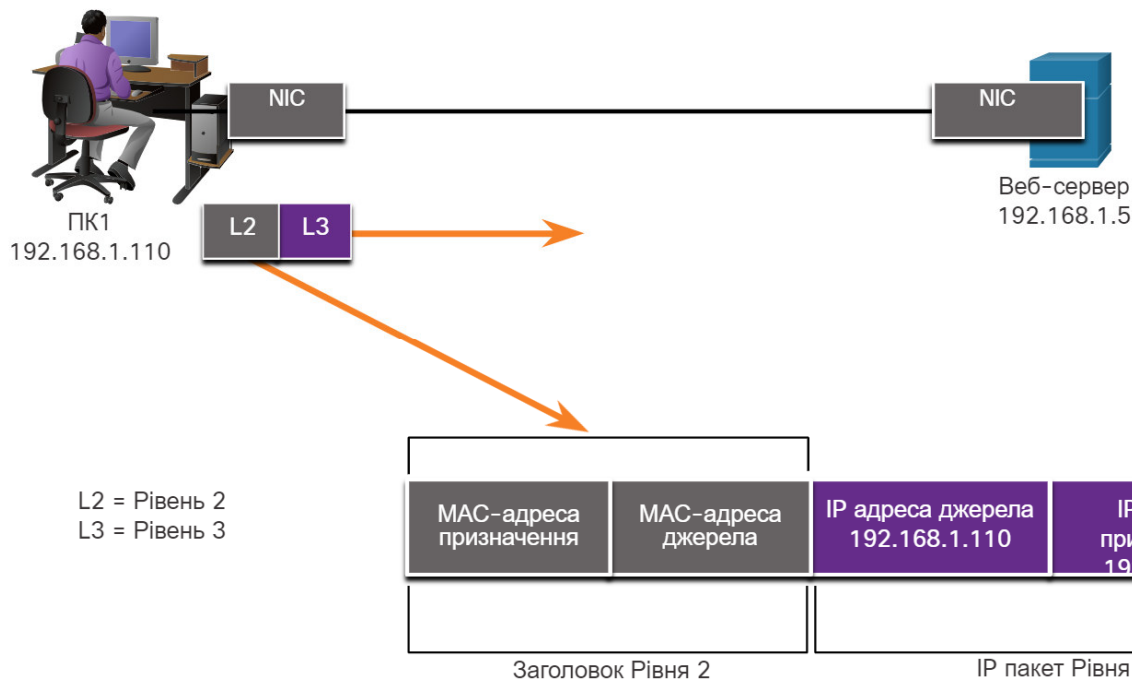
- Забезпечує верхнім рівням можливість отримати доступ до середовища передавання даних. Протокол верхнього рівня не має повної інформації про тип середовища, який використовується для пересилання даних.
- Приймає дані, зазвичай пакети Рівня 3 (тобто IPv4 або IPv6), і інкапсулює їх у кадри Рівня 2.
- Контролює спосіб розміщення та отримання даних в/з середовища передавання даних.
- Забезпечує обмін кадрами між кінцевими точками через середовище передавання даних.
- Отримує інкапсульовані дані, зазвичай пакети Рівня 3, і передає їх відповідному протоколу верхнього рівня.
- Виявляє помилки і відкидає всі пошкоджені кадри.



У комп'ютерних мережах хост (вузол) - це пристрій, який може приймати, створювати, зберігати або пересилати дані по каналах комунікації. Вузлом може бути як кінцевий пристрій, такий як ноутбук або мобільний телефон, так і проміжні пристрої, такі як комутатор Ethernet.

Без Канального рівня протоколи Мережного рівня, такі як IP, мали б передбачати певні заходи для підключення до кожного типу середовища передавання даних, який зустрінеться на шляху доведення. Крім того, кожного разу при розробці нової мережної технології або середовища передавання даних, IP довелося б адаптуватися.

На рисунку показано приклад того, як Канальний рівень додає інформацію Рівня 2, Ethernet-адреси NIC призначення та джерела, до пакета Рівня 3. Потім ця інформація конвертується у формат, який підтримується фізичним рівнем (тобто Рівнем 1).



6.1.2. Підрівні Канального рівня IEEE 802 LAN/MAN

Стандарти IEEE 802 LAN/MAN характерні для локальних мереж Ethernet, бездротових локальних мереж (WLAN), бездротових персональних мереж (WPAN) та інших типів локальних мереж та мереж мегаполісів. Канальний рівень IEEE 802 LAN/MAN складається з наступних двох підрівнів:

- **Logical Link Control (LLC)** - Цей підрівень IEEE 802.2 організовує взаємодію мережного програмного забезпечення верхніх рівнів і апаратного забезпечення пристрою на нижніх рівнях. Він розміщує у кадрі інформацію, що визначає, який протокол мережного рівня використовує цей кадр. Ця інформація дозволяє кільком протоколам Рівня 3, таким як IPv4 і IPv6, використовувати один і той самий мережний інтерфейс і середовище передавання даних.
- **Media Access Control (MAC)** — Реалізує цей підрівень (IEEE 802.3, 802.11 або 802.15) в апаратному забезпеченні. Він відповідає за інкапсуляцію даних і контроль за доступом до середовища передавання даних. Він забезпечує адресацію Канального рівня і інтегрується з різними технологіями Фізичного рівня.

Підрівень LLC приймає дані мережного протоколу, зазвичай це пакет IPv4 або IPv6, і додає контрольну інформацію Рівня 2, яка допоможе доставити пакет до вузла призначення.

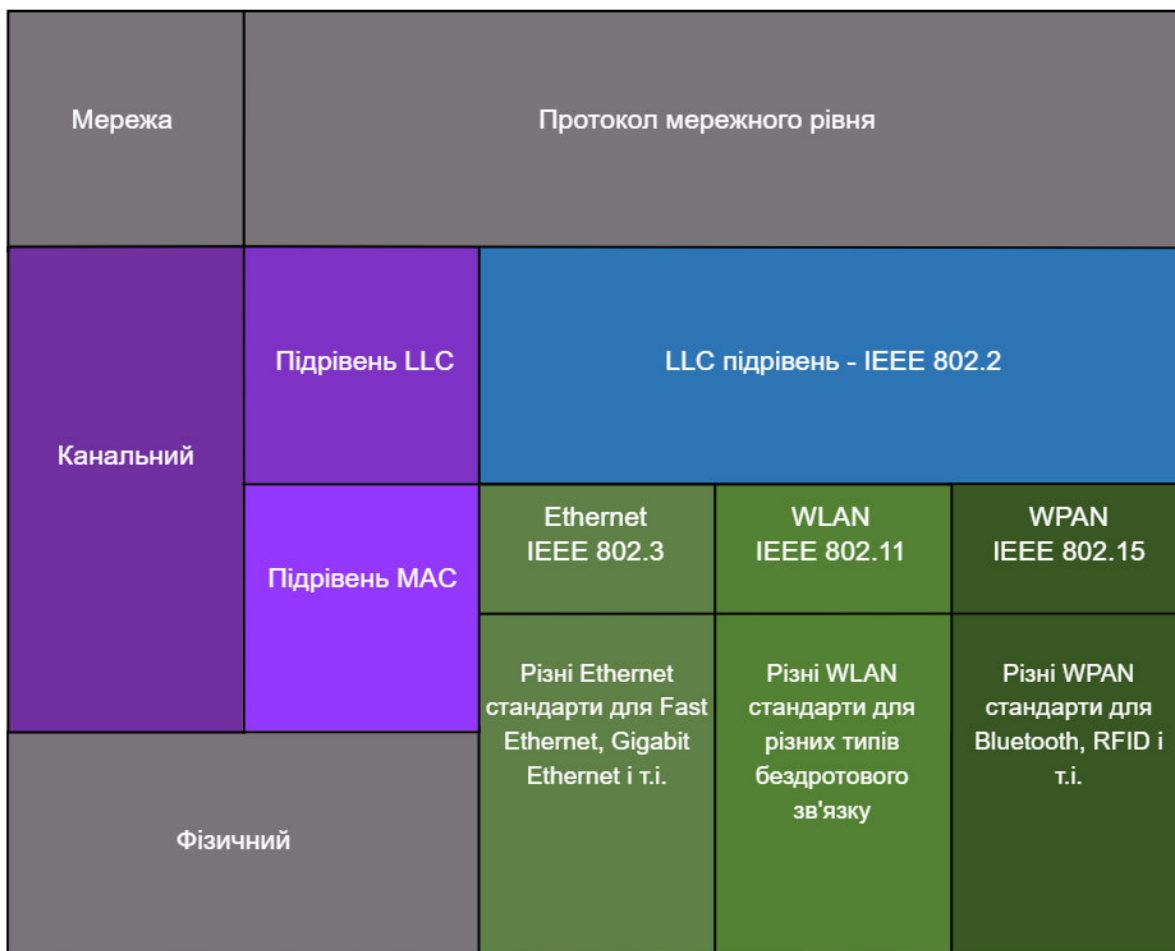
Підрівень MAC керує NIC та іншим обладнанням, яке відповідає за надсилання та отримання даних через дротові або бездротові середовища передавання даних LAN/MAN.

Підрівень MAC забезпечує інкапсуляцію даних:

- **Розмежування кадрів** - Процес створення кадрів (framing) забезпечує важливі розділювачі для ідентифікації полів у кадрі. Ці розмежувальні біти забезпечують синхронізацію між вузлами передавача і приймача.
- **Адресація** - Забезпечує адресацію джерела та місця призначення для транспортування кадру Рівня 2 між пристроями через спільне середовище передавання даних.
- **Виявлення помилок** - Містить трейлер, який використовується для виявлення помилок, що виникли під час передавання.

Підрівень MAC також забезпечує контроль доступу до середовища передавання даних, який дозволяє кільком пристроям спілкуватися через загальне (напівдуплексне) середовище передавання даних. Повнодуплексні комунікації не потребують контролю доступу.

На рисунку показано два підрівня (LLC і MAC) Канального рівня.



6.1.3. Забезпечення доступу до середовища передавання даних

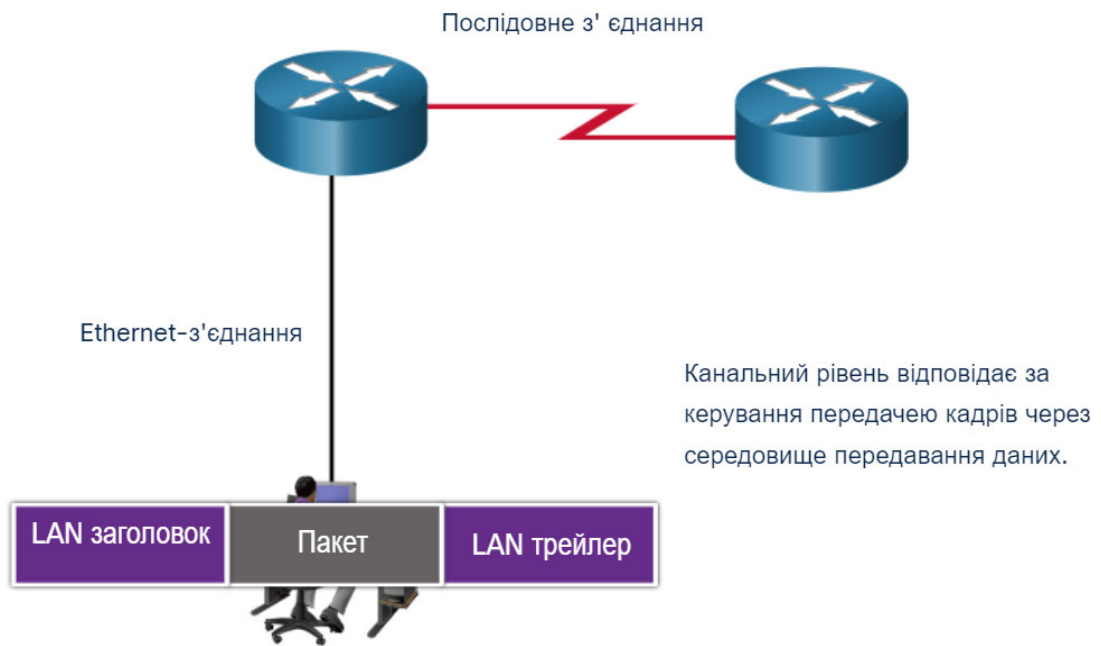
Кожне мережне середовище, з яким стикаються пакети під час подорожі від локального вузла до віддаленого вузла, може мати різні характеристики. Наприклад, локальна мережа Ethernet зазвичай складається з багатьох вузлів, які конкурують за доступ до середовища передавання даних. Підрівень MAC вирішує цю проблему. На послідовних каналах метод доступу передбачає безпосередній зв'язок тільки між двома пристроями, як правило, двома маршрутизаторами. Тому не потрібні методи, що реалізуються MAC-підрівнем IEEE 802.

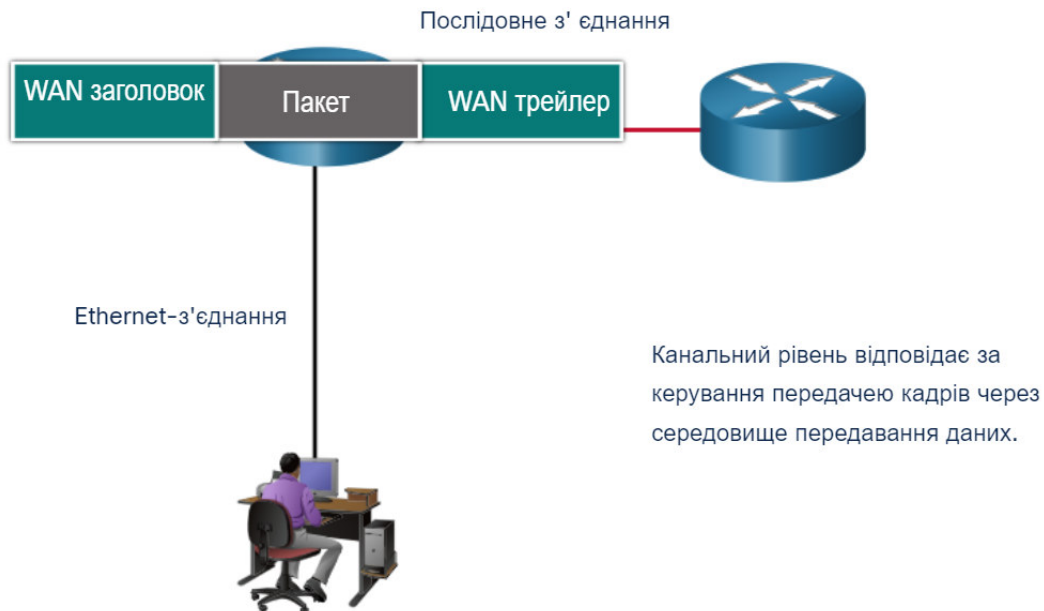
Інтерфейси маршрутизатора інкапсулюють пакет у відповідний кадр. Для доступу до кожного каналу використовується відповідний метод доступу до середовища передавання даних. При будь-якому заданому обміні пакетами мережного рівня можуть використовуватись численні переходи між різними середовищами передавання даних та зміни протоколів Канального рівня.

