

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ЗМІСТУ ОСВІТИ**

В. Г. КРИВУЦА, Л. Н. БЕРКМАН, В. В. ЛАПІНСЬКИЙ

ОСНОВИ ІНФОКОМУНІКАЦІЙ

**Навчальний посібник
для загальноосвітніх навчальних
закладів
11-й клас**

***За редакцією
доктора технічних наук, професора В. Г. Кривуци***

Київ ДУІКТ 2011

УДК 371.315.6
ББК 73
К 82

*Схвалено Науково-методичною радою з питань освіти
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
для використання в загальноосвітніх навчальних закладах
(протокол № 3 від 17 березня 2011 року)*

Автори:

В. Г. КРИВУЦА, доктор технічних наук,
професор

Л. Н. БЕРКМАН, доктор технічних наук,
професор

В. В. ЛАПІНСЬКИЙ, канд. фіз.-мат. наук,
доцент

Рецензенти:

М. М. Климаш, доктор технічних наук,
професор

В. В. Поповський, доктор технічних наук,
професор

Л. А. Карташова, канд. пед. наук,
доцент

КРИВУЦА В. Г. Основи інфокомунікацій: навч. посібник для загальноосвіт.
навч. закладів: 11-й клас / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Лапінський В. В.;
за ред. В. Г. Кривуци. — К.: ДУІКТ, 2011. — 276 с.

ISBN 978-966-2970-60-9

Пропоноване видання являє собою перший в Україні базовий навчальний посібник з основ інфокомунікацій, який повністю відповідає однойменній програмі для 11-го класу, схваленій Науково-методичною радою з питань освіти Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Кожній із 10 тем зазначеної програми присвячено окремий розділ навчального посібника з добіркою питань для самоконтролю, практичною роботою і списком рекомендованої літератури.

УДК 371.315.6
ББК 73
К 82

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ, ЯКІ ПОВИНЕН РОЗУМІТИ ТА ЗНАТИ УЧЕнь ПРИ ВИВЧЕННІ МАТЕРІАЛУ	10

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ. ВИДИ СИГНАЛІВ

Список скорочень	19
1.1. Системи електрозв'язку (телекомунікацій)	19
1.2. Класифікація сигналів	20
1.2.1. Часова форма зображення сигналів.....	22
1.2.2. Дискретизація сигналів за часом. Теорема В. О. Котельникова.....	23
1.2.3. Квантування за рівнем.....	23
1.2.4. Геометричні зображення сигналів.....	24
1.3. Кодування та модуляція	24
1.4. Завади та спотворення	28
1.5. Вірогідність і швидкість передавання інформації	28
1.6. Канали зв'язку	29
1.6.1. Загальні відомості про канали зв'язку.....	29
1.6.2. Проводові канали.....	30
1.6.3. Волоконно-оптичні канали.....	30
1.6.4. Безпроводові (радіо) канали.....	31
1.6.5. Підводні акустичні канали.....	35
Контрольні питання	35
Післямова до розділу 1	36
<i>Список рекомендованої літератури</i>	38

РОЗДІЛ 2

СУЧАСНІ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ

Список скорочень	39
2.1. Глобальна інформаційна інфраструктура	39
2.1.1. Роль інфокомунікаційних послуг у створенні інформаційного суспільства.....	42
2.2. Інфокомунікаційна мережа	43
2.2.1. Потреби операторів мереж зв'язку.....	46
2.3. Показники ефективності інфокомунікаційних мереж	47
2.4. Основні принципи розвитку зв'язку в Україні	49
2.5. Структура інфокомунікаційної мережі	50
2.5.1. Вимоги до мереж зв'язку.....	52
2.6. Структура мережі NGN	53
2.6.1. Поняття мережі NGN та її базові принципи.....	53
2.6.2. Функціональна модель мереж NGN.....	54
2.6.3. Архітектура мережі зв'язку, побудованої відповідно до концепції NGN.....	55
2.7. Softswitch у мережі NGN	57
2.8. NGN Triple Play	58
2.9. Рефайл у сучасних мережах телекомунікацій	60
Контрольні питання	61
Післямова до розділу 2	62
<i>Список рекомендованої літератури</i>	63

