

1.3. Класифікація сучасних телекомунікаційних мереж та технологій

Класифікація за територіальною поширеністю

Класифікацію мереж за масштабно-територіальною ознакою подано ієрархією, наведеною на рис. 1.14.

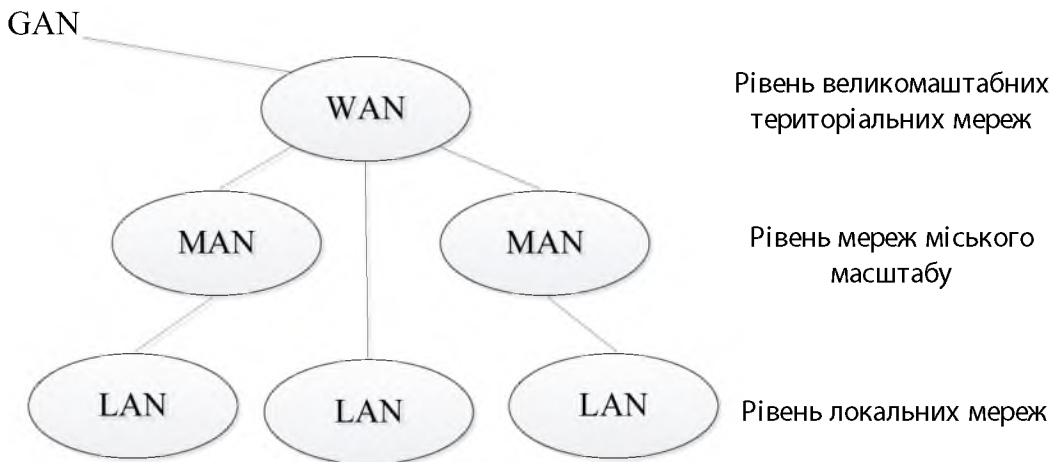


Рис. 1.14. Рівні ієрархії мереж різного масштабу

Глобальна мережа (Global Area Network, GAN) – це загальнопланетарна мережа, яка об'єднує всі країни та континенти й забезпечує доступ користувачів мережі в будь-якій точці земної кулі.

Великомасштабна територіальна мережа (Wide Area Network, WAN) – призначена для об'єднання мереж міського масштабу або сільських районів, які лежать на території великого регіону, держави, континенту, а також на різних континентах.

Мережа мегаполісу (Metropolitan Area Network, MAN) – охоплює територію міста, сільського району, області або регіону.

Локальна мережа (Local Area Network, LAN) – мережа, у якій основна частина трафіка замикається всередині невеликої території, установи, промислового підприємства тощо. До LAN відносять також мережі, утворені поєднанням декількох локальних мережних сегментів, розташованих на невеликій відстані один від одного (мережі кампусів).

Класифікація мереж за масштабно-територіальною ознакою становить інтерес при декомпозиції задач синтезу мережі. Крім того, застосовані в них телекомунікаційні технології суттєво відрізняються один від одного. Зважаючи на відмінність технологій локальних і глобальних мереж, неважко зрозуміти, чому донедавна локальні та територіальні мережі обслуговувалися різними фахівцями.

Тенденції до зближення локальних і територіальних мереж (конвергенції мереж), а також конвергенції застосованих у них технологій стали причинами того, що сьогодні виділення будь-яких мереж розглядається як фрагментація єдиної глобальної мережі.

Перед фахівцями в галузі локальних мереж постала необхідність об'єднати декілька локальних мереж, розташованих у різних географічних районах. Це, в свою чергу, спричинило потребу розширити сфери їх спеціалізації до рівня глобальних телекомунікацій.

У свою чергу, фахівці з глобальних мереж, прагнучи розширити набір і якість пропонованих послуг, підвищити пропускну спроможність і швидкість передачі даних, змушені зосереджувати свою увагу на провідних досягненнях у технологіях локальних мереж.

Класифікація за відомчою належністю

За умов ринкової економіки суб'єктами підприємницької діяльності на ринку телекомунікацій виступають оператори мережі – постачальники послуг (сервіс-провайдери). Вони забезпечують побудову мереж зв'язку загального користування або так званих публічних мереж (Public Network), які покликані поставляти послуги зв'язку широкому загалу користувачів різних категорій.

Мережі операторів

Оператор зв'язку – це компанія, яка є власником телекомунікаційної інфраструктури і переймає на себе всі витрати з підтримки мережі – забезпечення її працездатності із заданим рівнем експлуатаційних параметрів і параметрів якості обслуговування. Тому оператор зв'язку ще називається *мережним оператором* (Network Operator).

Мережні оператори на ліцензійній основі організують свою діяльність з надання платних *телекомунікаційних послуг* (Telecommunication Services) як кінцевим користувачам мережі, так і іншим мережним операторам, забезпечуючи цим транзитну можливість з передачі трафіка через канали своєї мережі. Телекомунікаційні послуги є послугами транспорту. Вони забезпечують перенесення інформації між інтерфейсними точками мережі, які відповідно охоплюють відправника і одержувача, в незмінному вигляді і не вносять жодних змін до інформації, яку генерують самі користувачі (телефонне, факсиміле, мультимедійне повідомлення, електронні листи).

Створюючи мережу загального користування, оператор зобов'язаний забезпечити *стандартний інтерфейс* у будь-якому місці мережі, де підключаються прикінцеві пристрої користувачів.

Розрізняють операторів фіксованого і мобільного (стільникового) зв'язку.

Операторів фіксованого зв'язку (Fixed Communication Operators) організують стаціонарні мережі з прокладкою кабелів і розміщенням комунікаційного устаткування в стаціонарних пунктах.

Оператори мобільного зв'язку (Mobile Communication Operators) забезпечують мережне покриття території шляхом розміщення своїх базових станцій за стільниковою схемою.

Серед основних тенденцій розвитку ринку стільникового зв'язку можна відзначити появу так званих *віртуальних операторів* (Virtual operators). Це компанії, які, не маючи власних мережних ресурсів, частково або оптом викуповують «навантаження» у традиційних операторів і у вигляді пакетів популярних послуг на основі гнучкої тарифної сітки реалізують їх клієнтам під своєю торговою маркою. Велику частину їхньої діяльності становить маркетинг. Оператор, якому

належить мережне устаткування, цілком зосереджує свою діяльність на підтримці високого рівня його працездатності.

У період лібералізації ринків основні інтереси всіх операторів визначаються пошуком нових ринкових форм комплексних рішень з розширення послуг, що надаються користувачам. Для операторів фіксованих мереж таким розв'язанням є надання мобільного доступу своїм абонентам. Операторові мобільного зв'язку фіксована мережа дозволяє стати провайдером усього набору послуг. Доступність комбінації мобільного та фіксованого доступу, надання ширококутного доступу, а також послуг передачі даних забезпечують ідеальні умови виживання операторів зв'язку в умовах високої конкуренції на ринку телекомунікацій.

Мережі провайдерів

У зв'язку з бурхливим розвитком Інтернету нестримно зростає популярність ще одного виду підприємницької діяльності на ринку мережних послуг. Це *інтернет-сервіс-провайдінг* (Internet Service providing, ISP). Основна діяльність сервіс-провайдерів спрямована на надання в регіонах послуг доступу до Інтернету.

Унікальність Інтернету полягає в неосяжному наповненні інформаційними ресурсами та широкому застосуванні інформаційних технологій для обробки інформації та подання її у різних форматах. Інформаційні послуги (Information Services) Інтернету полягають у забезпеченні користувачам можливості пошуку найрізноманітнішої інформації, що розміщується на численних Web-сайтах.

Діяльність сервіс-провайдерів полягає в організації так званих *сервісних вузлів* (Service Nodes), за допомогою яких реалізовується звернення користувачів до різних мережних служб та інформаційних ресурсів, різних вузлів Інтернету. При цьому постачальники послуг самі є споживачами послуг перенесення, що надаються мережними операторами.

Доступ користувачів до сервісного вузла, як правило, теж здійснюється через місцеві мережі операторів і лише великі провайдери можуть мати власні мережі абонентського доступу.

Заведено розрізняти сервіс-провайдерів різних рівнів: *місцевого, регіонального та національного* (рис. 1.15).