На кожному переході вздовж шляху маршрутизатор виконує наступні функції Рівня 2:

1. Приймає кадр з середовища передавання даних
2. Деінкапсулює кадр
3. Повторно інкапсулює пакет до нового кадру
4. Пересилає новий кадр, що відповідає середовищу передавання даних цього сегмента фізичної мережі

Маршрутизатор на рисунку має інтерфейс Ethernet для підключення до LAN і послідовний інтерфейс для підключення до WAN. Коли маршрутизатор обробляє кадри, він використовує сервіси Канального рівня для отримання кадру з одного середовища передавання даних, деінкапсулює, отримує з нього PDU Рівня 3, повторно інкапсулює PDU до нового кадру і розміщує кадр в середовищі передавання даних наступного каналу мережі.





6.1.4. Стандарти Канального рівня

Протоколи Канального рівня зазвичай не визначаються документами Request for Comments (RFCs), на відміну від протоколів верхніх рівнів стеку TCP/IP. Інженерна рада Інтернету (Internet Engineering Task Force, IETF) підтримує функціональні протоколи і сервіси стеку протоколів TCP/IP на верхніх рівнях, але вона не визначає функції і роботу рівня Мережного доступу стеку TCP/IP.

Наступні інженерні організації визначають відкриті стандарти і протоколи рівня Мережного доступу (тобто Фізичного і Канального рівнів моделі OSI):

- Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)
- Міжнародний союз електрозв'язку (International Telecommunication Union, ITU)
- Міжнародна організація зі стандартизації (International Organization for Standardization, ISO)
- Американський інститут національних стандартів (American National Standards Institute, ANSI)

Логотипи цих інженерних організацій показані на рисунку.



6.1.5. Питання для самоперевірки - Призначення Канального рівня

1. Яка інша назва використовується для Канального рівня моделі OSI?

- Рівень 1
- Рівень 2
- Рівень 3
- Рівень 6

2. З яких двох підрівнів складається Канальний рівень IEEE 802 LAN/MAN?
(Оберіть два.)

- Network Control Protocol
- Logical Link Control
- Media Access Control
- Link Control Protocol

3. За що відповідає підрівень MAC?

- Додає до кадру адреси Рівня 3
- Забезпечує зв'язок з Мережним рівнем (Рівнем 3)
- Забезпечує метод для отримання кадру та розміщення кадру у середовищі передавання даних
- Передає біти у середовище передавання даних

4. Яку функцію Рівня 2 виконує маршрутизатор? (Оберіть три.)

- Приймає кадр з середовища передавання даних
- Деінкапсулює кадр
- Звертається до своєї таблиці маршрутизації Рівня 3 для пошуку маршруту до мережі призначення
- Повторно інкапсулює пакет до нового кадру

5. Які два критерії впливають на вибір методу контролю доступу до середовища передавання даних?

- Протокол Рівня 3
- Спільний доступ до середовища передавання даних
- Топологія
- Протокол транспортного рівня
- Тип даних

6. Яка організація визначає стандарти рівня Мережного доступу (тобто Фізичного і Канального рівнів моделі OSI)?

- Cisco
- IANA
- IEEE
- IETF

1. Яка інша назва використовується для Канального рівня моделі OSI?

Правильно!

- Рівень 1
- Рівень 2
- Рівень 3
- Рівень 6

2. З яких двох підрівнів складається Канальний рівень IEEE 802 LAN/MAN?
(Оберіть два.)

Правильно!

- Network Control Protocol
- Logical Link Control
- Media Access Control
- Link Control Protocol

3. За що відповідає підрівень MAC?

Правильно!

- Додає до кадру адреси Рівня 3
- Забезпечує зв'язок з Мережним рівнем (Рівнем 3)
- Забезпечує метод для отримання кадру та розміщення кадру у середовищі передавання даних
- Передає біти у середовище передавання даних

4. Яку функцію Рівня 2 виконує маршрутизатор? (Оберіть три.)

Правильно!

- Приймає кадр з середовища передавання даних
- Деінкапсулює кадр
- Звертається до своєї таблиці маршрутизації Рівня 3 для пошуку маршруту до мережі призначення
- Повторно інкапсулює пакет до нового кадру

5. Які два критерії впливають на вибір методу контролю доступу до середовища передавання даних?

Правильно!

- Протокол Рівня 3
- Спільний доступ до середовища передавання даних
- Топологія
- Протокол транспортного рівня
- Тип даних

6. Яка організація визначає стандарти рівня Мережного доступу (тобто Фізичного і Канального рівнів моделі OSI)?

Правильно!

- Cisco
- IANA
- IEEE
- IETF

6.2. Топології

6.2.1. Фізичні та логічні топології

Канальний рівень готує мережні дані для фізичної мережі. Потрібно знати логічну топологію мережі, щоб визначити, що потрібно для передавання кадрів з одного пристрою на інший. У цій темі пояснюються методи роботи Канального рівня з різними логічними топологіями мережі.

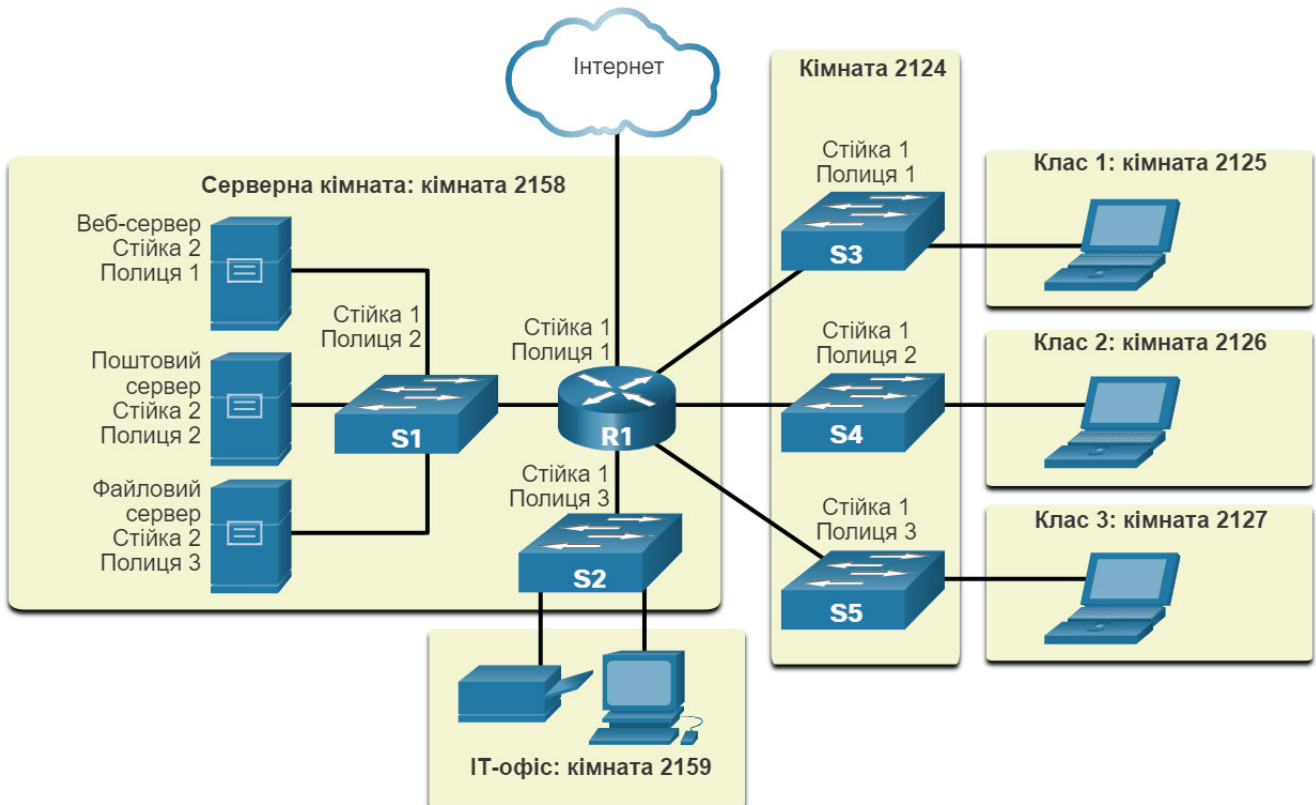
Топологія мережі - це розташування мережних пристроїв та зв'язки між ними.

Існує два типи топологій, які використовуються при описі LAN і WAN мереж:

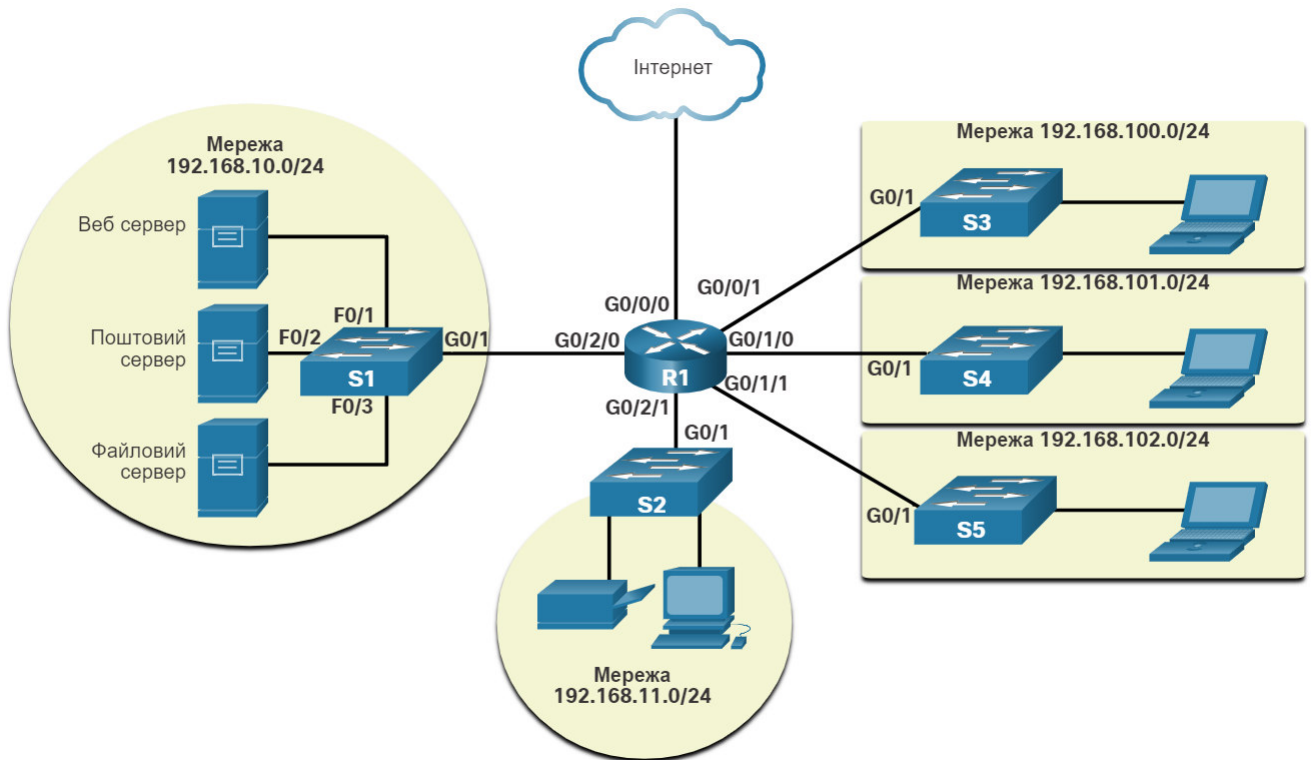
- **Фізична топологія** – Визначає фізичні з'єднання та як кінцеві та проміжні пристрої (такі як маршрутизатори, комутатори та точки бездротового доступу) зв'язані між собою. Топологія може також містити конкретне розташування пристрою, наприклад номер кімнати і місце розташування на стійці обладнання. Фізичні топології, як правило бувають, точка-точка або зірка.
- **Логічна топологія** - Стосується того, яким шляхом мережа передає кадри від одного вузла до іншого. Ця топологія визначає віртуальні з'єднання, враховуючи інтерфейси пристроїв і схеми IP-адресації Рівня 3.

Канальний рівень "бачить" логічну топологію мережі, коли контролює доступ до середовища передавання даних. Логічна топологія впливає на механізм створення кадрів (framing) та тип керування доступом до середовища передавання даних.

На рисунку показано приклад **фізичної** топології невеликої мережі.



На наступному рисунку приклад **логічної** топології для тієї ж мережі.



6.2.2. WAN Топології

На рисунках показано, як зазвичай WAN взаємозв'язані за допомогою трьох загальних фізичних топологій WAN.

Точка-точка

Hub and Spoke

Повнозв'язна

Це найпростіша і найбільш поширена WAN топологія. Вона містить постійний канал між двома кінцевими точками.

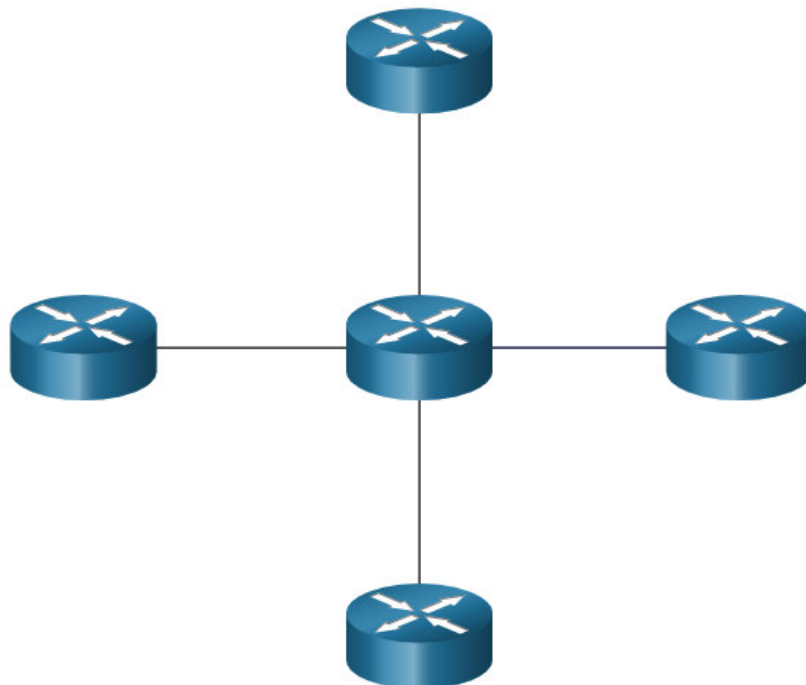


Точка-точка

Hub and Spoke

Повнозв'язна

Це WAN версія топології зірка, в якій центральний пристрій зв'язує між собою пристрої філіалів за допомогою з'єднання точка-точка. Пристрої філіалів не можуть обмінюватися даними одне з одним без участі центрального пристрою.

