

Рис. 7.17. Концептуальна модель ІN

Перший рівень — площина послуг SP (Service Plane) зображує погляд на ІN виключно з точки зору послуг. Тут відсутня інформація про те, як саме відбувається надання послуг мережею, а тільки змальовується послуга як сукупність атрибутів (Service Feature — SF).

Другий рівень — глобальна функціональна площина GFP (Global Functional Plane) змальовує можливості мережі, що необхідні розробникам для впровадження послуг. Тут мережа розглядається як єдине ціле, надаються моделі обробки виклику (Basic Call Process — BCP) та незалежних від послуг конструктивних блоків (Service Independent Block — SIB), які взаємодіють між собою через точки ініціації та завершення (POI, POR).

Третій рівень — розподілена функціональна площина DFP (Distributed Functional Plane) змальовує функції, які реалізуються вузлами мережі. Тут мережа розглядається як сукупність функціональних елементів (Functional Element — FE), що породжують інформаційні потоки (Information Flow — IF).

Четвертий рівень — фізична площина PP (Physical Plane) змальовує вузли мережі — фізичні об'єкти (Physical Entities — PE), функціональні елементи, що їх складають, та протоколи взаємодії.

## 7.8. Технологія АТМ — асинхронний режим переносу інформації

### 7.8.1. Загальна характеристика технології АТМ

Велика заслуга у швидкому розвитку технології АТМ (Asynchronous Transfer Mode) належить МСЕ-Т, Європейському інституту стандартів в галузі телекомунікацій (ETSI), Американському національному інституту стандартів (ANSI) та Форуму АТМ. Вони виконують актуальну роботу з розробки архітектури В-ІSDN на технології АТМ, еталонної моделі протоколів, визначення основних функцій: фізичного рівня, рівня АТМ, рівня адаптації АТМ та вищих рівнів, а також взаємодії з В-ІSDN нині існуючих мереж і служб.

Експерти МСЕ-Т прийшли до висновку про використання пакетів фіксованої довжини. Було також прийнято рішення використовувати інше найменування, відмінне від терміна «пакет», щоб підкреслити прийняту фіксовану довжину. Була схвалена назва «чарунка» (cell).

При ухваленні рішення про використання пакетів постійної довжини необхідно було вибрати їхній розмір. На вибір довжини чарунки вплинули такі основні фактори:

- ефективність використання пропускної здатності цифрових трактів;
- затримка при заповненні пакета інформацією користувача (затримка при пакетизації), затримка в черзі, затримка на депакетизацію і коливання цих затримок (джитер);
- складність реалізації.

Європейські вчені виступали за розмір чарунки в 32 октети з метою усунення ехоподавачів при передачі мови, а вчені США та Японії пропонували чарунку розміром у 64 октети для досягнення більшої ефективності використання цифрових трактів. Був досягнутий компроміс, і довжина чарунки дорівнює 53 октетам.

Таким чином, це дозволило розробити архітектуру моделі ретрансляції чарунок ATM. Функція комутації чарунок займає проміжне місце між функцією передачі та функцією адаптації потоку інформації до структури чарунки. Архітектура тривірневої моделі являє собою:

- рівень ATM, що відповідає за мультиплексування та комутацію чарунок;
- фізичний рівень, який адаптує чарунки до середовища передачі;
- рівень адаптації ATM, що називається AAL (ATM Adaptation Layer), який адаптує потоки інформації до структури чарунок.

Наявність великого числа служб та необхідність підтримки кількох типів інформаційних потоків з різними статистичними характеристиками в рамках однієї служби поставили проблему розробки нових мережних технологій в області методів передачі та комутації, основаних на принципі динамічного керування єдиними мережними ресурсами.

