

# **Системи абонентського доступу**

## Глобальна інформаційна інфраструктура

**Інформаційна інфраструктура** – комплекс коштів, які забезпечують суспільство можливостями інформаційного обміну.

Основним завданням глобальної інформаційної інфраструктури є передача будь-якої інформації від будь-якого користувача до іншого користувача, незалежно від того, в яких географічних точках вони знаходяться. Ця інформація може мати різні форми, а для звернення користувачів до транспортної мережі можуть застосовуватися різні засоби доступу.

З точки зору впровадження сучасних засобів та технологій абонентського доступу істотним фактором є зменшення загальної кількості АТС та укрупнення комутаційних вузлів, у зв'язку з чим збільшуються сфери обслуговування користувачів та дальність дії обладнання мережі доступу.

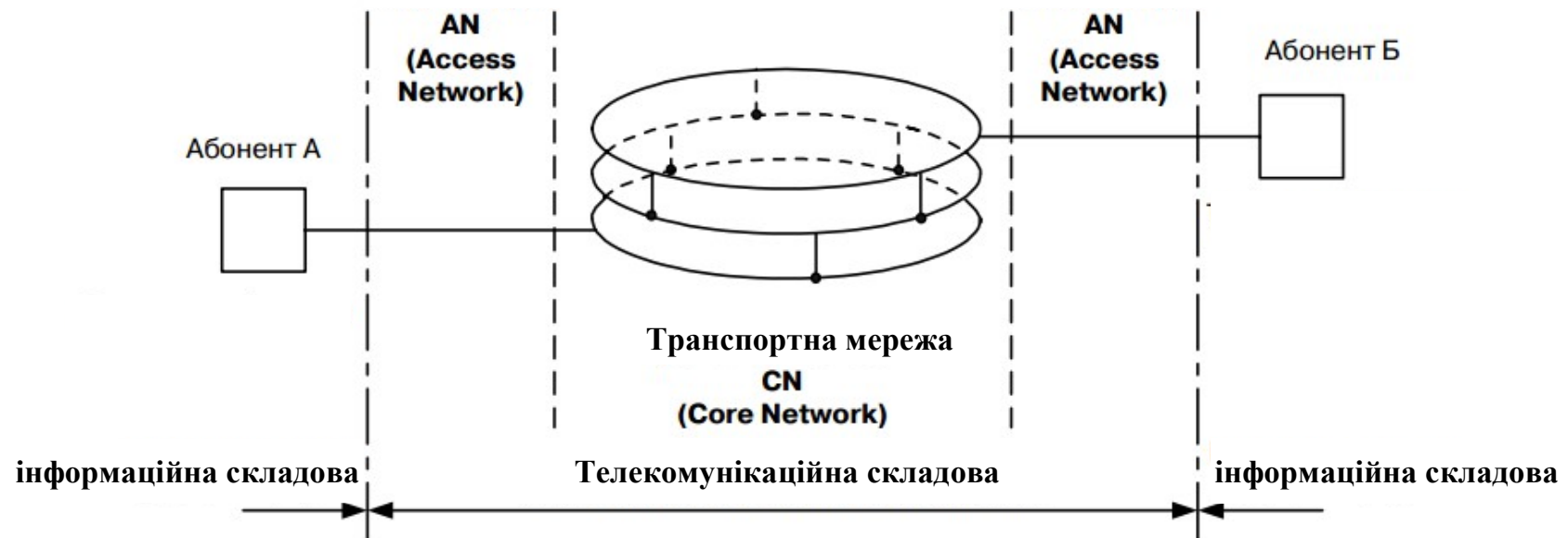
Ще один важливий фактор – використання для підключення обладнання доступу **відкритого інтерфейсу V5**.

### Три джерела послуг мережі доступу:

- *передача мови;*
- *передача даних;*
- *передача відеоінформації.*

Для надання послуг кожного виду існує своя мережа та використовуються свої засоби зв'язку. У мережі доступу можна виділити три складові:

- *металевий кабель;*
- *волоконно-оптичний кабель;*
- *бездротовий абонентський доступ (WLL).*



## Глобальная информационная инфраструктура

Мережа доступу (AN - Access Network) не показано малюнку через різноманіття варіантів топології мережі доступу.

- Найбільш простою (і найменш часто застосовуваною) є **топологія точка - точка**, що використовується, наприклад, при організації зв'язку між двома сегментами корпоративної ЛОМ.
- **Топологія точка – група точок** є логічним продовженням попереднього варіанту, але передбачає наявність центрального вузла та кількох периферійних модулів концентрації абонентського навантаження.
- **Топологія зірка** прийнятна в умовах міської мережі та дозволяє вирішити завдання повноцінного експлуатаційного управління мережею, включаючи регулювання потоків трафіку, забезпечення безпеки та захист від несанкціонованого доступу.
- **Топологія група точок - група точок** передбачає, що мережа доступу містить сукупність близьких за рангом пристроїв, кожне з яких функціонує як джерело трафіку, і як ретранслятор «чужого» трафіку. Найбільш популярним її варіантом є кільцева топологія.

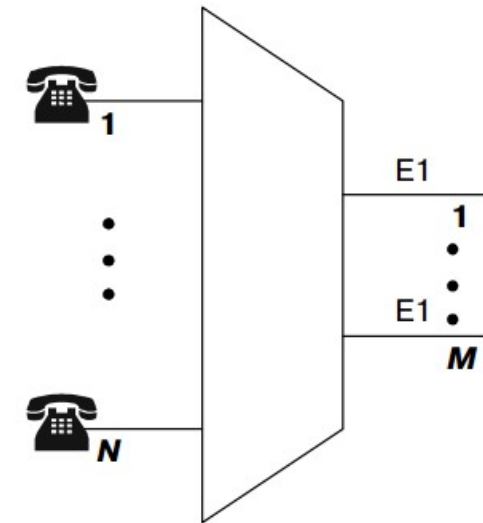
# Цифрові абонентські концентратори і мультиплексори

Абонентські мультиплексори та концентратори входять до номенклатури обладнання практично кожної з цифрових АТС.