Сервісний вузол провайдера місцевого рівня зовнішнім каналом (власним або орендованим у оператора) підключається до так званої *точки мережної присутності* (Point of Presence, POP), в якій розміщується устаткування мережного доступу регіонального провайдера. Регіональний провайдер зазвичай розміщує у своєму регіоні декілька таких точок присутності, забезпечуючи користувачам доступ як до своїх інформаційних ресурсів, так і до зовнішніх ресурсів Інтернету.

Регіональний провайдер аналогічним чином підключається до мережі доступу національного провайдера. І лише національний провайдер має право підключення до міжнародної *точки мережного доступу* (Network Access Point, NAP) в Інтернет. Таким чином, створюється *логічно функціонуюча інтермережа* – мережа провайдерського класу.

При такій схемі сервіс-провайдер може організувати свою роботу взагалі без стаціонарних засобів, тобто не маючи власного мережного забезпечення, а тільки орендуючи канали доступу й устаткування посередника (мережного оператора). Здебільшого провайдери без стаціонарних засобів орендують навіть службу технічної підтримки посередника. Це дозволяє скоротити експлуатаційні витрати і зосередити фінансові ресурси на маркетингу і створенні могутньої клієнтської бази.

Мережі підприємств та установ

Окремим класом виділяють мережі підприємств (Enterprise Networks), що належать компаніям і установам, інтереси бізнесу яких виходять за рамки ринку телекомунікацій.

Відмітною особливістю приватних мереж є той факт, що всі ресурси мережі використовуються тільки співробітниками підприємства, яке володіє мережею. Крім того, під терміном «приватна» мережа розуміється ще *закрита мережа*, тобто призначена для конфіденційного зв'язку. У цьому розумінні поняття «приватна мережа» частіше уживається щодо мереж великих корпорацій, що мають філії в різних містах, країнах і навіть на різних континентах. Мережі підприємств меншого масштабу за умовчанням сприймаються як приватні.

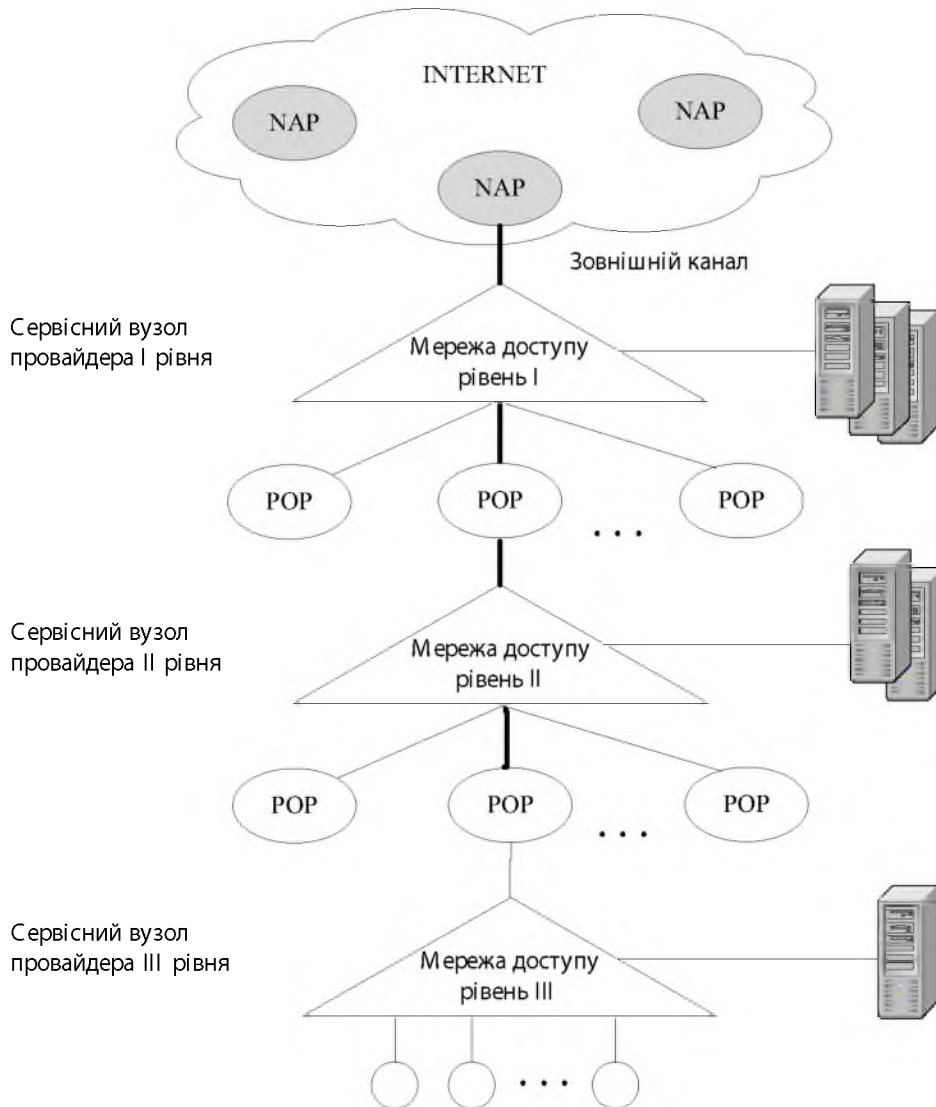


Рис. 1.15. Мережа провайдерського класу

Об'єднання комп'ютерів підприємства в мережу дозволяє оптимізувати його інформаційну інфраструктуру (сукупність бізнес-орієнтованих застосувань, інформаційних ресурсів тощо), що забезпечує співробітникам використання в режимі розділення коштовного обладнання та відповідних баз даних.

Залежно від масштабу виробничого підрозділу, в межах якого діє мережа, прийнято розрізняти мережі робочих груп, мережі відділів, мережі кампусів і корпоративні мережі.

Мережі робочих груп зазвичай характеризуються як малі за кількістю робочих місць мережі (до 10) і використовуються невеликими групами співробітників підприємства, що виконують загальне виробниче завдання. Метою створення мережі в цьому випадку є розділення дорогого периферійного устаткування і даних, сумісне використання застосувань, а також надання універсальних засобів комунікацій як для внутрішнього, так і для зовнішнього зв'язку (рис. 1.16).

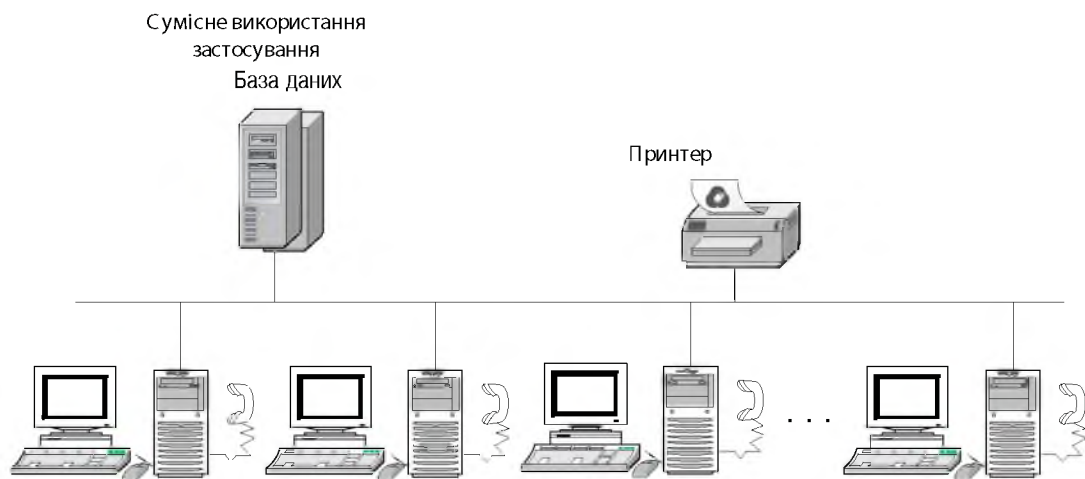


Рис. 1.16. Мережа робочої групи

Мережі відділів можуть об'єднувати близько 30–100 робочих місць і призначені для забезпечення спільної роботи співробітників одного відділу. Ці співробітники зазвичай вирішують низку взаємопов'язаних завдань: забезпечують планово-фінансову діяльність підприємства, ведуть облік руху матеріально-технічних цінностей і т. ін. За рахунок мережі забезпечується робота в режимі розділення лазерних принтерів, модемів, інформаційних ресурсів відділу і мережних застосувань.