Найбільш повно задовольняються вимоги користувачів послуг зв'язку, та одночасно реалізується ідея динамічного керування єдиними мережними ресурсами (на всіх рівнях транспортної системи) у мережі, побудованої на базі волоконо-оптичного середовища передачі і при реалізації технології ATM для передачі усіх видів інформації методом швидкої комутації пакетів та асинхронного часового поділу ресурсів, при якому безліч віртуальних з'єднань з різними швидкостями асинхронно мультиплекуються в єдиному фізичному каналі зв'язку — цифровому тракті. Це дозволяє забезпечити в цифровій мережі при реалізації технології ATM виконання таких функцій:

- підтримку інтерактивних служб розподілу інформації, виконання вимог до імовірності блокування та часу доставки інформації;
- підтримку режимів із встановленням і без встановлення з'єднання між абонентами;
- передачу як безперервного, так і пачкового трафіка (навантаження), який дозволяє завдяки мультиплексуванню ефективніше використовувати мережні ресурси;
- перетворення сигналів та форми повідомлень у середині мережі на базі цифрової обробки сигналів;
- формування різних мережних конфігурацій (двоточкових, багатоточкових, а також різноманітних їх модифікацій).

Технологія ATM надає операторам мереж такі унікальні можливості:

- забезпечує високу гнучкість та адаптує мережі як до зміни рівня вимог користувачів до якості обслуговування, так і появи нових служб, вимоги яких до семантичної і часової прозорості мережі ще чітко не визначені;
- підвищує ефективність використання мережних ресурсів;
- знижує витрати на проектування, будівництво та експлуатацію мережі.

Переваги технології ATM, яка дозволяє створити широкопasmові мережі інтегрального обслуговування, були оцінені, насамперед, виробниками обчислювальної техніки та обладнання обчислювальних мереж, тому що вони дозволяють вирішити багато проблем високошвидкісної передачі даних та впровадження високоякісного мультимедіа.

При застосуванні технології ATM ефективність використання магістральних цифрових трактів порівняно з методом комутації каналів при однаковій якості зв'язку зростає не менше, ніж у 2,5...3 рази. Резерв пропускної здатності цифрових магістралей між регіональними мережами на початковому етапі може бути задіяний і в інтересах абонентів діючих мереж телефонного і телеграфного зв'язку, мереж ПД, електронної пошти і навіть служби оренди каналів за умови розробки відповідних шлюзів.

### **7.8.2. Перспективний розвиток та стратегія впровадження технології ATM**

Технологія ATM забезпечує передачу однією мережею різноманітного трафіка служб (голос, відео, дані) з необхідною якістю обслуговування, звільняючи від необхідності будувати три різні мережі. ATM-мережа дозволяє одержати високу швидкодію та малі затримки. Технологія ATM однаково застосовується як для побудови локальних, так і глобальних, територіально розподілених мереж.

Завершується розгляд стратегії впровадження ATM в Україні. Технологія ATM в Україні поки що може бути адаптована на магістральних первинних мережах. Тільки в окремих випадках ATM комутатори можуть бути встановлені на місцевих мережах великих обласних центрів для передачі трафіка даних від банків, корпоративних та локальних мереж (LAN — Local Area Network). Рубежі розвитку всіх сучасних технологій на національних та глобальних мережах подані на рисунку 7.18.

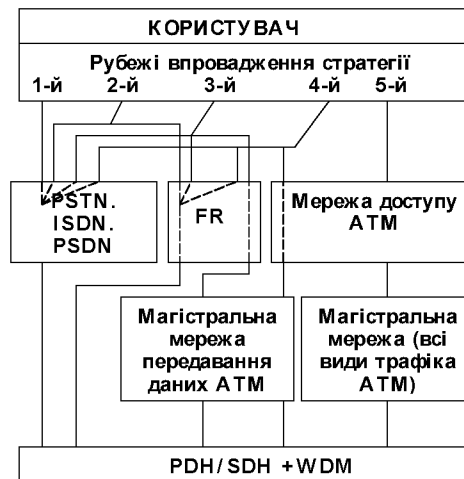


Рис. 7.18. Рубіж впровадження технології ATM

*Рубіж 1-й:* телефонні мережі і мережі передачі даних загального використання (мережі доступу, магістральні мережі), які базуються на технологіях PDH і SDH.