РОЗДІЛ 3

ЕТАЛОННА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ.
РІВНЕВІ ПРОТОКОЛИ СЕМИРІВНЕВОЇ МОДЕЛІ

<i>Список скорочень</i>	64
3.1. Характеристика рівневих протоколів	65
3.2. Призначення рівневих протоколів	66
3.3. Рівні еталонної моделі взаємодії відкритих систем	67
3.4. Структура повідомлення	68
3.5. Протоколи в інформаційних мережах	69
3.6. Зв'язок між рівнями	71
3.6.1. Розподіл компонентів інформаційних мереж за характером взаємодії відкритих систем.....	72
3.7. Мережні служби	76
3.8. Фізичний рівень	77
3.9. Канальний рівень	78
3.9.1. Система опитування/вибір.....	79
3.10. Мережний рівень	80
3.11. Транспортний рівень	83
3.12. Сеансовий рівень	84
3.13. Представницький рівень	89
3.14. Прикладний рівень	90
Контрольні питання	93
Післямова до розділу 3	94
<i>Список рекомендованої літератури</i>	95

РОЗДІЛ 4

СПОСОБИ КОМУТАЦІЇ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

<i>Список скорочень</i>	96
4.1. Загальні положення	96
4.2. Комутація каналів	97
4.3. Комутація повідомлень	98
4.4. Комутація пакетів	99
4.5. Мішана комутація	101
4.6. Інтегральна комутація	101
4.7. Багатошвидкісна комутація каналів	103
4.8. Швидка комутація каналів	105
4.9. Ретрансляція кадрів	106
4.10. Швидка комутація пакетів та асинхронний режим перенесення	107
4.11. Віртуальні з'єднання та дейтаграми	108
Контрольні питання	109
Післямова до розділу 4	110
<i>Список рекомендованої літератури</i>	111

РОЗДІЛ 5

АРХІТЕКТУРНА КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ —
БАЗОВА ПЛАТФОРМА ДЛЯ NGN

<i>Список скорочень</i>	112
5.1. Принципи побудови та особливості інтелектуальної мережі	114
5.2. Архітектура інтелектуальної мережі	116
5.2.1. Вимоги до архітектури.....	116
5.2.2. Взаємодія складових мережної архітектури.....	117
5.2.3. Стандартизація архітектури.....	118
5.3. Основні послуги інтелектуальної мережі	122
5.3.1. Безкоштовний виклик — послуга 800.....	122

5.3.2. Універсальний персональний зв'язок.....	123
5.3.3. Віртуальна приватна мережа.....	123
5.3.4. Телеголосування.....	123
5.4. Адресація в інтелектуальній мережі та мережі зв'язку наступного покоління (NGN).....	124
5.5. Мультисервісні мережі як самостійний клас мереж, побудованих згідно з концепцією NGN.....	126
<i>Контрольні питання.....</i>	<i>128</i>
<i>Післямова до розділу 5.....</i>	<i>129</i>
<i>Список рекомендованої літератури.....</i>	<i>129</i>

РОЗДІЛ 6

ГЛОБАЛЬНА МЕРЕЖА ІНТЕРНЕТ

<i>Список скорочень.....</i>	<i>130</i>
6.1. Структура та принципи функціонування Інтернету.....	130
6.2. Сервіси Інтернету.....	132
6.2.1. Поділ сервісів на групи.....	132
6.2.2. Електронна пошта.....	132
6.2.3. Мережні новини Usenet.....	133
6.2.4. Списки розсилання.....	134
6.2.5. Передавання файлів FTP.....	136
6.2.6. Система гіпермедіа WWW.....	137
6.3. Інфраструктурні сервіси.....	138
6.4. Застосування сервісів Інтернету.....	139
6.5. Нові технології та тенденції розвитку Інтернету.....	141
6.6. Проблеми Інтернету.....	143
<i>Контрольні питання.....</i>	<i>144</i>
<i>Післямова до розділу 6.....</i>	<i>145</i>
<i>Список рекомендованої літератури.....</i>	<i>145</i>

