

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Стаття присвячена детальному розгляду однієї із перспективних технологій телекомунікацій яка отримала назву вирішення проблеми останньої милі. Приведено типові схеми побудови мереж доступу, наведено опис технічних особливостей та характеристики обладнання.

Article is devoted to a detailed review of one of the promising technologies of telecommunications which was called last mile problem. Are given typical chart of access networks, a description of technical features and performance equipment.

Ключові слова: технології телекомунікації, мережі доступу, ISDN.

Вступ

Розвинені країни за останні п'ять років майже вдвічі підвищили рівень цифровізації телефонної мережі. У країнах, що розвиваються, і навіть у малорозвинених з телефонною щільністю 5-7 % рівень цифровізації часом досягає 80 % завдяки тому, що їх мережі розвиваються виключно на сучасному цифровому обладнанні, яке забезпечує високу якість послуг.

В Україні стан телефонних мереж загального користування загалом незадовільний: низький рівень цифровізування (за винятком міжміської мережі); переважна частина аналогового обладнання значною мірою відпрацювала свій ресурс; розмаїття типів обладнання утруднює централізацію технічної експлуатації і призводить до значних експлуатаційних витрат.

Міжміська телефонна мережа у перспективі має злитися зі швидкісною транспортною мережею АТМ. У першу чергу треба демонтувати аналогові АМТС і ВАК з перемиканням їх навантаження відповідно на існуючі цифрові ОПТС і встановлювані магістральні комутатори АТМ.

При реконструюванні телефонної мережі сільських районів слід на базі однієї цифрової системи комунікації, причому усі типи цих систем повинні мати спільно-каналну систему сигналізації і бути здатними забезпечувати широкосмугову комутацію та стики з транспортною мережею АТМ.

Таким чином здійснюватиметься поетапне гнучке нарощування цифрових зон і абонентської ємності мережі з поступовим зняттям з експлуатації аналогової техніки, що дасть змогу створити цифрову ТМСП і надавати сучасні послуги зв'язку гарантованої якості всім мешканцям району (швидкісний доступ до мережі Intheternet, електронну пошту, послуги ISDN).

Вузкосмугова цифрова мережа з інтеграцією служб ISDN – це цифрова телефонна мережа, частині абонентів якої надається можливість використання двох або 30 комутованих каналів типу В (64 кбіт/с) для обміну різноманітною аудіовізуальною інформацією і даними, відповідними певним службам мережі. Можливе передавання телефонної, відеотелефонної, факсимільної (факс групи 4) та іншої інформації.

Метою роботи є детальний розгляд аспектів сучасної інтерпретації мереж ISDN, та їх роль і місце у тенденціях розвитку телекомунікаційних технологій.

Основна частина. Мережі доступу

Опишемо коротко мережі доступу і дамо необхідні пояснення термінів і визначень, що зустрічаються в статтях, присвячених даній темі. Поняття мережі доступу (МД) зазвичай асоціюють з мережею абонентського доступу, розуміючи під цим лінію доступу абонента до найближчої АТС, або абонентську лінію (АЛ). У цьому сенсі термін АЛ еквівалентний поняттю остання миля (ОМ, або LM – Last Mile), тобто ділянки мережі зв'язку від АТС до кінцевих пристроїв (КП) абонента [1]. Враховуючи, що АТС – це вузол мережі загального користування, або телефонної мережі загального користування (ТФЗК), тоді МД – це первинна мережа нижнього рівня, що живить вузли ТФЗК.

Абонент, що використовує АЛ, міг спочатку отримати від ТФЗК послуги телефонного та факсимільного зв'язку або послуги передачі даних (за допомогою аналогового модему з можливим виходом на локальну та корпоративну мережу або мережу Інтернет). В обох випадках цифровий еквівалент його каналу був обмежений швидкістю передачі 64 кбіт / с.

З появою технології цифрової мережі інтегрованого обслуговування (ISDN), використовуючи ту ж АЛ, вдалося розширити послуги, допускаючи одночасну передачу голосу і даних, відеоконференцзв'язок і мультимедіа. Цифровий еквівалент каналу абонента, завдяки використанню швидкості базового доступу вузкосмуговою ISDN (2x64 кбіт/с), розширився до 144 кбіт/с.