*Рубіж 2-й:* мережі першого етапу + Frame Relay (мережа доступу).

*Рубіж 3-й:* мережі першого і другого етапів + FR (мережа доступу) + ATM (магістральна мережа передачі даних).

*Рубіж 4-й:* мережі 1–3-го етапів + ATM (мережа доступу) + ATM (багатосервісна магістральна мережа передачі даних).

*Рубіж 5-й:* ATM (мережа доступу) + ATM (багатосервісна магістральна мережа), яка базується на технологіях PDH/SDH + WDM.

### 7.8.3. Основні вимоги стандартизації технології ATM

Комітети зі стандартизації розглядали проблему використання широкосмугових систем зв'язку для забезпечення передачі різноманітного трафіка (аудіо, відео та ПД) на початку 80-х років.

ATM вирішує цю проблему за рахунок розподілу інформації будь-якого типу на невеликі чарунки фіксованої довжини. Чарунка ATM (рис. 7.19) має розмір 53 байти, з яких п'ять складають заголовок, 48 — власне інформацію.



Рис. 7.19. Формат чарунки технології ATM

У мережах ATM дані повинні вводитися у формі чарунки чи перетворюватися на чарунки за допомогою функцій адаптації. Мережі ATM складаються з комутаторів, з'єднаних транковими каналами ATM. Кінцеві комутатори ATM, до яких підключаються пристрої користувача, забезпечують функції адаптації. Інші комутатори ATM, розташовані в центрі мережі, забезпечують перенос чарунок.

Передача даних у коротких чарунках дозволяє ATM ефективно керувати потоками різної інформації та забезпечує можливість пріоритизації трафіка. Чергування може здійснюватися на рівні цілих чарунок, малі

розміри останніх забезпечують у будь-якому випадку нетривалу затримку, таке рішення дозволяє передавати терміновий трафік практично без затримок, припиняючи на цей час передачу некритичної до затримок інформації. У результаті ATM може забезпечувати ефективну передачу всіх типів трафіка.

Комутатори ATM з розширеними функціями можуть при відкиданні чарунок, які є частиною великого пакета, забезпечити відкидання й чарунок, що залишилися, з цього пакета — такий підхід дозволяє додатково знизити рівень насичення та позбутися зайвого обсягу повторної передачі. Правила відкидання чарунок, затримки даних і т. п. визначаються набором параметрів, названих якістю обслуговування (Quality of Service) чи QoS. Різним додаткам потрібний різний рівень QoS, і технологія ATM забезпечує цей рівень.

Для забезпечення незалежного контролю передачі всіх типів трафіка використовується концепція віртуальних пристроїв. Віртуальним пристроєм називається зв'язаний набір мережних ресурсів, представлений як реальне з'єднання між користувачами. Для того, щоб зробити зв'язок користувачів з мережами ATM як можна ефективнішим, віртуальні пристрої включають обладнання користувачів, засоби доступу в мережу і власне мережу ATM. У заголовку ATM віртуальний канал позначається комбінацією двох полів — VPI (ідентифікатор віртуального шляху) та VCI (ідентифікатор віртуального каналу). Віртуальний шлях застосовується в тих випадках, коли 2 користувачі ATM мають свої власні комутатори на кожному кінці шляху і, таким чином, можуть організувати і підтримувати свої віртуальні з'єднання. Віртуальний шлях нагадує канал, який містить безліч кабелів, по кожному з яких може бути організоване віртуальне з'єднання. Оскільки віртуальні пристрої подібні до реальних, вони також можуть бути «виділеними» чи «комутованими». У мережах ATM «виділені» з'єднання називаються постійними віртуальними пристроями (PVC), створюваними за згодою між користувачем та оператором (подібно до виділеної телефонної лінії). Комутовані з'єднання ATM використовують «комутовані» віртуальні пристрої (SVC), які встановлюються шляхом передачі спеціальних сигналів між користувачем та мережею. Протокол, який використовує ATM для керування віртуальними пристроями, подібний протоколу ISDN. Варіант для ISDN описаний у стандарті Q.931 та ATM — Q.2931.