Структура, наведена малюнку відповідає як концентратору, і мультиплексору.

Відмінність визначається тим, як співвідносяться числа  $M$  і  $N$ .

Коли  $N=30 \cdot M$ , то йдеться про мультиплексор, концентрація навантаження відсутня.



Втрати через відсутність вільних каналів виключені, оскільки число абонентських терміналів дорівнює кількості тимчасових каналів, що використовуються, а економічний ефект досягається за рахунок зменшення витрат на лінійно-кабельні споруди.

Коли  $N > 30 \cdot M$ , йдеться про **концентрацію** навантаження. Концентратор дає ще більшу економію на лінійно-кабельних спорудах, до цього додається економія комутаційного обладнання, але на ділянці мережі абонентського доступу допускаються втрати викликів.

Відношення  $30 M$  до  $N$  називається **коефіцієнтом концентрації**, який може мати, наприклад, значення 4:1 або 8:1.

Абонентські концентратори встановлюються в приміщенні опорної АТС, а також у житлових будинках, у приміщеннях інших АТС, у спеціальних приміщеннях або в контейнерах, що перевозяться.

Застосування **мультисервісних абонентських концентраторів** (МАК) у сільських та міських телефонних мережах традиційних операторів ТМЗК із підключенням його до опорних цифрових АТС через стандартний інтерфейс V5.2 дозволяє зменшити витрати на абонентську кабельну мережу за рахунок концентрації абонентського навантаження. У мультисервісних мережах наступного покоління підключення МАК до Softswitch виконується за протоколами MGCP, MEGACO/H.248, а також SIP.

## Устаткування МАК працює з терміналами таких типів:

- **аналогові телефонні апарати**, а також апарати факсимільного зв'язку та модеми;
- **термінали ISDN**;
- **інтегровані пристрої доступу IAD** на основі технології SHDSL, що передбачають надання послуг як високошвидкісної симетричної передачі даних (до 2 Мбіт/с), так і телефонії (VoDSL); електроживлення таких пристроїв може бути місцевим і дистанційним, що забезпечує більш високу надійність.

Важливо, що кожен абонентський інтерфейс має вбудовані функції вимірювача, що дає можливість одночасно вимірювати електричні характеристики будь-якої кількості абонентських ліній, заощаджуючи робочий час обслуговуючого персоналу.



Загальною проблемою будь-яких концентраторів є їхнє технічне обслуговування, що здійснюється з єдиного центру експлуатаційного управління.

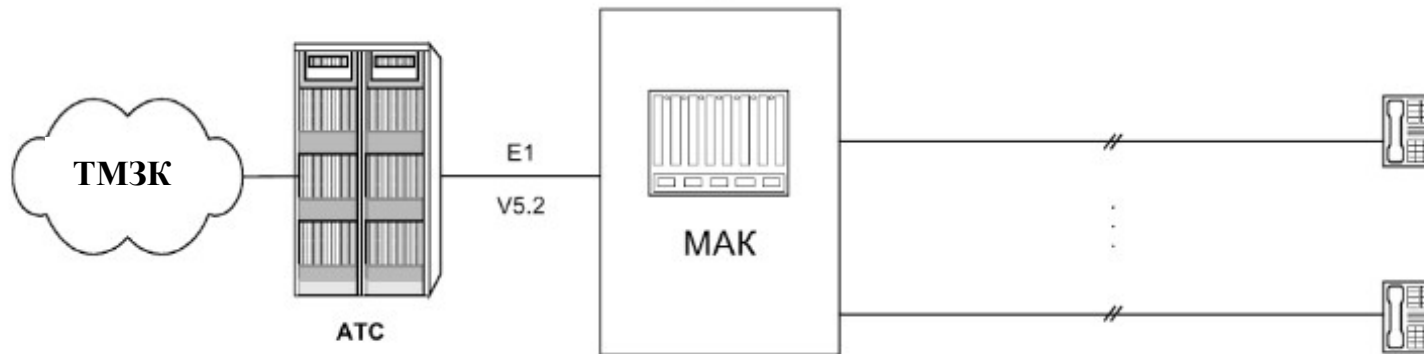
Інтерфейс оператора технічної експлуатації сучасної мережі доступу виконано на основі Web-технологій, що дозволяє використовувати для доступу до функцій технічної експлуатації будь-який комп'ютер із встановленим на ньому Web-браузером, розташований у будь-якій точці земної кулі.

### **За допомогою цього комп'ютера можливі:**

- виявлення відмов;
- обробка повідомлень про несанкціонований доступ, пожежу та інші надзвичайні ситуації;
- вимірювання параметрів абонентських ліній та параметрів імпульсного номеронабирача у телефонному апараті користувача;
- випробування телефонних ліній та телефонів;
- тестування обладнання самого концентратора тощо.