РОЗДІЛ 7

ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ

<i>Список скорочень.....</i>	<i>146</i>
7.1. Стандарти систем стільникового мобільного радіозв'язку.....	147
7.2. Основні характеристики наземних стільникових систем.....	148
7.3. Принципи побудови мережі мобільного зв'язку.....	151
7.4. Методи розділення радіоканалів.....	154
7.5. Загальна характеристика стандарту GSM.....	156
7.6. Інтеграція елементів інтелектуальної мережі в мережі стандарту GSM.....	160
7.7. Система стільникового рухомого радіозв'язку CDMA.....	162
7.7.1. Загальна характеристика і принципи функціонування.....	163
7.7.2. Управління потужністю передавачів.....	167
7.8. Структура та формування сигналів у стандарті CDMA.....	170
7.9. Кодування у прямому каналі.....	172
7.10. Кодування у зворотному каналі.....	174
7.11. Технологія LTE.....	177
<i>Контрольні питання.....</i>	<i>180</i>
<i>Післямова до розділу 7.....</i>	<i>181</i>
<i>Список рекомендованої літератури.....</i>	<i>181</i>

РОЗДІЛ 8

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ

Список скорочень	182
8.1. Мережі зв'язку та протоколи	182
8.2. Основні напрямки розвитку комп'ютерної телефонії	185
8.3. Комп'ютерно-телефонна інтеграція. Конвергентні мережі	186
8.3.1. Що таке конвергенція?.....	189
8.4. Стандарти ІР-телефонії	189
8.5. Додатки комп'ютерної телефонії та сфери їх застосування	190
8.6. Роль Softswitch у ТфЗК та ІР-мережах	196
8.7. Побудова мережі ІР-телефонії із пристроями Softswitch	197
Контрольні питання	198
Післямова до розділу 8	199
<i>Список рекомендованої літератури</i>	199

РОЗДІЛ 9

СУПУТНИКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК

Список скорочень	200
9.1. Загальні відомості про системи персонального супутникового зв'язку	201
9.2. Стратегія розвитку супутникових систем зв'язку	206
9.3. Структура супутникових систем персонального зв'язку	209
9.3.1. Космічний сегмент.....	209
9.3.2. Наземний сегмент.....	211
9.3.3. Персональний користувальницький сегмент.....	212
9.4. Низькоорбітальні системи супутникового зв'язку	214
9.5. Середньоорбітальні системи супутникового зв'язку	215
9.6. Системи зв'язку з використанням геостационарних супутників	215
Контрольні питання	216
Післямова до розділу 9	217
<i>Список рекомендованої літератури</i>	217

РОЗДІЛ 10

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

Список скорочень	218
10.1. Мета й завдання системи управління інфокомунікаційними мережами	218
10.2. Рівні управління інфокомунікаційними мережами	219
10.3. Мережа управління телекомунікаціями	221
10.4. Функціональні сфери мережного управління	224
10.5. Сучасний стан послуг інфокомунікацій. Гарантована якість послуг	228
10.6. Основні стандарти системи управління мережами інфокомунікацій. Концепція TMN	229
10.7. Перспективні напрямки розвитку систем управління інфокомунікаціями	231
10.8. Номенклатура показників рівня розвитку систем управління	232
10.9. Тенденції розвитку систем управління інфокомунікаційними мережами в Україні	232
Контрольні питання	234
Післямова до розділу 10	235
<i>Список рекомендованої літератури</i>	236
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ	237

ПЕРЕДМОВА

Дорогі друзі!

Для вас починається захоплива подорож у світ *інфокомунікацій*, тобто *комунікацій інформаційних*.

Поняття «комунікації» (від лат. *communication* — зв'язок, шляхи сполучення і транспорту, лінії зв'язку) невіддільне від багатьох визначних досягнень сьогодення.

Вочевидь, і подальший прогрес людства неможливий без застосування як новітніх, так і традиційних мережних та інфокомунікаційних технологій. Глибокі зміни в техніці зв'язку та в обчислювальній техніці підводять нас до нової епохи, позначеної стрімкою інформатизацією суспільства зі створенням *глобальної інформаційної інфраструктури (ГІІ)*.

Головне завдання ГІІ — дедалі повніше задовольняти зростаючі потреби користувачів у найрізноманітніших видах інформації, уможливлючи її отримання у будь-який час, у будь-якому місці, за прийнятною ціною і з високою якістю.

Передавання інформації за допомогою мови, листів, газет, книг, телефону, радіо, кіно, телебачення, а також незліченної множини інших способів — один із головних аспектів повсякденного життя суспільства.