ATM можуть емулювати всі існуючі сьогодні типи сервісу і впроваджувати нові послуги. ATM забезпечує кілька класів обслуговування, кожен з яких має свою специфікацію QoS (табл. 7.3)

Велика частина трафіка, переданого через мережі ATM, використовує клас обслуговування 3, 4 чи 5. Клас 3 визначає параметри QoS (якість обслуговування) для затримки та імовірності відкидання, але потребує від користувача акуратного керування трафіком, щоб уникнути перенасичення мережі. Трафік класу 5 дає користувачу великі можливості, але може не забезпечити стабільних показників якості обслуговування. Клас 5 також дозволяє користувачу і мережі спільно встановити швидкість на основі оцінки потреб користувача та можливостей мережі.

**Таблиця 7.3. Специфікація та опис класів обслуговування**

#### **7.8.4. Ширококутні служби**

У таблиці 7.4 наведено приклади ширококутних служб та надано оцінки параметрів трафіка. У таблиці використані такі скорочення: КС — квартирний сектор, ДС — діловий сектор, ВАТС — відомча АТС.

**Таблиця 7.4. Параметри трафіка ширококутних служб**

За оцінками експертів, для різних видів ширококутних служб потрібні такі швидкості передачі інформації: кольорове ТБ (телебачення) — 4...6 Мбіт/с, ТБВЧ (телебачення високої чіткості) — 16...24 Мбіт/с, чорно-біле факсиміле — 1...4 Мбіт/с, напівтонове факсиміле — 30...60 Мбіт/с, кольорове факсиміле — 30...60 Мбіт/с, машинна графіка з високою роздільною здатністю — 20...100 Мбіт/с, пересилка файлів — до сотень мегабіт за секунду.

#### **7.8.5. Архітектура, структура та протоколи ATM**

Архітектура ширококутної мережі ґрунтується на концепції окремих площин, які гарантують виділення трьох груп функцій: користувача, керування та менеджменту.

Мережа B-ISDN розділяється на площину відповідно до множини використовуваних протоколів.

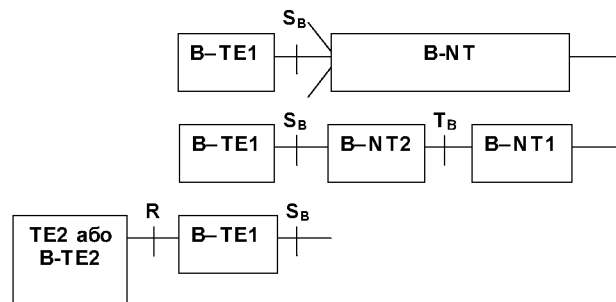
Поділ мережі на площини відповідно до набору протоколів та сегментація мережі на підмережі призводять до двох еталонних моделей: конфігурації і протоколів.

*Еталонна конфігурація B-ISDN.* Згідно з еталонною конфігурацією мережі ATM містять тільки два інтерфейси:

- інтерфейс «користувач-мережа» (UNI — User Network Interface);
- мережний інтерфейс (NNI — Network Node Interface);
- еталонна конфігурація B-ISDN на ділянці «користувач-мережа».

Еталонна конфігурація ISDN, описана МСЕ в Рек. 1.411, була з невеликими змінами і доповненнями визнана придатною і для B-ISDN, що знайшло своє відображення в Рек. МСЕ 1.413. Еталонна конфігурація інтерфейса «користувач-мережа» наведена на рисунку 7.20 та містить два елементи:

- функціональні групи;
- еталонні точки.