## Варіанти організації зв'язку при використанні МАК

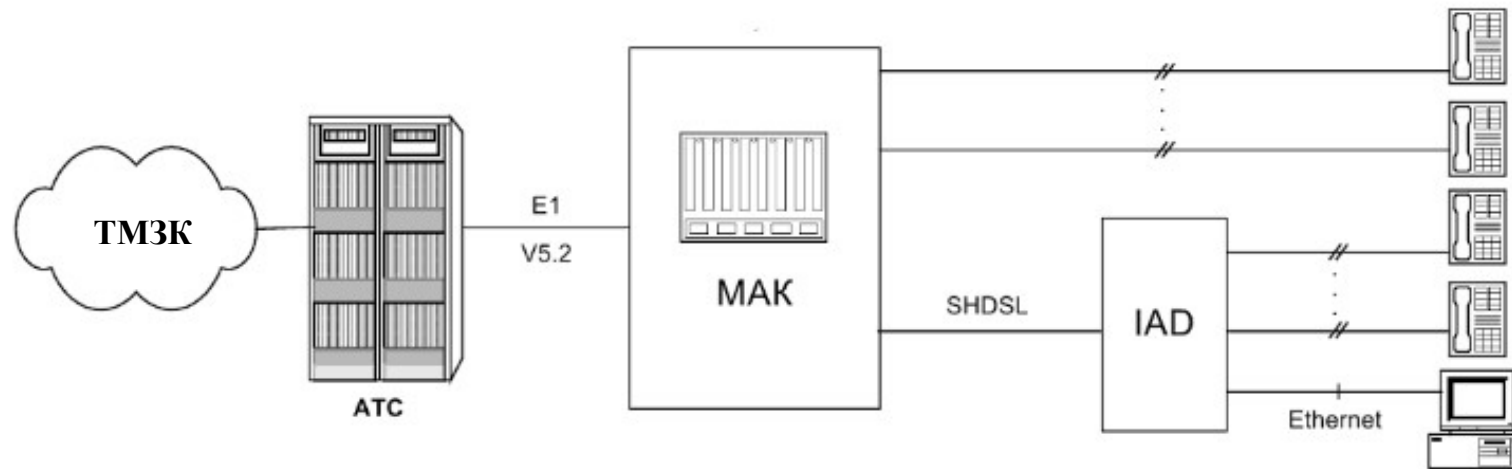
### Перший (найпростіший) варіант включення МАК



Через інтерфейс V5.2 концентратор підключається до опорної АТС, а з абонентської сторони до кожної касети включається до 570 **аналогових абонентських ліній**.

## Варіанти організації зв'язку при використанні МАК

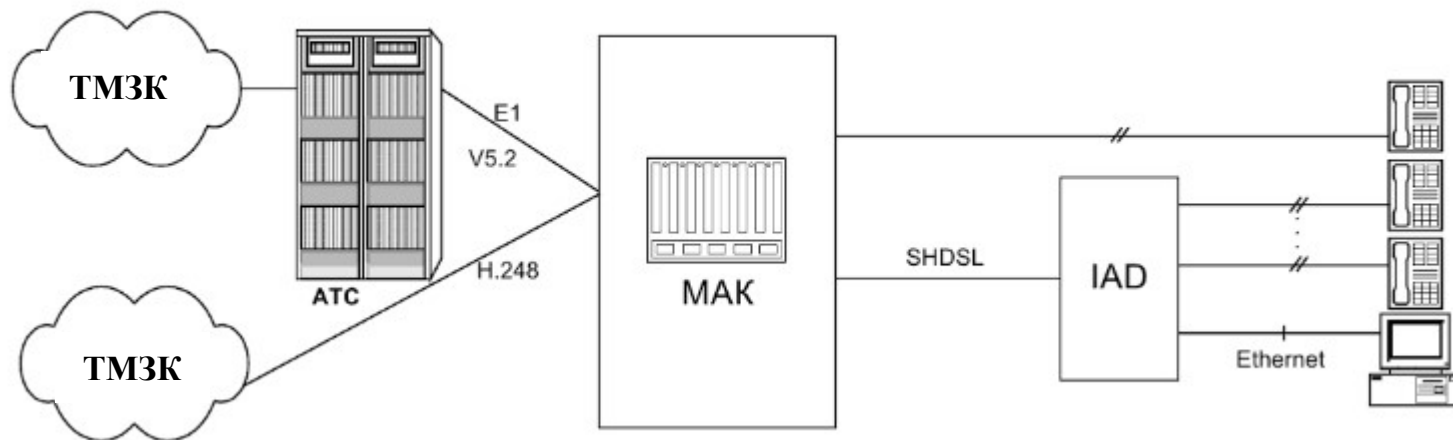
### Другий варіант включення МАК



Як і в першому варіанті, через інтерфейс V5.2 концентратор підключається до опорної АТС, а з іншого боку, через інтерфейс SHDSL, підключаються **інтегровані абонентські пристрої IAD**, які, у свою чергу, можуть включатися до 8 аналогових телефонних апаратів, а також та персональні комп'ютери по Ethernet.

## Варіанти організації зв'язку при використанні МАК

### Третій варіант включення МАК



Цей варіант демонструє повний спектр можливостей МАК. Крім названих раніше, показано можливість **підключення концентратора до Softswitch за протоколом MGCP**. При цьому послуги телефонії для абонентських терміналів усіх типів надаються незалежно від технології доступу з використанням єдиного плану нумерації.

# Інтерфейс V5

У минулому інтерфейси між виносними абонентськими концентраторами та модулями цифрових ліній у комутаційному вузлі не підлягали міжнародній стандартизації. Практично у всіх встановлених АТС для цих інтерфейсів використовуються стандартні цифрові тракти 2 Мбіт/с та «внутріфірмові» протоколи компанії-виробника.

