

КАМ–64/256, синхронізації кадрів MPEG та корекції помилок.

Модулятор відповідним чином модулює сигнал для його наступної передачі. Вихідний сигнал проходить через підсилювач для забезпечення необхідної потужності сигналу. Часто модулятор та демодулятор реалізуються у вигляді однієї мікросхеми.

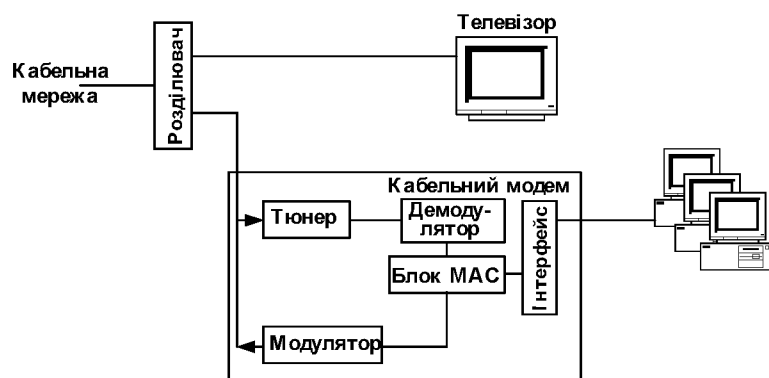


Рис. 6.12. Схема підключення та структурна схема кабельного модема

Блок контролю доступу до середовища передачі (Media Access Control MAC) — це початкова точка для вихідного шляху та кінцева точка для вхідного шляху. З огляду на складність застосованих алгоритмів реалізація функцій MAC потребує застосування мікропроцесорів.

Після обробки в блоці MAC дані передаються на комп'ютер через інтерфейс. Це може бути Ethernet на 10 Мбіт/с, USB, PCI (у випадку вмонтованого модема) та ін.

Увесь діапазон робочих частот, які передаються коаксіальним телевізійним кабелем, розбивається на два піддіапазони. Нижня частина, від 5 до 65 Мбіт/с, призначена для передачі даних у напрямку від абонента (зворотний напрям). Верхній піддіапазон, від 65 до 850 Мбіт/с, відводиться для передачі даних та телевізійних каналів у напрямку абонентів (прямий напрям).

Для модулювання сигналу в прямому напрямку застосовуються алгоритми КАМ–64 та КАМ–256, а для модулювання у зворотному напрямку — квадратурна фазова маніпуляція (QPSK) та КАМ–16. Квадратурна амплітудна модуляція КАМ–64 та КАМ–256 передбачає кодування сигналу у вигляді 6- та 8-бітових символів, відповідно, а квадратурна фазова модуляція QPSK та КАМ–16 — у вигляді 2- та 4-бітових символів, відповідно.

Таким чином, швидкість передачі залежить від діапазону частот, виділеного для каналу, та застосованої схеми модуляції. У прямому напрямку загальна швидкість може досягати 38 Мбіт/с у разі використання КАМ–64 та 52 Мбіт/с у випадку КАМ–256. У зворотному напрямку аналогічна величина варіюється від 0,32 до 5,12 Мбіт/с у випадку QPSK та від 0,64 до 10,24 Мбіт/с у випадку КАМ–16. Швидкості у зворотному напрямку менші, ніж у прямому, що пов'язано із застосуванням менш ефективних методів модуляції через великі рівні шумів у нижньому діапазоні, а також зі значно меншою шириною виділеного каналу, як правило, від 200 кбіт/с до 3,2 Мбіт/с.

Той факт, що як середовище передачі використовується кабельна мережа, до якої підключена велика кількість абонентів, призводить до виникнення деяких принципових питань. Перше пов'язане з тим, що із зростанням загальної кількості користувачів швидкість у розрахунку на одного користувача знижується. Друге — у видимості всіх дій одного користувача для інших. Тобто кожний користувач, який має аналізатор протоколів, може «бачити» увесь трафік в межах своєї кабельної мережі.