Позначення:

- — функціональна група
- — еталонна точка

**B-NT, B-NT1, B-NT2** – широкосмугові пристрої мережного закінчення;  
**B-T11** – широкосмуговий кінцевий пристрій зі стандартним стиком;  
**B-T12** – широкосмуговий кінцевий пристрій з нестандартним стиком;  
**T12** – вузькосмуговий кінцевий пристрій з нестандартним стиком;  
**B-TA** – широкосмуговий термінальний адаптер;  
**R, S<sub>B</sub>, T<sub>B</sub>** – еталонні точки.

Рис. 7.20. Еталонна конфігурація інтерфейса «користувач-мережа»

Один чи кілька стандартних широкосмугових кінцевих пристроїв користувачів (B-TE1—Broadband Terminal Equipment) підключаються до широкосмугового мережного закінчення (B-NT—Broadband Network Termination). При цьому кінцеві пристрої можуть бути або однотипними, або являти собою комбінацію різнотипних пристроїв.

Пристрій широкосмугового мережного закінчення B-NT забезпечує підключення широкосмугового мережного пристрою користувача до мережі ATM, а також можливість спільного використання абонентської лінії кількома стандартними широкосмуговими кінцевими пристроями.

З урахуванням необхідності виконання цих задач функціональна група B-NT розділяється на дві функціональні підгрупи:

- підгрупу широкосмугового мережного закінчення першого типу B-NT1, яке виконує функції

лінійного закінчення;

- підгрупу широкосмугового мережного закінчення другого типу В-NT2, яке виконує функції підключення одного чи кількох кінцевих пристроїв до однієї лінії доступу.

Між функціональними групами визначаються еталонні точки:

- точка  $T_B$  між широкосмуговим мережним закінченням першого типу В-NT1 та широкосмуговим мережним закінченням другого типу В-NT2;
- точка  $S_B$  між широкосмуговим мережним закінченням другого типу В-NT2 та стандартним широкосмуговим кінцевим пристроєм В-TE1;
- точка R між нестандартним вузькосмуговим кінцевим пристроєм TE2 чи нестандартним широкосмуговим кінцевим пристроєм В-TE2 і широкосмуговим термінальним адаптером В-ТА.

Пристрій мережного закінчення першого типу В-NT1 здійснює пряме та зворотне перетворення сигналів в еталонній точці  $T_B$  у сигнали, що відповідають передачі по лінії доступу, тобто виконує функції, подібні функціям фізичного рівня еталонної моделі протоколів OSI, а саме:

- утворення лінійного закінчення;
- керування процесом передачі;
- експлуатації та технічного обслуговування (OAM — Operation and Maintenance).

За допомогою широкосмугового пристрою мережного закінчення першого типу В-NT1 забезпечується незалежність всіх інших функціональних груп В-NT2 та В-TE1 чи В-ТА та TE2 (В-TE2) від способу передачі сигналів по лінії доступу.

Слід зазначити, що широкосмуговий доступ на ділянці «користувач-мережа» до комутаторів ATM забезпечується широкосмуговими цифровими трактами E4(155 Мбіт/с) чи E5(622 Мбіт/с) на технології транспортної мережі SDH (STM-1 чи STM-4).

Еталонна конфігурація В-ISDN на ділянці «мережа-мережа».

На рисунку 7.21 наведена еталонна конфігурація В-ISDN на технології ATM у вигляді функціональних груп та еталонних точок згідно з Рек. МСЕ.