Адже неодмінною умовою ефективної діяльності людини в будь-якій сфері є наявність надійної належної інформації. Зовнішній світ впливає на нас через наші органи чуття, кожний із яких надає відповідну інформацію про навколишній світ. Ця інформація, у свою чергу, перетворюється нервовою системою та мозком, стаючи засобом її активного впливу на довкілля. Таким чином, взаємодія між людиною і зовнішнім світом відбувається на основі процесів передавання, перетворення та використання інформації для цілеспрямованих дій.

Що ж до ГІІ, то її створенню сприяють такі головні чинники:

- конвергенція технологій, використовуваних у галузях інфокомунікацій, комп'ютеризації та електроніки, із одночасним розширенням застосування цифрових технологій;

- нові можливості для бізнесу, що постають унаслідок лібералізації послуг інфокомунікацій.

Аби повною мірою реалізувати концепцію ГІІ потрібно створити мережу для передавання інформації, забезпечивши її розподілену обробку й зберігання, а також надання традиційних комунікаційних послуг, підтримку послуг і допоміжних програмних продуктів, постачання термінального устаткування.

Кінцевою метою ГІІ є гарантування кожному громадянину доступу до інформаційного співтовариства. Основу ГІІ становить інформаційна мережа, що з'явилася внаслідок інтеграції мереж зв'язку та ЕОМ. На базі цієї інтеграції розроблено *концепцію інтелектуальної мережі (ІМ)*.

Історично мережі зв'язку та ЕОМ розвивалися майже незалежно, запозичуючи одна в одній необхідні компоненти. При цьому саме розвиток мереж ЕОМ стимулював створення мережі передавання даних із комутацією пакетів.

Уже в середині 1990-х років стало цілком зрозумілим, що передумовою подальшого ефективного розвитку мереж зв'язку та мереж ЕОМ має бути їх інтеграція зі створенням єдиної інформаційної мережі.

Про перебіг цих процесів протягом останнього десятиріччя та сучасний стан мереж зв'язку й мереж ЕОМ як головних підвалин ГП ви дізнаєтеся, опрацювавши матеріал цього навчального посібника. Складається він із десяти розділів, присвячених різним темам. Розділи можна читати в будь-якій послідовності чи вибірково. Для зручності на початку кожного розділу подано список скорочень, а наприкінці для поглибленого засвоєння матеріалу — контрольні питання для самооцінювання здобутого рівня знань і список рекомендованої літератури.

Виклад теоретичного матеріалу супроводжується розглядом типових прикладів і завдань, які допоможуть вам сформувати чіткі уявлення та ґрунтовні знання про загальні системи електрозв'язку, набуті навичок щодо аналізу архітектури сучасних інфокомунікаційних мереж і окремих технічних вирішень.

Якщо результати самооцінювання здобутого рівня знань вас не задовольняють, то необхідно опрацювати матеріал повторно або прийти на консультацію до викладача.

Схарактеризуємо докладніше кожний із розділів.

У **розділі 1** визначено загальні поняття про системи електрозв'язку та сигнали. Розглянуто види сигналів і види детермінованих (відомих) сигналів. З'ясовано, що таке часове зображення сигналів, їх дискретизація, квантування за рівнем, а також геометричне зображення, кодування та модуляція. Наведено загальні відомості про канали зв'язку: проводові, волоконно-оптичні, безпроводові (радіо).

Розділ 2 висвітлює основні завдання та принципи побудови ГП, приділяючи увагу компонентам і показникам ефективності інформаційних мереж, концепції розвитку зв'язку в Україні. Особливо докладно розглядається мережа наступного покоління NGN, її базові принципи й структура. Унаочнюється функціональна модель мереж NGN і архітектура мережі, побудованої відповідно до концепції NGN.

У **розділі 3** подано характеристику еталонної моделі взаємодії відкритих систем (ВВС), протоколи всіх семи рівнів еталонної моделі ВВС. Розкрито сенс розподілу компонентів інформаційних мереж за характером ВВС і специфікою мережних служб.