6.3.3. Технології організації високошвидкісних каналів xDSL. Загальні положення та класифікація

Використання існуючої абонентської кабельної мережі разом з впровадженням нових засобів модуляції та кодування, що реалізовані в технологіях xDSL, на сьогодні вважається основним і ефективним заходом у розв'язанні проблеми організації високошвидкісного каналу зв'язку, в тому числі від абонента до вузла мережі передачі даних, тобто до вирішення питання абонентського доступу.

Позначення xDSL розуміємо як ряд технологій (x), що призначені для організації цифрових абонентських ліній DSL. Як середовище передачі інформації використовуються мідні обвиті пари існуючих місцевих кабельних мереж. Тобто застосування технологій xDSL забезпечує швидкісну передачу цифрової інформації (даних) від комп'ютера абонента або від сервера локальної мережі до вузла глобальної мережі передачі даних, або між двома локальними мережами, використовуючи при цьому вже існуючі мідні жили абонентських ліній. Тому іноді говорять, що технології xDSL — це нове дихання мідних кабельних мереж.

Головна ідея технологій xDSL полягає у стисканні спектра цифрових сигналів на передавальній стороні та перенос його в ділянку більш низьких частот. Це забезпечується спеціальними методами модуляції та кодування, які призначені для підвищення якості передачі даних та збільшення пропускної здатності, що використовується. Відмінна особливість xDSL — можливість вести телефонні переговори з одночасною передачею даних, що не вдається робити при використанні звичайних модемів для телефонних ліній.

Існує два підходи досягнення такої можливості. Перший підхід реалізується в модемах з повністю цифровим методом передачі лінійного сигналу. Цей підхід ще називається «голос + дані». Його реалізовано у модемах, що побудовані за технологією DSL. Увесь цифровий потік (160 кбіт/с) розділяється на три складові. Перша частина потоку (64 кбіт/с) призначається для каналу передачі даних, тобто виводиться на інтерфейс користувача V.24 чи V.35. Друга частина (64 кбіт/с) використовується для передачі мовлення із застосуванням стандартного для телефонії кодування ІКМ. Третя частина (32 кбіт/с) використовується для передачі сигналів керування віднесеним модемом (для функції централізованого керування мережею) і сигналів телефонної сигналізації.

Другий підхід називається Data over Voice (дані над голосом) і базується на достатньо простій ідеї переносу спектра, що використовується для передачі даних, у височастотну ділянку. Тобто спектр даних у частотній площині виявляється вищим, ніж спектр голосу. Ця концепція стала можливою завдяки застосуванню модуляції CAP (Carrierless Amplitude and Phase Modulation — амплітудно-фазова модуляція з подавленою носійною). Оскільки модуляція CAP не використовує частотний діапазон аналогового телефонного каналу, існує можливість за допомогою фільтрів розділити смугу пропускання телефонної мідної лінії на дві складові — височастотну використовувати для передачі даних, а низькочастотну складову — для звичайного аналогового телефонного каналу. Пристрої, що необхідні для такого розділення, називаються розділювачами або потс-сплітерами (від англійського POTS splitter — розділювач телефонного каналу).

Спочатку поняття DSL використовувалось тільки у зв'язку з передачею по симетричних мідних лініях та прирівнювалося до BRI-ISDN (Basic Rate Interface Integrated Services Digital Network). З часом варіанти радіоліній Wireless Local Loop стали також називати DSL, наприклад, Wireless DSL, AirDSL, skyDSL. Були введені скорочення FDSL (Fiber DSL—DSL на ВОЛЗ) та PDSL (Powerline DSL—DSL на лініях електропостачання). На рисунку 6.13 наведено частину класифікації технологій xDSL. Далі розглядатимемо тільки ті технології, де як середовище передачі використовуються симетричні мідні кабелі. Тут технології можна поділити за кількістю пар, що використовуються, та засобом розділення передачі у різних напрямках.

Найпростіше вирішення — передача в прямому та зворотному напрямках (прямий: від АТС до абонента, зворотний: від абонента до АТС) по різних парах (просторове ущільнення), тобто кожна пара здійснює передачу тільки в один бік, звідси і назва — симплекс. Симплексною є технологія UDSL (Unidirectional DSL).