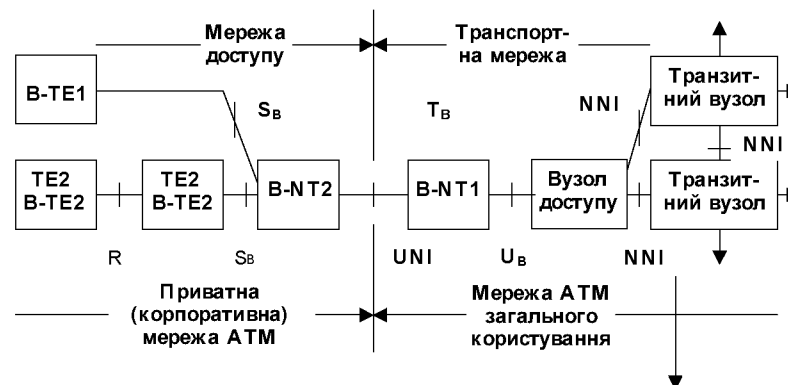


Рис. 7.21. Еталонна конфігурація «мережа-мережа»

На рисунку 7.21 показано, що мережі ATM можуть підрозділятися на мережі ATM загального користування і приватні (корпоративні) мережі.

Широкосмуговий пристрій мережного закінчення першого типу В-NT1 служить тільки для завершення ліній передачі і виконання відповідних функцій експлуатації і технічного обслуговування. Широкосмугові мережні закінчення другого типу В-NT2 можуть бути, наприклад, локальною чи міською обчислювальною мережею чи пристроєм, які виконують функції мультиплексування та концентрації чарунок.

Прийнято поділяти сучасні мережі зв'язку на дві частини: транспортну мережу, яка виконує функції транспортування інформації, та мережу доступу, яка забезпечує доступ користувача до послуг ATM. Транспортна мережа є мережею комутації, а мережа доступу — абонентською мережею. Мережа доступу займає область, через яку користувач здійснює доступ у мережу ATM загального користування. Вона розташована на стороні користувача широкосмугового пристрою мережного закінчення другого типу В-NT1. Інтерфейс між мережею доступу та транспортною мережею звичайно розташований у точці  $T_B$ .

Інтерфейс «користувач-мережа» (UNI) може бути стиком у приватній мережі, що збігається з еталонною точкою  $S_B$ , чи стиком у мережі ATM загального користування, яка збігається з еталонними точками  $T_B$  чи  $U_B$  (рис. 7.21).

Мережний інтерфейс (NNI) визначається як стандартний стик між мережами чи як стик між вузлами мережі.

*Еталонна модель протоколів.* Еталонна модель протоколів ISDN визначена Рек. МСЕ 1.320. Модель протоколів В-ISDN є розширенням моделі, описаної в даній рекомендації, і цілком відповідає принципам,

покладеним в основу розробки еталонної моделі протоколів OSI. Загальний вигляд еталонної моделі представлений на рисунку 7.22.

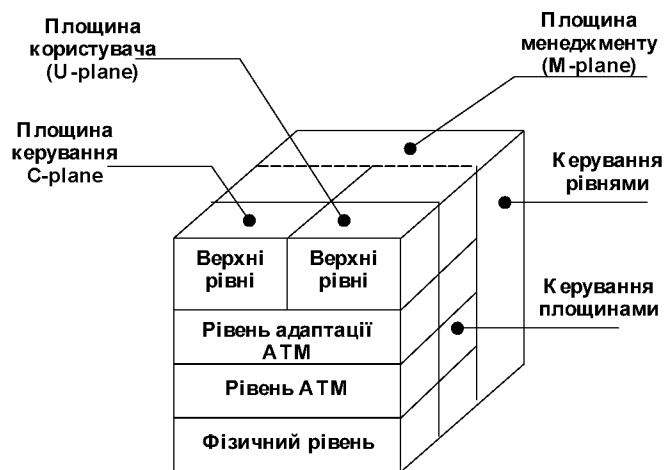


Рис. 7.22. Еталонна модель протоколів у B-ISDN

Модель включає у свій склад три площини: площину користувача, площину керування та площину менеджменту.