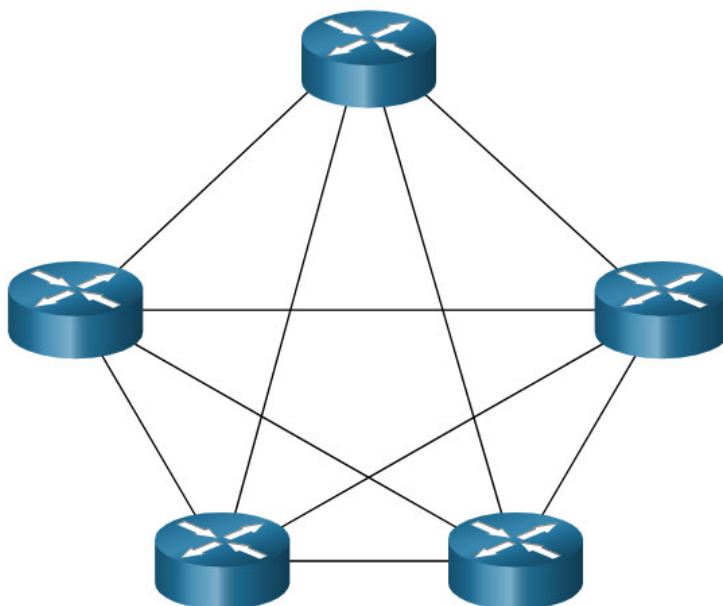


Точка-точка

Hub and Spoke

Повнозв'язна

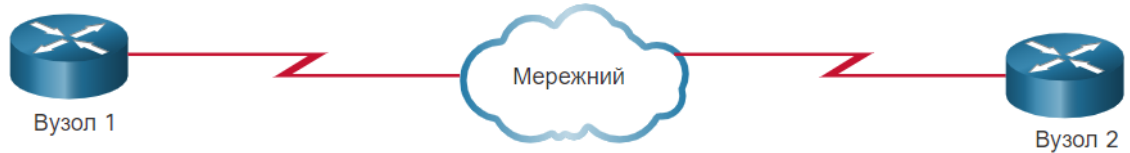
Ця топологія забезпечує високу доступність, але вимагає щоб кожна кінцева система була з'єднана з кожною іншою системою. Тому адміністративні та фізичні витрати можуть бути значними. Кожен канал по суті є з'єднанням "точка-точка" з іншим вузлом.



Гібридна - це комбінація декількох топологій. Наприклад, частково повнозв'язна являє собою гібридну топологію, в якій деякі, але не всі, кінцеві пристрої взаємопов'язані.

6.2.3. WAN топологія точка-точка

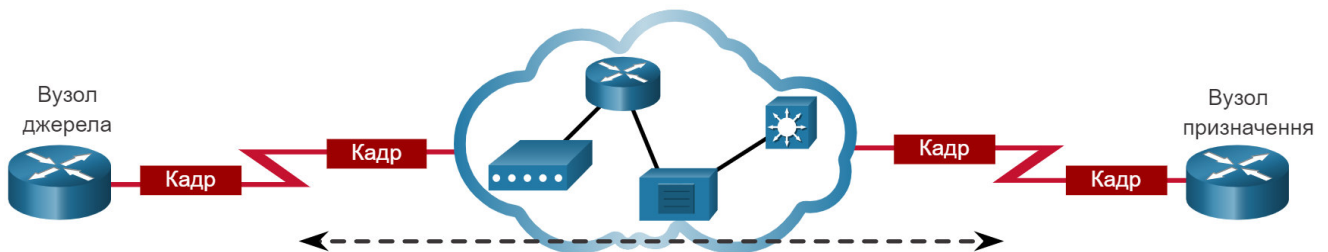
Фізичні топології точка-точка безпосередньо з'єднують два вузли, як показано на рисунку. При такому розташуванні два вузли не ділять середовище передавання даних з іншими вузлами. Крім того, при використанні протоколу послідовного зв'язку, наприклад, Point-to-Point Protocol (PPP), вузлу не потрібно визначати, чи призначений вхідний кадр тому чи іншому вузлу. Тому протоколи Канального рівня можуть бути дуже простими, оскільки всі кадри у середовищі передавання даних можуть іти тільки до або з одного з цих двох вузлів. Вузол розміщує кадри до середовища передавання даних на одному кінці і ці кадри виймаються з середовища передавання даних вузлом на іншому кінці схеми точка-точка.



Топології точка-точка обмежені двома вузлами.

Примітка: З'єднання точка-точка через Ethernet вимагає, щоб пристрій визначив, чи призначений вхідний кадр саме цьому вузлу.

Вузли джерела і призначення можуть бути непрямо з'єднані один з одним на певній географічній відстані, через декілька проміжних пристроїв. Однак використання фізичних пристроїв в мережі не впливає на логічну топологію, як показано на рисунку. На рисунку додавання проміжних фізичних зв'язків може не змінювати логічну топологію. Логічне з'єднання залишається «точка-точка».



6.2.4. Топології LAN

В локальних мережах множинного доступу кінцеві пристрої (тобто вузли) з'єднані між собою за допомогою топологій "зірка" або "розширена зірка", як показано на рисунку. У цьому типі топології кінцеві пристрої під'єднуються до центрального проміжного пристрою, в даному випадку - до комутатору Ethernet. **Розширена зірка** розширює цю топологію підключенням декількох комутаторів Ethernet. Для топологій "зірка" та "розширена зірка" характерна простота монтажу, вони дуже масштабовані (легко додавати та видаляти кінцеві пристрої), і дозволяють легко знайти та усунути несправність. Ранні зіркові топології з'єднували кінцеві пристрої з використанням концентраторів Ethernet.

Іноді ми маємо тільки два пристрої, з'єднані в локальній мережі Ethernet. Наприклад - два з'єднані між собою маршрутизатори. Це є прикладом використання топології точка-точка в Ethernet.

Застарілі LAN топології

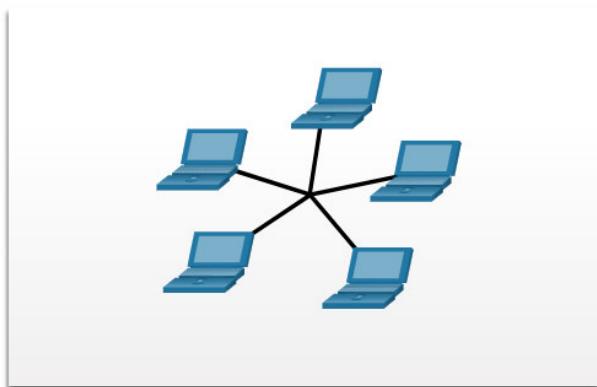
Ранні варіанти Ethernet і застаріла Token Ring технології LAN використовували два інших типи топологій:

- **Шина** - Всі кінцеві системи з'єднані одна з одною в ланцюг і на кожному кінці ланцюг завершується у певній формі. Проміжні пристрої, такі як комутатори, не обов'язково з'єднуються з кінцевими пристроями. В минулому мережі Ethernet часто будувались за топологією "шина" з використанням коаксіальних кабелів через низьку ціну і простоту налаштування.
- **Кільце** - Кінцеві системи підключені до відповідних сусідів, утворюючи кільце. На відміну від топології шини, для кільця не потрібно виконувати термінування. Топологія "кільце" використовувалась в застарілих мережах Fiber Distributed Data Interface (FDDI) та Token Ring.

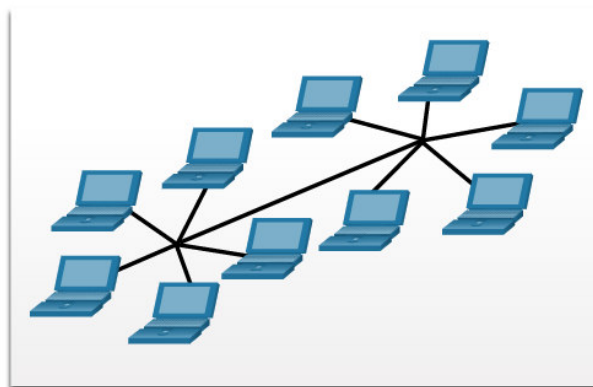
На рисунках показано, як кінцеві пристрої можуть бути зв'язані між собою в локальних мережах. Прийнято, що пряма лінія в зображеннях мереж представляє локальну мережу Ethernet, включно з простою зіркою і розширеною зіркою.

порівняння чотирьох фізичних топологій: зірка, розширена зірка, шина та кільце

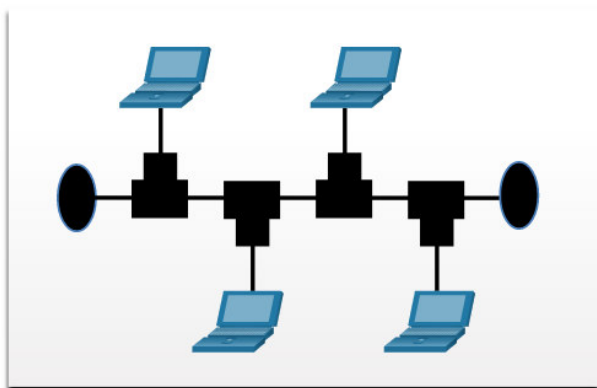
Фізичні топології



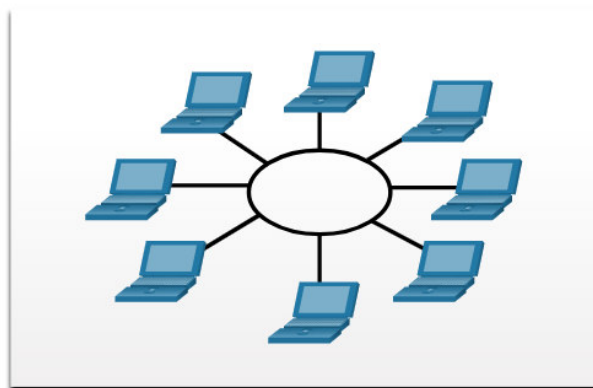
Топологія "зірка"



Топологія "розширена зірка"



Топологія "шина"



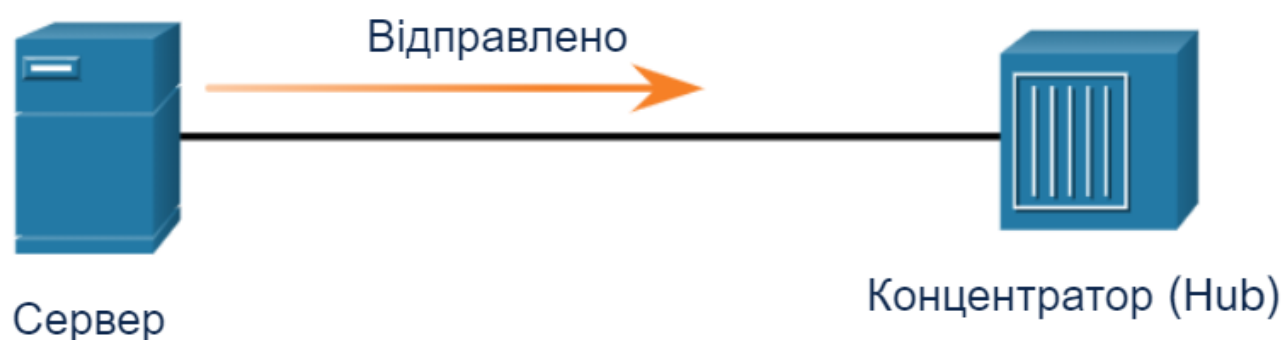
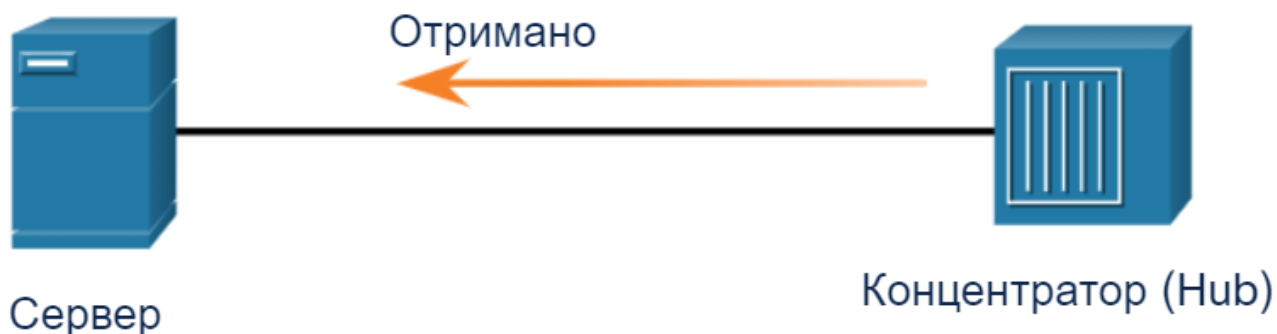
Топологія "кільце"

6.2.5. Напівдуплексний та повнодуплексний зв'язок

Розуміння дуплексного зв'язку важливо під час обговорення LAN топологій, оскільки це стосується напрямку передачі даних між двома пристроями. Існує два поширених режими дуплексу.

