

користувачів з підвищеними вимогами до пропускної здатності мережі. PRI повністю використовує лінію T1 (в Північній Америці) з 23 B-каналами та одним D-каналом (по 64 Кбіт/с кожен) чи E1 (в Європі) з 30 B-каналами та одним D-каналом (по 64 Кбіт/с кожен). Максимальна сумарна перепускна здатність PRI 2,048 Мбіт/с (європейський варіант) або 1,544 Мбіт/с (американський варіант).

Протоколи ISDN визначаються набором стандартів ITU-T, що належать до фізичного, каналного та мережевого рівнів моделі OSI.

Незважаючи на значні відмінності від аналогових телефонних мереж, мережі ISDN використовуються для організації віддаленого доступу в основному так само, як аналогові телефонні мережі, тобто як мережі з комутацією каналів, але тільки більш швидкісні. Якість цифрових каналів набагато вище, ніж аналогових, а отже, істотно нижчий відсоток спотворених кадрів і значно вища корисна швидкість обміну даними.

Зазвичай інтерфейс BRI використовується для під'єднання окремих комп'ютерів або невеликих локальних мереж домашніх користувачів, а інтерфейс PRI – для під'єднання мережі середніх розмірів.

Схема віддаленого доступу через ISDN показана на рис. 8.8.

Для віддаленого доступу необхідно оснастити комп'ютери користувачів **термінальними адаптерами** (Terminal Adapter, **ТА**), а в РОР встановити маршрутизатор, який має один або кілька інтерфейсів PRI. В цьому випадку максимальна швидкість доступу для окремого користувача буде дорівнює швидкості передачі двох каналів типу В, тобто 128 то Кбіт/с. Драйвери ТА ISDN вміють об'єднувати два окремих фізичних каналу типу В в один логічний канал. Для цього служить розширення протоколу PPP – **багатоканальний протокол PPP** (Multilink PPP, **MLPPP**). Якщо користувач віддаленого доступу згоден обмежитися швидкістю 64 Кбіт/с, він може задіяти другий канал типу В свого інтерфейсу BRI для паралельної роботи телефону ISDN, що неможливо зробити при застосуванні аналогового комутованого модему.

## 8.5. Технології DSL

Технологія **асиметричного цифрового абонентського закінчення** (Asymmetric Digital Subscriber Line, **ADSL**) була розроблена для забезпечення швидкісного доступу в Інтернет масових індивідуальних користувачів, квартири яких оснащені звичайними абонентськими телефонними закінченнями. Поява технології ADSL можна вважати революційною подією для масових користувачів Інтернету, тому що для них це означало підвищення швидкості доступу в десятки разів без зміни кабельної проводки в квартирі та будинку.