Комп'ютерно-телефонна інтеграція привнесла нові риси, що характеризують сучасні мережі відділів. Робочі місця співробітників доповнилися спеціалізованими телефонними апаратами, підключеними до послідовних портів ПК. До стандартного 10-мегабітного сигналу локальної мережі Ethernet додалося 96 повнодуплексних цифрових голосових каналів, які забезпечують можливість передачі мовного трафіка одночасно з даними в єдиному мережному середовищі. Крім того, з'явилася можливість емуляції телефонного апарата за допомогою плат розширення в стандарті TAPI.

Факс – необхідний елемент ділового життя будь-якого офісу або відділу – завдяки новим стандартам також інтегрувався в телефонно-комп'ютерну систему.

З переходом на високошвидкісні технології стало можливим включення в мережу широкосмугового мультимедійного устаткування, що забезпечує організацію в мережі відеоконференц-зв'язку (рис. 1.17).



Рис. 1.17. Мережа відділу

Мережі нового типу створюються на основі концепції відкритих мереж як на базі УАТС (з використанням станцій Hicom, Siemens), так і на базі технологій IP-мереж, що забезпечує можливість створення гібридних застосувань, наприклад таких, як уніфікований обмін повідомленнями.

Мережа будівлі і кампусу об'єднує мережі різних відділів великого підприємства. Мережі відділів можуть розташовуватися як в межах однієї багатоповерхової будівлі, так і в декількох будівлях (кампус), розташованих неподалеку один від одного (рис. 1.18).

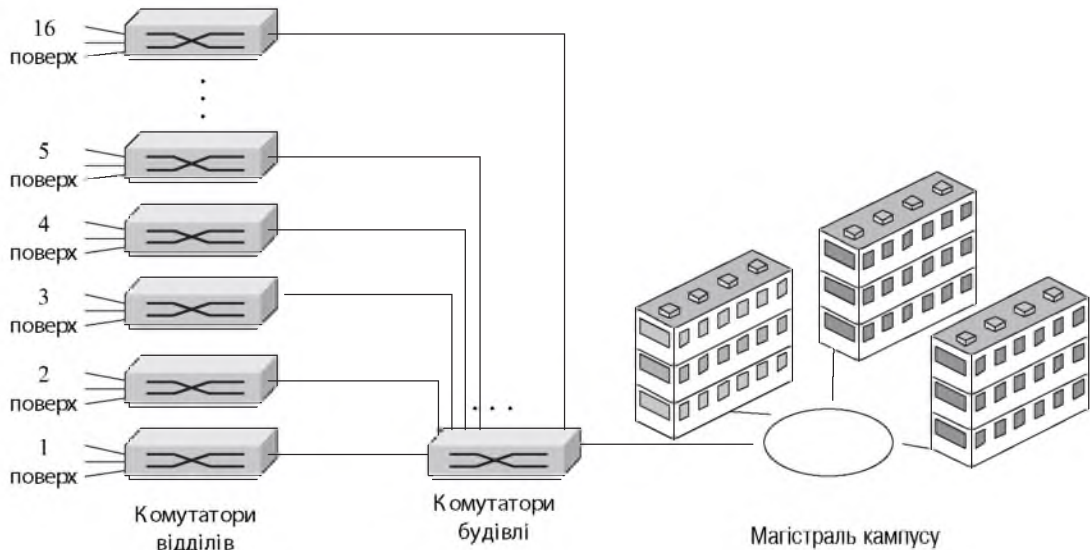


Рис. 1.18. Мережа кампусу

Мережі кампусів налічують декілька сотень комп'ютерів. Вони використовують спеціальні служби мережної взаємодії, що забезпечують доступ до загальних баз даних підприємства, факс-серверів, високошвидкісних модемів і т. ін. Завдяки цьому співробітники одних відділів дістають доступ до мережі ресурсів інших відділів.

Кампусна мережа може містити різні типи комп'ютерів, неоднорідне апаратне і програмне забезпечення, різні мережні технології і являє собою, таким чином, приклад гетерогенного мережного середовища. Усе це спричиняє проблему складності управління мережами кампусів і пред'являє високі вимоги до кваліфікації мережних адміністраторів.

Корпоративні мережі, як правило, належать великим компаніям, що мають головну штаб-квартиру (центральный офіс) і видалені філії в інших містах, країнах і навіть на різних континентах. Число користувачів і комп'ютерів у такій мережі досягає декількох тисяч.

Підрозділи корпорації можуть мати різний масштаб – від малого, представленого всього лише одним або декількома працівниками компанії, до філії масштабу кампусу. Об'єднання мереж корпоративних підрозділів можливе лише з використанням *зовнішніх телекомунікацій*, що орендуються в мережних операторів (рис. 1.19).

Корпоративна мережа може обслуговувати не тільки підрозділи однієї великої компанії, але і деяку групу користувачів, в яку, окрім працівників компанії, входять партнери у бізнесі й основні клієнти компанії. Санкціонований доступ до корпоративної мережі має лише обмежений контингент користувачів, що є замкнутою групою.

Невід'ємним атрибутом корпоративної мережі є централізована довідкова служба з обліку і реєстрації всіх користувачів. Це істотно полегшує роботу мережного адміністратора, який один раз виконує операцію внесення облікових даних про користувача в базу мережі. За наявності ж централізованої довідкової служби мережі користувач один раз виконує процедуру входу в мережу в цілому.

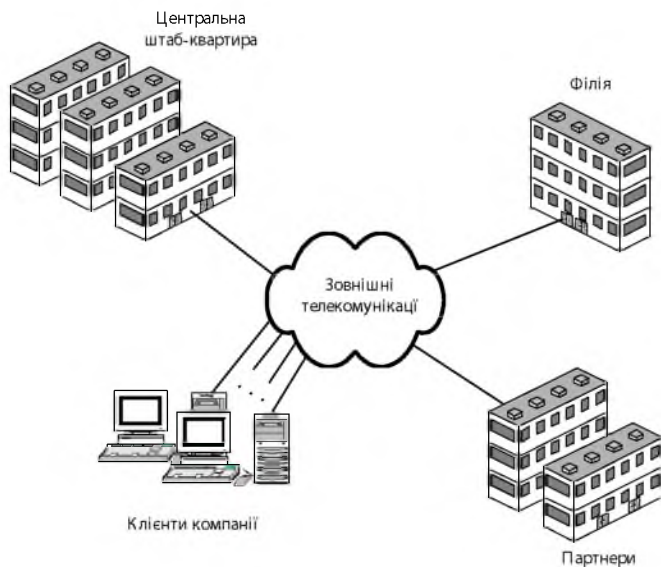


Рис. 1.19. Корпоративна мережа

Корпоративні мережі містять усю комунікаційну інфраструктуру, що забезпечує взаємодію між користувачами: різні типи термінальних пристроїв, кабельні системи в місцях розташування офісів, глобальні комунікації на базі ресурсів, орендованих у мережних операторів, і функціональні елементи управління мережею.

Завдання оптимізації мережної інфраструктури корпорацій сьогодні досить ефективно розв'язується з використанням Internet-технологій як універсального і

недорогого способу транспортування трафіка корпоративних мереж через публічні мережі. Це дозволяє підприємствам отримати великий вигаш у використанні смуги пропускання в глобальних сегментах своїх мереж, зменшивши сумарні вимоги до смуги пропускання. Проте Інтернет спочатку створювався як відкрита загальнодоступна система і у зв'язку з цим не передбачає забезпечення захисту даних, а також запобігання несанкціонованому доступу до інформаційних ресурсів корпорацій.

Зазначена проблема вирішується застосуванням спеціальних технологій, що отримали назву VPN-технологій (Virtual Private Networks, VPN). Ці технології дозволяють перетворити зв'язки через мережі загального користування, що віртуально існують і абсолютно захищені, на канали. У зв'язку з цим широко використовується термін «віртуальна приватна мережа», який характеризує достатньо широке коло технологій, що забезпечують захищений та якісний зв'язок для контрольованої групи користувачів, які взаємодіють через Інтернет. При цьому для організації взаємодії мереж філій корпорації і видалених користувачів з мережею центрального офісу потрібно лише підключити їх до мереж місцевих сервіс-провайдерів. Локальні мережі корпорації при цьому стають природним продовженням Інтернету. Абонентська плата за послуги Інтернету набагато нижча за щомісячні витрати на лінії, що оренднуються у мережних операторів. Крім того, підключення нових вузлів при розширенні підприємства набагато простіше в організаційному і технічному плані.

