

і вимоги. Потім на підставі цієї інформації приймаються параметри з'єднання, що влаштовують обидві сторони.

Одним з важливих параметрів з'єднання PPP є режим автентифікації. Для цілей автентифікації PPP пропонує за замовчуванням **протокол автентифікації по паролю (PAP)**, який передає пароль по лінії зв'язку у відкритому вигляді, або **протокол автентифікації по «рукостисканню» (CHAP)**, що не передає пароль по лінії зв'язку і тому забезпечує більш високий рівень безпеки мережі.

Багатопротокольна підтримка – здатність протоколу PPP підтримувати декілька протоколів мережевого рівня. Всередині одного з'єднання PPP можуть передаватися потоки даних різних мережевих протоколів, включаючи IP, Novell IPX, і інших, а також дані протоколів канального рівня локальної мережі.

Кожен протокол мережевого рівня конфігурується окремо за допомогою відповідного протоколу управління мережею (NCP). Для кожного протоколу, призначеного для конфігурації протоколу верхнього рівня, крім загальної назви NCP використовується спеціальна назва, яка побудована шляхом додавання аббревіатури CP (Control Protocol – протокол управління) до імені протоколу верхнього рівня: наприклад, для IP – це протокол IPCP, для протоколу IPX - IPXCP і т. п.

Однією з привабливих здібностей протоколу PPP є здатність використання декількох фізичних ліній зв'язку для створення єдиного логічного каналу, тобто агрегування каналів. Цю можливість реалізує **багатоканальний протокол PPP (MLPPP)**.

4.4. Технології віртуальних каналів

У мережі з віртуальними каналами два вузла можуть почати обмін даними тільки після того, як між ними буде встановлено логічне з'єднання – **віртуальний канал**. Віртуальний канал краще захищає користувачів від зовнішніх атак, оскільки у зломисника немає можливості передавати пакети даних між довільними вузлами мережі, що можна зробити в мережах, побудованих на транспортних технологіях датаграмного типу, таких як IP або Ethernet.

Передавання кадрів уздовж віртуального каналу відбувається не на основі адрес кінцевих вузлів, а на основі мітки, яка дозволяє комутатору мережі визначати приналежність кадрів до того чи іншого віртуального каналу. Значення мітки потоку змінюється в кожному комутаторі при передачі кадру з вхідного інтерфейсу на вихідний – в цьому випадку говорять, що відбувається **комутація по мітках**. Комутація по мітках дозволяє позбутися від вимоги

унікальності їх значень в межах мережі, яку забезпечити складно. Для того, щоб кадри різних віртуальних каналів не змішувалися, досить забезпечити унікальність значень міток тільки в межах окремого інтерфейсу.

Технічно встановлення віртуального каналу означає формування записів в **таблицях просування кадрів** на кожному комутаторі уздовж віртуального каналу. Така таблиця включає інформацію про просування: на який вихідний порт потрібно передати кадр з даної міткою, яке нове значення потрібно присвоїти мітці після передачі кадру на вихідний інтерфейс.

На рис. 4.8 показаний фрагмент мережі, що складається з двох комутаторів S1 і S2 і чотирьох кінцевих вузлів C1-C4. Через ці комутатори прокладено три віртуальних канали: C1-C2, C1-C4 і C3-C4.