**Недоліком такого рішення** є відсутність у оператора свободи вибору при розширенні ємності опорної АТС із встановленням виносного комутаційного обладнання.

В останні роки, у зв'язку з розширенням номенклатури засобів доступу (поширення обладнання бездротового абонентського доступу WLL), стало ясно, що необхідно мати **універсальний інтерфейс**, що дозволяє поєднувати в одній мережі доступу обладнання різних виробників.

*Розробку такого універсального інтерфейсу, який отримав назву V5, було розпочато у 1991 році Європейським інститутом стандартизації ETSI. Перші специфікації V5 були видані 1993 року, а 1995 року ITU-T затвердив Рекомендації для V5.1 (без концентрації) і V5.2 (з концентрацією).*

Національна частина протоколу визначається кожною країною з урахуванням специфіки її мережі, пов'язаної насамперед із управлінням з'єднаннями ТМЗК. Необхідність створення національних специфікацій протоколу ТМЗК зумовлена тим, що у кожній країні історично склався свій підхід до обробки викликів ТМЗК.

Інтерфейс V5.1 визначений у Рекомендації G.964 ITU-T та у стандарті ETS 300-324-1, а інтерфейс V5.2 - у Рекомендації G.965 ITU-T та у стандарті ETS 300-347-1.

**Інтерфейс V5.1 дозволяє підключити до АТС цифровим трактом 2.048 Мбіт/с до 30 аналогових абонентських ліній або В-каналів ISDN без концентрації. Інтерфейс V5.2 орієнтований групу трактів 2 Мбіт/с (до 16 трактів) і підтримує концентрацію, наприклад, з коефіцієнтом 8:1. Для кожного тракту передбачено кілька каналів для сигналізації та пакетний режим D-каналі.**

### Технічні характеристики інтерфейсу V5.2

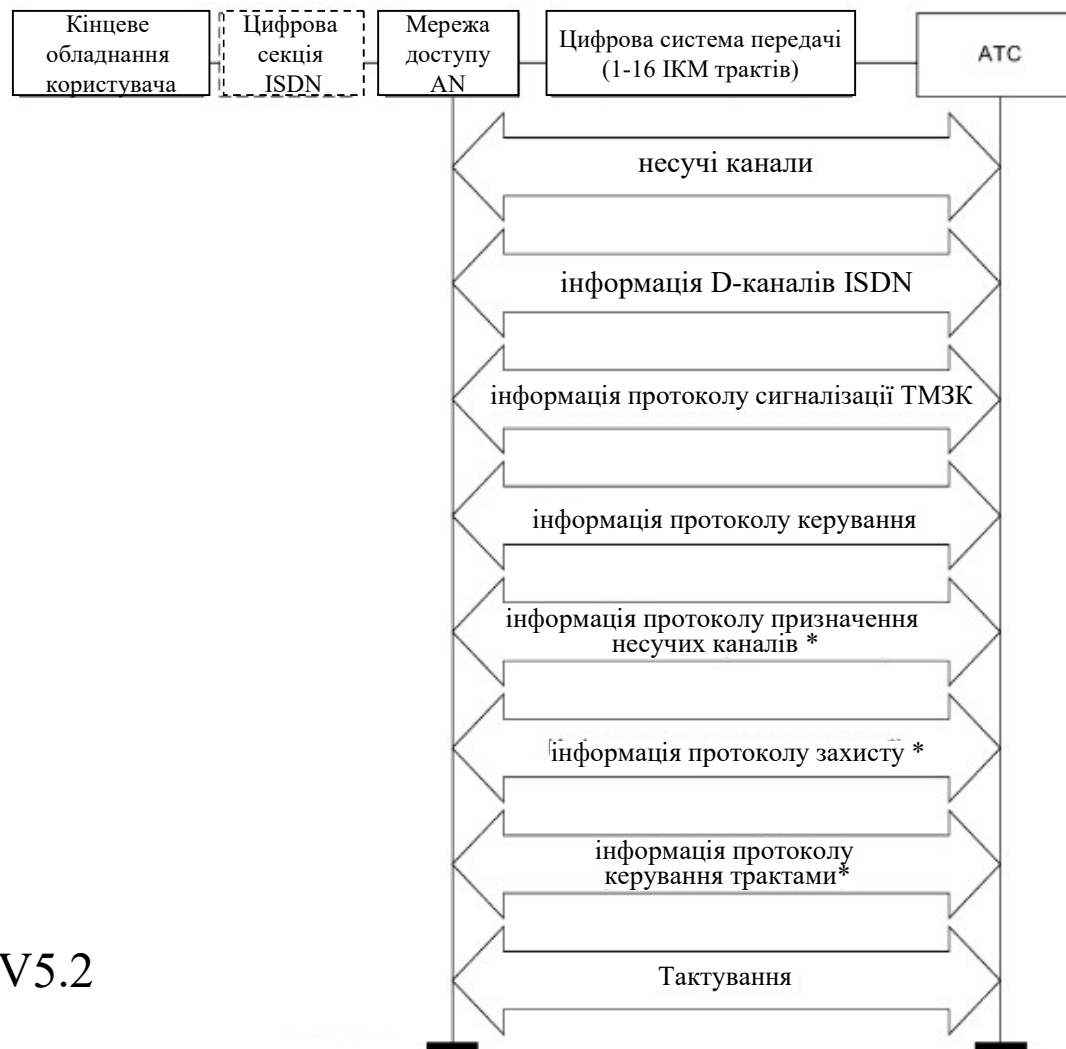
|   |                                 |   |
|---|---------------------------------|---|
| 1 | Стандарти                       | ETSI, ETS 300347 (09/94), ITU-T G.965   |
| 2 | Застосування                    | Обладнання WLL та проводового доступу по оптичних та металевих лініях   |
| 3 | Типи доступу, що підтримуються  | <p>Двопровідні аналогові лінії (a/b) із підключенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- абонентських терміналів</li> <li>- Офісних АТС без DID</li> </ul> <p>Базові доступи ISDN BRA з переведенням інформації каналів D в один C-канал інтерфейсу V5.2</p> <p>Орендовані лінії</p> <p>Напівпостійні з'єднання 64 Кбіт/с</p> <p>Інтерфейси V5.1</p> <p>Центрекс</p> <p>Первинний доступ ISDN PRA</p> |
| 4 | Послуги для абонентів           | Ті ж, що для абонентів, включених прямо до АТС  |
| 5 | Тракти ІКМ                      | До 16 трактів ІКМ-30  |
| 6 | Канали передачі даних           | До 4 активних + 4 резервних   |
| 7 | Максимальна абонентська ємність | 2000 аналогових + 0 ISDN (2B+D), або 0 аналогових +1000 ISDN (2B+D), або їх комбінація у відповідних межах  |