З появою широкосмугового варіанту ISDN послуги були розширені до передачі рухомих відеозображень, а цифровий еквівалент каналу абонента розширився до 2 Мбіт/с, використовуючи швидкості первинного доступу ISDN. Впровадження ISDN дозволило широко використовувати на АЛ цифрові модеми, що працюють на швидкості передачі $n \times 64$ кбіт/с (так звані дробові швидкості FE1) аж до 2048 кбіт / с (первинна швидкість E1 ієрархії PDH). З появою стільникових систем зв'язку виникли мережі радіодоступу (МРД), які за допомогою абонентської радіолінії (АРЛ) з'єднувалися з вузлом ТФЗК

(наприклад, АТС), де був встановлений BSC – контролер базової станції (КБС) радіодоступу. Спектр ПОМ мережі радіодоступу в даний час практично той же, що і в абонентів з АЛ ISDN.

Нарешті, розвиток пасивних оптичних мереж (ПОМ) і використання оптичного волокна (ОВ) на останній милі призвело до створення оптичної мережі доступу (ОМД), яка підключається до вузлів ТФЗК через оптичну абонентську лінію (ОАЛ), і використання встановлених на вузлах кінцевого пристрою оптичної лінії (OLT). Спектр ПОМ послуг ОМД є найбільш широким серед усіх ПОМ мереж доступу (і включає аналогове і цифрове відео) завдяки фактичній відсутності обмежень на смугу пропускання (BW) оптичного середовища передачі. На ОАЛ працюють оптичні модеми (ОМ), звані також оптоволоконними конверторами (ОВК, або FLC), так як вони беруть електричний сигнал і конвертують його в оптичний для передачі в лінію зв'язку [2].

Отже, відповідно до публікації [1], схема організації мережі доступу спочатку мала вигляд, представлений на рис. 1.

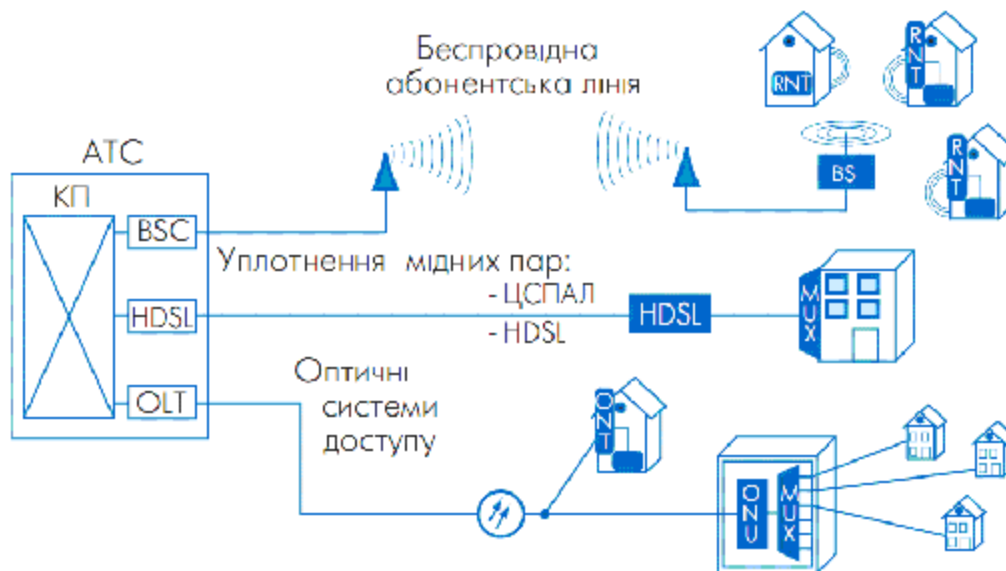


Рис. 1. Традиційний варіант організації мережі доступу у вигляді кільця

Однак в якості вузла, що живиться мережею доступу, може виступати не тільки АТС мережі ТМЗК, але і мультиплексори мереж SDH і WDM. Тоді як пристрої доступу, що живлять ці мережі, можуть бути не тільки перераховані вище пристрої (які мають стандартний для глобальних мереж (WAN) інтерфейс G.703), але і власне АТС, які можуть використовувати як інтерфейс G.703, так і інтерфейси мережі доступу до АТС V5.1/V5.2.