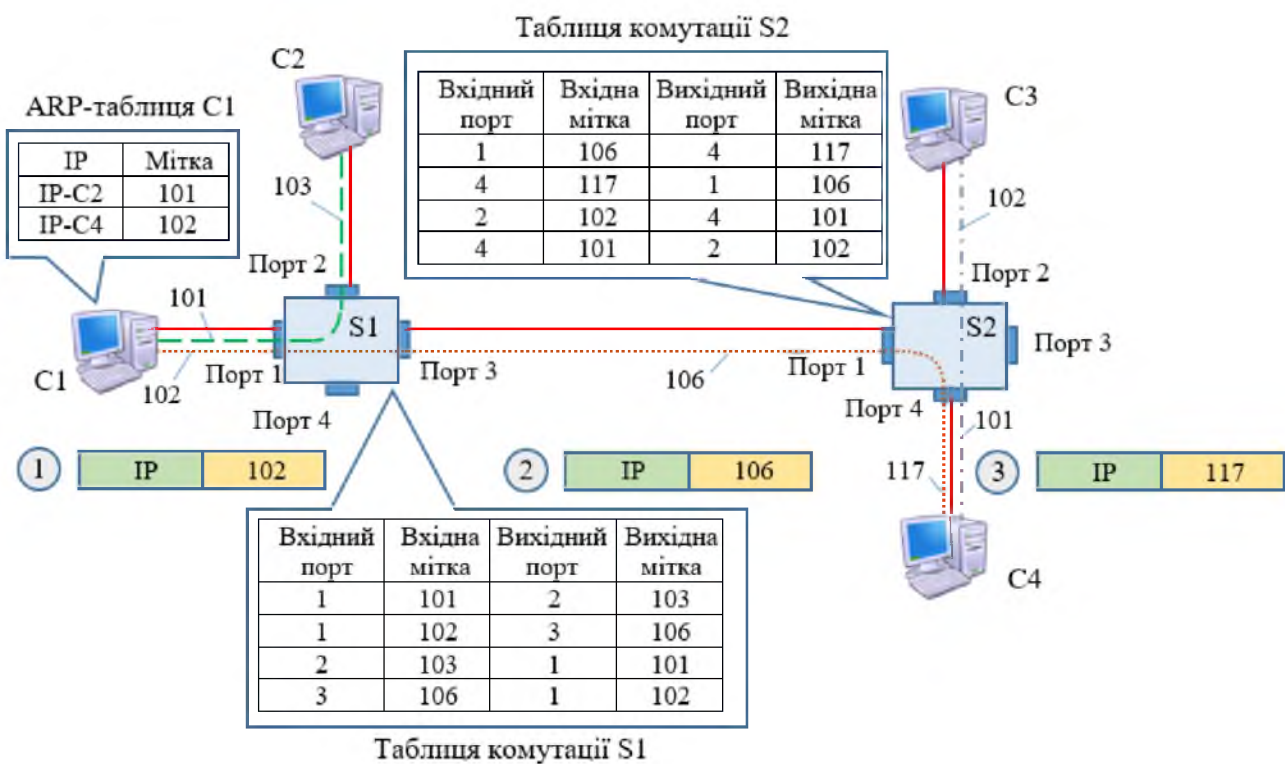


Рис. 4.8. Просування кадрів вздовж віртуальних каналів

Ці канали є двонаправленими, тобто кадри по них можуть передаватися в будь-якому з двох напрямків. Для кожного віртуального каналу в таблиці просування є два записи – по одному для кожного напрямку. Наприклад, перший запис у таблиці комутації комутатора S1 (запис 1-101-2-103) визначає роботу комутатора з просування кадрів віртуального каналу C1-C2 в напрямку від C1 до C2. Даний запис вказує комутатору S1 передати кадр, який прийнятий на порт 1 із значенням мітки 101, на порт 2 і поміняти значення мітки (скомутовати мітку) на 103. Третій запис (2-103-1-101) означає, що всі пакети, які надійдуть на

порт 2 зі значенням мітки 102, будуть скомутовані на порт 3, а значення мітки зміниться на 101.

Існують також однонаправлені віртуальні канали. У разі їх використання для дуплексного обміну інформацією потрібно встановити два незалежних віртуальних канали між кінцевими вузлами – по одному для кожного напрямку.

Віртуальні канали діляться на два класи (рис. 4.9):

- комутовані віртуальні канали (Switched Virtual Circuit, SVC);
- постійні віртуальні канали (Permanent Virtual Circuit, PVC).

Створення **комутованого віртуального каналу** відбувається за ініціативою кінцевого вузла мережі за допомогою спеціального протоколу, що посилає пакет із запитом на встановлення з'єднання в напрямку до вузла призначення віртуального каналу. Назва «комутований» відображає той факт, що канал створюється динамічно на вимогу вузла-відправника аналогічно встановленню комутованого з'єднання в телефонній мережі.

Для підтримки режиму SVC в мережі повинні існувати таблиці маршрутизації, відповідно до яких просувається пакет із запитом з'єднання. По відношенню до **пакету із запитом з'єднання** мережа працює в датаграмному режимі, і такий пакет повинен містити адресу призначення кінцевого вузла, а не мітку.