## **Наявність інтерфейсу V5 дає оператору можливість:**

- надавати послуги користувачам як з аналоговими (ТМЗК), так і з цифровими (ISDN) терміналами;
- використовувати стандартні протоколи сигналізації;
- вільно вибирати при розвитку мережі обладнання різних виробників;
- покращувати експлуатаційні характеристики при скороченні номенклатури інтерфейсів;
- керувати характеристиками інтерфейсу, що забезпечує гармонізацію з ідеологією ТМН.



## Функціональна модель доступу через інтерфейс V5



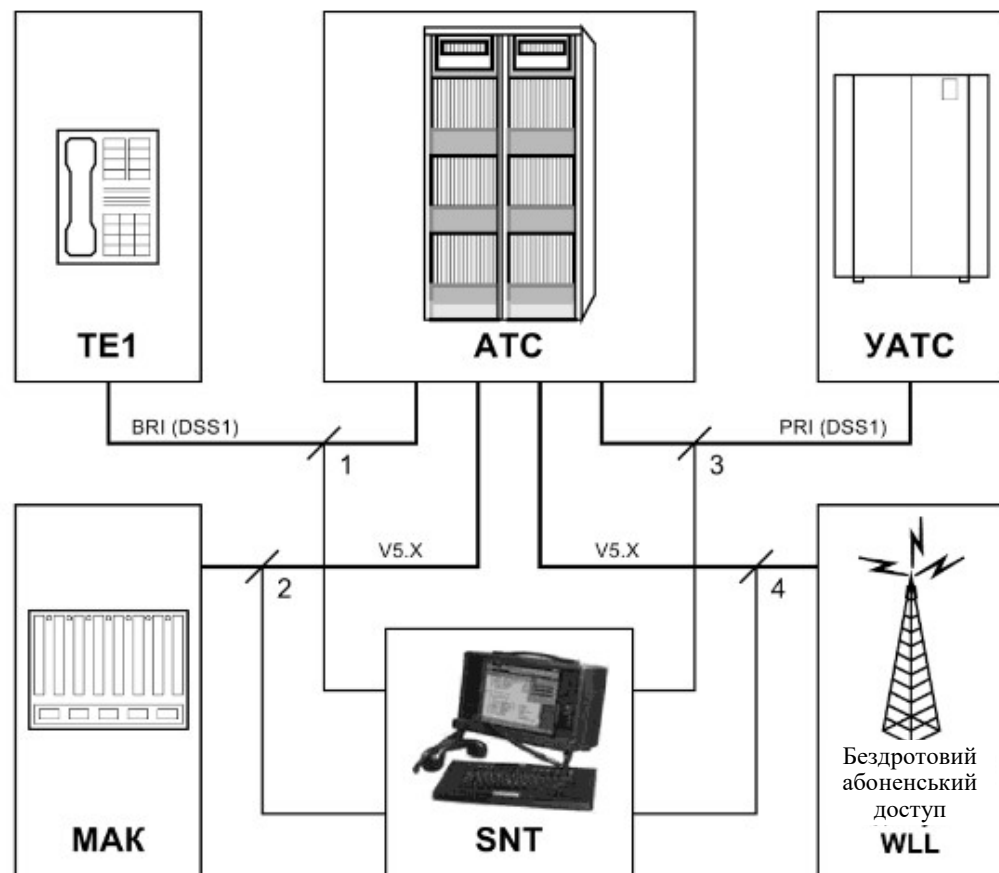
\* - тільки для інтерфейсу V5.2

**Тестування інтерфейсу V5** крім перевірки *відповідності* стандарту протоколу передбачає і перевірку *взаємодії* різноманітного обладнання з використанням протоколу V5.

**Тести відповідності** включають перевірку коректності роботи протокольних об'єктів, тобто. дотримання черговості повідомлень, правильності переходу об'єктів з одного стану в інший під впливом зовнішніх подій, кодування обов'язкових інформаційних елементів. Тести відповідності проводяться шляхом підключення обладнання до протоколу-тестера, що працює в режимі емуляції протоколу за певними заздалегідь тестовими сценаріями.

**Тести взаємодії** охоплюють весь процес обслуговування виклику та надання додаткових послуг, тобто забезпечують перевірку функціонування системи загалом. Тести взаємодії проводяться при підключенні обладнання доступу до опорної АТС або до протокол-тестера, що працює в режимі імітації відповідного об'єкта, а також при паралельному моніторингу інтерфейсу та верифікації алгоритмів взаємодії.