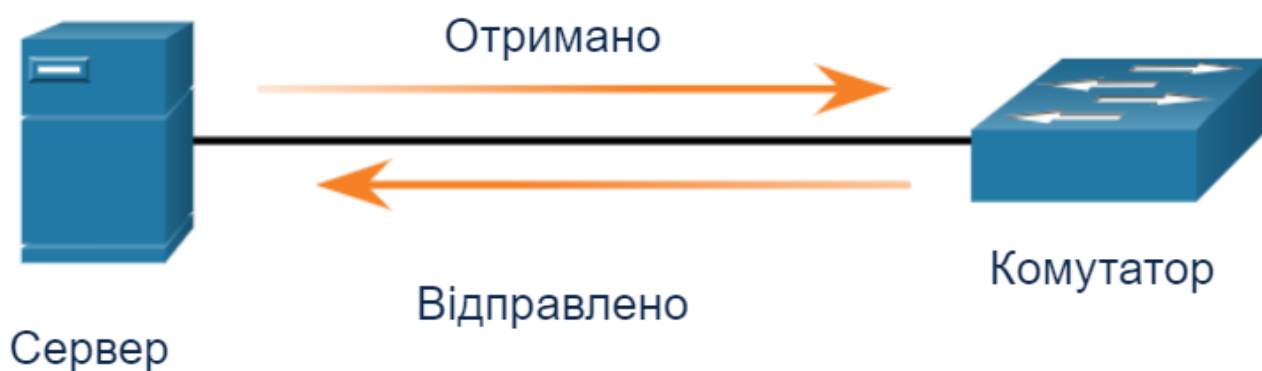
Напівдуплексний зв'язок

Обидва пристрої можуть передавати і приймати в середовищі передавання даних, але не можуть робити це одночасно. WLAN і застарілі топології типу "шина" з концентраторами Ethernet використовують напівдуплексний режим. Напівдуплексний режим дозволяє лише одному пристрою надсилати або отримувати одночасно дані в середовищі з множинним доступом. Натисніть кнопку Відтворити на рисунку, щоб побачити анімацію, яка ілюструє напівдуплексний зв'язок.



Повнодуплексний зв'язок

Обидва пристрої можуть одночасно передавати і приймати в середовищі передавання даних. Канальний рівень передбачає, що середовище передавання даних доступне для передачі обом вузлам в будь-який час. Комутатори Ethernet працюють у режимі повного дуплексу за замовчуванням, але вони можуть працювати і в напівдуплексному режимі, якщо підключаються до такого пристрою, як концентратор Ethernet. Натисніть кнопку Відтворити на рисунку, щоб побачити анімацію, яка ілюструє повнодуплексний зв'язок.



Таким чином, напівдуплексний зв'язок обмежує обмін даними тільки в одному напрямку за один раз. Повнодуплексний режим забезпечує одночасне надсилання та отримання даних.

Важливо, щоб два з'єднані інтерфейси, такі як NIC вузла і інтерфейс на комутаторі Ethernet, працювали в одному і тому ж дуплексному режимі. В іншому випадку невідповідність режимів призведе до неефективності та затримки в каналі.

6.2.6. Методи контролю доступу

Мережі Ethernet і WLAN є прикладами мереж множинного доступу. Мережа множинного доступу - це мережа, що може мати два або більше кінцевих пристроїв, які намагаються отримати доступ до мережі одночасно.

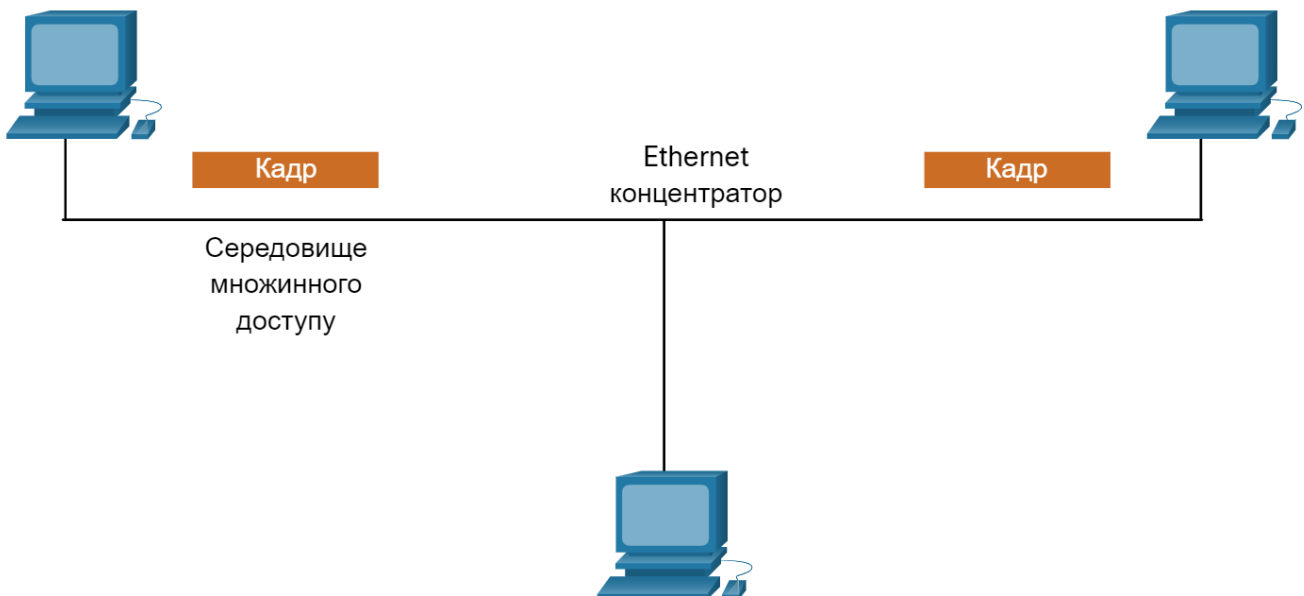
Деякі мережі множинного доступу вимагають правил, щоб керувати тим, як пристрої поділяють доступ до середовища передавання даних. Існує два основних методи контролю доступу для середовищ множинного доступу:

- Конкурентний доступ
- Контрольований доступ

Конкурентний доступ

В мережах множинного доступу з конкурентним доступом, всі вузли працюють в напівдуплексному режимі, конкуруючи за використання середовища передавання даних. Однак лише один пристрій може надіслати дані одночасно. Таким чином, потрібна процедура вирішення проблеми, коли одночасно передають більше ніж один пристрій. Прикладами методів конкурентного доступу є:

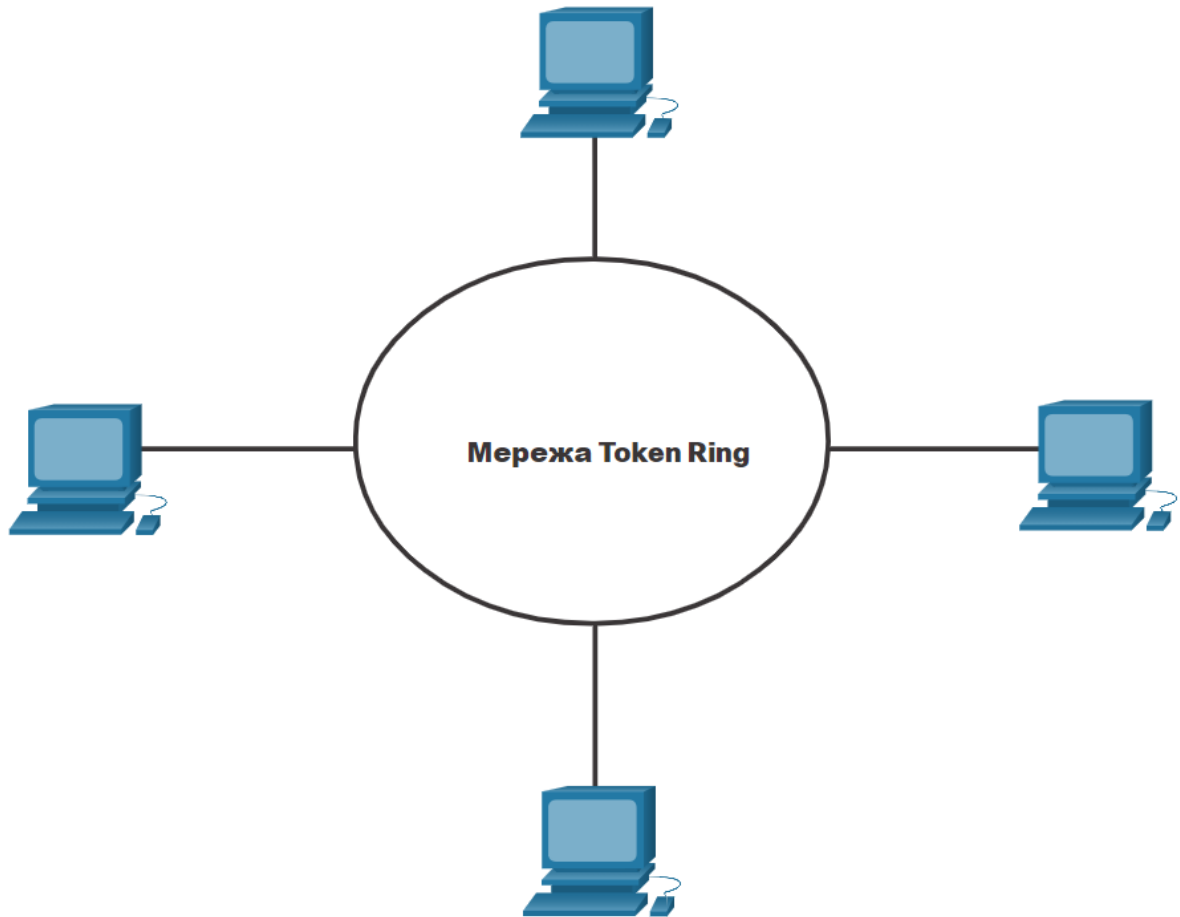
- Множинний доступ з контролем несучої та виявленням колізій (CSMA/CD), що використовується в застарілих LAN Ethernet з топологією "шина"
- Множинний доступ з контролем несучої і униканням колізій (CSMA/CA), що використовується в бездротових локальних мережах



Контрольований доступ

В мережі множинного доступу з контрольованим доступом кожен вузол має свій власний час для використання середовища передавання даних. Ці детерміновані типи застарілих мереж є неефективними, оскільки пристрій повинен чекати своєї черги, щоб отримати доступ до середовища передавання даних. Прикладами мереж множинного доступу з контрольованим доступом є:

- Застарілий Token Ring
- Застарілий ARCNET



Кожен вузол повинен дочекатися своєї черги для доступу до середовища передавання даних.

Примітка: Сьогодні мережі Ethernet працюють в режимі повного дуплексу і не потребують методу доступу.

6.2.7. Конкурентний доступ - CSMA/CD

Прикладами мереж з конкурентним доступом є:

- Бездротова локальна мережа (використовує CSMA/CA)
- Застаріла Ethernet LAN з топологією "шина" (використовує CSMA/CD)
- Застаріла Ethernet LAN з використанням концентратора (використовує CSMA/CD)

Ці мережі працюють у напівдуплексному режимі, тобто лише один пристрій може надсилати або отримувати дані одночасно. Це потребує процесу, який визначає, коли пристрій може надсилати дані, і що відбувається, коли кілька пристроїв надсилають дані одночасно.

Якщо одночасно передають два пристрої, відбудеться колізія. Для застарілих локальних мереж Ethernet обидва пристрої виявлять наявність колізії в мережі. Це частина скорочення CSMA/CD - виявлення колізій (CD). NIC порівнює передані дані з отриманими, або визначає, що амплітуда сигналу вище норми в середовищі передавання даних. Дані, відправлені обома пристроями, будуть пошкоджені і їх потрібно переслати повторно.

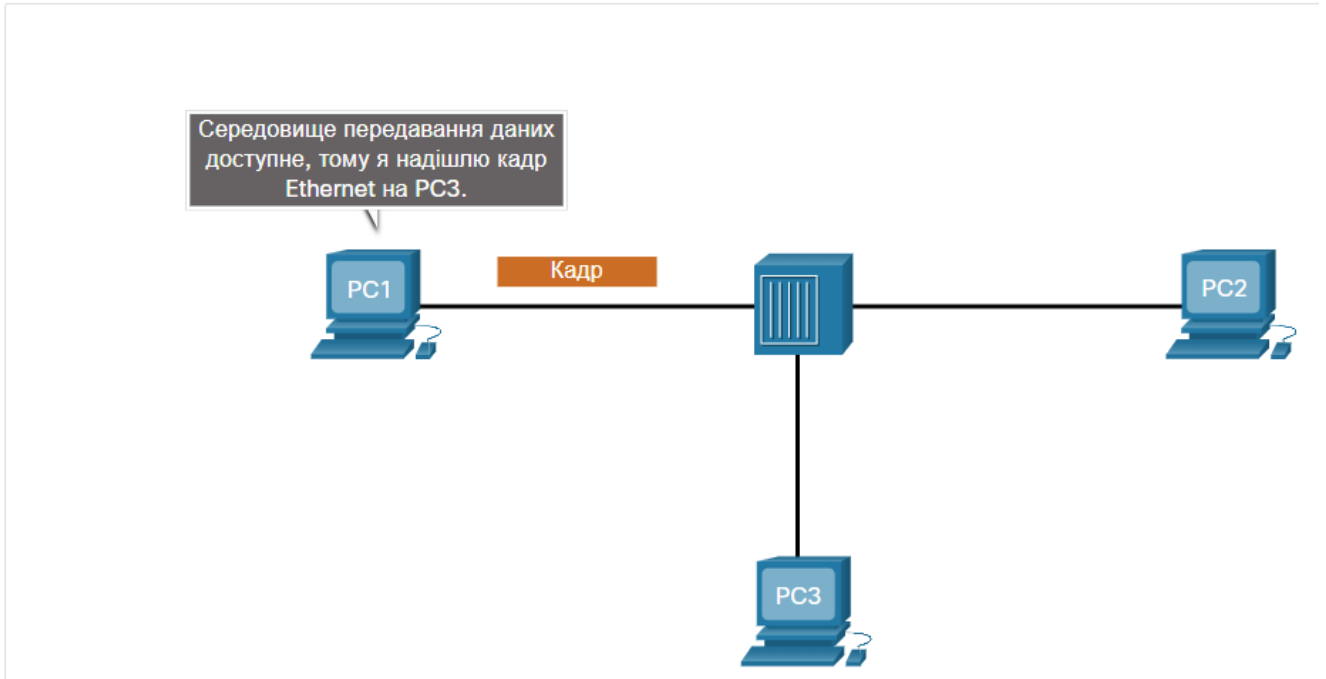
PC1 надсилає кадр

Концентратор отримує кадр

Концентратор надсилає кадр

PC1 має кадр для відправки до PC3. PC1 NIC потрібно визначити, чи є вже в каналі передача іншого пристрою. Якщо він не виявляє сигналу несучої (іншими словами, він не отримує передачі від іншого пристрою), то буде вважати, що мережа доступна для відправки даних.

PC1 NIC надсилає Ethernet-кадр, коли носій доступний, як показано на рисунку.