Розділ 4 включає в себе способи комутації, що застосовуються в сучасних транспортних мережах; принципи комутації каналів, повідомлень і пакетів; характеристику й роль Softswitch у телефонних мережах загального користування і IP-мережах; принципи побудови мережі IP-телефонії із пристроями Softswitch

У **розділі 5** описано архітектурну концепцію інтелектуальної мережі (ІМ) та основні послуги ІМ; функціональну модель мереж NGN і мультисервісні мережі як самостійний клас мереж, побудованих за концепцією NGN.

Розділ 6 присвячено принципам побудови глобальної мережі Інтернет та відповідним сервісам, таким як електронна пошта, мережні новини Usenet, списки розсилання, FTP-доступ до файлів у файлових архівах, система гіпермедіа WWW; інфраструктурні сервіси. Розглянуто й нові технології та тенденції розвитку глобальної мережі Інтернет.

У **розділі 7** наведено принципи побудови мережі мобільного зв'язку, а також основні характеристики наземних стільникових систем, методи розподілу радіоканалів. Чималу увагу приділено провідним технологіям 2-го, 3-го та 4-го

покоління мереж стільникового зв'язку, зокрема стандартів GSM і CDMA. Пропонуються також початкові відомості про перспективну технологію LTE.

Розділ 8 дає доволі повне уявлення про напрямки розвитку комп'ютерної телефонії, комп'ютерно-телефонну інтеграцію, конвергенцію мереж, стандарти IP-телефонії, упровадження IP-телефонії в Україні.

У розділі 9 пропонуються загальні відомості про системи супутникового зв'язку, у тому числі персонального, із використанням численних унаочнювальних схем.

Розділ 10 розкриває фундаментальні питання щодо системи управління інфокомунікаційними мережами.

Міцному й свідомому засвоєнню теоретичного матеріалу кожної теми сприятимуть практичні роботи, що допоможуть зосередити увагу на головних її аспектах.

Автори використали досвід викладання дисциплін циклу довузівської підготовки бакалаврів, спеціалістів і магістрів у Державному університеті інформаційно-комунікаційних технологій (м. Київ) за напрямом «Телекомунікації» для спеціальностей «Інформаційні мережі зв'язку», «Телекомунікаційні системи та мережі» і «Комп'ютерна інженерія».

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ, ЯКІ ПОВИНЕН РОЗУМІТИ ТА ЗНАТИ УЧЕНЬ ПРИ ВИВЧЕННІ МАТЕРІАЛУ

Адаптація [лат.] — пристосування до нових умов.

Адаптер [лат.] — пристрій, за допомогою якого будь-який елемент пристосовується до мережі.

Адитивний [лат.] — знайдений додаванням, пов'язаний із додаванням. Наприклад, *адитивні величини* — це величини, що характеризуються такою властивістю: значення, яке відповідає цілому, дорівнює сумі значень, які відповідають його частинам, за будь-якого поділу цілого на частини. Скажімо, до *адитивних* належать такі величини, як об'єм тіла, площа поверхні, довжина лінії, маса й вага тіла.

Апостеріорі [лат.] — термін, що на відміну від *апріорі*, означає знання, здобуті з досвіду.

Апріорі [лат.] — термін, що означає знання, здобуте до і незалежно від досвіду, первісно властиве свідомості.

Архі... [гр.] — префікс, що означає головний, старший; найвищий ступінь чогось.

Архітектоніка [гр.] — основний принцип побудови, зв'язок і взаємозумовленість елементів цілого.

Архітектура [лат., гр.] — 1) проектування і будівництво споруд; 2) характер будівлі, особливості її побудови.

Асинхронний [гр.] — той, що не збігається в часі.

Асинхронний режим перенесення (*Asynchronous Transfer Mode — ATM*) — орієнтований на з'єднання режим перенесення інформації, в якому базовим транспортним елементом є інформаційний осередок фіксованої довжини, що складається з поля та заголовка.

Багатопротокольна комутація з використанням міток (*Multiprotocol Label Switching — MPLS*) — комутація з можливістю розпізнавання пакетів з однаковим маршрутом і присвоєння їм міток, за допомогою яких ці пакети комутуються в мережних вузлах без повного розкриття заголовка.

Байт (*Byte*) — одиниця кількості інформації, якою цифрова обчислювальна машина може оперувати як єдиним цілим. Байт дорівнює 8 бітам.