Площина користувача (U-plane) забезпечує транспортування всіх видів інформації в сукупності з відповідними механізмами захисту від помилок, контролю та керування потоком, обмеження навантаження та ін. Площина користувача має рівневу структуру.

Площина керування (C-plane) визначає протоколи встановлення, контролю і роз'єднання з'єднань. Їй належать усі функції сигналізації, крім протоколів метасигналізації. Площина керування також має рівневу структуру.

Площина менеджменту (M-plane) забезпечує виконання функцій двох типів: менеджмент (керування) площинами і менеджмент рівнями. Функції керування площинами забезпечують координацію між усіма «гранями» моделі протоколів і належать до всієї B-ISDN, зв'язуючи її в єдине ціле. Функції керування рівнями вирішують задачі розподілу мережних ресурсів, узгодження їх з параметрами трафіка, обробки інформації експлуатації і технічного обслуговування та керування мережею. Процедури метасигналізації також належать до функцій керування рівнями. Керування рівнями має рівневу структуру. Основні функції рівнів та їх розподіл на підрівні наведені в таблиці 7.5.

**Таблиця 7.5. Основні функції рівнів еталонної моделі протоколів B-ISDN**

### 7.8.6. Варіанти доступу LAN до мережі ATM

Для передачі, наприклад, голосової інформації в більшості видів обладнання ATM використовується інтерфейс E1 (2 Мбіт/с) та служба CBR (постійна бітова швидкість) для передачі інформації через мережу. Служба CBR за своєю технологією має дуже мало загального з ідеологією ATM. Вона більше нагадує традиційніші мережі SDH. Для реалізації цієї служби в магістральному каналі просто резервується смуга визначеної пропускної здатності. Ця смуга не може бути віддана іншим користувачам мережі незалежно від

того, чи передається в даний момент часу по ній будь-яка інформація, чи ні. Зрозуміло, що в даному випадку має місце охорона традиційних принципів часового поділу каналу. Використання обладнання, в якому передача голосу можлива тільки по CBR, є досить ефективним при побудові головним чином корпоративних мереж на основі власного оптоволокна. У цьому випадку можуть використовуватися порівняно недорогі комутатори ATM, що підключаються безпосередньо до оптоволокна та мають вмонтовані порти E1 (наприклад, Lightstream 1010 компанії Cisco Systems). У цьому випадку забезпечується висока швидкість передачі (сьогодні — 622 Мбіт/с, а в майбутньому — 2 Гбіт/с). Кількість портів E1 в одному такому комутаторі дозволяє «проклучити» до кількох сотень телефонних каналів навіть без використання компресії голосу. До інтерфейсів E1 можуть підключатися як АТС, так і TDM-мультиплексори. До переваг таких мультиплексорів відноситься те, що вони надають відпрацьовані і порівняно недорогі рішення по передачі різноманітного трафіка. Зокрема, забезпечується передача голосу з високою якістю.

Приклад такого рішення наведений на рисунку 7.23. Магістральна мережа ATM утворена комутаторами LS1010, до яких підключене обладнання доступу різних типів. Вузли IGX забезпечують концентрацію і доступ до магістралі абонентського обладнання, яке підтримує протокол Frame Relay, а також телефонних станцій по каналах E1. Великі телефонні станції можна підключити безпосередньо до портів E1 магістральних вузлів. Різноманітні інформаційні потоки низько- та середньошвидкісних користувачів можуть поєднуватися TDM-мультиплексорами Megarflex, які підключаються до портів E1 вузлів магістральної мережі.