Застосування VPN-технологій в Інтернеті пов'язують з поняттями «інтрамережа» (intranet – сукупність зв'язків усередині корпорації) і «екстрамережа» (extranet – взаємодія з підприємствами-партнерами у бізнесі або з постійними клієнтами) (рис. 1.20).

Найважливіша частина технології VPN спрямована на забезпечення *безпеки передачі даних* відкритою публічною мережею. Технологічним інструментарієм, використовуваним під час розв'язання цього завдання, є:

- сучасні методи шифрування, що дозволяють створити стійкі системи захисту інформації;
- аутентифікація користувачів – процедура встановлення ідентичності особи, що є легальним користувачем мережі, заснована на використанні паролів, фізичних ключів, електронних магнітних карт, а також власних біохарактеристик користувача (відбитків пальців, малюнка райдужної оболонки очей);
- аутентифікація даних, що забезпечує підтвердження цілісності даних і легальність їх автора на основі алгоритмів формування електронного підпису;
- ауторизація – процедура надання кожному легальному користувачеві, що успішно пройшов аутентифікацію, тих видів доступу і до тих ресурсів, які визначені для нього адміністратором мереж;
- тунелювання – механізм інкапсуляції, тобто розміщення пакета нижчого рівня в полі даних пакета протоколу вищого або того самого рівня. Такий пакет поміщений у зовнішню оболонку, придатний для транспортування у відкритій мережі, оскільки цілком зашифрований, у тому числі і заголовок;
- аудит – процедура фіксації в системному журналі всіх подій, пов'язаних з доступом до захищених ресурсів корпоративної інформації. Записи аудиту використовуються в разі виявлення дій зловмисника для усунення вразливих місць у системі захисту та запобігання повторним зломам.

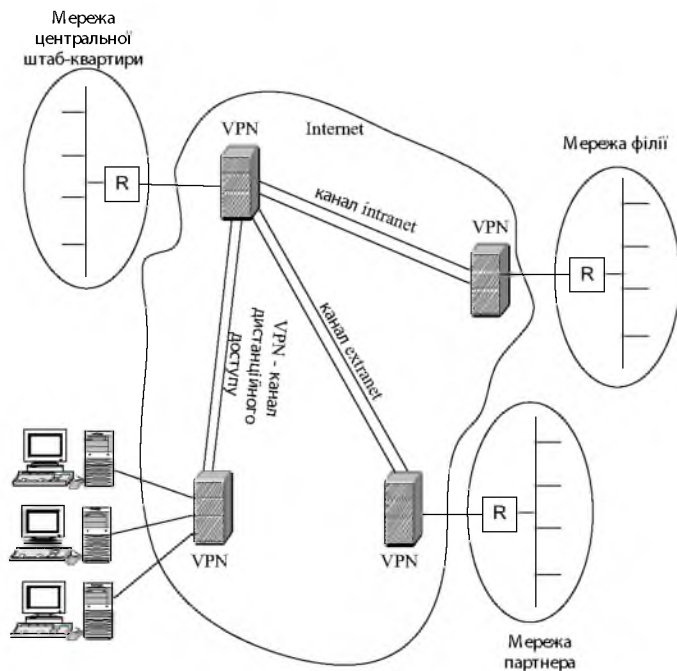


Рис. 1.20. Корпоративна мережа на основі VPN-технології

Використання VPN-технології при організації транспорту даних через публічну мережу дозволяє підприємству заощадити до 40 % коштів на зв'язках типу «мережа–мережа» і до 80 % при підключенні видалених користувачів. Ці технології входять до числа найбільш перспективних технологій, використовуваних різними компаніями в багатьох країнах світу. Їх перспективність підтверджується також фактом назрілої необхідності переходу від Інтернету до публічної мережі наступного покоління, покликаної забезпечити користувачам можливість віртуальної присутності в будь-якій точці земної кулі та роботи в реальному масштабі часу.

Класифікація за призначенням

Основним призначенням телекомунікаційних мереж є реалізація транспортної функції, тобто перенесення інформації, поданої у формі сигналу із кінця в кінець інтерфейсами мережі.

Мережна активність при транспортуванні інформації різними ділянками телекомунікаційної мережі визначається інтенсивністю створеного в них мережного трафіка. Принцип розподілу інтенсивності трафіка на різних ділянках телекомунікаційної мережі може бути взятим за основу декомпозиції транспортної функції.

Така декомпозиція передбачає виділення трьох типів мереж, які розв'язують порівняно самостійні функціональні підзавдання, а саме: транспортні мережі, мережі доступу і розподільчі мережі.

Транспортна мережа (Transport Network) – це сегмент телекомунікаційної мережі з високим ступенем концентрації трафіка, за допомогою якого здійснюється інформаційний обмін між сегментами з більш повільним трафіком і в якому транспортне середовище для передачі будь-якого типу інформації забезпечується використанням єдиних технологічних принципів і встановлених стандартів з надання ширини смуги пропускання (рис. 1.21).

Мережа доступу (Access Network) – це сегмент телекомунікаційної мережі, в якому формуються інформаційні потоки, спрямовані в транспортну мережу.

Хоча мережі доступу та транспортні мережі спільно розв'язують завдання – реалізацію транспортної функції з перенесення інформації із кінця в кінець, – телекомунікаційні технології, які використовуються в них, істотно відрізняються.

Сполучення мереж доступу з транспортною мережею здійснюється у вузлах доступу до транспортної мережі.

Мережі доступу узагальнено поділяються на:

- ❖ мережі проводового доступу;
- ❖ стаціонарні мережі безпроводового доступу;
- ❖ мережі мобільного доступу.

Мережа доступу з боку користувача має пристрій *мережного закінчення* (Network Termination, NT), а на іншому кінці – *інтерфейс вузла доступу* (Access Node Interface, ANI) до транспортної мережі.

Ділянка мережі між мережним закінченням NT, до якого під'єднано термінальний пристрій користувача та *інтерфейсом сервісного вузла* (Service Node Interface, SNI), де абоненту надається необхідна послуга, визначається терміном «мережа абонентського доступу». Наприклад, ділянка між абонентською розеткою, куди підключається термінал користувача, і лінійним блоком місцевої телефонної станції.

Мережі доступу мають багаторівневу архітектуру, що містить вузли рівнів доступу, розподілу (агрегації) і ядра.

Опорні вузли мереж абонентського доступу формують рівень доступу.

Вузли рівня розподілу забезпечують агрегацію інформаційних потоків, що надходять від опорних вузлів абонентського доступу, і магістралями спрямовують агреговані потоки у вузли доступу до транспортної мережі.

У вузлі доступу до транспортної мережі відбувається концентрація всіх інформаційних потоків від приєднаних вузлів рівня розподілу. Вузол доступу до транспортної мережі, таким чином, переміщується на рівень ядра в мережі доступу.

Якщо територіальна протяжність велика, мережа доступу може розглядатися нарівні сегмента MAN.

Розподільчою мережею (Distribution Network) називають сегмент телекомунікаційної мережі, за допомогою якого концентрований потік, який надходить з транспортної мережі, перерозподіляється та надходить до споживачів.

На практиці функції мережі доступу та розподільчої мережі часто поєднуються в одному сегменті.