Пристроєм доступу може бути і так званий "гнучкий" мультиплексор (ГМ). "Гнучкість" його в тому, що він має широкий набір інтерфейсів, достатній для підключення будь-якого ("аналогового" або "цифрового") абонента до мережі ТМЗК або WAN. Його "абонентами" можуть бути пристрої локальних мереж (ЛОМ), включаючи ПК, мереж X.25 і ISDN, а також ТФЗК. Для мультиплексорів SDH більш високого рівня, наприклад STM16 (швидкість передачі 2,5 Гбіт / с), в якості "пристрою" доступу може виступати і автономна локальна мережа доступу, організована SDH / CWDM (розріджені WDM) з мультиплексорами SDH STM1 / 4 нової генерації або мультиплексорами CWDM, оснащеними більшим набором інтерфейсних карт. У цьому випадку джерелами, що живлять такі мережі доступу, можуть бути: АТС і установчі АТС (ВАТС) з трафіком E1/E3 (2 / 34 Мбіт / с); гнучкі мультиплексори (концентратори) з трафіком $n \times 64$ кбіт / с або E1; ЛВС з трафіком Ethernet 10 / 100/1000 Мбіт / с; корпоративні мережі з трафіком FrameRelay або ATM; гібридні волоконно-коаксіальні мережі (ГВКС) з кабельними модемами (КМ) і прямим / зворотним трафіком типу відео на вимогу / дані [3] і, нарешті, розгалужені ПОМ з трафіком ПОМ останньої милі і зворотного каналу ГВКС.

З урахуванням усього сказаного сучасна схема організації мережі доступу може мати вигляд, показаний на рис. 2. Ця мережа (стосовно до обладнання компанії RAD Data Communications) більш докладно описана в статті [4].

Особливості проектування мереж ADSL

Більшість використовуваних в даний час мідних телефонних ліній прокладалися саме для забезпечення нормального телефонного зв'язку (і тільки для цього). Тобто, якщо говорити простіше, з метою передачі голосу. Ті, хто хотів і хоче передавати дані по комутованих телефонних лініях, повинні були придбати (і купують до сих пір) модем, що дозволяє конвертувати дані в аналоговий формат і передавати їх по телефонній лінії. Але, необхідність жити і вести свій бізнес у сучасному світі, значно підняли планку вимог до телекомунікацій, неминуче виливається в необхідність використання відповідних технічних можливостей. Все більша кількість користувачів віддає перевагу технологіям DSL (зокрема, ADSL), що дозволяє використовувати існуючу кабельну телефонну мережу для швидкої, економічної та надійної передачі даних.