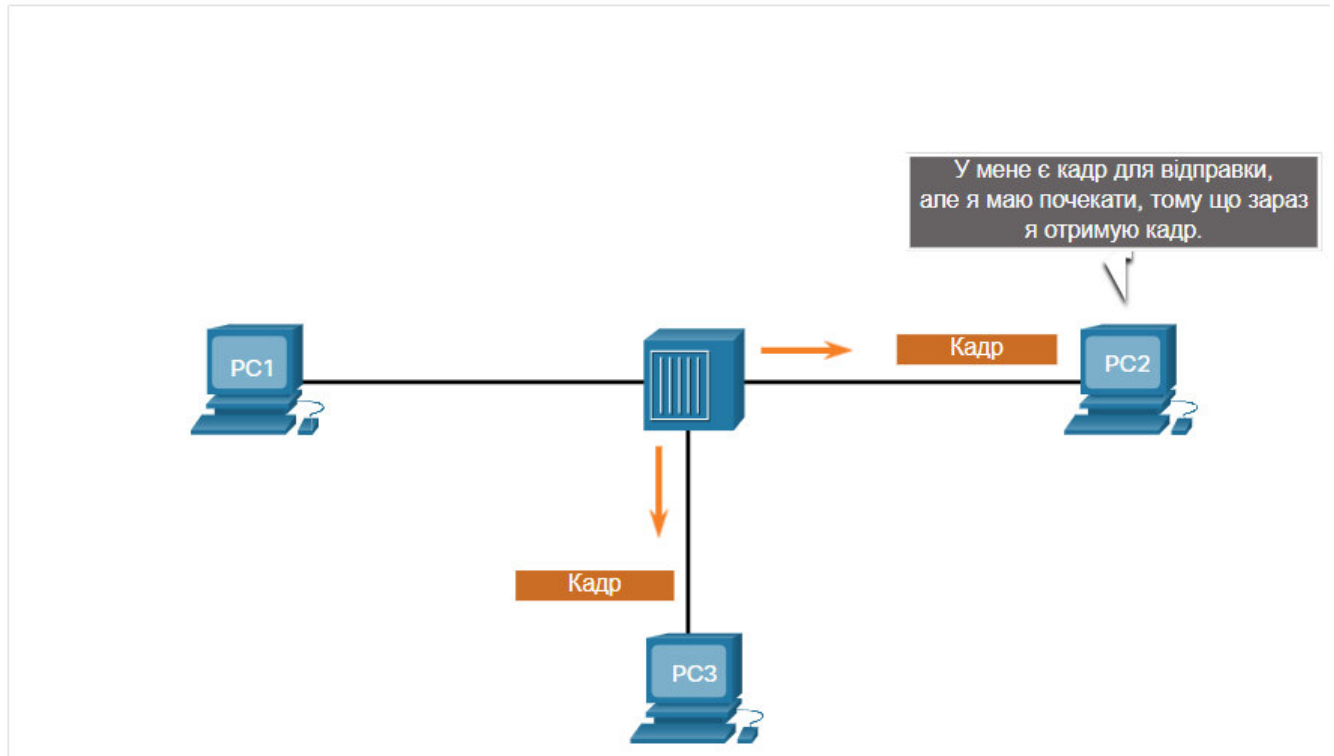
PC1 надсилає кадр

Концентратор отримує кадр

Концентратор надсилає кадр

Концентратор Ethernet приймає і відправляє кадр. Концентратор Ethernet також відомий як мультипортовий повторювач. Будь-які біти, отримані ним на один з портів, регенеруються і розсилаються на всі інші порти, як показано на рисунку.

Якщо інший пристрій, наприклад PC2, хоче передавати, але в даний час отримує кадр, він повинен почекати, поки канал стане чистим, як показано на рисунку.

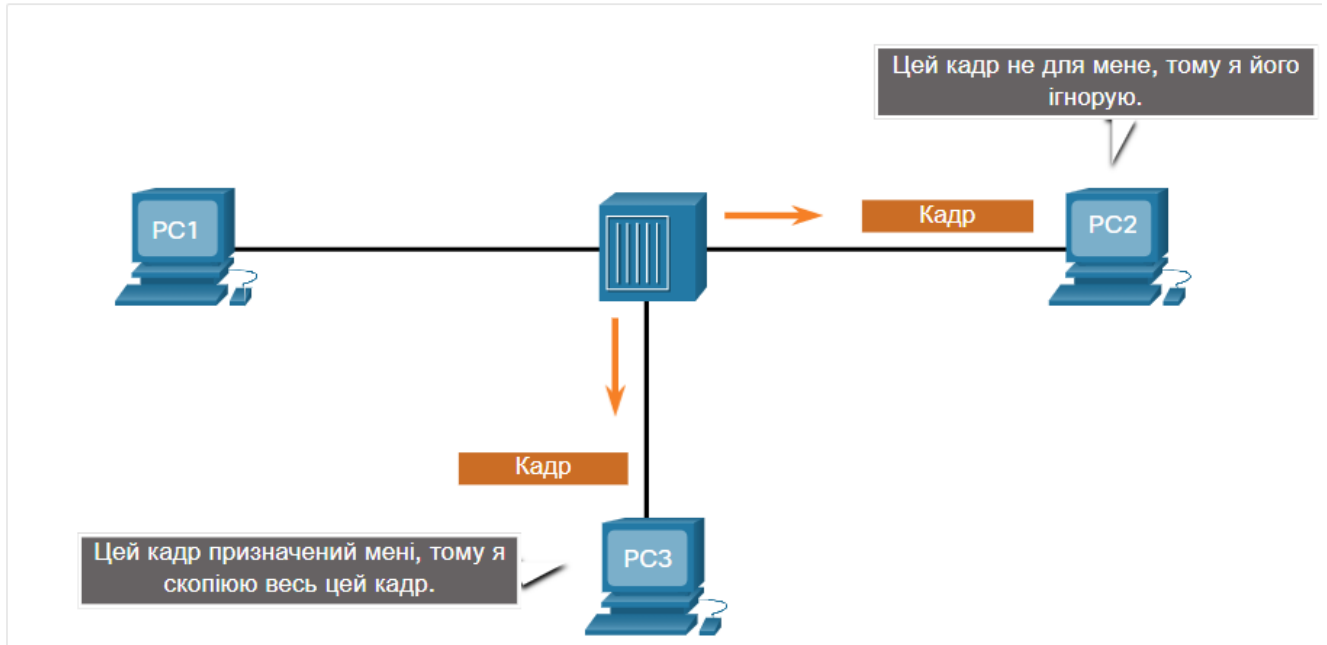


PC1 надсилає кадр

Концентратор отримує кадр

Концентратор надсилає кадр

Всі пристрої, приєднані до концентратору, отримують кадр. Однак, оскільки у кадрі є MAC адреса призначення для PC3, тільки цей пристрій прийме та зробить копію цього кадру. NIC всіх інших пристроїв будуть ігнорувати кадр, як показано на рисунку.

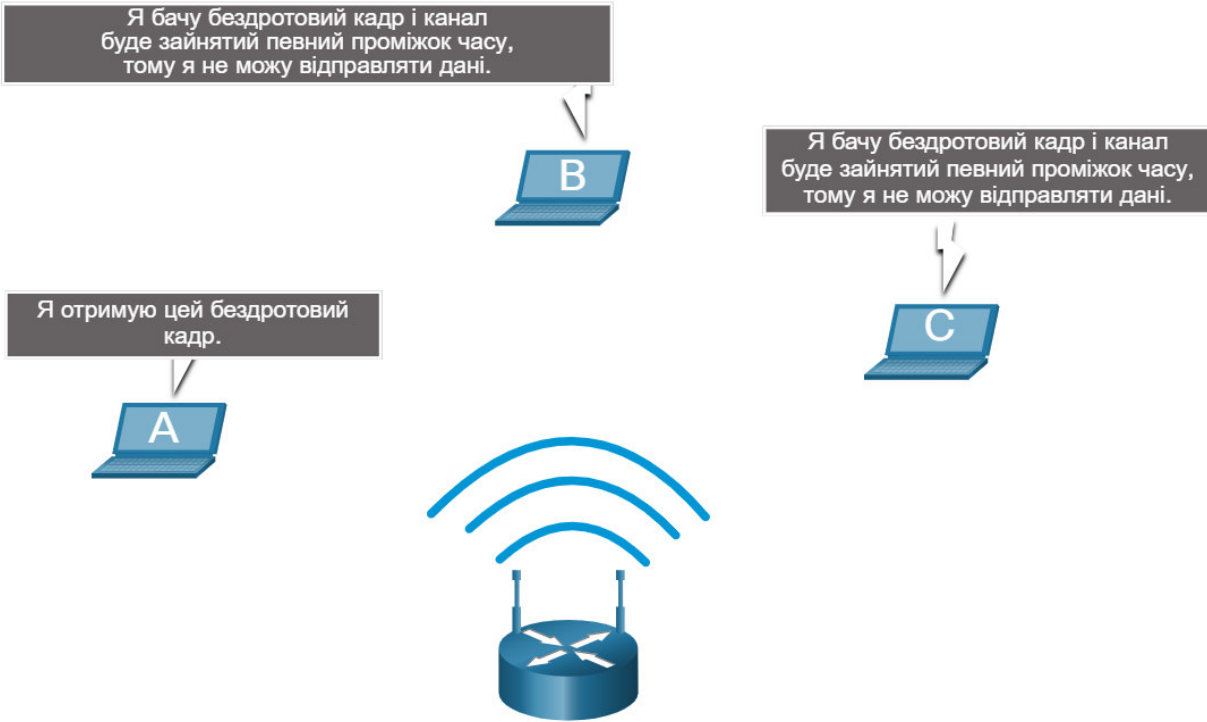


6.2.8. Конкурентний доступ з уникненням конфліктів - CSMA/CA

Інша форма CSMA, яка використовується у IEEE 802.11 WLAN, - це множинний доступ з прослуховуванням несучої/униканням колізій (CSMA/CA).

CSMA/CA використовує метод, подібний до CSMA/CD, щоб визначити, чи є чистим середовище передавання даних. CSMA/CA використовує додаткові методи. У бездротових середовищах пристрій не може виявити наявність колізії. CSMA/CA не виявляє колізій, але намагається їх уникнути, чекаючи перед передаванням. Кожен пристрій, який передає, зазначає тривалість часу, яка йому потрібна для цієї пересилки. Всі інші бездротові пристрої отримують цю інформацію і знають, як довго середовище передавання даних буде недоступним.

На рисунку, якщо вузол А отримує бездротовий кадр від точки доступу, вузли В і С бачать цей кадр і знають як довго середовище передавання даних буде недоступним.



Після того, як бездротовий пристрій надсилає 802.11 кадр, отримувач повертає підтвердження, щоб відправник знав, що кадр доставлено.

Незалежно від того, чи це локальна Ethernet-мережа з концентраторами чи WLAN, конкурентні системи погано масштабуються в разі сильного навантаження на середовище передавання даних.

Примітка: Локальні мережі Ethernet на базі комутаторів не використовують системи конкурентного доступу, оскільки комутатор і NIC вузла працюють у повнодуплексному режимі.

6.2.9. Питання для самоперевірки - Топології

1. Яка топологія відображає IP-адреси Мережного рівня для пристроїв?

- повітряна топологія
- топологія IP-адрес
- логічна топологія
- фізична топологія

2. Який тип мереж використовує топології точка-точка, hub and spoke, або повнозв'язну топологію?

- PAN
- LAN
- WLAN
- WAN

3. Яка LAN топологія є гібридною?

- шина (bus)
- розширена зірка (extended star)
- кільце (ring)
- зірка (star)

4. Який метод дуплексного зв'язку використовується в WLAN?

- повний дуплекс
- напівдуплекс
- симплекс

5. Який метод керування доступом до середовища передавання даних використовується в застарілих локальних мережах Ethernet?

- множинний доступ з прослуховуванням несучої/зіткненням колізій
- множинний доступ з прослуховуванням несучої/униканням колізій
- множинний доступ з прослуховуванням несучої/руйнуванням колізій
- множинний доступ з прослуховуванням несучої/визначенням колізій

1. Яка топологія відображає IP-адреси Мережного рівня для пристроїв?

Правильно!

- повітряна топологія
- топологія IP-адрес
- логічна топологія
- фізична топологія

2. Який тип мереж використовує топології точка-точка, hub and spoke, або повнозв'язну топологію?

Правильно!

- PAN
- LAN
- WLAN
- WAN

3. Яка LAN топологія є гібридною?

Правильно!

- шина (bus)
- розширена зірка (extended star)
- кільце (ring)
- зірка (star)

4. Який метод дуплексного зв'язку використовується в WLAN?

Правильно!

- повний дуплекс
- напівдуплекс
- симплекс

5. Який метод керування доступом до середовища передавання даних використовується в застарілих локальних мережах Ethernet?

Правильно!

- множинний доступ з прослуховуванням несучої/зіткненням колізій
- множинний доступ з прослуховуванням несучої/униканням колізій
- множинний доступ з прослуховуванням несучої/руйнуванням колізій
- множинний доступ з прослуховуванням несучої/визначенням колізій

6.3. Кадр Канального рівня

6.3.1. Кадр

У цьому підрозділі описується, що відбувається з кадром Канального рівня під час його переміщення мережею. Інформація, що додається до кадру, визначається протоколом, який використовується.

Канальний рівень готує інкапсульовані дані (зазвичай пакет IPv4 або IPv6) для транспортування через локальне середовище передавання даних, додаючи до них заголовок і трейлер, щоб створити кадр.