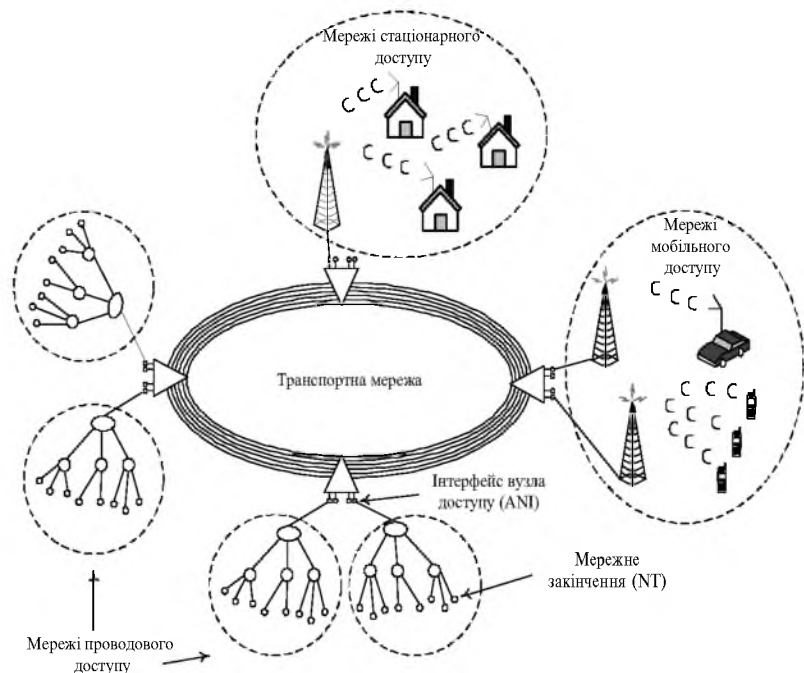


Рис. 1.21. Транспортна мережа та мережі доступу

Класифікація за технологіями

Еволюційний характер розвитку мереж, на відміну від бурхливого розвитку технологій передавання даних, які забезпечують різноманіття варіантів реалізації функції транспорту інформаційних потоків, надав можливість розглядати телекомунікаційну мережу як сукупність сегментів, різниця між якими зумовлена телекомунікаційними технологіями, застосованими в них. Причому розміри таких сегментів можуть досягати масштабів LAN, MAN, WAN мереж.

Визначаючи сегменти за ознаками телекомунікаційної технології, вживають поняття, пов'язане з назвою відповідного технологічного стандарту або протоколу, наприклад «мережа Ethernet», «мережа ISDN», «мережа ATM», «мережа SDH», «IP-мережа», «мережа Wi-Fi», «мережа мобільного доступу» та ін.

Принцип технологічної однорідності дозволяє виокремлення сегментів, до яких вживається термін «хмара».

Хмара – це територіальна телекомунікаційна мережа з однорідними зовнішніми інтерфейсами, внутрішня будова якої при організації через неї транспортування інформаційних потоків не деталізується і не розглядається.

Цей термін зазвичай вживається в контексті опису схем взаємодії двох і більше віддалених локальних мереж через телекомунікаційні мережі операторів. Прикладом цього є корпоративна мережа, в якій мережі центральної штаб-квартири та філій об'єднуються за допомогою зовнішніх телекомунікацій (крізь телекомунікаційну хмару).

Слід зазначити також, що єдиної загальноприйнятої класифікації саме телекомунікаційних технологій не існує. Однак на основі досвіду їх використання можна запропонувати класифікацію за такими критеріальними ознаками:

- ⇒ *за типом переданого трафіка* (забезпечуваного сервісу): передачі даних, передавання звуку, передавання відеозображення, конвергентні;
- ⇒ *за наявністю механізмів забезпечення QoS*: без забезпечення якості, з дотриманням параметрів QoS;
- ⇒ *за типом комутації*: з комутацією каналів, з комутацією пакетів;
- ⇒ *за типом доступу до середовища*: з монопольним доступом до середовища, розділяється середовищем (TDMA, FDMA/WDMA, CDMA);
- ⇒ *за масштабом сегмента, для якого застосована технологія*: технології LAN, технології MAN, технології WAN;
- ⇒ *за типом розташування елементів інфраструктури*: наземні, супутникові;
- ⇒ *за кількістю абонентів, що підключаються*: точка-точка (unicast), точка-багатоточка (Multicast Broadcast);
- ⇒ *за типом мобільності абонента*: фіксованого зв'язку, рухомого зв'язку;
- ⇒ *за характером переданих сигналів*: аналогові, цифрові;
- ⇒ *за типом використовуваного фізичного середовища передачі*: на металевих лініях, на оптичних лініях, з використанням безпроводового середовища;
- ⇒ *за використовуваною шириною смуги частот*: вузькосмугові, широкосмугові;
- ⇒ *по можливості двобічної передачі по одному каналу*: сімплексні, дуплексні, напівдуплексні;
- ⇒ *за кількістю використовуваних для передачі каналів*: послідовні (одноканальні), паралельні (багатоканальні).

1.4. Сервісні можливості телекомунікацій

Послуги, служби, телекомунікаційні сервісні платформи

Термін «сервіс» у технічній літературі трактують синонімічно до понять «послуга», «служба», «обслуговування». Якщо *послуга* є продуктом мережі, який має вартість, що залежить від його типу й якості, то *службою мережі* є комплекс апаратно-програмних ресурсів мережі, а також організаційних засобів, залучених для виробництва і надання конкретної послуги або виду послуг. Таким чином, на відміну від послуги, служба – це безпосередньо компонента мережі. Специфікацію послуг мережі розуміють як «*сервіс*» чи «*обслуговування*», тобто:

- спектр додаткових видів обслуговування;
- функціональна повнота (специфічні особливості послуги);
- клас обслуговування (рівень комфортності послуг);
- якість обслуговування QoS (Quality of Service).

Примітно, що індустрія телекомунікацій історично розвивалася в напрямку розширення спектра послуг зв'язку, які заведено називати телекомунікаційними послугами.

Телекомунікаційні послуги призначено для задоволення запитів і потреб у транспортних ресурсах клієнтів, абонентів мережі, а також інших об'єктів (наприклад, локальних мереж, які взаємодіють на віддалі), об'єднаних спільним поняттям «користувачі мережі». Їхнім основним завданням є якісне транспортування інформації користувачів, перетвореної у сигнали. Мережа приймає інформацію в пункті, де розміщено один з її інтерфейсів, передає її транзитом через точки та видає в пункт призначення через інший інтерфейс. Надаючи телекомунікаційні послуги, мережа не вносить жодних змін в інформацію, яку передає, видаючи її одержувачу в тому вигляді, в якому вона надійшла в мережу від відправника. У зв'язку з цим телекомунікаційні послуги ще називають *послугами транспорту*.

Надання транспортних ресурсів телекомунікаційних мереж здійснюють оператори зв'язку. Сукупність ресурсів телекомунікацій, що використовується при наданні послуг конкретного виду, має назву «*сервісна платформа*».

Останнім часом більш цінними для споживача є не послуги транспорту, а доступ до сервісу, який стимулюється за рахунок зростання споживання послуг транспорту. У результаті в ланцюжку формування послуг між оператором і користувачем виникла ланка сервіс-провайдерів, компаній, що мають маркетингову спрямованість.

Конвергенція як стратегія розвитку телекомунікаційного сервісу

Конвергенція – це процес взаємопроникнення та об'єднання різноманітних телекомунікаційних мереж, технологій та послуг.

На рівні *конвергенції* мереж відбувається злиття транспортних мереж та мереж доступу, мереж фіксованого та мобільного зв'язку, наприклад, у єдину магістральну мережу IP/MPLS, що підтримує широкий спектр методів доступу: традиційної телефонії, DSL, виділених каналів, METRO Ethernet, безпроводових мереж (WLAN) та мереж радіодоступу (RAN) у мережах операторів мобільного зв'язку.

Конвергенція транспортної мережі та мереж доступу є найбільш опрацьованим етапом процесу злиття мереж, які функціонують на основі різних технологій. Во-

на складається з конвергенції магістралей фіксованих і мобільних мереж, зокрема, для передавання великих обсягів мовленнєвого трафіка з тієї ж магістралі IP, якою доправляють широкосмугові дані, послуги GPRS і UMTS.

У конвергенції технологій провідною є концепція *конвергенції фіксованого та мобільного зв'язку* (Fixed Mobile Convergence, FMC), що, з одного боку, підвищує доходи операторів, з іншого – задовольняє щоразу вищі вимоги замовників, які орієнтовані на мобільні та IP-технології. Під час передавання трафіка мереж 2.5G й 3G через IP-мережі конвергенція технологій забезпечує глибину проникнення аж до мережі доступу оператора мобільного зв'язку.