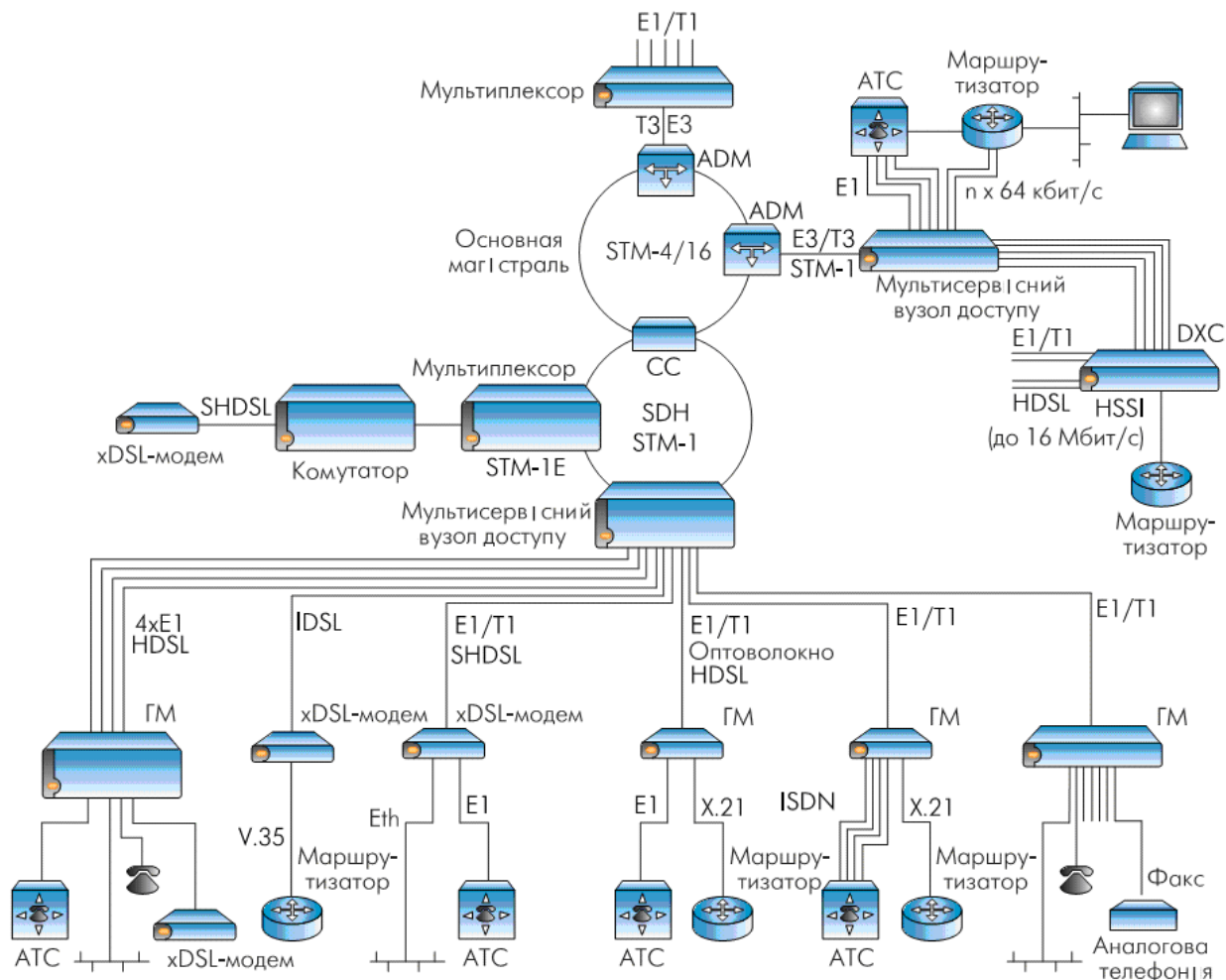


Рис. 2. Сучасна схема організації мережі доступу

Втім, використання навіть найсучасніших технологій ні в якій мірі не зводить до нуля потреба в традиційному спілкуванні по телефону. На щастя, технологія ADSL дозволяє одночасно і передавати дані, і говорити по телефону, використовуючи одну і ту ж (у багатьох випадках єдину) телефонну лінію. Доступна смуга пропускання мідного телефонного кабелю розділяється на дві, скажімо м'яко, нерівні частини – частоти до 4 кГц використовуються для традиційного телефонного зв'язку, а вся інша смуга використовується для високошвидкісної передачі даних (рис. 3). Використання нових можливостей мідного телефонного кабелю рівноцінно виявлення нової золотої (або мідної, що більше підходить до нашого випадку) жили на давно покинутому руднику. Голос і дані об'єднуються на абонентській стороні лінії і поділяються на станційної боці тієї ж лінії (і навпаки) за допомогою спеціальних поділяють пристроїв – спліттерів (splitter) або частотних роздільників (які ми надалі будемо називати ЧР).