Більша ж частина технологій є дуплексною, тобто передача здійснюється однією парою в прямому та зворотному напрямках. Розділення здійснюється за допомогою компенсації відлуння чи частотного розділення. При напівдуплексі передача ведеться по одній парі, але не одночасно. Залежно від часу необхідного для передачі в обох напрямках можливе розділення за постійною та змінною сіткою. Основними представниками напівдуплексних технологій є VDSL (Very high bitrate DSL) з використанням TDD (Time Division Duplex), японський варіант ISDN з TCM (Time Compression Multiplexing) та EtherLoop (рис. 6.13).

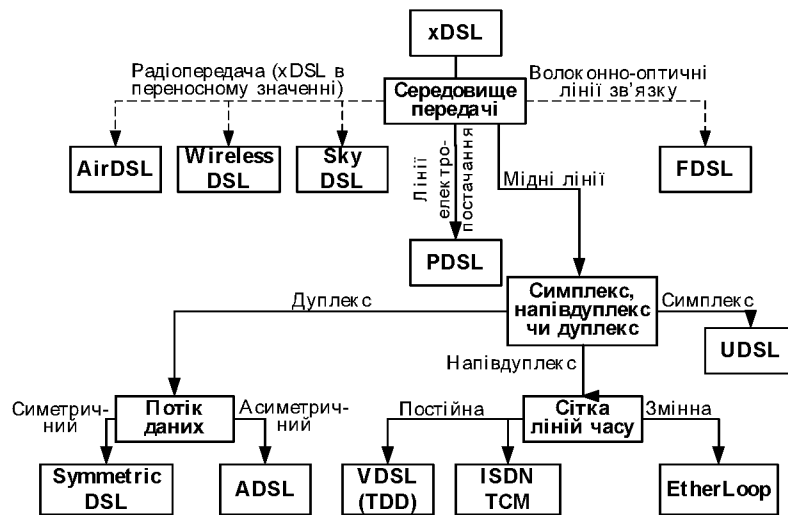


Рис. 6.13. Структурна схема до класифікації технологій xDSL

Дуплексні технології xDSL можна розділити також за співвідношенням швидкостей передачі у прямому та зворотному напрямках. Якщо швидкості у прямому та зворотному напрямках однакові, то говорять про симетричні xDSL. В асиметричних технологіях (ADSL — Asymmetric DSL) швидкість передачі у прямому напрямку значно вища, ніж у зворотному. Є також Reverse ADSL — обернена ADSL, в якій швидкість у зворотному напрямку більша, ніж у прямому.

До симетричних технологій належать DSL, IDSL, HDSL, SDSL, MDSL, HDSL2. HDSL (High bitrate DSL) — один з найважливіших представників симетричних технологій. Ця технологія була стандартизована в ANSI (American National Standards Institute) та ETSI (European Technical Standards Institute). Вона може використовуватися під час роботи по одній, двох та трьох парах. У ній використовується кодування 2B1Q або CAP. Зрештою, усі різновиди технологій HDSL знайшли всесвітнє застосування.

Найстарішими є технології DSL та IDSL, що реалізують інтерфейс BRI—ISDN. Різниця між ними полягає у можливості підключення до аналогової лінії.

Пошук можливості передачі T1 (1554 кбіт/с) однією парою на максимальну відстань 3,65 км призвів до розробки HDSL2, де було застосовано різні спектри сигналів у прямому та зворотному напрямках. У технології HDSL2 використовується модуляція TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation — імпульсна амплітудно-фазова модуляція з кодуванням треліс), яка вважається найперспективнішою.

Технологія SDSL (Single Pair DSL) за своєю суттю є технологією HDSL, але для однієї пари. Залежно від різновиду модуляції, що застосовується, вона забезпечує швидкості від 384 до 2304 кбіт/с (з можливим растром 64 кбіт/с).