Концепція FMC є масштабованою та передбачає розподілену функціональність (відокремлення функцій). Це означає, що виконання різних функцій беруть на себе вузькоспеціалізовані фізично розділені мережні елементи: сервер застосувань надає послуги; елементи оброблення викликів відповідають за сигналізацію; системи баз даних зберігають дані користувача; медіа-сервери відтворюють оголошення; шлюзи з'єднують різні мережі доступу. Функції зазначених мережних елементів та інтерфейсів між ними описує стандарт IMS.

Перспективною сферою для FMC є також корпоративний ринок. Пропозиція послуг FMC для бізнес-клієнтів може стати відправною точкою для підвищення рівня доходів операторів мобільного зв'язку та розширення абонентської бази за рахунок працівників підприємств, яким надають послуги FMC.

Основними факторами, які сприяють впровадженню FMC, є такі:

⇒ доступність на ринку інтелектуальних терміналів (наприклад, дворежимних телефонів – стільникових /802.11);

⇒ високі темпи впровадження технології WLAN (безпроводові домашні мережі, безпроводові локальні мережі підприємств, точки доступу в аеропортах, готелях та ін.);

⇒ популяризація VoIP.

На рівні *конвергенції послуг* виконуються в основному функції управління сесіями.

Під *сесією* зазвичай розуміють сеанс зв'язку, активне з'єднання між користувачами, користувачем і комп'ютером або комп'ютерів між собою.

Організація сесії передбачає послідовність низки операцій, таких, як налаштування та завершення сесії; керування черговістю та режимом передавання даних (симплекс, напівдуплекс, дуплекс), синхронізація, керування активністю сесії; складання звітів про надзвичайні ситуації та ін.

Керуючи сесією, уможливають розгортання конвергентних послуг – таких як мобільний доступ до даних, проведення аудіо- та відеоконференцій, передавання голосу та миттєвий обмін повідомленнями. При цьому забезпечується контроль за активністю і станом кожної сесії, за ступенем доступності послуги на будь-якому абонентському терміналі та через будь-який метод доступу. Крім того, для будь-якої послуги виділяють відповідні мережні ресурси без негативного впливу на активні сесії, а також адекватну тарифікацію.

Отже, конвергенція послуг забезпечує споживачам зручність користування послугами, виконуючи в сесіях непомітно для абонентів перетворення даних і голосу в процесі передавання їх між наземним та безпроводовими широкосмуговими доменами. При цьому мережа динамічно адаптує свої політики щодо виділення ресурсів та забезпечення якості обслуговування з огляду на мобільність терміналу та на те, в якому середовищі передавання термінал розміщується в цей момент.

На практиці це може виглядати так: людина здійснює виклик, використовуючи VoIP-телефонію. При цьому спочатку вона перебуває в мережі оператора фіксованого зв'язку, потім потрапляє в зону 3G зв'язку і нарешті приходить в офіс, де його телефон з'єднується з корпоративною Wi-Fi мережею. Розмова не переривається, однак у різний час проходить через різні мережі. Аналогічно під конвергенцією послуг можна розуміти присвоєння абоненту єдиного номера, який є доступним йому як у стільниковому, так і у стаціонарному телефоні.

Нарешті, існує конвергенція на рівні пристроїв. Так, мобільний телефон middle-класу підтримує тільки послуги на основі GSM-мережі, водночас як бізнес-смартфон може працювати в 2–3 стандартах і, відповідно, використовувати більше можливостей для комунікацій.

Конвергенція послуг передбачає використання інтелектуальних термінальних пристроїв (дворежимний телефон – стільниковий/802.11, смартфони, ноутбуки, кишенькові ПК та ін.), а також *конвергентної платформи надання послуг*.

Основними показниками функціональності конвергентної платформи надання послуг є такі:

- обізнаність про активні сесії та здатність керувати ними незалежно від місця розташування учасників сесії та методу їх доступу;
- забезпечення безперервності послуги в разі перегинання межі між фіксованими та мобільними мережами, незважаючи на специфіку її реалізації для кожного з видів трафіка – голосового, даних і відео.

Узагальнюючи викладене, слід зазначити, що велика популярність конвергентних послуг дає підстави прогнозувати їх пріоритетність у мережах зв'язку вже в найближчому майбутньому.

Оператори вже зараз повинні готуватися до конвергенції: будувати магістраль і граничну мережу IP/MPLS операторського класу, розвивати мережу широкосмугового доступу, стимулювати розвиток WLAN у домашніх мережах і мережах підприємств, поширення публічних точок доступу WLAN – усе для логічного доповнення мережі та фіксованої мережі зв'язку загального користування. Створення такої основи дає змогу операторам успішно та в найкоротші терміни виконати стратегію конвергенції.

Технології реалізації конвергентних телекомунікаційних сервісних платформ

Створення конвергентної платформи надання послуг передбачає, передусім, реалізацію *концепції FMC* (конвергенція фіксованого та мобільного зв'язку), в якій основна роль належить операторам зв'язку. Припустимо, якщо оператор володіє як фіксованою, так і мобільною мережами, то план реалізації конвергентної платформи надання послуг може бути таким:

- ⇒ створення конвергентного ядра IP/MPLS, що забезпечує транзит даних, голосу, відео та інформації сигналізації;
- ⇒ організація мультисервісних мереж доступу для корпоративного ринку (для бізнес-клієнтів) і споживчого ринку (для приватних абонентів).

Існують три основні технології реалізації концепції FMC: Mobile IP, UMA, і IMS:

Mobile IP – мобільний IP дає змогу зробити прозорою для прикладного процесу зміни IP-адрес на транспортному рівні. Технологію орієнтовано на підтримку мобільного доступу до даних у мережах WLAN, 3G, GPRS, зокрема роумінг та

збереження сесії, якщо абоненти переміщаються. Процедуру збереження сесії в разі переміщення абонента між стільниками та підмережами називають «handover».

UMA (Unlicensed Mobile Access) – універсальний мобільний доступ, забезпечує надання послуг стільникового зв'язку через широкосмугову мережу IP. Це рішення фактично емулює роботу GSM і GPRS через широкосмугову мережу IP (як повідомлення, так і сигналізацію). При цьому широкосмугова мережа IP функціонально виконує роль підсистеми базових станцій GSM, що через контролер взаємодіє з традиційним мобільним комутатором (Mobile Switching Centre, MSC) та устаткуванням сервісного вузла GPRS за звичайними інтерфейсами надання послуг комутації каналів і пакетних послуг відповідно. Такий підхід дає змогу UMA підтримувати безшовне передавання викликів між зоною стільникового покриття та широкосмуговою зоною IP за допомогою процедури handover між контролерами базових станцій.

IMS (IP-Multimedia Subsystem) – IP-підсистема мультимедійного зв'язку, яка є універсальною IP-орієнтованою, пакетною системою зв'язку, що забезпечує можливість формування та надання мультимедійних послуг, яка підтримує всі технології доступу, зокрема мобільний стільниковий зв'язок.

Технологія IMS відіграє особливу роль: забезпечує загальну базову функціональність, яку використовують усі застосування IMS. Загальна функціональність передбачає автентифікацію та ідентифікацію користувачів, безпеку, облік, взаємодію з підсистемою забезпечення якості обслуговування, створення послуг, роумінг.

Інфраструктурні проекти на базі телекомунікаційних сервісних платформ.

Система «Розумний будинок». Система «Розумне місто»

Сучасні телекомунікації дозволяють створювати сервісні платформи, які являють собою інфраструктурні рішення для соціальних об'єктів і зазвичай мають назви «розумна будівля» (інтелектуальна чи енергоефективна будівля), «розумне місто» тощо. У такому розумінні будівля розглядається як динамічна система сервісів заданого рівня якості, надійності, безпеки та економічної ефективності, а міська муніципальна інфраструктура – як стала система міських комунікацій і сервісів заданого рівня якості, надійності, безпеки та економічної ефективності.

Система «Розумний будинок»

Системи «Розумний будинок» застосовуються: в котеджах, квартирах, офісах, магазинах, на яхтах, в автомобілях і цілком базуються на телекомунікаційних платформах цих об'єктів. Існує декілька стандартів, на базі яких можна створювати такі системи (EIB, LON, BACNet, Profibus і т.п.). Вибір користування того чи іншого стандарту (або декількох одночасно) визначається інженером проекту і залежить від сфери застосування тої чи іншої системи і поставлених завдань. Основними функціями «Розумного будинку» є:

Управління освітленням, або «Розумне світло» – це так зване сценарне управління. Сценарії дають можливість управляти групами освітлювальних приладів і таким чином вилучити безліч вимикачів на стінах. Сценарії можуть включатися по всьому будинку або в окремому приміщенні одним дотиком до панелі

управління. Освітлення за задалегідь заданими режимами/сценаріями може регулюватися автоматично, залежно від присутності в приміщенні людини, часу людини, часу доби, пори року, погодних умов, рівня освітленості.