При встановленні каналу SVC відомості про встановлення з'єднання повинні передаватися до передачі інших даних. **Пакети про завершення зв'язку** розривають з'єднання після того, як воно більше не потрібне. Цей процес викликає затримки в мережі, так як канали SVC створюються і розриваються для кожного сеансу.

Постійний віртуальний канал встановлюється вручну. Адміністратор створює його на досить тривалий час (звідси назва), можливо, із залученням централізованої системи управління мережею. Приграничний комутатор мережі приймає пакети від зовнішньої мережі, яка може і не підтримувати техніку віртуальних каналів. Приграничний комутатор повинен якимось чином відображати пакети, що надходять ззовні на один з віртуальних каналів мережі. У найпростішому випадку таке відображення (mapping) виконується на основі вхідного фізичного інтерфейсу, тобто всі кадри, які приходять на деякий вхідний інтерфейс, відображаються на один і той же віртуальний канал. У більш складних випадках необхідно розрізняти кілька потоків, що приходять на вхідний інтерфейс, і відображати їх на різні віртуальні канали. В такому випадку в приграничному комутаторі поряд з таблицею просування повинна існувати таблиця відображення потоків. У прикладі рис. 4.8 така таблиця є у кінцевого

вузла С1. У ній, в якості ознаки потоку використовуються IP-адреси призначення, тому таблиця відображення являє собою ARP-таблицю.

Рис. 4.9. Комутований та постійний віртуальні канали



Мережі, що працюють на основі техніки віртуальних каналів, відносяться до типу **мереж, що не підтримують широкомовлення з множинним доступом (Non Broadcast Multi-Access Network, NBMA)**. У такій мережі існує довільна кількість кінцевих вузлів, але відсутня можливість передавання кадру відразу всім вузлам. У мережах NBMA протокол IP не може скористатися послугами протоколу ARP для автоматичної побудови ARP-таблиці, так як ці послуги базуються на широкотрансляційних запитах. Так що в тих випадках, коли вхідний потік відображається на віртуальний канал на основі IP-адреси, таблицю відображення, яка являється ARP-таблицею, доводиться будувати вручну або ж за допомогою деякого додаткового протоколу, що не використовує широкомовлення.

Ефективність віртуальних каналів

Застосування комутованих віртуальних каналів вимагає попереднього встановлення з'єднання, що вносить додаткову затримку перед передачею даних в порівнянні із застосуванням датаграмних протоколів. Ця затримка особливо позначається при передачі невеликого обсягу даних, коли час встановлення віртуального каналу може бути співрозмірним з часом передачі даних. Крім того,

датаграмний метод швидше адаптується до змін в мережі. При відмові комутатора або лінії зв'язку уздовж віртуального каналу з'єднання розривається, і віртуальний канал потрібно прокласти заново, обходячи проблемні ділянки мережі.

Однак, слід врахувати, що час, витрачений на встановлення віртуального каналу, компенсується подальшою швидкою передачею всього потоку пакетів. Маршрутизація пакетів в мережі з підтримкою віртуальних каналів прискорюється за рахунок двох факторів. Перший полягає в тому, що рішення про просування пакета приймається швидше, так як таблиця комутації, в якій є інформація тільки про встановлені віртуальні канали, найчастіше істотно менша таблиці маршрутизації, в якій число записів визначається кількістю мереж призначення (розмір таблиці маршрутизації магістральних IP-маршрутизаторів провайдерів Інтернету становив навесні 2015 року близько 550 000 записів).

Другим фактором є зменшення частки службової інформації в пакетах. Адреси кінцевих вузлів в глобальних мережах, зазвичай мають досить велику довжину – 4 байти в версії IPv4, 16 байт в версії IPv6, MAC-адреса має довжину 6 байт. Номер ж віртуального каналу зазвичай займає 10-12 біт, так що накладні витрати на адресну частину істотно скорочуються, а значить, корисна швидкість передачі даних зростає.

Постійні віртуальні канали є набагато ефективнішими в плані продуктивності передачі даних, ніж комутовані. Значну частину роботи по маршрутизації пакетів мережі виконує адміністратор, вручну прописуючи постійні віртуальні канали і залишаючи комутаторам лише просування пакетів на основі готових таблиць комутації портів.