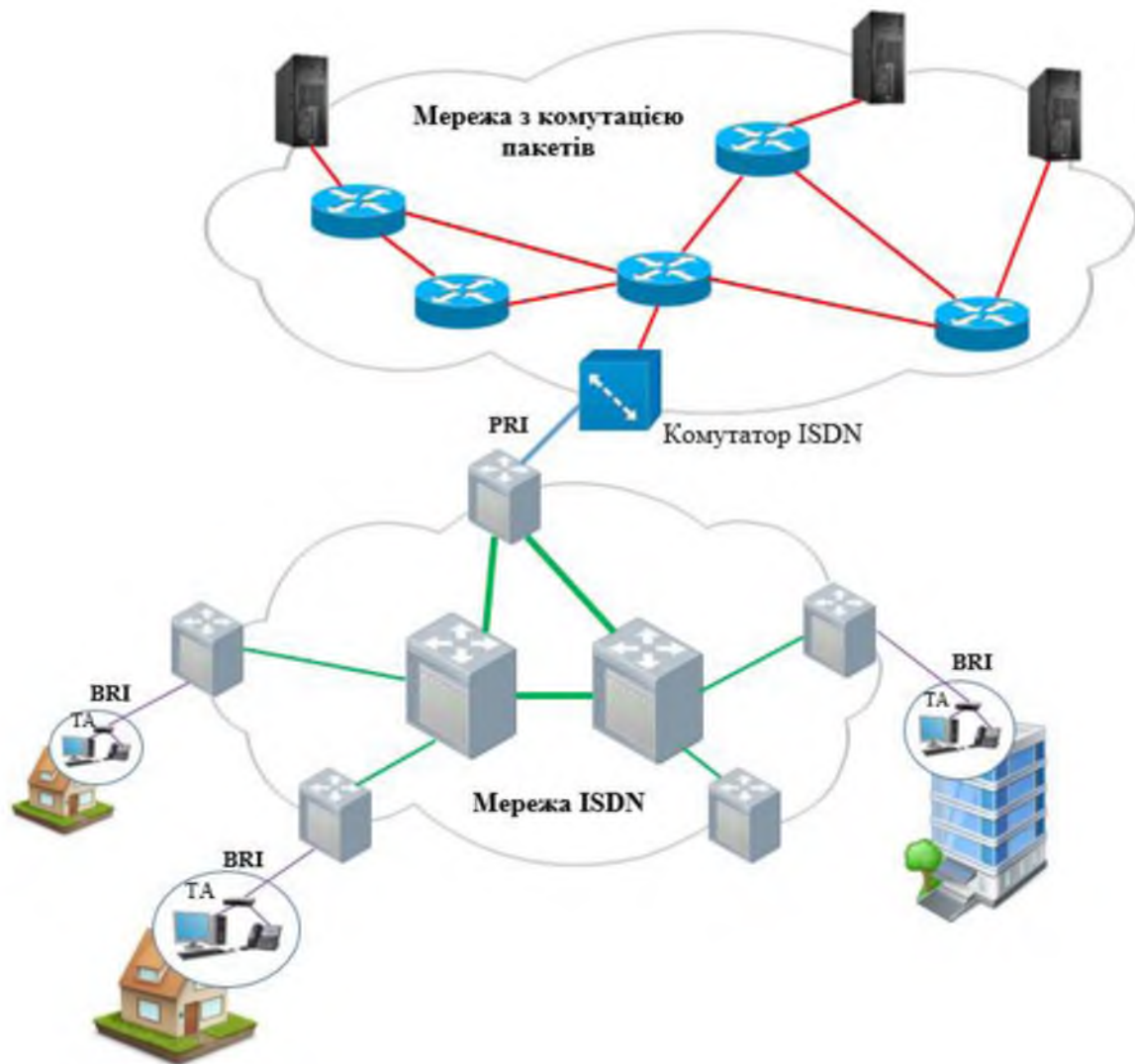


Рис. 8.8. Метод доступу через мережу ISDN

Для підключення абонентів до WAN постачальники послуг Інтернету повинні співпрацювати з постачальниками послуг телефонних мереж (часто це один оператор). Для доступу через ADSL, так само як і для аналогового комутованого доступу, потрібні телефонні абонентські закінчення і модеми. З'єднання абонентів з глобальною мережею здійснюється через **мультиплексор доступу до цифрового абонентського закінчення (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, DSLAM)** (рис. 8.9). Для підключення до глобальної мережі у нього використовуються WAN-порти, а для підключення клієнтів – **DSL-модеми (DSL modems)**, до яких підключається абонентська лінія.

Принциповою відмінністю доступу через ADSL від комутованого доступу є те, що ADSL-модеми працюють тільки в межах абонентського закінчення, в той час як комутовані модеми використовують можливості телефонної мережі, встановлюючи в ній з'єднання «з кінця в кінець», яке проходить через кілька транзитних комутаторів.