Бекбоун — магістральна мережа, розташована на верхньому рівні ієрархічної мережі.

Біт (*binary + digit*) — двійковий знак, одиниця кількості інформації в двійковій системі; відповідає інформації, яку отримують у разі настання однієї з двох рівноймовірних подій, наприклад випадіння герба чи цифри в разі підкидання монети.

Взаємодія мереж зв'язку (*Communication Networks Interworking*) — спільне функціонування технологічно з'єднаних інформаційних мереж із метою виконання спільних завдань.

Випадкова величина — числова величина, значення якої може змінюватися залежно від випадку.

Віртуальна приватна мережа (*Virtual Private Network — VPN*) — виділена мережа, яка використовує ресурси мережі загального користування, об'єднує абонентські лінії, підімкнені до різних комутаторів, забезпечує приватний план нумерації та надає послуги мережі загального користування.

Віртуальне з'єднання (*Virtual Connection*) — послідовне з'єднання віртуальних каналів, утворених між кінцевими точками складеного віртуального каналу.

Віртуальний [лат.] — можливий; такий, що може або має з'явитися.

Віртуальний канал (*Virtual Channel*) — сукупність устаткування системи синхронної цифрової ієрархії, що забезпечує передавання віртуальних контейнерів.

Віртуальний контейнер (*Virtual Container-n — VC-n*) — інформаційна блокова структура, що повторюється кожні 125 або 500 мкс і складається з інформаційного навантаження та заголовка.

Віртуальний тракт (*Virtual Path — VP*) — сукупність віртуальних каналів, пов'язаних між собою спільним значенням ідентифікатора тракту.

Вузол доступу — граничний вузол мережі, який забезпечує доступ до мережі та її послуг.

Вузол керування послугами (*Service Control Point — SCP*) — спеціалізований вузол мережі, що належить її операторові, здійснює керування наданням послуг відповідно до концепції інтелектуальної мережі.

Вузол служб (*Service Node — SN*) — спеціалізований вузол мережі, що забезпечує надання інфокомунікаційних послуг і належить постачальникові послуг.

Глобальна інформаційна інфраструктура (*Global Information Infrastructure — GII*) — взаємозв'язана сукупність різних інфокомунікаційних мереж, що включає в себе вузли електрозв'язку, комп'ютерні засоби й пристрої побутової електроніки, забезпечуючи передавання інформації різних видів, організацію різних інфокомунікаційних служб, зокрема WWW, теленавчання і т. ін.

Дані — інформація у формі, придатній для автоматизованої її обробки засобами обчислювальної техніки.

Дисперсія [лат.] — міра розсіювання значень випадкової величини навколо її середнього значення.

Додаток — спеціалізоване програмне забезпечення, орієнтоване на виконання будь-якої послуги.

Ентропія [гр.] — одне з основних понять класичної фізики, що характеризує здатність енергії до перетворень: *чим більша ентропія системи, тим менше здатна до перетворень енергія, що міститься в ній*. За допомогою поняття ентропії формулюється один з основних фізичних законів — друге начало термодинаміки: *у замкненій системі ентропія не може зменшуватися*. При цьому *зростання ентропії означає перехід системи від менш імовірних станів до більш імовірних*.

З'єднання — сукупність каналів, комутаційних та інших функціональних пристроїв, тимчасово пов'язаних між собою для забезпечення передавання сигналів між двома чи більшою кількістю пунктів телекомунікаційної мережі.

Ієрархія [гр.] — у широкому розумінні розташування частин або елементів цілого в певному порядку від вищого до нижчого.

Імовірністю $P(A)$ настання події A називають числове значення, що не перевищує одиниці, навколо якого ґрунтуються значення частоти $\frac{n(A)}{n}$ настання події A в серії з достатньо великої кількості n однакових і незалежних одне від одного випробувань, у кожному з яких залежно від випадку настає або не настає подія A :

$$P(A) \approx \frac{n(A)}{n},$$

де $n(A)$ — кількість тих випробувань, які привели до настання події A .