Постійний віртуальний канал подібний виділеному фізичному каналу в тому сенсі, що для кожної операції обміну даними не потрібно заново встановлювати або розривати з'єднання. Відмінність же полягає в тому, що користувач PVC не має гарантій щодо дійсної пропускної спроможності каналу. Зате застосування PVC, зазвичай набагато дешевше, ніж оренда виділеної лінії, так як користувач ділить пропускну спроможність мережі з іншими користувачами.

Постійні віртуальні канали вигідно використовувати для передачі **агрегованих потоків трафіку**, що складаються з великої кількості індивідуальних потоків абонентів мережі. У цьому випадку віртуальний канал прокладається не між кінцевими абонентами, а між ділянкою магістралі мережі, на якому даний агрегований потік існує, наприклад від одного прикордонного маршрутизатора мережі оператора зв'язку до іншого.

Таким чином, віртуальні канали більш ефективні при передачі довготривалих, ніж короткочасних, потоків, так як в цьому випадку знижуються витрати на встановлення з'єднань.

4.5. Технологія X.25

Технологія віртуальних каналів X.25 з'явилася на початку розвитку комп'ютерних мереж, практично одночасно з мережею ARPANET, що дало початок Інтернету і датаграмному протоколу IP. Довгий час, до середини 1980-х, X.25 була основною технологією для побудови як мереж операторів зв'язку, так і корпоративних мереж.

Технологія X.25 виявилася добре пристосованою для побудови глобальної всесвітньої мережі завдяки тому, що була масштабованою – в ній було визначено протокол міжмережевої взаємодії, що дозволяв об'єднувати мережі різних провайдерів.

X.25 – це типові мережі з налагодженням віртуальних з'єднань та комутацією пакетів (рис. 4.10). Мережі X.25 розробляли для каналів з низькою надійністю зв'язку. Тому, складовою таких мереж є жорсткі процедури виправлення помилок. Зокрема, кожен вузол мережі перевіряє коректність передавання та виконує коригувальні дії. Внаслідок виконання таких дій зменшується швидкість передавання даних.

X.25 визначає характеристики телефонної мережі для передачі даних. Для встановлення зв'язку, один комп'ютер звертається до іншого з запитом про сеанс зв'язку. Комп'ютер, що викликається може прийняти або відхилити зв'язок. Якщо виклик прийнятий, то обидві системи можуть почати передачу інформації з повним дублюванням. Будь-яка сторона може в будь-який момент припинити зв'язок.

Специфікація X.25 визначає двоточкову взаємодію між пристроями DTE і DCE. Пристрої **DTE** (термінали і головні обчислювальні машини в обладнанні користувача) під'єднуються до пристроїв **DCE** (модеми, комутатори пакетів і інші пристрої), що з'єднуються з **комутаторами переключення пакетів** (Packet Switching Exchange, **PSE**) і іншими DCE усередині **мережі передачі даних загального користування** (Public Data Network, **PDN**) і, нарешті, до іншого пристрою DTE. Взаємини між об'єктами мережі X.25 показані на рис. 4.11.