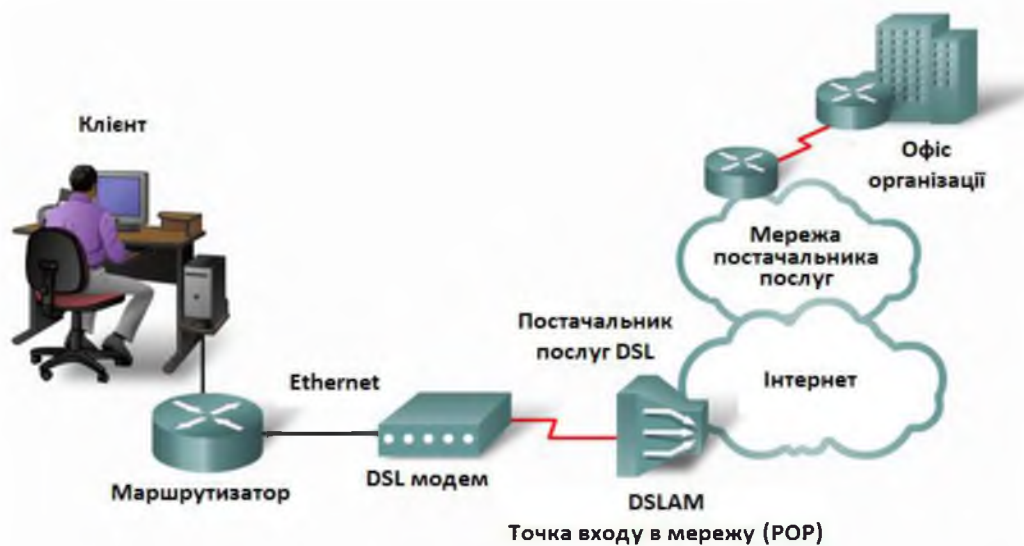


Рис. 8.9. Технологія DSL

Тому, якщо традиційні телефонні модеми (наприклад, V.34, V.90) повинні забезпечувати передачу даних на каналі з пропускною здатністю 3100 Гц, то ADSL-модеми отримують в своє розпорядження смугу пропускання близько 1 МГц – ця величина залежить від довжини кабелю, прокладеного між приміщенням користувача і POP, і сичення проводів цього кабелю.

Схема доступу через ADSL показана на рис. 8.10. Ця схема близька до загальної схеми використання універсального абонентського закінчення за виключення того, що при доступі через ADSL факт наявності телевізорів у користувачів ігнорується, а доступ для телефонів і комп'ютерів є спільним.

ADSL-модеми, що підключаються до обох кінців короткої лінії між абонентом і POP, утворюють три канали: високошвидкісний спадний канал передачі даних з мережі в комп'ютер, менш швидкісний висхідний канал передачі даних з комп'ютера в мережу і канал телефонного зв'язку, по якому передаються звичайні телефонні розмови.



Рис. 8.10. Відмінності в роботі ADSL-модемів від комутованих модемів

Передача даних в каналі від мережі до абонента відбувається зі швидкістю до 24 Мбіт/с, а в каналі від абонента до мережі – до 3,5 Мбіт/с; для телефону залишена традиційна смуга в 4 кГц (рис. 8.11).



Рис. 8.11. Розподіл смуги пропускання абонентського закінчення між каналами ADSL

Для асиметрії низхідної і висхідної швидкостей смуга пропускання

абонентського закінчення ділиться між каналами також асиметрично. На рис. 8.11 показано розподіл смуги між каналами, при цьому наведені значення для висхідної і низхідної лінії є максимальними, які модем в кожному конкретному сеансі може використовувати повністю або ж частково.

Невизначеність використовуваних смуг частот пояснюється тим, що модем постійно тестує якість сигналу і вибирає тільки ті частини виділеного для передачі спектра, в яких співвідношення сигнал/шум є прийнятним для стійкої передачі дискретних даних. ADSL-модеми вміють адаптуватися до якості абонентського закінчення і вибирати максимально можливу на даний момент швидкість передачі даних.

У приміщенні клієнта встановлюється розподільник, який виконує поділ частот між ADSL-модемом і звичайним аналоговим телефоном, забезпечуючи їх спільне співіснування.

У POP встановлюється мультиплексор DSLAM, який приймає комп'ютерні дані, що відокремлені ADSL-розподільниками від голосових сигналів. DSLAM-мультиплексор повинен мати стільки ADSL-модемів, скільки користувачів віддаленого доступу обслуговує постачальник послуг за допомогою телефонних абонентських закінчень.

Після перетворення модульованих сигналів в дискретну форму DSLAM відправляє дані на IP-маршрутизатор, який також, зазвичай, знаходиться в приміщенні POP. Далі дані надходять в магістраль передачі даних постачальника послуг і доставляються відповідно до IP-адрес призначення на публічний сайт Інтернету або в корпоративну мережу користувача. Відокремлені ADSL-розподільником голосові сигнали передаються на телефонний комутатор.