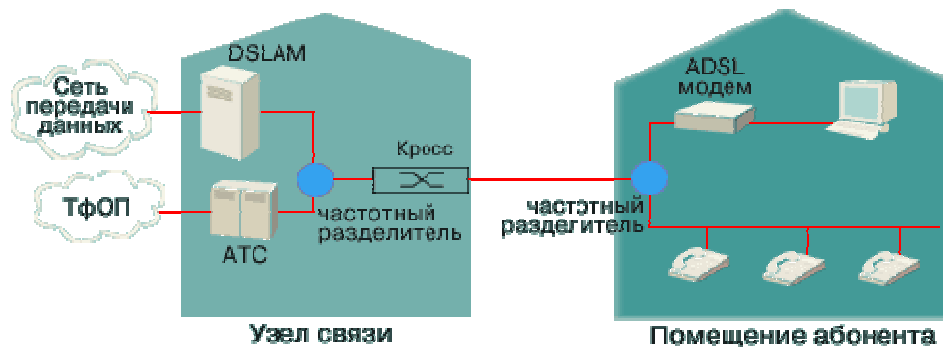


Рис. 3. Використання частотних роздільників на лініях ADSL

Впровадження нової надбудови на старому базисі неминує вимагає вирішення як технічних, так і організаційних питань. З технічного боку розширення використання телефонної лінії змінює не надто багато. Об'єднуються на абонентській стороні лінії голос і дані передаються на станцію, де успішно розділяються. Голосовий сигнал прямує на комутаційне обладнання телефонної станції, а дані передаються на мультиплексор доступу DSL і потім в мережу передачі даних. З питаннями організаційними все набагато

складніше. Добре, якщо оператор місцевого зв'язку, який зазвичай є власником кабельної телефонної мережі, сам стане надавати послуги високошвидкісної передачі даних. Тоді і обладнання, і відповідальність за його справне функціонування цілком ляжуть на його плечі. Можливо, цей оператор не візьме на себе тягар надання нових послуг, але буде досить розважливий, щоб за певну винагороду допустити до своїх покладів міді інших операторів. Тоді комутаційне устаткування телефонного зв'язку та обладнання передачі даних будуть належати різним власникам (а кому буде належати ЧР, ще належить з'ясувати). І хто буде у відповіді перед абонентом – от у чому питання.

Одночасне використання абонентської телефонної лінії для традиційного телефонного зв'язку і для високошвидкісної передачі даних завжди висувалося і висувається в число найголовніших переваг технології ADSL. Одним з ключових пристроїв цієї технології і є ЧР, вже згадуваний вище кілька разів.

Насправді ЧР представляє собою звичайне електронний пристрій – фільтр, що має три порти. Деякі виробники пропонують активні ЧР іноді навіть вбудовані в модем. Проте при використанні такого ЧР аварія електроживлення або відмова модему приведуть до втрати телефонного зв'язку. Пасивний ж ЧР підтримує функціонування телефонної лінії навіть тоді, коли несправний модем, тому що традиційний телефонний апарат отримує харчування постійного струму по абонентській телефонній лінії. ЧР включає в себе фільтр нижніх частот і фільтр верхніх частот. Фільтр верхніх частот представляє собою комбінацію пристроїв, що знаходяться на ЧР і модемі ADSL (зазвичай розділові по постійному струму конденсатори). Фільтр нижніх частот, призначений для виділення голосового каналу, як правило, знаходиться на самому ЧР. Однією з основних функцій ЧР є фільтрація імпульсних перешкод, створюваних телефонним апаратом і комутаційним устаткуванням телефонної станції і здатних перешкодити нормальній роботі модему. З іншого боку здійснюється фільтрація високочастотного сигналу модему ADSL, який може знизити якість роботи традиційного телефонного зв'язку. Більшість використовуваних на практиці ЧР – пасивні. Це пояснюється їх більш високою надійністю, яка вкрай необхідна для забезпечення надійної телефонного зв'язку.

Незважаючи на уявну простоту виконуваних ЧР функцій, тільки добре продумана його конструкція дозволяє отримати максимально високі характеристики всієї системи. Фільтр низької якості може добре працювати в одній смузі частот, в той же час значно погіршуючи всі характеристики системи в іншій частотній смузі. Простий приклад. Якщо фільтр нижніх частот, призначений для виділення голосового каналу, має занадто низьку граничну частоту, він може негативно вплинути на характеристики факсимільного апарату або модему V.90, знизивши, наприклад, швидкість передачі даних. Якщо ж неправильно підібрані розділові конденсатори фільтру верхніх частот, це може певною мірою зменшити робоче відстань модему DSL.