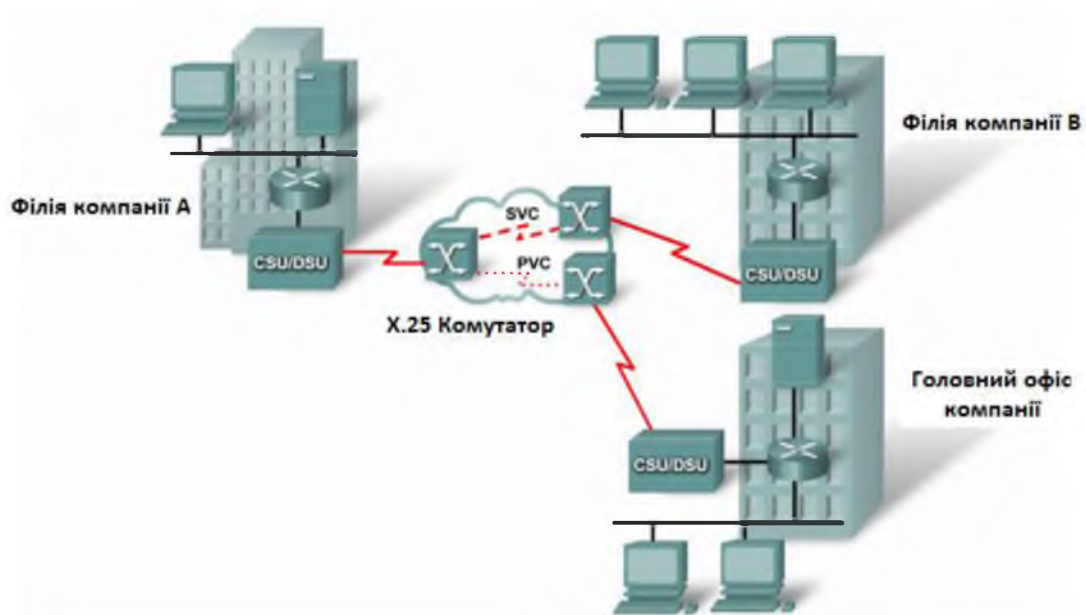


Рис. 4.10. Мережа X.25

Специфікація X.25 описана трьома нижніми рівнями моделі OSI. Мережевий рівень X.25 описує формати пакетів і процедури обміну пакетами між рівноправними об'єктами 3 рівня. Канальний рівень X.25 реалізований протоколом **процедури збалансованого доступу до каналу (Link Access Procedure, Balanced, LAPB)**. LAPB визначає кадрівання пакетів для ланки DTE/DCE. Фізичний рівень X.25 визначає електричні і механічні процедури активації і дезактивації фізичного середовища, що з'єднує DTE і DCE. Фізичний рівень в той час найчастіше був представлений модемами, які працювали на комутованих і виділених телефонних лініях зі швидкостями 2400-9600 Кбіт/с.

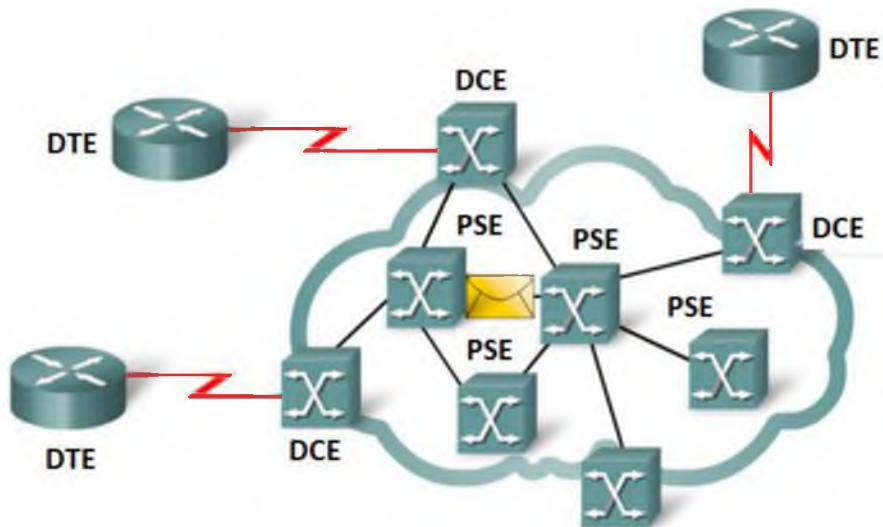


Рис. 4.11. Взаємини між об'єктами мережі X.25

Наскрізна передача між пристроями DTE виконується через віртуальні канали. Віртуальні канали дозволяють здійснювати зв'язок між різними елементами мережі через будь-яке число проміжних вузлів без визначених частин фізичного середовища, що є характерним для фізичних каналів.

Після того, як віртуальний канал створено, DTE надсилає пакет на інший кінець зв'язку шляхом відправлення його в DCE, використовуючи відповідний віртуальний канал. DCE переглядає номер віртуального каналу для визначення маршруту цього пакету через мережу X.25. Протокол мережевого рівня X.25 здійснює широкотрансляційну передачу між усіма DTE, які обслуговує пристрій DCE, що розташований в мережі з боку пункту призначення, у результаті чого пакет буде доставлений до DTE пункту призначення.