Найчастіше повна швидкість (2304 кбіт/с) не потрібна або на цій швидкості необхідна дальність не досягається. Тому з'явилися нові системи, які заповнили «зазори у швидкостях», такі як MDSL (швидкості від 144 кбіт/с до 784 кбіт/с) та MSDSL (144... 2320 кбіт/с). MDSL розшифровують по-різному: Medium speed DSL, Medium bitrate DSL, Mid range DSL, Multiline DSL. MSDSL означає Multi Speed DSL. Для того, щоб підкреслити можливість ступінчастого регулювання швидкості, застосовують позначення RADSL (Rate Adaptive DSL). Залежно від технічного виконання можливе ручне або автоматичне встановлення оптимального значення швидкості, яка залежить від якості лінії.

Якщо симетричні технології орієнтовані на діловий сектор, то асиметричні — на квартирний. Це зумовлено різними вимогами у цих секторах. Для ділового сектора найважливішим є забезпечення високих швидкостей обміну даними; для квартирного сектора важливою є можливість одночасного ведення телефонної розмови та передачі даних, але немає потреби у високих швидкостях, особливо в зворотному напрямку.

Асиметрична технологія ADSL — найвідоміша з усіх xDSL забезпечує швидкості 1554–8448 кбіт/с у прямому напрямку та 16–640 кбіт/с у зворотному. Для підтримки аналогової телефонії технологія вимагає встановлення сплітера, який розділяє спектри цифрових сигналів (даних) та аналогових сигналів мовлення. Перші лінії ADSL могли працювати тільки на постійних швидкостях, тепер існують розв'язання, які можуть автоматично регулювати швидкість передачі залежно від якості лінії. Застосування ADSL на практиці показало, що встановлення сплітерів вимагає великих затрат та пов'язане з деякими незручностями. Це призвело до пошуку технології ADSL, яка могла б обходитися без сплітера. Технології, які не вимагають встановлення сплітера на абонентській стороні (як правило, за рахунок менших швидкостей), були

нормовані ITU-T та отримали назву G.Lite (або ADSL.Lite чи DSL.Lite).

Характеристики найбільш поширених технологій xDSL наведено в таблиці 6.2.

Як видно з таблиці 6.2 для лінійного кодування в обладнанні xDSL застосовуються технології 2B1Q, CAP, TC-PAM.

Першою, яку було застосовано, і найпростішою є технологія кодування 2B1Q (2 Binary 1 Quaternary), яку було розглянуто в розділі 3.2.4.

Наявність в 2B1Q сигналі низькочастотних складових, які перетинаються зі спектром СКТЧ, призводить до того, що одночасна передача даних за допомогою цього кодування та передача аналогового телефонного сигналу стає неможливою. Але залишається можливість передачі мовлення у цифровому вигляді, тобто обладнання, яке використовує цей вид кодування та забезпечує передачу мовлення від аналогового телефону, повинно бути побудоване за принципом «голос+дані».

Модуляція сигналів за допомогою багатопозиційної амплітудно-фазової модуляції CAP (Carrierless Amplitude and Phase Modulation) здійснюється по модуляційних діаграмах, які дуже схожі з діаграмами сигналів модемів для телефонних каналів, що працюють за протоколами V.32 чи V.34. Носійна частота модулюється за амплітудою та фазою, створюючи кодовий простір з 8 позицій (CAP8), 16 (CAP16), 32 (CAP32), 64 (CAP64) чи 128 (CAP128). При цьому перед передачею в лінію сама носійна, яка не несе інформації, але утримує найбільшу енергію, вирізається з сигналу, а потім відновлюється за допомогою мікропроцесора на приймальному боці. Слід звернути увагу, що спектр сигналу CAP не перетинається зі спектром КТЧ і не містить високочастотних складових.