Наприклад, у разі підкидання монети за однакових умов однаково можливі дві події: або монета впаде догори гербом, або протилежним боком. Отже, імовірність кожної з цих подій дорівнює $\frac{1}{2}$. Якщо підкидати монету багато разів, то частота появи герба коливатиметься навколо $\frac{1}{2}$, причому межі коливань звужуватимуться зі зростанням кількості випробувань.

Інваріантний [фр.] — незмінний за певних перетворень.

Інкапсуляція — процес включення блока даних одного протоколу в інший з метою передавання цього блока через мережу до кінцевого пункту призначення.

Інтегрований доступ — доступ для кількох служб, наприклад, передавання голосових повідомлень і даних.

Інтелектуальна мережа — мережа, здатна надавати й формувати найширший спектр послуг на базі різноманітних транспортних мереж.

Інтерактивні служби — служби, які функціонують за запитом.

Інтернет — всесвітня інформаційна система загального користування, логічно пов'язана з глобальним адресним простором, яка базується на Інтернет-протоколі, визначеному міжнародними стандартами.

Інтерфейс — стик, спряження, узгодження; точка з'єднання двох елементів або межа між двома взаємозв'язаними системами (чи рівнями однієї системи), яка забезпечує сумісність пристроїв незалежно від їхнього типу та виробника.

Інтерфейс вузол–мережа (*Network Node Interface — NNI*) — інтерфейс, який забезпечує взаємодію даного вузла з іншими мережними вузлами.

Інтерфейс користувач–мережа (*User Network Interface — UNI*) — інтерфейс, що забезпечує взаємодію кінцевого устаткування користувача або іншої кінцевої системи з мережним закінченням.

Інтерфейс прикладного програмування — програмний інтерфейс, що забезпечує доступ до служб і протоколів, які підтримуються операційною системою.

Інтерференція [лат.] — взаємне підсилення або послаблення хвиль, зокрема електромагнітних, у разі накладання їх одна на одну.

Інфокомунікації — сукупність засобів телекомунікації (електрозв'язку) та інформатики, що забезпечує доставляння сигналів електрозв'язку від джерел до споживачів, уможливаючи ідентифікацію інформаційного змісту цих сигналів і використання оптимальних методів їх обробки, зокрема передавання маршрутизації, перетворення, програмування.

Інфокомунікаційна послуга (послуга інформаційного суспільства) — послуга зв'язку, що передбачає автоматизовану обробку, зберігання та надання за запитом інформації з використанням засобів обчислювальної техніки як на вхідному, так і на вихідному кінці з'єднання.

Інформація [лат.] — 1) певні відомості, сукупність якихось даних, знань; 2) загальнонаукове поняття, яке багато в чому абстрагується від змісту повідомлень, зосереджуючись на їхньому кількісному аспекті. З огляду на це вводиться поняття кількості інформації, що визначається як величина, значення якої пропорційне до ймовірності настання тієї події, про яку йдеться в розглядуваному повідомленні.

Чим більш імовірна подія, тим менше інформації несе повідомлення про її настання, і навпаки. Формування наукового поняття інформації дало змогу підійти з єдиної позиції до багатьох процесів, які раніше здавалися цілком різними: передавання повідомлень по технічних каналах зв'язку, функціонування нервової системи, роботи обчислювальних машин, різноманітних процесів управління і т. ін.

Усюди маємо справу з процесами передавання, зберігання та обробки інформації. При цьому інформація являє собою *міру організації системи, а математичний вираз для інформації тотожний виразові для ентропії, узятому з протилежним знаком, оскільки ентропія системи, на відміну від інформації, характеризує ступінь її неупорядкованості.*

Канал — сукупність технічних засобів і середовища передавання, що дає змогу передавати інформацію від джерела (передавача) до отримувача (приймача) або навпаки. Кілька однонаправлених каналів можуть використовувати спільний шлях передавання, причому це стосується як систем із частотним розділенням каналів, де кожному каналу відводиться окрема частота, так і в системах із часовим розділенням каналів, де кожному каналу надається певний часовий інтервал.

Часто канали об'єднують у пучки. Пучок каналів — це сукупність каналів, що завдяки технічному виконанню являють собою певну одиницю здійснення обміну інформацією між частинами системи електрозв'язку. Пучки каналів, у свою чергу, можуть поділятися на менші пучки, утворювані каналами з близькими характеристиками, такими як тип сигналізації, тип шляху тощо.