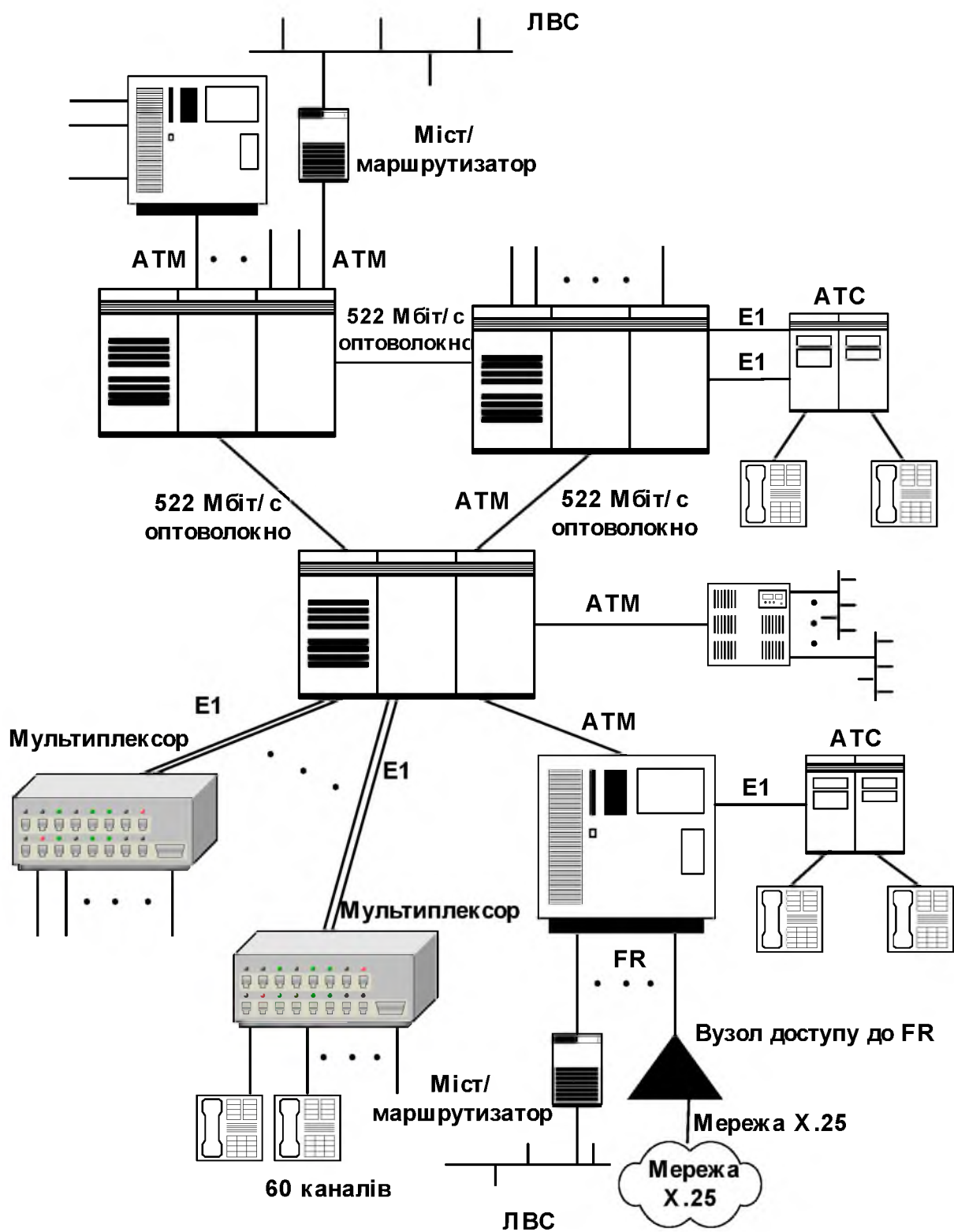


Рис. 7.23. Доступ LAN до служб B-ISDN

**Питання та завдання для самоконтролю**

1. Наведіть елементи і рівні протоколу X.25.
2. Наведіть формат кадру протоколу LAPB.
3. Особливості технології FR.
4. Области використання FR.
5. Поясніть переваги FR.
6. Дайте порівняльну характеристику PVC і SVC.
7. Що таке DLCI? Функції DLCI.
8. Які функції керування потоком у FR?