Протокол Канального рівня відповідає за зв'язок між інтерфейсними мережними картами (NIC-to-NIC) в одній мережі. Хоча існує багато різних протоколів Канального рівня, які описують кадри Канального рівня, кожен тип кадру має три основні частини:

- Заголовок
- Дані
- Трейлер

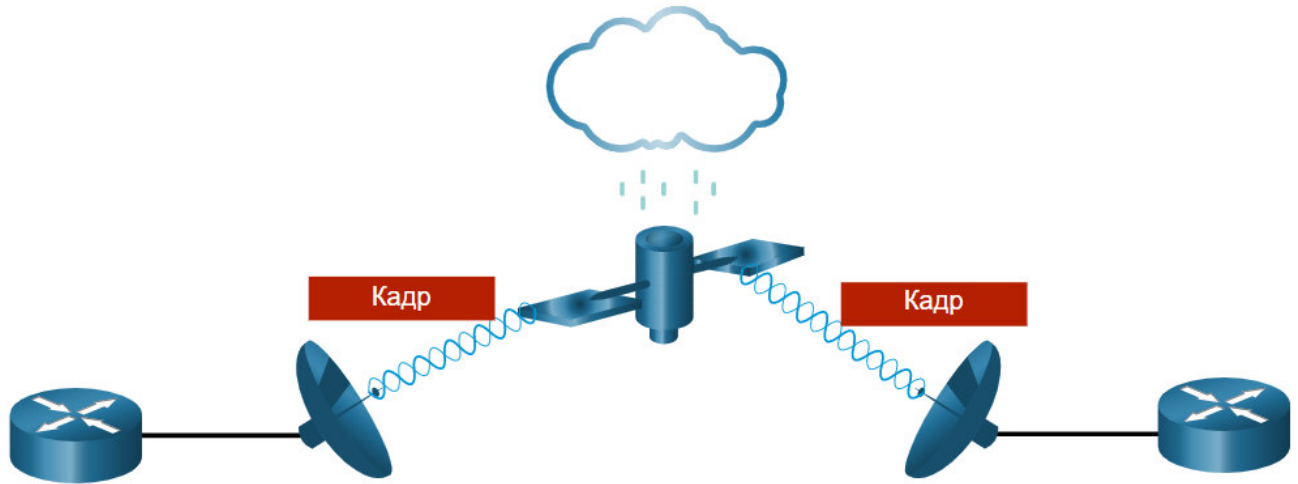
На відміну від інших протоколів, які виконують інкапсуляцію, Канальний рівень додає інформацію у вигляді трейлера в кінці кадру.

Всі протоколи Канального рівня інкапсулюють дані в полі даних кадру. Однак структура кадру і поля, що містяться в заголовку і в трейлері, залежать від конкретного протоколу.

Немає жодної структури кадру, яка б відповідала потребам транспортування всіх видів даних по всіх типах середовища передавання даних. Залежно від середовища кількість контрольної інформації, необхідної у кадрі, змінюється відповідно до вимог контролю доступу до середовища передавання даних та логічної топології. Наприклад, WLAN-кадр повинен містити процедури уникання колізій і тому вимагає додаткової контрольної інформації порівняно з Ethernet-кадром.

Як показано на рисунку, у вразливому середовищі для забезпечення доставки необхідно більше елементів контролю. Поля заголовка і трейлера збільшуються, оскільки потрібна додаткова контрольна інформація.

Два маршрутизатори спілкуються по бездротовій мережі WAN через супутниковий зв'язок

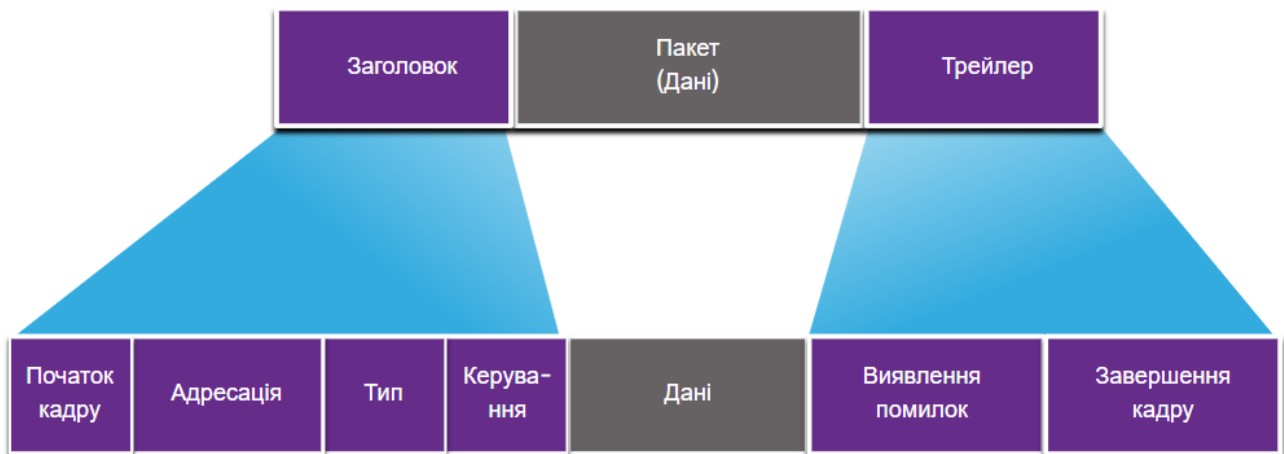


Для забезпечення доставки необхідно більше зусиль. Це означає більш високі накладні витрати і повільніші швидкості передачі.

6.3.2. Поля кадру

Механізм створення кадрів (framing) розбиває потік на групи, придатні для розшифровки, при цьому контрольна інформація додається до заголовку і до трейлера, у вигляді значень в різних полях. Цей формат забезпечує структуру фізичних сигналів, яка розпізнається вузлами і декодується в пакети на вузлі призначення.

Основні поля кадру показані на рисунку. Не всі протоколи включають всі ці поля до кадру. Стандарти для певного протоколу Канального рівня визначають фактичний формат кадру.



Кадр містить наступні поля:

- **Прапори початку та завершення кадру** - використовуються для визначення меж початку та кінця кадру.
- **Адресація** - Вказуються вузли джерела та призначення в середовищі передавання даних.
- **Тип** - Визначає протокол Рівня 3, дані якого розташовані в полі даних.
- **Керування** - Визначає спеціальні служби контролю потоку, такі як якість обслуговування (QoS). QoS надає пріоритет пересилання повідомленням певного типу. Наприклад, кадри передачі голосу поверх IP (VoIP) зазвичай отримують пріоритет, через їх чутливість до затримки.
- **Дані** - Містить корисне навантаження кадру (тобто заголовок пакета, заголовок сегмента та дані).
- **Виявлення помилок** - Розташовано після даних для формування трейлера.

Протоколи Канального рівня додають трейлер в кінці кожного кадру. В процесі, який називається виявленням помилок, трейлер дозволяє визначити чи прийшов кадр без помилок. Логічна або математична

сума бітів кадру розміщується в трейлері. Канальний рівень додає виявлення помилок, оскільки сигнали в середовищі передавання даних можуть потрапити під дію інтерференції, бути спотворені або втрачені, що суттєво змінить значення бітів, представлених цими сигналами.

Вузол, що передає, створює логічну суму вмісту кадру, відому як циклічні надлишкові перевірки (CRC). Це значення розміщується в полі контрольної послідовності кадру (frame check sequence, FCS). В Ethernet-кадрі FCS забезпечує вузлу-отримувачу можливість визначити, чи були помилки під час передачі кадру.

6.3.3. Адреси Рівня 2

Канальний рівень забезпечує адресацію, яка використовується для транспортування кадру через спільне середовище передавання даних. Адреси пристроїв на цьому рівні називають фізичними адресами. Адресація Канального рівня міститься в заголовку кадру і визначає вузол призначення кадру в локальній мережі. Це поле зазвичай знаходиться на початку кадру, тому NIC може швидко визначити, чи відповідає адреса призначення його власній адресі Рівня 2, перш ніж приймати решту кадру. Заголовок кадру також може містити адресу джерела кадру.

На відміну від логічних адрес Рівня 3, які є ієрархічними, фізичні адреси не вказують, в якій мережі знаходиться пристрій. Швидше за все, фізична адреса є унікальною для конкретного пристрою. Пристрій все одно працюватиме з тією ж фізичною адресою Рівня 2, навіть якщо його перемістити до іншої мережі або підмережі. Таким чином, адреси Рівня 2 використовуються тільки для підключення пристроїв до одного спільного середовища передавання даних, в одній IP-мережі.

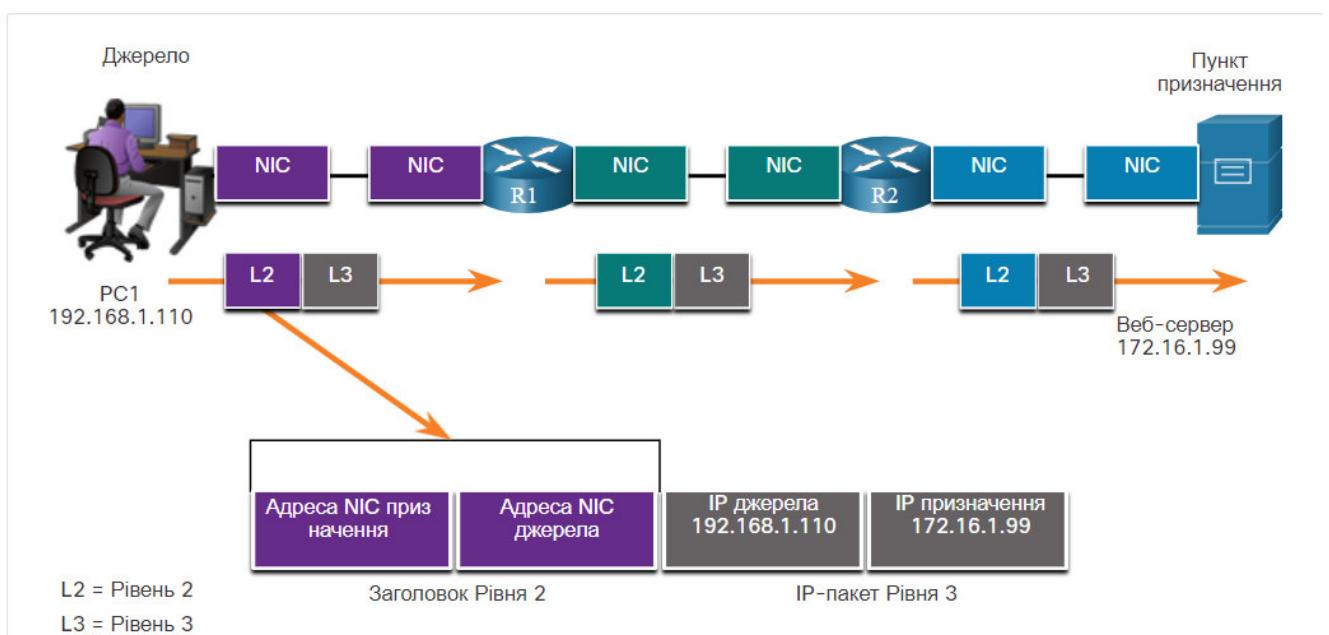
Рисунки ілюструють функцію адрес Рівня 2 і Рівня 3. IP-пакет подорожує від вузла до маршрутизатора, від маршрутизатора до маршрутизатора, і нарешті від маршрутизатора до вузла, і в кожній точці на цьому шляху IP-пакет інкапсулюється до нового кадру Канального рівня. Кожен кадр Канального рівня містить MAC-адресу NIC джерела, яка надсилає кадр і MAC-адресу NIC призначення, яка отримує кадр.

Від вузла до маршрутизатора

Від маршрутизатора до маршрутизатора

Від маршрутизатора до вузла

Вузол джерела інкапсулює IP-пакет Рівня 3 до кадру Рівня 2. У заголовку кадру вузол додає свою адресу Рівня 2, як адресу джерела і адресу Рівня 2 R1, як адресу призначення.

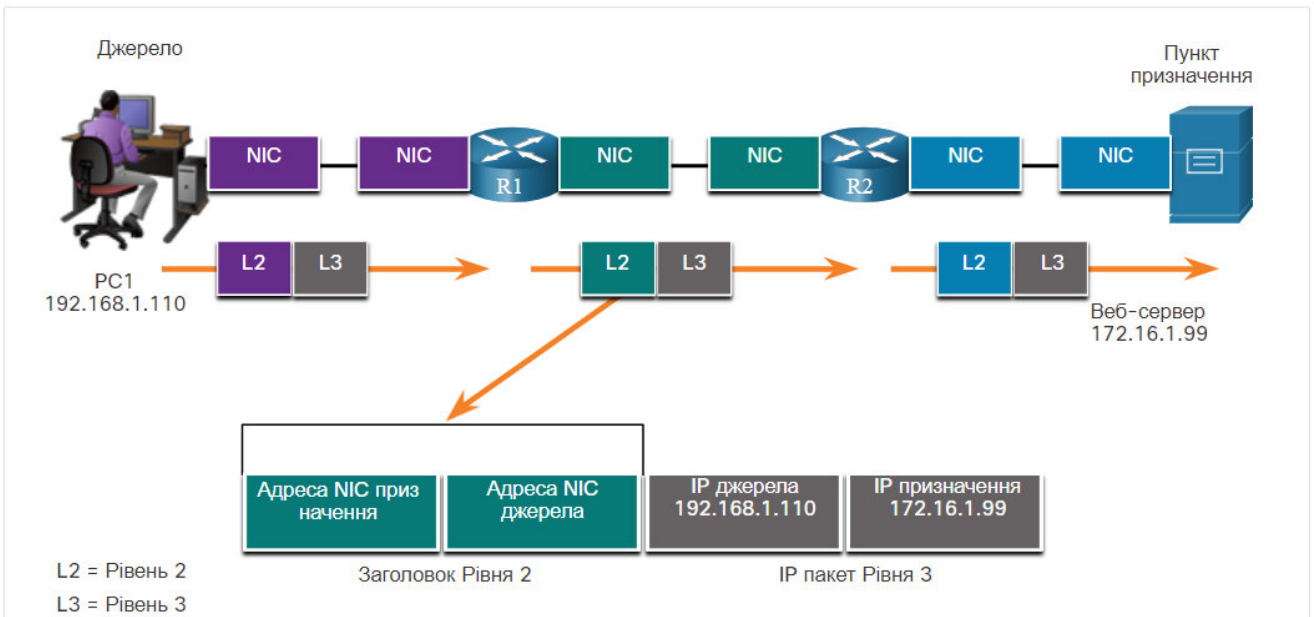


Від вузла до маршрутизатора

Від маршрутизатора до маршрутизатора

Від маршрутизатора до вузла

R1 інкапсулює IP-пакет Рівня 3 до нового кадру Рівня 2. У заголовку кадру вузол додає свою адресу Рівня 2, як адресу джерела і адресу Рівня 2 R2, як адресу призначення.