Найбільш перспективною на сьогодні вважається модуляція TC-PAM. Суть цього методу кодування полягає не тільки в збільшенні числа рівнів (кодових станів) з 4 (як в 2B1Q) до 16, але і в застосуванні спеціального кодування, що забезпечує випереджаючу корекцію помилок. Цей засіб корекції помилок (Trellis Coding) був детально відпрацьований для аналогових модемів. Спектр сигналу TC-PAM вузький від сигналу 2B1Q, тому наведення на системи, що працюють по сусідніх парах, будуть значно нижчими. Відсутність у спектрі достатньо високих частот дозволяє збільшити дальність роботи системи TC-PAM на 15–20 % за фіксовану швидкість, порівнюючи з системами з 2B1Q. При фіксації довжини лінії застосування цієї модуляції дає вираш у швидкості передачі даних до 35–45 %.

Щодо практичного застосування цих технологій кодування, то TC-PAM є відносно новою модуляцією і тому ще недостатньо розповсюдженою. Найбільш поширеними залишаються технології xDSL з модуляцією CAP та 2B1Q. Незважаючи на те, що модуляція CAP є більш розвинутою з технічного боку, в деяких регіонах (Західна Європа та Америка) найбільш розповсюдженими залишаються технології з 2B1Q. Це зумовлено невеликою довжиною абонентських ліній в цих регіонах та їх високою якістю, а також низькою вартістю мікросхем для 2B1Q. Для країн Східної Європи, зважаючи на велику довжину абонентських та з'єднувальних ліній та їх низьку якість, слід віддати перевагу технологіям xDSL з модуляцією CAP, яка не чутлива до більшості зовнішніх завад.

6.3.4. Організація каналів даних з використанням технології xDSL

Використання в технологіях xDSL широкого спектра частот дозволяє підвищити швидкість передачі цифрової інформації та покращити її якість, але обмежує застосування цих технологій по лініях, які комутуються. Застосування xDSL можливе тільки на ділянці між абонентом та вузлом мережі передачі даних (при вирішенні задачі доступу в Інтернет — маршрутизатором TCP/IP), між двома абонентами або двома локальними мережами без участі АТС. На рисунках 6.14–6.16 наведено схеми організації каналів даних з використанням технологій xDSL.

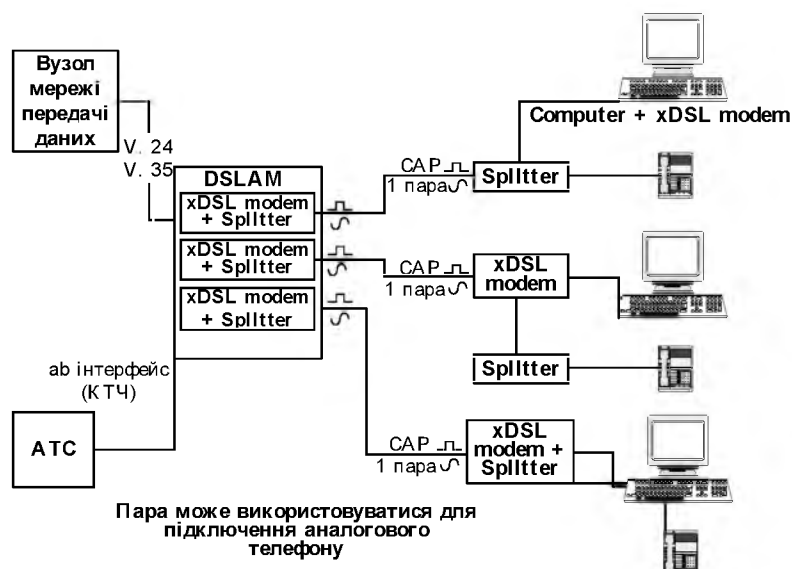


Рис. 6.14. Організація швидкісних каналів «дані над голосом»

Обладнання, що знаходиться в абонента, може бути у вигляді плати xDSL, яка монтується в комп'ютер, або зовнішнього модема (рис. 6.14). Залежно від технології для можливості одночасного ведення телефонної розмови і передачі даних може знадобитися встановлення сплітера в абонента (рис. 6.14). Деякі модеми можуть мати вмонтований сплітер. До речі, вже існують технології, які не потребують встановлення сплітера на абонентському боці, наприклад, технологія CDSL (Consumer DSL). Виняток складає технологія PDSL, в якій взагалі не передбачена підтримка аналогових ліній. Ця технологія реалізує інтерфейс BRI- ISDN, де здійснення телефонного зв'язку передбачається цифровими каналами ISDN. Необхідність встановлення сплітера відпаде, якщо використовувати модеми, що побудовані за принципом «голос + дані» (рис. 6.15).