## Варіанти включення протокол-тестера



1 - моніторинг, симуляція термінального обладнання та проведення тестів взаємодії та відповідності абонентського інтерфейсу ISDN;

3 - моніторинг, симуляція функцій АТС та проведення тестів взаємодії та відповідності інтерфейсу з опорною АТС ISDN,

2, 4 - моніторинг, симуляція як сторони мережі доступу, так і сторони АТС, проведення тестів взаємодії та відповідності інтерфейсів V5.1 та V5.2.

## Функції V5, які реалізуються в обладнанні інтерфейсу:

- **функції несучих (інформаційних) каналів**, що забезпечують двостороннє перенесення через інтерфейс інформації В-каналів користувацьких портів ISDN або цифрових каналів 64 кбіт/с портів користувачів ТМЗК;
- **функції підтримки D-каналів ISDN**, що забезпечують двостороннє перенесення через інтерфейс інформації D-каналів користувальницьких портів ISDN (сигнальної інформації, даних, що передаються в пакетному режимі, та даних, що передаються в режимі трансляції кадрів);
- **функції підтримки сигналізації ТМЗК**, що забезпечують двостороннє перенесення через інтерфейс сигнальної інформації портів телефонної мережі загального користування;
- **функції управління ланками рівня 2**, що забезпечують надійне двостороннє перенесення інформації різних протоколів;

## Функції V5, які реалізуються в обладнанні інтерфейсу:

- **функції управління користувальницькими портами**, що забезпечують двостороннє перенесення через інтерфейс контрольної та керуючої інформації, яка пов'язана з блокуванням та розблокуванням окремих користувацьких портів ТМЗК та ISDN, а також з рядом завдань, специфічних для портів ISDN (активізацією/деактивізацією доступу, індикацією помилок, контролем робочих характеристик, керуванням потоком сигнальної інформації);
- **функції загального управління**, що забезпечують управління реконфігурацією інтерфейсу, тимчасове блокування D-каналів окремих портів ISDN в умовах навантаження, рестарт протоколу ТМЗК та перевірку узгодженості обох сторін інтерфейсу;
- **функції керування трактами 2048 кбіт/с** (тільки в інтерфейсі V5.2), що забезпечують перевірку справності трактів та відповідності їх ідентифікаторів на різних сторонах інтерфейсу, блокування/розблокування трактів, а також циклову та надциклову синхронізацію;

## Функції V5, які реалізуються в обладнанні інтерфейсу:

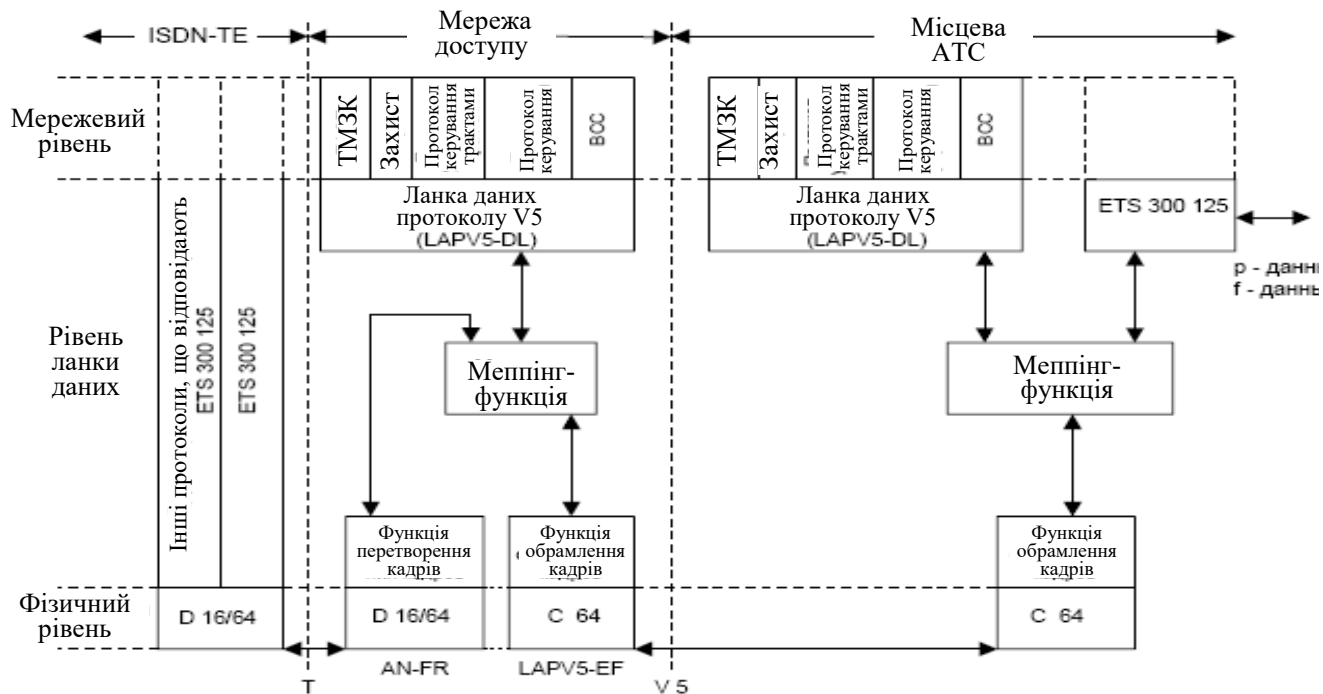
- **функції захисту службової інформації** (тільки в інтерфейсі V5.2), що забезпечують перемикання логічних каналів сигналізації та управління на резервні фізичні канали інтерфейсу при відмови ІКМ-трактів, а також контроль помилок протоколу та перезапуск засобів нумерації повідомлень;
- **функції призначення несучих каналів** (тільки в інтерфейсі V5.2), що забезпечують створення і руйнування фізичних з'єднань між портами мережі доступу і несучими каналами інтерфейсу;
- **функції тактування**, які надають необхідну тактову інформацію передачі бітів, ідентифікації байтів і циклової синхронізації.