Управління шторами та жалюзі. За допомогою електромеханічних приводів можна управляти жалюзі, шторами, воротами, рол-віконнями тощо. Можна робити це одним дотиком до панелі управління або за сценарним управлінням з огляду на пору року, час доби, освітленість приміщень і кліматичні умови.

Управління мікрокліматом. «Розумний будинок» може створювати і підтримувати бажані кліматичні умови (мікроклімат), індивідуальні для кожного приміщення. Можна змінювати температуру з будь-якої точки будинку за допомогою спеціального пульта або за задалегідь заданими сценаріями. Так, система самостійно створить комфортні умови для сну, зреагує на зміну погоди тощо. Для підтримки комфортного і оптимального для проживання мікроклімату в будинку система забезпечує узгоджену роботу всього кліматичного обладнання – радіаторів, теплих підлог, котлів, фенкойлів, кондиціонерів, вентиляційних установок і т. ін.

Управління аудіо- і відеоджерелами. Вбудовані колонки, плазмові дисплеї і маленькі панелі управління, встановлені в кожній кімнаті будинку, являють собою один комплект апаратури з ефірними, FM тюнерами, аудіо-, відеосервером і т. ін. Індивідуально для кожної кімнати (або зони) можна встановлювати свої налаштування, вибирати відео, музику, теле- і радіопрограми. Розумний будинок забезпечує інтеграцію в загальну систему управління всіх перелічених систем, а також домофонію, телефонію, «функцію няні», «звук, що стежить», домашній кінотеатр.

Забезпечення безпеки. Охоронні системи «Розумного будинку» дозволяють запобігти зовнішньому вторгненню, пожежі, витоку води, газу. Система відеоспостереження здійснює спостереження за зовнішньою обстановкою поза домом. Уся інформація записується на відеосервер. При вторгненні в будинок система безпеки відправляє сигнал не тільки на пульт охоронних структур, але і на зазначений телефон. При пожежі спрацьовує система пожежогасіння і вмикається аварійне світло. При надходженні сигналів від різних датчиків система сама може приймати рішення:

- при виявленні витоку води чи газу перекрити трубопроводи або зателефонувати до обслуговуючої організації;
- при пошкодженні електропроводки відключити аварійні ділянки ланцюгів електропостачання;
- передати повідомлення про несправності та дії системи господарям.

Управління та моніторинг. За допомогою цієї системи можна здійснювати моніторинг роботи всіх інженерних систем і пристроїв, проглядати зображення з відеокамер, електронну пошту, прослуховувати автовідповідач, управляти системою мікроклімату в будинку, системою безпеки, освітленням, жалюзі, воротами, змінювати стандартні настройки, створювати нові сценарії управління для певних кімнат і всього будинку.

Віддалений доступ. За допомогою системи «Розумний будинок» можна дистанційно отримувати інформацію про стан служб і систем будинку, про наявність людей в приміщенні, невимкнуте світло, відкрите вікно, виникнення позаштатної чи аварійної ситуації тощо. Можна передати команду управління системі віддалено за допомогою кишенькового персонального комп'ютера, мобільного чи стаціонарного телефону. При терміновому від'їзді можна з аеропорту подати сис-

темі команду «Тривала відсутність». Система переведе будинок в режим максимального енергозбереження, від'єднає некритичні споживачі електроенергії та рекреє стояки з водою і газом. І, навпаки, при поверненні можна перевести систему в «Штатний режим».

Система «Розумне місто»

У XXI столітті стан міського середовища не визначається лише наявністю інфраструктури, тобто матеріальними ресурсами. Сучасному місту необхідні розумні рішення, які забезпечують якісно новий розвиток з принципово новими можливостями централізованого управління, новим рівнем сервісів і безпеки.

«Розумне місто» – це забезпечення сучасної якості життя за рахунок застосування інноваційних технологій (штучного інтелекту, інформаційно-комунікаційних технологій), які передбачають економічне й екологічне використання міських систем життєдіяльності. У концепцію «Розумного міста» закладено інфокомунікаційну мережу, яка є базою для створення всіх пропонованих сервісів і можливостей, розгортання якої вимагає модернізацію та реконструкцію як існуючих телекомунікацій, так і всіх міських інженерних мереж.

Інфраструктурними компонентами системи «Розумне місто» є такі:

Система муніципальних телекомунікацій як основа для надання сервісів і функціонування систем муніципального управління.

Система розумного управління рухом у місті, транспортними і пасажирськими потоками (системи навігації, оцінка параметрів і управління потоками, системи парковок, білінгві системи).

Комплексна система міської безпеки як платформа для успішного розвитку (інтелектуальні системи спостереження, безпека заходів, центри керування безпекою, взаємодія зі службою «102»).

Муніципальна система управління, яка охоплює адміністративно-організаційні та економічні аспекти (планування перспектив розвитку, архітектурні та технологічні рішення, керування експлуатацією і сервісами), а також соціальні та інформаційно-довідкові аспекти (електронна приймальня, електронний уряд, соціальна картка мешканця).

Практично всі пристрої та будинки «розумного міста» підключені до загальної мережі. Кожний сенсор і датчик надсилають інформацію до центрального вузла управління, де аналізуються дані автомобільного трафіка, освітлення, водопостачання тощо. Отже, ефективність проекту «Розумне місто» значною мірою визначається наявністю та можливостями саме сенсорів і датчиків.

Перспективи розвитку інфраструктурних проєктів з урахуванням нових технологічних тенденцій у телекомунікаціях

При оцінці перспектив розвитку інфраструктурних проєктів слід враховувати нові технологічні тенденції, які формуються в сучасних телекомунікаціях. Однією з таких тенденцій є впровадження сенсорних мереж, які мають досить широкий спектр можливого застосування.

«Сенсорна мережа» (Sensor Network) є усталеним терміном, який означає розподілену мережу, що самоорганізується, є стійкою до відмов окремих елементів, які обмінюються інформацією у безпроводовому способі. Безпроводові сенсорні мережі (WSN) складаються з мініатюрних обчислювальних пристроїв – *motiv*, за-

безпечених сенсорами (датчиками температури, тиску, освітленості, рівня вібрації, місця розташування тощо) і прийомо-передавачами сигналів, що працюють в заданому радіодіапазоні. Завдяки гнучкій архітектурі, низьким енерговитратам, порівняно невисокій вартості вузлів, сенсорні мережі є досить привабливими для застосування їх у вирішенні завдань, що розглядаються.

Одним з різновидів сенсорних мереж є технологія *Smart Dust* (Розумна пил). Це технологія, моти якої мають мікроскопічний розмір (з пилінку). Технологія *Smart Dust* була запропонована 1998 року доктором Крісом Пістером із університету Каліфорнії. Він представив пристрій, що складається з датчика, пристрою зв'язку і мікрокомп'ютера, об'єднаних в єдиний корпус. Дослідження відбувалися під патронатом оборонного науково-дослідного центру США (DARPA).

Smart Dust-мережа дозволяє виявляти події або зміни, що відбуваються навколо «пилінки», збирати та обробляти дані, передавати отриману інформацію зацікавленим користувачам.

Залежно від цілі організації *Smart Dust*-мережі «пилінки» можуть бути встановлені на перехрестях, всередині великих машин, на дні океану, всередині торнадо, на поверхні океану, у біологічно і хімічно забруднених областях, в будинку або в споруді, прикріпленими до тварин, прикріпленими до рухомих транспортних засобів, у каналізації або річці тощо. Такий широкий спектр можливих зовнішніх умов дозволяє створювати необмежену кількість інфраструктурних проєктів – від «Розумного автомобіля» до «Розумної країни» і навіть «Глобальної системи моніторингу» (рис. 1.22).