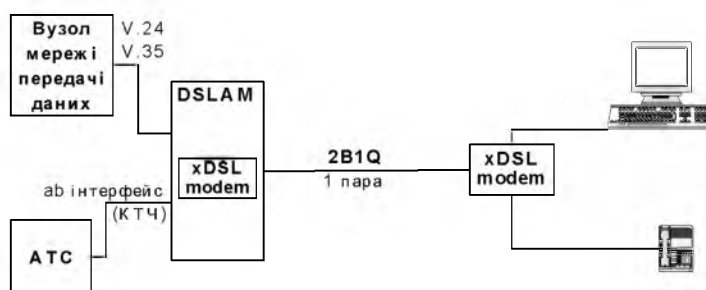


Рис. 6.15. Організація швидкісних каналів «голос+дані»

На боці постачальника послуг розташовані мультиплексори цифрових абонентських ліній DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), що називаються також концентраторами навантаження (рис. 6.14). DSLAM являє собою модемний пул, який виконано у вигляді модульного конструктива, де в шасі встановлюються одноканальні чи багатоканальні модеми xDSL. Як правило, DSLAM мають рідинно-кристалічний дисплей для зручності конфігурування та діагностики. Звичайно DSLAM мають у своєму складі вмонтований сплітер (для технологій, що використовують модуляцію CAP), де відбувається розділення сигналів за спектром. Мовний сигнал направляєтся по каналу тональної частоти на АТС для подальшого обслуговування. Цифрова інформація потрапляє на вузол мережі передачі даних, де може знаходитись маршрутизатор TCP/IP, комутатор АТМ, сервер комутованого цифрового відео, сервер локальної мережі та ін. Слід звернути увагу на те, що обладнання xDSL на сьогодні слабо стандартизовано, тому не допускається використання різних модемів на абонентській стороні та на стороні постачальника послуг.

Технології xDSL застосовуються не тільки для організації абонентського доступу до мереж передачі даних, але й для об'єднання локальних мереж віддалених офісів (рис. 6.16). Якщо довжина прямого провідника перевищує допустимі значення, то по трасі цього прямого провідника встановлюються регенератори. При цьому в місцях, де прямий провідник проходить через кроси кількох АТС, регенератори

встановлюються в приміщеннях цих кросів. Регенератори можуть бути змонтовані також у розподільчих шафах. Слід зазначити, що не всі технології дозволяють використовувати регенератори, тому на етапі вибору однієї з них потрібно врахувати відстані, на яких планується використання xDSL.