## Архітектура інтерфейсу V5

В інтерфейсі V5 діють різні протоколи, що належать рівням 1, 2 та 3 семирівневої моделі OSI. На рівні 3 діють такі протоколи мережного рівня:

- протокол підтримки телефонної сигналізації (протокол ТМЗК);
- службовий протокол управління, що реалізує функції управління портами користувача (Port control) і функції загального управління (Common control);
- протокол призначення несучих каналів (BCC – Bearer Channel Connection);
- протокол керування трактами інтерфейсу (Link Control Protocol);
- протокол захисту (Protection Protocol).

**Протокол ТМЗК і протокол управління діють обох інтерфейсах V5.1 і V5.2, інші протоколи – лише у інтерфейсі V5.2.**



## Архітектура протоколів інтерфейсу V5

Алгоритм функціонування будь-якого протоколу реалізується його логічним об'єктом, поведінка якого описується в термінах **кінцевих автоматів** (Finite State Machine, FSM – це система з кінцевим числом входних сигналів, вихідних сигналів, станів і дискретним часом, в якій перехід з одного стану в інший може відбуватися лише під впливом входного сигналу). Цією моделлю поведінки описуються всі логічні об'єкти інтерфейсу V5.



## Типи даних, що передаються через інтерфейс V5

Робота кожного з протоколів супроводжується перенесенням через інтерфейс V5 даних, типи яких наведені нижче. **Через інтерфейс V5.2 проходять дані:**

- р-типу - дані D-каналу ISDN з SAPI = 16 (комутація пакетів);
- f-типу - дані D-каналу ISDN з SAPI = 32-64 (трансляція кадрів FR);
- Ds-типу – сигнальна інформація D-каналу ISDN;
- сигнальна інформація ТМЗК;
- інформація службового протоколу управління;
- інформація службового протоколу управління трактами;
- інформація службового протоколу призначення несучих каналів;
- інформація про службовий протокол захисту.

**SAPI (Service Access Point Identifier)** - ідентифікатор точки доступу до послуги

## С-шляхи і С-канали

Ресурс, що виділяється в інтерфейсі V5 передачі даних одного типу, називається **С-шляхом**.

Група з одного або кількох С-шляхів різних типів, серед яких відсутній С-шлях передачі інформації протоколу захисту, становить **логічний С-канал**.

Канал 64 кбіт/с ІКМ-тракті інтерфейсу V5, призначений для передачі даних *логічного С-каналу*, називається **фізичним С-каналом**.

С-шляхи для передачі інформації протоколів управління, ВСС, управління ІКМ-трактами та захисту спочатку завжди повинні розміщуватися в КІ16 так званого **Первинного тракту інтерфейсу V5.2**. С-шляхи передачі даних р-, f- і Ds-типу можуть розміщуватися в одному логічному С-каналі або розділятися для передачі по різних логічних С-каналах.

Дані протоколу ТМЗК можуть бути лише в одному логічному С-каналі.

Дані р-, f- або Ds-типу одного будь-якого порту користувача ISDN не можуть розміщуватися в різних логічних С-каналах.

## Розміщення С-каналів в каналних інтервалах

**Канальні інтервали** КІ16, КІ15 та КІ31 кожного ІКМ-тракту 2048 кбіт/с можуть використовуватися як *фізичні С-канали*. В інтерфейсі V5.1 ці КІ використовуються в вказаній послідовності. Інформація протоколу управління завжди розміщується в КІ16.

Якщо інтерфейс V5.2 містить лише один тракт 2048 кбіт/с, розміщення С-шляхів КІ повинно збігатися з розміщенням, прийнятим для інтерфейсу V5.1; це необхідно, щоб забезпечити сумісність V5.2 з V5.1. Якщо інтерфейс має більше одного тракту, необхідно використовувати протокол захисту.

У цьому випадку КІ16 *Первинного тракту* повинен використовуватися для передачі інформації протоколу захисту та організації С-шляхів, які планувалися для протоколу управління, ВСС та протоколу управління трактом. У КІ16 Вторинного тракту також має передаватися інформація протоколу захисту.

**Якщо виникає потреба мати додаткові КІ**, вони повинні вибиратися в такій послідовності:

- КІ16 кожного з трактів, що залишилися, 2048 кбіт/с; якщо цього недостатньо, то
- КІ15 Первинного ІКМ-тракту; якщо цього недостатньо, то
- КІ31 того ж ІКМ-тракту; а якщо цього недостатньо, то
- КІ15 та КІ31 наступного тракту, як описано вище. Цей процес може продовжуватися доти, доки не будуть зайняті КІ15 і КІ31 всіх трактів інтерфейсу.

## Підрівні рівня 2 і мультиплексування в C-каналах

Відповідно до загальних принципів семирівневої моделі OSI завдання рівня 2 полягає в тому, щоб **забезпечити надійну передачу повідомлень рівня 3 з використанням тих засобів, які надає рівень 1.**

Це досягається шляхом нумерації кадрів рівня 2, обчислення та додавання до кінця кожного кадру контрольної комбінації для виявлення помилок . Якщо перевірка прийнятого кадру показує, що містить помилку, запитується повторна передача всіх кадрів, починаючи з останнього правильно прийнятого.