Робочі параметри системи визначаються наступними характеристиками ЧР (рис. 4):

- Мінімальним внесеним загасанням в діапазоні частот 0 – 4 кГц і максимальними зворотними втратами в тому ж частотному діапазоні;
- Особливостями характеристики в перехідній смузі частот (4 кГц – 16 кГц);
- Максимальної симетрією лінії;
- Плоскою амплітудно-частотною характеристикою в діапазоні голосових частот і діапазоні ADSL;
- Узгодженням імпедансу портів у всьому діапазоні використовуваних частот;
- Максимальної ізоляцією між портами;
- Мінімальною затримкою сигналу в робочому діапазоні частот;
- Опором по постійному струму кожного тракту передачі сигналу;
- Використанням відповідних конденсаторів, включаючи компенсацію перенапруги через наявність індуктивності між контактами роз'єму;
- Граничними частотами, необхідними для підтримки факсимільного зв'язку та роботи модему V.90.

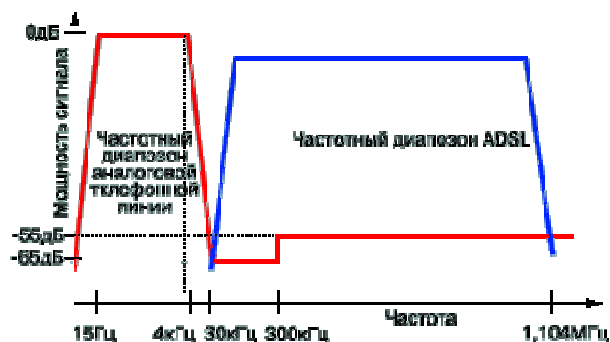


Рис. 4. Приклад поділу спектру голосового сигналу і ADSL по ANSI T1.413

Не слід думати, що вибір відповідного ЧР – це гранично просте завдання. В обов'язковому порядку повинні враховуватися всі технічні стандарти, використовувані в місцевого телефонного зв'язку, а також технічні характеристики кабельної мережі.

Перед тим, як вибрати ЧР, необхідно точно знати, з кабелями якого типу і якими типами абонентських телефонних ліній доведеться мати справу. Використання ЧР неправильно обраного типу на

певних абонентських лініях на кабелях з паперовою ізоляцією, наприклад, може призвести до появи серйозних затримок. Крім того, перед тим, як замовити ЧР, необхідно чітко зрозуміти і ті обмеження, які має обладнання DSL. Неправильний вибір може призвести до появи в ланцюзі вашої системи відверто слабкої ланки. При використанні пасивного ЧР має бути вибрано оптимальне співвідношення між внесеним загасанням і зворотними втратами. Якщо загасання, що вноситься фільтром нижніх частот у частотному діапазоні xDSL, буде низьким, це може призвести до появи таких проблем, як перехресні перешкоди в тракці xDSL. Низькі зворотні втрати (особливо це відноситься до діапазону звукових частот) можуть призвести до погіршення робочих характеристик факсу або модему V.90. Зазвичай внесене згасання вважається більш важливим параметром в порівнянні із зворотними втратами. Можливість досягнення високої швидкості передачі даних в діапазоні DSL, безсумнівно, переважає деяке погіршення характеристик в області звукових частот. Невелике зменшення швидкості передачі даних модему V.90 набагато менш помітно, ніж погіршення характеристик xDSL.

Приклади ADSL спліттерів приведено на рис. 5.



Рис. 5. Типові представники спліттерів на ринку телекомунікаційного обладнання [4-6].

Повернувшись до питань організаційним, слід враховувати, що консервативні оператори місцевого телефонного зв'язку, які десятиліттями займалися тільки телефонним зв'язком і нічим більше, очевидно захочуть залишити контроль над розділовим обладнанням за собою. Адже тільки це дозволить їм гарантувати якісне надання саме своїх послуг і зберегти контроль над усією абонентською телефонною лінією, від телефонного апарата абонента до комутаційного устаткування телефонної станції. Що ж стосується операторів, що надають послуги передачі даних по абонентській телефонній лінії, то для них вигоди від наявності доступу до ЧР не так однозначні.