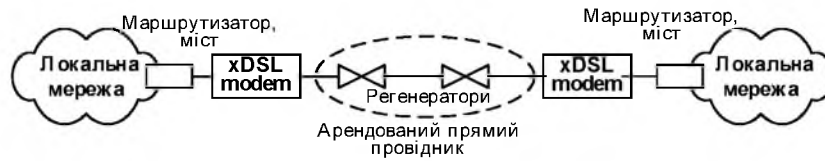
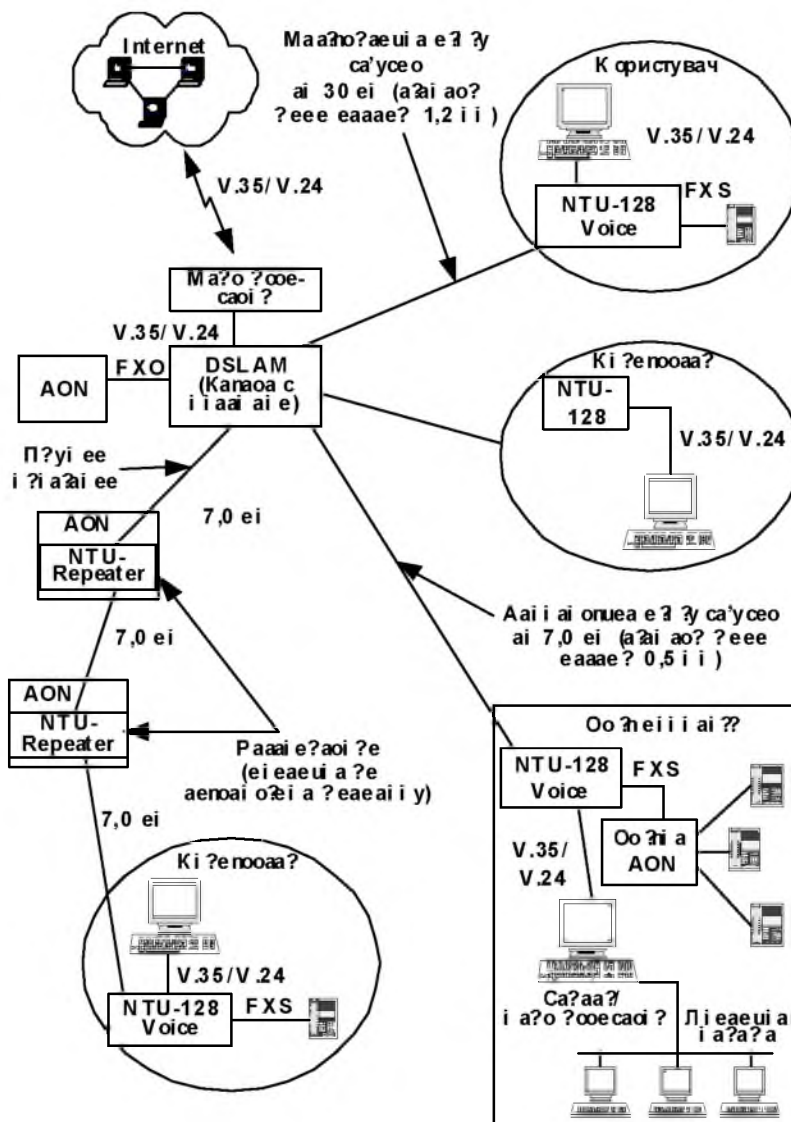


Рис. 6.16. Застосування технологій xDSL для об'єднання локальних мереж

На рисунку 6.17 наведено узагальнену схему організації мережі доступу з використанням модемів NTU-128 Voice платформи FlexGain. Використання цього модема дозволяє постачати абоненту потік 128 кбіт/с або комбінацію потоку даних 64 кбіт/с і аналогового інтерфейса для підключення звичайного телефону, тобто реалізує підхід «голос + дані». Модем працює по двопривідниковій фізичній лінії. Дистанція, на яку працює підсистема NTU-128, тобто відстань між станційним і абонентським модемами, практично необмежена завдяки наявності лінійних регенераторів. Модем NTU-128 Voice реалізує інтерфейс користувача V.24 (DB25) чи V.35 (MRAC34), аналогові інтерфейси FXO (Foreign Exchange Office — станційний інтерфейс) чи FXS (Frequency Exchange Subscriber — абонентський інтерфейс). На рисунку 6.17 наведено максимально припустимі значення довжин ліній, на які розрахована конкретно ця модель модемів. При використанні інших моделей (іншої фірми виробника або іншої технології)



загальний принцип організації мережі доступу залишається незмінним, за винятком конкретних значень допустимої довжини абонентської та магістральної лінії, можливості використання регенераторів і, можливо, необхідності сплітера. При побудові мереж слід звернути увагу на те, що деякі модеми будуть розраховані на використання не тільки однієї пари, а двох чи трьох з метою підвищення швидкостей обміну даними. Значення максимально припустимої довжини лінії залежатиме від обраної технології xDSL, необхідної швидкості та діаметра мідних жил, на яких передбачається побудова мережі доступу. Причому зростання швидкості, що потрібна абонентові, вимагає використання провідників з більшим діаметром жил та зменшує максимально припустиму довжину лінії.