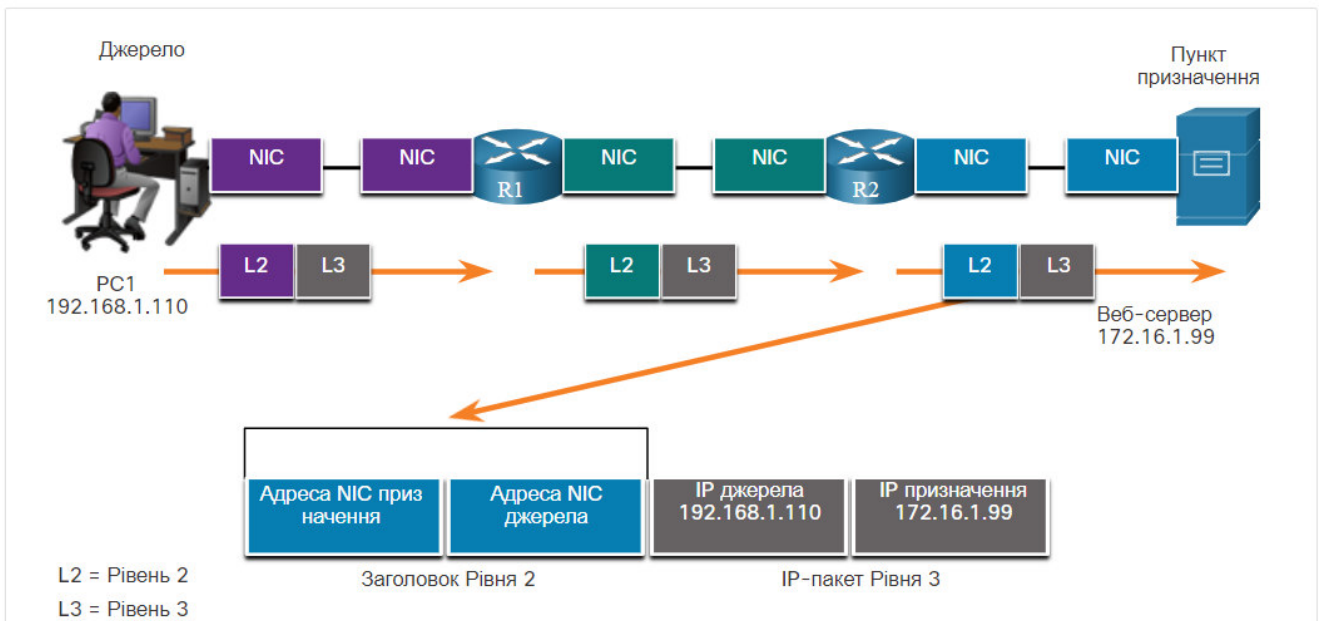


Від вузла до маршрутизатора

Від маршрутизатора до маршрутизатора

Від маршрутизатора до вузла

R2 інкапсулює IP-пакет Рівня 3 до нового кадру Рівня 2. У заголовку кадру R2 додає свою адресу Рівня 2, як адресу джерела і адресу Рівня 2 сервера, як адресу призначення.



Адреса Канального рівня використовується тільки для локальної доставки. Адреси цього рівня не мають ніякого значення за межами локальної мережі. Порівняйте це з Рівнем 3, де адреси в заголовку пакета зберігаються на шляху від хоста джерела до хоста призначення, незалежно від кількості переходів на маршруті.

Якщо дані повинні перейти до іншого сегменту мережі, необхідний проміжний пристрій, такий як маршрутизатор. Маршрутизатор повинен прийняти кадр, базуючись на фізичній адресі і деінкапсулювати кадр, щоб дослідити ієрархічну адресу, якою є IP-адреса. Використовуючи IP-адресу маршрутизатор може визначити розташування пристрою призначення в мережі і найкращий шлях для його досягнення. Коли він знає, куди пересилати пакет, маршрутизатор створює новий кадр для пакету, і новий кадр надсилається до наступного сегменту мережі в напрямку кінцевого призначення.

6.3.4. Кадри LAN та WAN

Протоколи Ethernet використовуються дротовими локальними мережами. Бездротові комунікації підпадають під протоколи WLAN (IEEE 802.11). Ці протоколи були розроблені для мереж множинного доступу.

WAN традиційно використовують інші типи протоколів для різних типів топологій точка-точка, hub-spoke та повнозв'язна. Протягом багатьох років поширеними WAN-протоколами були:

- Point-to-Point Protocol, PPP (Протокол точка-точка)
- High-Level Data Link Control (HDLC)
- Frame Relay
- Asynchronous Transfer Mode (ATM)
- X.25

Ці протоколи Рівня 2 зараз замінюються в WAN на Ethernet.

В мережі TCP/IP всі протоколи Рівня 2 OSI працюють з IP на Рівні 3 моделі OSI. Однак те, який використовується протокол Рівня 2, залежить від логічної топології та фізичного носія.

Кожен протокол виконує керування доступом до середовища передавання даних для конкретних логічних топологій Рівня 2. Це означає, що різні мережні пристрої можуть виступати в якості вузлів, які працюють на Канальному рівні при реалізації цих протоколів. Цими пристроями є NIC на комп'ютерах, а також інтерфейси маршрутизаторів і комутаторів Рівня 2.

Протокол Рівня 2, який використовується для певної топології мережі визначається технологією, яка використовується для реалізації цієї топології. Яка технологія використовується, визначається розміром мережі, в термінах кількості хостів і географічного охоплення, а також послуг, які надаватимуться мережею.

LAN зазвичай використовує технологію високої пропускної здатності, яка може підтримувати велику кількість хостів. Відносно невелика географічна область локальної мережі (одна будівля або кампус з декількох будівель) і висока щільність користувачів роблять цю технологію рентабельною.

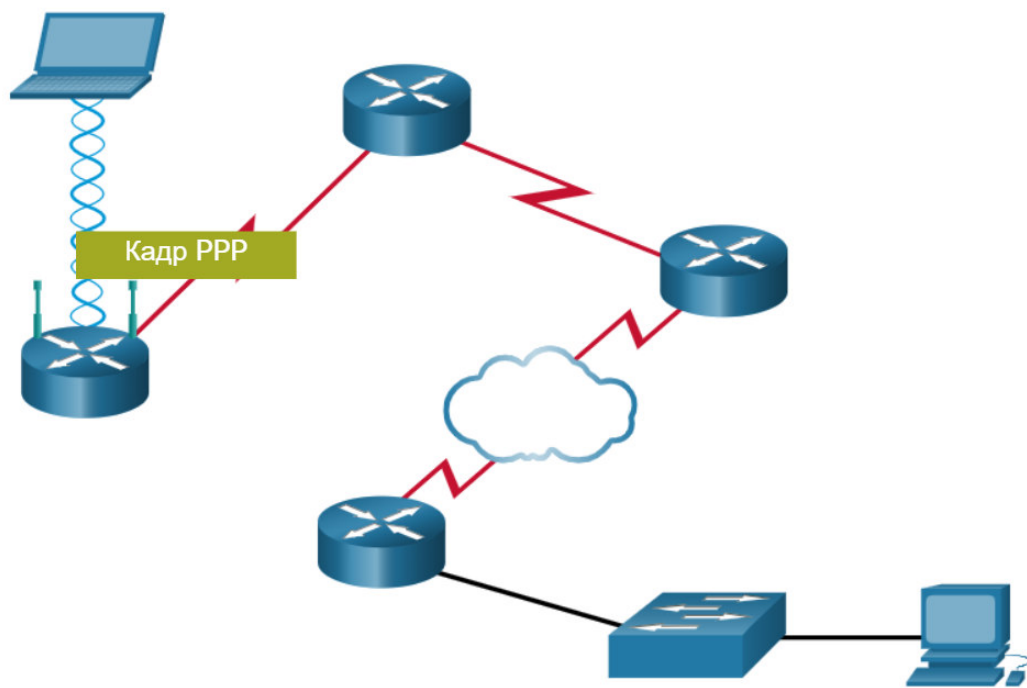
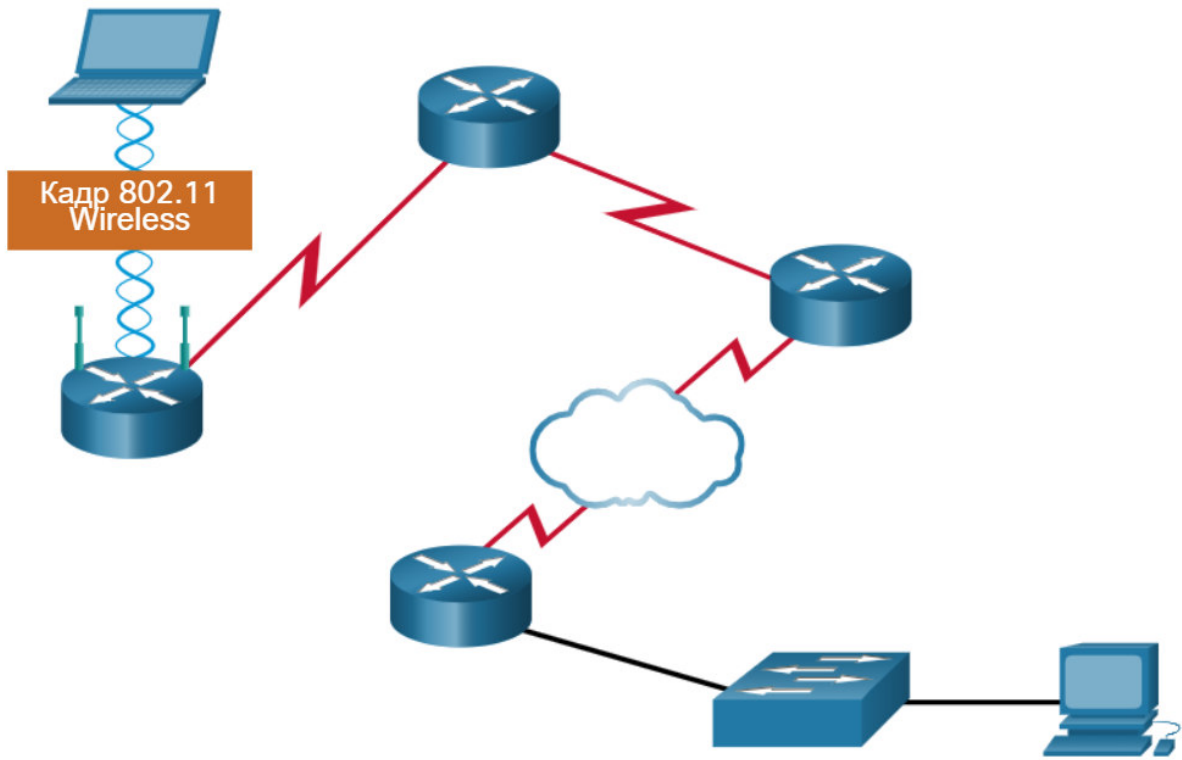
Однак використання технології високої пропускної здатності зазвичай не є економічно вигідним для WAN, які охоплюють великі географічні області (наприклад, місто або декілька міст). Вартість фізичних каналів великої довжини і технологія, що використовується для передачі сигналів на ці відстані, як правило, призводять до зниження пропускної здатності.

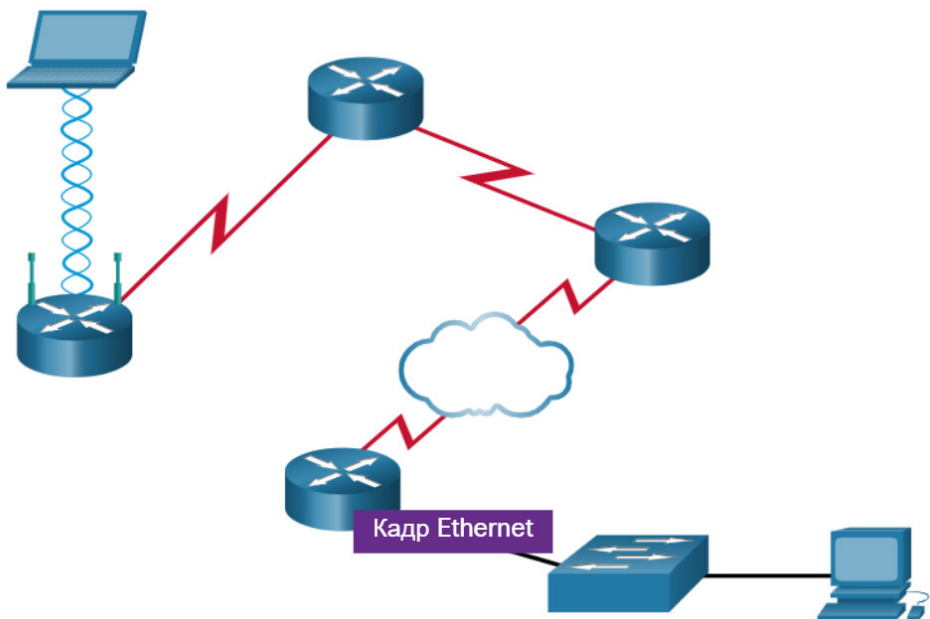
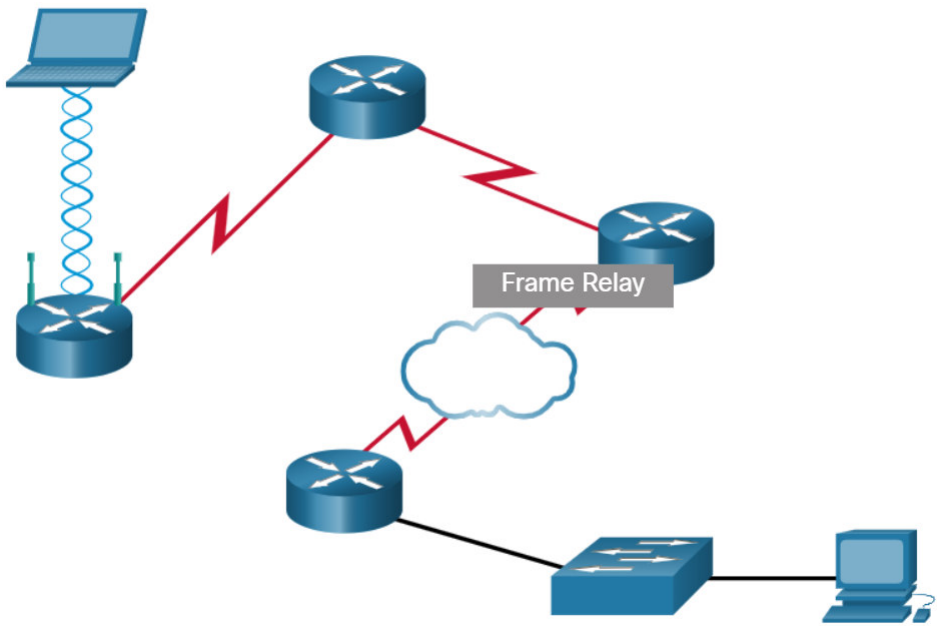
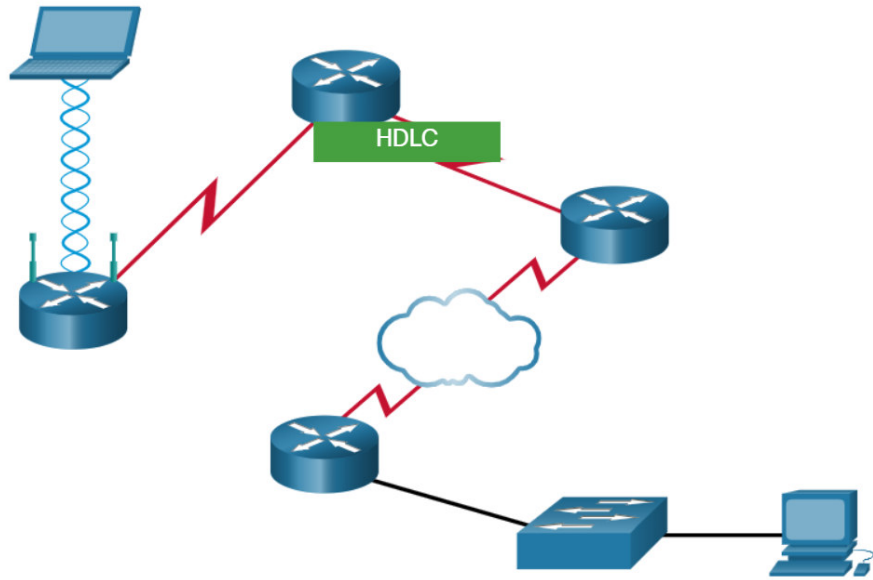
Різниця в пропускній здатності зазвичай призводить до використання різних протоколів для LAN і WAN.