Протокол LAPV5 рівня 2 містить два підрівні, один із яких утворюють функції обрамлення кадрів LAPD (підрівень LAPV5-EF), а другий – власне функції підтримки ланки даних в інтерфейсі V5 (підрівень LAPV5-DL). Для перенесення інформації D-каналу ISDN функції обрамлення мають бути доповнені мережею доступу функціями перетворення кадрів (AN-FR).

## Зв'язок між підрівнями рівня 2

Взаємодія підрівнів рівня 2 відбувається під керуванням т.зв. **функції меппінгу** (*mapping function*).

**Напрямок від LARPV5-EF до LARPV5-DL:** Коли підрівень LARPV5-EF приймає кадр з боку АТС, і при цьому V5DL-адреса знаходиться всередині діапазону, який відведений для адрес логічних об'єктів протоколів V5, інформаційне поле кадру обрамленого передається до підрівня LARPV5-DL .

**Напрямок від LARPV5-DL до LARPV5-EF:** Підрівень LARPV5-DL запитує функцію обрамлення сформувати обрамлений кадр з EF-адресою, що дорівнює адресі V5DL. Кадр підрівня LARPV5-DL міститься в інформаційному полі кадру LARPV5-EF.

## Зв'язок між підрівнями рівня 2

**Напрямок від AN-FR до LAPV5-EF:** Кадри D-каналу, що приймаються від портів користувача ISDN, обробляються функціями перетворення кадрів у мережі доступу і надходять у LAPV5-EF для передачі інтерфейс V5 до АТС. Як параметр передається EF-адреса, пов'язана з портом користувача, і оброблений кадр вводиться в інформаційне поле обрамленого кадру LAPV5-EF.

**Напрямок від LAPV5-EF до AN-FR:** Коли рівень LAPV5-EF приймає від АТС кадр з V5DL-адресою, що знаходиться всередині діапазону, відведеного для ідентифікації портів користувачів ISDN, вміст інформаційного поля обрамленого кадру і EF-адреса надходять до функцій перетворення кадрів у мережі доступу для додаткової обробки та передачі до користувача порту ISDN.

## Мультиплексування на рівні 3

**В інтерфейсі V5.1** сигнальна інформація користувацьких портів ТМЗК об'єднується на рівні 3 і передається по одній ланці даних рівня 2 для протоколу ТМЗК. Аналогічно, керуюча інформація об'єднується на рівні 3 і передається за ланкою даних 2 рівня для протоколу управління. Адресна інформація портів міститься у повідомленнях рівня 3 ТМЗК та протоколу управління.

Мультиплексування лише на рівні 3 **в інтерфейсі V5.2** виконується як і з наступними доповненнями. Інформація протоколу управління трактами мультиплексується лише на рівні 3 і переноситься через інтерфейс за ланкою рівня 2, призначеному інформації управління трактами. Інформація протоколу ВСС мультиплексується лише на рівні 3 і передається ланкою рівня 2, призначеному інформації ВСС. Інформація протоколу захисту мультиплексується на рівні 3 і переноситься через інтерфейс по двох ланках рівня 2, призначених для протоколу захисту та організованих у *Первинному та Вторинному трактах* 2048 кбіт/с.



## Резервування С-каналів

В інтерфейсі V5.2 передбачена можливість резервування логічних С-каналів, якими передається сигнальна інформація та дані всіх службових протоколів.

Протокол захисту дозволяє при відмові одного з трактів інтерфейсу V5.2 автоматично перемикатися на інший тракт, за умови, що інтерфейс містить щонайменше два таких тракти. Повідомлення протоколу захисту мають пріоритет щодо інших повідомлень, що передаються у фізичному С-каналі. Протокол діє так, що всі С-шляхи логічного С-каналу, що резервується, перемикаються на один резервний фізичний С-канал. Для резервованих 3 каналів організується група захисту 1 і, як правило, група захисту 2.

**Група захисту 1 використовує два фізичні С-канали, розміщені в КІ16 Первинного (основного) і Вторинного (резервного) трактів інтерфейсу V5.2.**

## Резервування С-каналів

При пуску системи логічний С-канал, що містить С-шляху протоколу управління, протоколу управління трактом і протоколу ВСС, розміщується в КІ16 *Первинного тракту*, а при відмові цього тракту логічний С-канал перемикається на КВ16 *Вторинного тракту*.

Втрати повідомлень при перемиканні повинні виявлятися процедурами рівня 3. Засоби протоколу захисту забезпечують безперервний моніторинг прапорів усіх фізичних каналів для захисту від відмов, які ще не виявлені засобами рівня 1.

Якщо організується група захисту 2, вона, як правило, забезпечує  $N_2$  логічних каналів відповідно до співвідношення:  $1 \leq N_2 \leq (3 \cdot L - 2 - K_2)$ , де  $L$  - кількість трактів в інтерфейсі,  $K_2$  - кількість резервних каналів ( $1 \leq K_2 \leq 3$ ).

Група захисту 2 відрізняється від групи захисту 1 тим, що вона не передбачає резервного КВ для кожного логічного С-каналу. Дані протоколу захисту КІ групи захисту 2 і по резервним каналним інтервалам для групи захисту 2 не передаються.

## **Лектор:**

Старший викладач кафедри Електроніки и комп'ютерної техніки Сумського державного університету

**Горячев О. Є.**

## **В лекції використано матеріали авторів:**

**Гольдштейн Б.С., Дузь В. І.**