Відомо, що на сигнали, які передають телефонною лінією, впливають сильні завади. DSL модеми усувають цей вплив за допомогою спеціальних алгоритмів кодування, які опрацьовують сигнал на сигнальних процесорах та адаптивно узгоджують параметри сигналу і лінії. Пристрої DSL мають схеми кодування 2B1Q, CAP, DMT з невеликою шириною смуги перепускання та небагатьма кодовими станами. Ці методи кодування дають змогу збільшити ступінь стиснення даних і завдяки цьому збільшити швидкість їх передавання.

Окрім технології ADSL існують інші типи технологій DSL, які розрізняються за методом модуляції, що використовується для кодування даних, та швидкістю передачі даних.

**RADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line-цифрова абонентська лінія із адаптацією швидкості з'єднання):** дозволяє автоматично адаптувати швидкість передачі до протяжності та якості лінії зв'язку. При використанні технології RADSL зв'язок на різних телефонних лініях буде мати різну швидкість передачі даних. Швидкості передавання в інтервалах від 600 Кбіт/с до 8 Мбіт/с для одної

лінії, та від 128 Кбіт/с до 1 Мбіт/с – для іншої.

**HDSL** (High bit-rate Digital Subscriber Line – високошвидкісна цифрова абонентська лінія). В таких лініях дані передаються з швидкістю від 1,544 Мбіт/с (швидкість каналу T1) до 2,048 Мбіт/с (швидкість каналу E1) в довільному напрямку по двопарному мідному кабелю. HDSL лінії в першу чергу використовуються для з'єднання з офісною АТС, для обміну даними між точками присутності (POP) і приватними мережами передачі даних.

**SDSL** (Symmetric Digital Subscriber Line – симетрична цифрова абонентська лінія) – є варіантом HDSL, в якому використовується тільки одна пара кабелю. SDSL забезпечує однакову швидкість передачі даних як в сторону користувача, так і від нього. Відомі дві модифікації цієї технології: MSDSL (Multi-rate Symmetric DSL – багатошвидкісні SDSL) і HDSL2, що мають вбудований механізм адаптації швидкості передачі до параметрів фізичної лінії.

**VDSL** (Very high bit rate DSL – надвисокошвидкісна цифрова абонентська лінія). Дані передаються з швидкістю від 13 до 52 Мбіт/с до абонента (Downstream) і з швидкістю до 11 Мбіт/с від абонента (Upstream) при роботі в асиметричному режимі. Максимальна пропускна здатність лінії VDSL при роботі в симетричному режимі становить приблизно 26 Мбіт/с у кожному напрямку передачі. Залежно від необхідної пропускної здатності і типу кабелю довжина лінії VDSL лежить в межах від 300 метрів до 1,3 км.

**IDSL** (ISDN Digital Subscriber Line – цифрова абонентська лінія ISDN) – недорога технологія, що дозволяє забезпечити канал зв'язку для передачі даних по існуючих телефонних лініях на швидкості 144 Кбіт/с (трохи більший, ніж при використанні подвійного каналу ISDN зі швидкістю 128 Кбіт/с). Технологія IDSL доступна не у всіх країнах. IDSL це щось середнє між ISDN і XDSL.

**Reach DSL** (протяжна DSL) – належить до групи симетричних технологій і була спеціально розроблена для використання на довгих й неякісних абонентських лініях. Швидкість в обох напрямках до 2,2 Мбіт/с на відстані не менше 9 км без обладнання ретрансляції.

## 8.6. Використання мереж кабельного телебачення

**Кабельне телебачення** (Cable TV, CATV) є однією з телекомунікаційних послуг, для якої була створена власна розгалужена інфраструктура абонентських закінчень. Хоча кабельне телебачення і поступається за поширеністю телефонній мережі, проте кількість коаксіальних абонентських закінчень, що з'єднують будинку і квартири з точками присутності постачальників послуг, в деяких країнах стало наблизатися до кількості абонентських телефонних закінчень. З огляду на те, що коаксіальний кабель має більш ширшу смугу пропускання (як