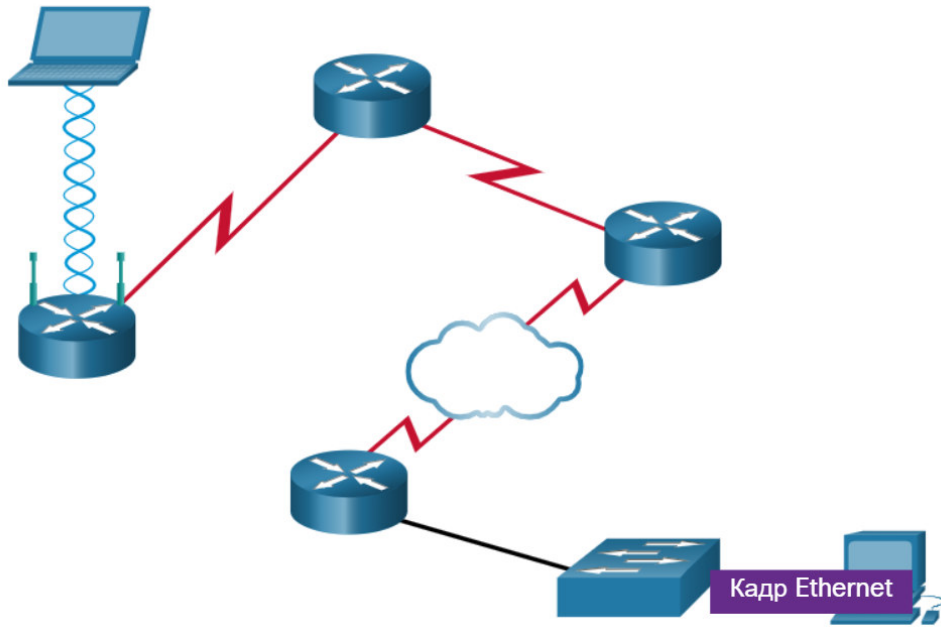
До протоколів Канального рівня належать:

- Ethernet
- 802.11 Wireless
- Point-to-Point Protocol, PPP (Протокол точка-точка)
- High-Level Data Link Control (HDLC)
- Frame Relay

Натисніть «Відтворити», щоб побачити анімацію прикладів протоколів Рівня 2.







6.3.5. Питання для самоперевірки - Кадр канального рівня

1. Що додає Канальний рівень до пакета Рівня 3, щоб створити кадр? (Оберіть два.)

- прапори
- порядковий номер
- заголовок
- трейлер

2. Яку функцію виконує останнє поле в кадрі Канального рівня?

- Визначає, чи були помилки під час передавання кадру
- Ідентифікує спеціальні служби контролю потоку, такі як якість обслуговування (QoS)
- Ідентифікує початок та кінець кадру
- Ідентифікує протокол Рівня 3, інкапсульований в полі даних

3. Оберіть правильний порядок розташування адресних полів Рівня 2 та Рівня 3.

- адреса NIC призначення, адреса NIC джерела, IP-адреса джерела, IP-адреса призначення
- адреса NIC джерела, адреса NIC призначення, IP-адреса джерела, IP-адреса призначення
- адреса NIC призначення, адреса NIC джерела, IP-адреса призначення, IP-адреса джерела
- адреса NIC джерела, адреса NIC призначення, IP-адреса призначення, IP-адреса джерела

4. Які з наведених нижче протоколів є протоколами Канального рівня? (Оберіть три.)

- 802.11
- Ethernet
- IP
- PPP
- UDP

1. Що додає Канальний рівень до пакета Рівня 3, щоб створити кадр? (Оберіть два.)

Правильно!

- прапори
- порядковий номер
- заголовок
- трейлер

2. Яку функцію виконує останнє поле в кадрі Канального рівня?

Правильно!

- Визначає, чи були помилки під час передавання кадру
- Ідентифікує спеціальні служби контролю потоку, такі як якість обслуговування (QoS)
- Ідентифікує початок та кінець кадру
- Ідентифікує протокол Рівня 3, інкапсульований в полі даних

3. Оберіть правильний порядок розташування адресних полів Рівня 2 та Рівня 3.

Правильно!

- адреса NIC призначення, адреса NIC джерела, IP-адреса джерела, IP-адреса призначення
- адреса NIC джерела, адреса NIC призначення, IP-адреса джерела, IP-адреса призначення
- адреса NIC призначення, адреса NIC джерела, IP-адреса призначення, IP-адреса джерела
- адреса NIC джерела, адреса NIC призначення, IP-адреса призначення, IP-адреса джерела

4. Які з наведених нижче протоколів є протоколами Канального рівня? (Оберіть три.)

Правильно!

- 802.11
- Ethernet
- IP
- PPP
- UDP

6.4. Контрольна робота

6.4.1. Підсумки розділу

Призначення Канального рівня

Канальний рівень моделі OSI (Рівень 2) готує мережні дані для фізичної мережі. Канальний рівень відповідає за зв'язок між мережними інтерфейсними картами (NIC). Без Канального рівня протоколи мережного рівня, такі як IP, мали б передбачати певні заходи для підключення до кожного типу середовища передавання даних, які зустрінуться на шляху доставки пакета. Канальний рівень IEEE 802 LAN/MAN складається з наступних двох підрівнів: LLC та MAC. Підрівень MAC забезпечує інкапсуляцію даних за допомогою прапорів обмеження початку та завершення кадру, адресації та виявлення помилок. Інтерфейси маршрутизатора інкапсулюють пакет у відповідний кадр. Для доступу до кожного каналу використовується відповідний метод доступу до середовища передавання даних. Інженерні організації, які визначають відкриті стандарти і протоколи, що застосовуються до рівня Мережного доступу: IEEE, ITU, ISO і ANSI.

Топології

В мережах LAN і WAN використовуються два типи топологій, фізичні і логічні. Канальний рівень "бачить" логічну топологію мережі, коли контролює доступ до середовища передавання даних. Логічна топологія впливає на механізм створення кадрів (framing) та тип керування доступом до середовища передавання даних. Три типи фізичних топологій поширені у WAN: точка-точка, hub and spoke та повнозв'язна. Фізичні топології точка-точка безпосередньо з'єднують два кінцевих пристрої (вузли). Додавання проміжних фізичних зв'язків може не змінювати логічну топологію. У LAN множинного доступу вузли з'єднані між собою за допомогою топології "зірка" або "розширена зірка". У цьому типі топології вузли під'єднуються до центрального проміжного пристрою. Фізичні топології локальної мережі: зірка, розширена зірка, шина та кільцева. Напівдуплексні комунікації обмінюються даними в одному напрямку за раз. Повнодуплексний режим дозволяє відправляти і приймати дані одночасно. Два взаємозв'язаних інтерфейси повинні використовувати один і той же дуплексний режим, інакше виникне дуплексна невідповідність, що призведе до неефективності та затримок в каналі. Ethernet LAN і WLAN - приклади мереж множинного доступу. Мережа множинного доступу - це мережа, що може мати декілька вузлів, які намагаються отримати доступ до мережі одночасно. Деякі мережі множинного доступу вимагають правил, щоб керувати тим, як пристрої поділяють доступ до середовища передавання даних. Існує два основних методи контролю доступу до спільного середовища передавання даних: конкурентний доступ та контрольований доступ. В мережах множинного доступу з конкурентним доступом всі вузли працюють у напівдуплексному режимі. Існує процедура вирішення проблеми, коли одночасно передають більше ніж один пристрій. Приклади методів конкурентного доступу: CSMA/CD для шинних топологій локальних мереж Ethernet і CSMA/CA для WLAN.

Кадр Канального рівня

Канальний рівень готує інкапсульовані дані (зазвичай пакет IPv4 або IPv6) для транспортування через локальне середовище передавання даних, додаючи до них заголовки і трейлер, щоб створити кадр. Протокол Канального рівня відповідає за зв'язок між інтерфейсними мережними картами (NIC-to-NIC) в одній мережі. Існує багато різних протоколів Канального рівня, які описують кадри Канального рівня, кожен тип кадру має три основні частини: заголовок, дані і трейлер. На відміну від інших протоколів, які виконують інкапсуляцію, Канальний рівень додає інформацію в трейлері. Немає жодної структури кадру, яка б відповідала потребам транспортування всіх видів даних по всіх типах середовища передавання даних. Залежно від середовища кількість контрольної інформації, необхідної в кадрі, змінюється відповідно до

вимог контролю доступу до середовища передавання даних та логічної топології. Поля кадру: прапори початку і завершення кадру, адресація, тип, поле керування, дані та виявлення помилок. Канальний рівень забезпечує адресацію, яка використовується для транспортування кадру через спільне середовище передавання даних. Адреси пристроїв на цьому рівні називають фізичними адресами. Адресація Канального рівня міститься в заголовку кадру і визначає вузол призначення кадру в локальній мережі. Адреса Канального рівня використовується тільки для локальної доставки. В мережі TCP/IP всі протоколи Рівня 2 OSI працюють з IP на Рівні 3 моделі OSI. Однак те, який використовується протокол Рівня 2, залежить від логічної топології та фізичного носія. Кожен протокол виконує керування доступом до середовища передавання даних для конкретних логічних топологій Рівня 2. Протокол Рівня 2, який використовується для певної топології мережі визначається технологією, яка використовується для реалізації цієї топології. Протоколи Канального рівня: Ethernet, 802.11 Wireless, PPP, HDLC і Frame Relay.

6.4.2. Контрольна робота з розділу - Канальний рівень

1. Який ідентифікатор використовується на Канальному рівні для унікальної ідентифікації Ethernet -пристрою?

- номер порту TCP
- порядковий номер
- IP-адреса
- MAC-адреса
- номер порту UDP

2. Який атрибут мережного адаптера (NIC) дозволив йому розміститися на канальному рівні моделі OSI?

- Приєднаний кабель Ethernet
- Порт RJ-45
- MAC-адреса
- Стек протоколів TCP/IP
- IP-адреса

3. Які дві інженерні організації визначають відкриті стандарти та протоколи, що застосовуються до Канального рівня? (Оберіть два.)

- Міжнародний союз електрозв'язку (International Telecommunication Union, ITU)
- Міжнародна організація зі стандартизації (International Organization for Standardization, ISO)
- Адміністрація адресного простору Інтернет (Internet Assigned Numbers Authority, IANA)
- Інтернет-суспільство (Internet Society, ISOC)
- Альянс галузей електронної промисловості (Electronic Industries Alliance, EIA)

4. Що є вірним стосовно фізичних та логічних топологій?

- Фізичні топології відображають схему IP-адрес кожної мережі.
- Фізичні топології відповідають тому, як мережа передає кадри.
- Логічна топологія завжди співпадає з фізичною.
- Логічні топології визначаються тим, як мережа передає дані між пристроями.

5. Який метод використовується для управління конкурентним доступом в бездротовій мережі?

- CSMA/CA
- пріоритетна черга
- CSMA/CD
- передача токєну

6. Техніку було запропоновано розробити фізичну топологію для мережі, яка забезпечує високий рівень надлишковості. Яка фізична топологія вимагає, щоб кожен вузол був приєднаний до кожного іншого вузла в мережі?

- зірка (star)
- кільце (ring)
- шина (bus)
- повнозв'язна (mesh)
- ієрархічна (hierarchical)

7. Яке висловлювання описує напівдуплексний режим передачі даних?

- Дані, які передаються мережею, ідуть в одному напрямку до багатьох різних місць призначення одночасно.
- Дані, які передаються мережею, ідуть тільки в одному напрямку одночасно.
- Дані, які передаються мережею, можуть іти тільки в одному напрямку.
- Дані, які передаються мережею, ідуть в обох напрямках одночасно.

8. Що є функцією підрівня Logical Link Control (LLC)?

- забезпечення адресації Канального рівня
- визначення того, який протокол Мережного рівня використовується
- визначення процесів доступу до середовища передавання даних, що виконуються апаратним забезпеченням
- прийом сегментів і пакування їх у блоки даних, які називаються пакетами

9. Який метод керування доступом до середовища передавання даних використовує Ethernet?

- CSMA/CD
- черга
- передача токєну
- детермінований

10. Оберіть два підрівні Канального рівня моделі OSI. (Оберіть два.)

- LLC
- Міжмережний
- Транспортний
- Мережного доступу
- MAC
- Фізичний

11. Який рівень моделі OSI відповідає за конкретизацію методу інкапсуляції, що використовується для конкретного типу середовища передавання даних?

- Прикладний
- Канальний
- Фізичний
- Транспортний

12. Який тип фізичної топології можна створити, під'єднавши всі кабелі Ethernet до центрального пристрою?

- зірка (star)
- кільце (ring)
- повнозв'язна (mesh)
- шина (bus)

13. Які два сервіси надає Канальний рівень моделі OSI? (Оберіть два.)

- Шифрує пакети даних.
- Приймає пакети Рівня 3 і інкапсулює їх у кадри.
- Забезпечує контроль доступу до середовища передавання даних і виконує виявлення помилок.
- Визначає шлях пересилання пакетів.
- It monitors the Layer 2 communication by building a MAC address table.

14. Який атрибут мережного адаптера (NIC) дозволив йому розміститися на каналному рівні моделі OSI?

- Приєднаний кабель Ethernet
- MAC-адреса
- Стек протоколів TCP/IP
- Порт RJ-45
- IP-адреса