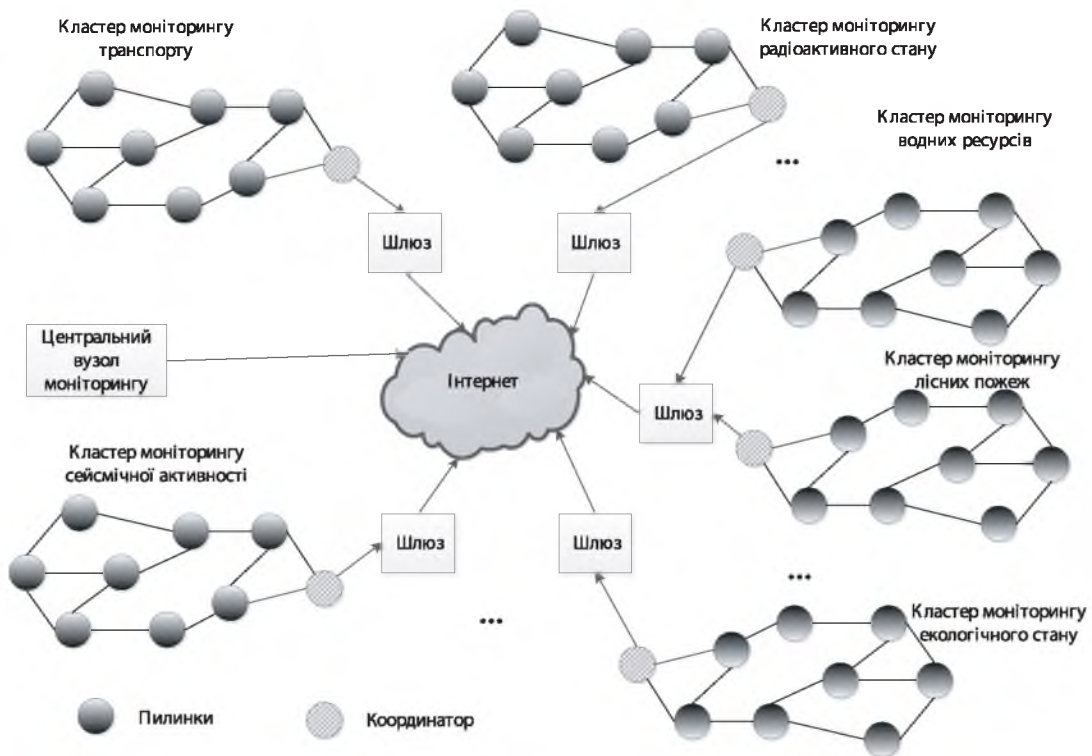


Рис. 1.22. Глобальна система моніторингу

Для функціонування зазначених систем потрібні мережі, які містять безліч сенсорів, що здатні вимірювати велику кількість різноманітних параметрів та характеристик. Отже, розглянемо сенсори типу «пилінки» детальніше.

Залежно від зовнішніх умов, області застосування і топології мережі «пилінки» діляться на кілька типів: «пилінки» з датчиками; «пилінки»-маршрутизатори; «пилінки»-координатори; «пилінки», які поєднують в собі як функції маршрутизатора, так і функції пилінки з «датчиками».

На рис. 1.23 наведено загальну архітектуру «пилінки». *Обчислювальний модуль* складається з процесора і пам'яті та призначений для виконання програмних кодів, логіки, обробки інформації, програм безпроводових пристроїв, а також зберігання наборів команд та інструкцій, необхідних для функціонування «пилінки» та проміжних результатів обчислень.

Джерело живлення. Проблеми із забезпеченням стабільного та довгострокового живлення – одне з основних обмежень для вузлів сенсорних мереж. Зараз це питання вирішується двома способами: обладнати кожен сенсорний вузол джерелом живлення, що перезаряджається, або отримувати енергію з навколишнього середовища (наприклад, застосовувати сонячні батареї).

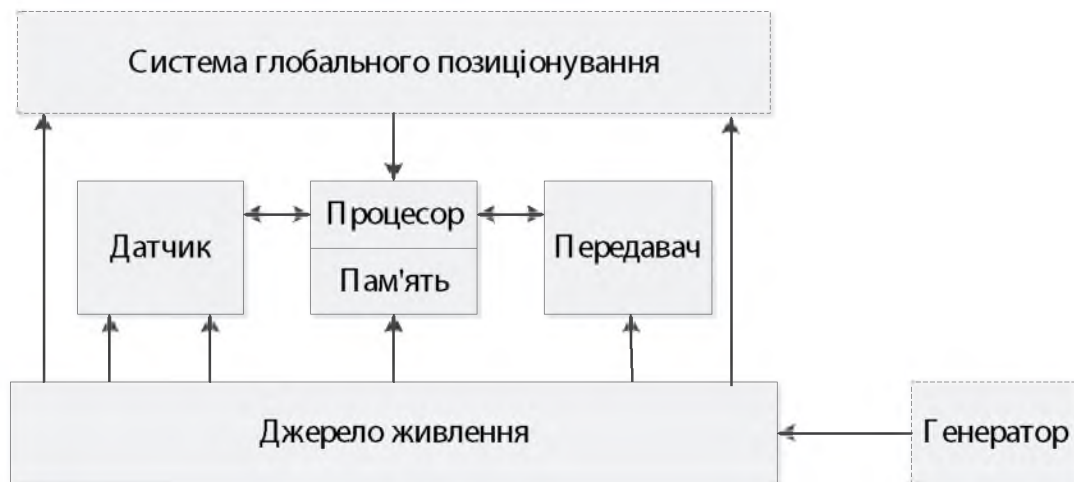


Рис.1.23. Архітектура «пилінки»

Датчик – це основний елемент «пилінки». Він відрізняється за типом та призначенням (датчики тиску, температури, радіації тощо). Одне з основних завдань при розгортанні мереж Smart Dust – це вибір типу та кількості датчиків і визначення їх розташування.

Блок передавача з'єднує пилінку з мережею. Передача даних радіоканалом є одним з важливих завдань «пилінки», оскільки зібрана й оброблена інформація повинна бути передана на центральний вузол.

Залежно від типу завдання «пилінка» може мати додаткові елементи: модуль системи глобального позиціонування і силовий генератор.

«Пилінкам», що збирають та передають дані, практично завжди необхідно знати своє місце розташування, для чого до складу «пилінки» вводять модуль системи глобального позиціонування (визначення місця розташування). Наявність силового генератора надає «пилінкам» можливість оновлювати ресурсні джерела живлення.

У стандарті IEEE 802.15.4 визначено фізичний, каналний і мережний рівні стека протоколів у безпроводових сенсорних мережах. На фізичному рівні визначено три діапазони частот: 868 МГц, 910 МГц, 2,4 ГГц. В тих діапазонах визначено 16 каналів шириною 5 МГц з несучими частотами, обумовленими співвідношенням $F_c = 2405 + 5(k - 1)$, де F_c – частота одного каналу у МГц; k – номер каналу, $k = 1...16$.

Швидкість передавання в кожному каналі становить 250 кбіт/с. Залежно від вимог предметної області мережа може працювати в топологіях типу: «точка-точка», «зірка» або кластерне дерево.

Логічна структура «пилінки» містить операційну систему Tiny OS, віртуальну машину Mate та апаратну платформу (рис. 1.24).

Tiny OS – це спеціальна операційна система, яка застосовується для управління апаратною архітектурою «пилінки», побудована на базі трирівневої архітектури абстрагування апаратних засобів НАА (Hardware Abstraction Architecture). Це компонентна операційна система з відкритим вихідним кодом, яка призначена для безпроводових сенсорних мереж, написана мовою nesC, належить до вбудованих ОС і являє собою низку взаємодіючих завдань і процесів.



Рис. 1.24. Логічна структура «пилінки»

Mate – віртуальна машина, яка є надбудовою ОС Tiny OS. Для забезпечення енергозбереження додатково застосована технологія віртуалізації. Віртуальна машина *Mate* призначена для мінімізації обсягу коду, що реалізує програму заданого рівня складності. Для нормальної роботи *Mate* потрібно всього 600 байт оперативної пам'яті та менше 8 кбайт пам'яті команд 8-бітового мікроконтролера. Програми віртуальної машини представляються 8-бітовими інструкціями трьох типів, що об'єднуються в «капсули» – атомарні послідовності не більше двадцяти чотирьох інструкцій.