З одного боку, не завжди зручно (як для оператора, так і для його користувачів) чекати реакції місцевих операторів у випадку будь-якої несправності або при необхідності внесення будь-яких змін. Контроль над ЧР означає ще й легкий доступ до тестування, яке необхідне для попередньої перевірки абонентських ліній (без цієї перевірки впровадження високошвидкісних технологій на кабельній телефонній мережі втратить велику частку ефективності), обслуговування і пошуку несправностей. Саме це може привернути операторів передачі даних. Але зворотним боком медалі залишається відповідальність за всі сигнали, які проходять через ЧР. Крім того, тестування вимагає значних капітальних вкладень в устаткування, що прийнятно не для кожної компанії.

З іншого боку, не на останньому місці стоїть і питання відповідальності за якісну роботу телефонного зв'язку. Наявність справної телефонного зв'язку дуже часто є питанням життя або смерті. Оператори місцевого зв'язку, зваливши на себе вантаж надання послуг телефонного зв'язку, беруть на себе цю відповідальність як частину своєї діяльності. Коли ж повний або частковий контроль переходить до іншого оператора, останній повинен розділити і цю відповідальність.

Зважаючи на світовий досвід, найбільш доцільним для цих операторів є відмова від контролю над ЧР на користь оператора телефонного зв'язку в обмін на договір про швидке реагування на всі виникаючі заявки про несправності. На жаль, в нашій країні покласти будь-які додаткові обов'язки на місцевих операторів досить складно і платити за все буде той, хто пропонує нові послуги.

Висновки

З усього вищевикладеного можна зробити висновок, що ЧР, який використовується при установці систем ADSL, не є предметом масового споживання, а вимагає ретельно продуманого підходу в кожному випадку установки. Крім того, він робить істотний вплив на технічні та організаційні аспекти використання телефонних кабельних ліній.

В міру впровадження систем високошвидкісної передачі даних на абонентській кабельній мережі на станції буде встановлюватися все більша кількість обладнання, тому через якийсь час виникне питання браку місця для його установки. Чим більше портів має ЧР, тим менше місця в сумі буде займати обладнання; тому при виборі ЧР слід враховувати кількість портів кожного пристрою.

Використання обладнання повинно відповідати прийнятим стандартам. На практиці часто доводиться стикатися з кабельними лініями, прокладеними десятки років тому. Тому використання

обладнання, що відповідає всім необхідним стандартам (а краще перевищують ці стандарти), приносить набагато менше головного болю.

Технологія ADSL дозволяє системі адаптуватися до умов роботи. Вона реагує на різноманітні негативні зовнішні впливи, наприклад, на шуми, зниженням швидкості передачі даних. Чим менше дія ЧР надає на сигнал, тим більше високими будуть характеристики системи. Більш високі характеристики означають збільшення робочої відстані, а значить отримання можливості обслуговування віддалених абонентів, що розширює ринок надання послуги високошвидкісної передачі даних. Хто економить на дрібницях – той програє в цілому.

Література

1. Денисьєва О. М. Средства связи для "последней мили"/ Денисьєва О. М., Мирошников Д. Г. – М.: ЭкоТрендз, 1998.
2. Слепов Н. Н. Англорусский толковый словарь сокращений в области связи, компьютерных и информационных технологий. 3е перераб. и доп. изд./ Слепов Н. Н. – М.: Радио и связь, 2005.
3. Дмитриев С. А. Гибридные волоконнокоаксиальные сети. – В кн.: Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы./ Дмитриев С. А., Ермилов А. Л., Слепов Н. Н. – 2е изд., перераб. и доп. Сб. статей под ред. Дмитриева С.А. и Слепова Н.Н. – М.: АО"ВОТ", 2005. – С. 535-555.
4. Истратов С.. Последняя миля – решения от производителя / Истратов С. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2005. – № 8. – С. 16-18.
5. RAD Data Communications. 2005 Каталог.
6. Самарин А. Современный мультиплексор для телекоммуникационных сетей. ГМ2, ваш выход! / Самарин А. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2003. – № 7. – С. 21– 28.

Надійшла до редакції
22.06.2010.