6.3.5. Системи абонентського радіодоступу.

Загальні положення. Застосування САРД в окремому приміщенні

Системи абонентського радіодоступу (САРД) часто називають системами безпроводникового доступу, або просто: безпроводниковими технологіями. Слід зазначити, що розглянуті вище сотові та транкінгові системи також забезпечують абонентам радіодоступ до мережі зв'язку загального використання, але за ними закріпилась назва «системи рухомого (мобільного) зв'язку». Основне їх призначення полягає у забезпеченні рухомих абонентів обміном мовної інформації. Всі інші їх функції: передача коротких повідомлень (SMS), доступ до Internet, обмін даними та ін., є додатковими. Крім того, сотові та транкінгові системи побудовані таким чином, щоб забезпечити надійний зв'язок з абонентом, який досить швидко рухається. Якраз останнє є головним чинником при виборі структури сигналів, параметрів прийомопередавачів та технології інформаційного обміну сотових та транкінгових систем. На відміну від останніх, САРД найчастіше виконують роль заміника провідників на окремій ділянці в лініях зв'язку та в локальних мережах, хоча часто їх застосовують і для значно ширших і вже не зовсім локальних задач. У літературі зустрічаються й інші назви САРД: Radio-Ethernet, Radio-LAN, бездротовий xDSL, радіомодеми та ін.

Існує кілька технічних рішень побудови систем абонентського радіодоступу, які мають на меті задовольнити ті чи інші потреби абонентів. Ці рішення можна звести до чотирьох основних методів використання САРД:

- для радіодоступу в окремому приміщенні;
- для радіодоступу в офісі;
- для радіодоступу в мікрорайоні;
- для радіодоступу в приміській зоні.

Розглянемо окремо призначення та особливості застосування цих методів, технічні рішення та характеристики, які досягаються при реалізації даних методів.

Важливою перевагою радіодоступу, порівняно з доступом по кабелю, є:

- швидкість та оперативність надання абонентам відповідних послуг зв'язку;
- зручність для абонента при користуванні тим чи іншим терміналом: абонентською станцією, персональним комп'ютером та ін;
- значно менші витрати на виконання робіт по наданню послуг;
- капітальні витрати на створення мережі радіодоступу зменшуються в 1,5–2 рази;
- досить просто і гнучко відбувається розширення мережі;
- кількість порушень на лінії зв'язку «станція-абонент» скорочується, бо зменшується кількість механічних контактів на цій лінії;

Поряд з перевагами в цих системах є і недоліки, головними серед яких є:

- наявність проблеми електромагнітної сумісності (ЕМС), що виникає в результаті відкритості ефіру. Слід зазначити, що ця проблема виникнення небажаних сигналів та завад постає навіть у радіоелектронних системах, де дуже добре сплановано використання радіочастотного спектра. Причому проблема ЕМС постає дедалі складнішою відносно її розв'язання. Суть цієї проблеми в тому, що випромінювання однієї системи може створити небажану дію в другій, для якої це випромінювання не призначалось. Особливо важка електромагнітна обстановка в угрупованнях радіоелектронних засобів, наприклад: на літаках, кораблях, у ділових та культурних центрах. Небажані сигнали та завади можуть призвести до збоїв у роботі комп'ютерів, засобів зв'язку, телевізорів та інших пристроїв;
- оскільки параметри радіосигналів випадково змінюються в часі, наприклад за рахунок того, що хтось переміщується поблизу абонента, то можлива раптова втрата радіоконтакту з цим абонентом;
- відкритість радіоефіру надає змогу несанкціонованого доступу до лінії зв'язку, а, відповідно, і доступу до важливих файлів у комп'ютері абонента, що призведе до витоку інформації, або від вашого імені можуть виконати ті чи інші небажані дії (скористатись міжміським зв'язком тощо).

Слід зазначити, що всі ці недоліки можна або ліквідувати, або врахувати тим чи іншим вибором параметрів приладів, сигналів або режимів функціонування. На вирішення цих недоліків направлені основні