Усі термінали, які приєднують до мережі X.25, поділяють на термінали, що виконані з дотриманням вимог стандарту X.25 та інші. В першому випадку порядок приєднання описаний протоколом фізичного рівня X.25 bis, який еквівалентний протоколу RS-232-C. Протокол X.21bis є похідним від CCITT V24 і V.25, які відповідно ідентифікують кола обміну і характеристики електричних сигналів інтерфейсу DTE/DCE. Для приєднання не X.25 терміналів потрібні спеціальні пристрої – **протокольні конвертери**. Кілька терміналів приєднують до одного конвертера **PAD** (Packet Assembler/Disassembler – Пакетний Асемблер/Дисасемблер). PAD збирає символи з кількох терміналів, формує з них пакети X.25 та спрямовує у мережу. Набір протоколів, що описують взаємодію не X.25 терміналів:

- X.3 – дає змогу налагоджувати PAD для різних типів терміналів;
- X.28 – контроль з боку DTE за функціонуванням PAD;
- X.29 – протокол обміну між X.25 DTE та PAD або між двома PAD; зміна параметрів PAD з боку мережі в інтерфейсі PAD-мережа та PAD-віддалене DTE.
- X.32 – дає змогу користувачам одержати доступ до мереж X.25 через стандартні аналогові комутовані телефонні лінії, а не через виділені синхронні лінії, як у випадку X.25.
- X.75 – дає змогу сполучати різні мережі X.25 в одну.

Таким чином, мережі X.25 відносяться до однієї з найбільш старих і відпрацьованих технологій глобальних мереж. Надмірність функцій, спрямованих на забезпечення надійності передачі даних, пояснюється орієнтацією технології на ненадійні аналогові канали. Поширення високошвидкісних і надійних цифрових оптичних каналів в середині 80-х років призвело до того, що функції технології X.25 по забезпеченню надійної передачі даних перетворилися з переваги технології в її недолік, так як лише

сповільнювали швидкість передачі даних. Результатом цієї революції стала поява принципово нової технології глобальних мереж, а саме Frame Relay.

4.6. Мережі Frame Relay

Frame Relay (FR) можна розглядати і як спрощений варіант X.25 для надійних мереж та високих швидкостей передавання даних. Головна відмінність цієї мережі від X.25 – це те, що корекцію помилок виконують не проміжні, а кінцеві вузли. Вузол мережі Frame Relay виконує такі дві головні функції:

- перевіряє цілісність кадру; якщо кадр спотворений, його відкидають;
- перевіряє правильність адреси; якщо адреса невідома, кадр відкидають.

Завдяки зменшенню часу опрацювання даних у проміжних вузлах, затримка у вузлі Frame Relay становить близько 3 мс. Аналогічне значення для X.25 – 50 мс. Швидкість передавання Frame Relay становить – від 56 Кбіт/с до 2 Мбіт/с залежно від перепускної спроможності та кількості залучених каналів.

Аналогічно до X.25, технологія FR визначає тільки інтерфейс **UNI (User to Network Interface)** між DTE та DCE, не накладаючи обмеження на протоколи та архітектури магістральної мережі. Для сполучення двох мереж Frame Relay визначено інтерфейс **NNI (Network to Network Interface)**.

На відміну від X.25, Frame Relay оперує тільки двома рівнями протоколів. Фізичний рівень подібний до такого ж рівня технології X.25 та відображає аспекти приєднання DTE і DCE. До DTE приєднують мости, маршрутизатори, комутатори та пристрої, функціонально аналогічні до PAD (**FPAD**). Для керування передаванням даних використовують **протокол доступу до каналу D (Link Access Protocol D, LAPD)**. Базова версія Frame Relay не виконує декількох функцій канального рівня (виявлення та корекції помилок, керування потоком), однак підтримує такі функції мережевого рівня, як маршрутизація та керування логічними каналами. У протоколі Frame Relay використовується технологія комутації пакетів зі змінною довжиною.

Маршрутизатор, або пристрій DTE, підключається до мережі постачальника послуг, зазвичай, по виділеній лінії. При цьому з'єднання проходить через комутатор Frame Relay, або пристрій DCE, до найближчого місцевого постачальника послуг. Таке з'єднання утворює канал доступу (рис. 4.12).

Віддалений маршрутизатор на іншому кінці мережі також є пристроєм DTE. З'єднання між двома кінцевими пристроями DTE здійснюється по віртуальному каналу.