Квазі... [лат.] — у складних словах означає «уявний», несправжній.

Кінцеве устаткування користувача (*Customer Premises Equipment — CPE*) — устаткування формування сигналів електрозв'язку, під'єднане до кінцевого вузла транспортної мережі й призначене для передавання або приймання заданої інформації.

Кластер — група суміжних чарунок, в яких набори каналів не повторюються.

Когерентний [лат.] — взаємозв'язаний. Когерентними називають хвилі, здатні до інтерференції, тобто такі, що в них не змінюється з часом різниця фаз.

Комбіноване віртуальне з'єднання (*soft-Permanent Virtual Connection — soft-PVC*) — віртуальне з'єднання між мережними закінченнями, що поєднує постійне та комутоване з'єднання.

Комутатор — пристрій, призначений для взаємопід'єднання вхідних і вихідних точок, зовнішніх ліній, каналів тощо.

Комутатор АТМ — обладнання АТМ, що забезпечує перемикання вхідних/вихідних потоків інформації під управлінням сигналізації.

Комутаційний вузол мережі — сукупність технічних засобів, призначених для комутації каналів відповідно до отриманої адресної інформації з метою передавання повідомлень.

Комутація — установлення на вимогу індивідуального з'єднання між потрібним входом і виходом (із певної множини входів і виходів) на час, необхідний для передавання інформації.

Комутація пакетів — сукупність таких операцій на комутаційній станції та вузлі комутації мережі зв'язку, які полягають у прийманні фрагментів повідомлень і передаванні їх відповідно до їхніх адресних ознак.

Контейнер — пристрій для збереження інформації.

Контролер — погоджувальний пристрій, який керує роботою пакета, каналу та контролює її.

Концентратор — пристрій зв'язку, що дає змогу обладнанню, підімкненому до багатьох фізичних портів, взаємодіяти, спільно використовуючи меншу кількість таких портів для підімкнення до телекомунікаційної мережі або однієї чи кількох виділених ліній.

Кореляція [лат.] — співвідношення, відповідність, взаємозв'язок (предметів, подій, явищ або понять). У математичній статистиці — залежність між явищами або величинами, що не має чіткого функціонального характеру.

Користувач — особа, якій надаються мережні послуги інфокомунікації.

Лінія передавання (телефонної мережі) — сукупність кіл, лінійних трактів (одно- чи різнотипних систем передавання, які мають спільне середовище поширення), а також лінійних споруд і відповідних обслуговувальних пристроїв. Лінія передавання може містити один чи кілька каналів.

Сьогодні в телекомунікаціях використовують типові канали передавання, параметри яких нормалізовано (наприклад, у телефонії канал тональної частоти з ефективною смугою передавання характеризується спектром 300... 3400 Гц, а цифровий канал — стандартною швидкістю передавання 64 кбіт/с.

Лінія сполучна (*Junction Transmission* — *JT*) — лінія передавання, що з'єднує між собою мережну станцію та мережний вузол або дві мережні станції. Сполучній лінії присвоюють назву залежно від первинної мережі, якій вона належить — магістральна, внутрішньозонова, місцева.

Локальна обчислювальна мережа — група станцій користувачів, кожна з яких може здійснювати зв'язок із принаймні однією з решти станцій цієї групи, використовуючи спільне середовище передавання та спільне управління.

Маршрутизатор — вузол мережі, що спрямовує пакети згідно зі спеціальним критерієм, який забезпечує оптимальне використання мереж між вихідним пунктом та пунктом призначення пакетів.

Медіа-сервер — пристрій, що виконує обробку інформаційних потоків у процесі надання мультимедійних послуг.

Медіа-шлюз — пристрій, що забезпечує функції відображення і/або транскодуювання сигналів; виконує перетворення формату сигналів, передбаченого в одній мережі, у формат, необхідний для передавання по мережі іншого типу.

Мережа доступу (*Access Network* — *AN*) — мережа зв'язку, що забезпечує підімкнення термінальних пристроїв користувача до кінцевого вузла мультипротокольної мережі.

Мережа зв'язку наступного покоління (*Next Generation Network* — *NGN*) — мережа з пакетною комутацією, здатна надавати телекомунікаційні послуги, уможливаючи використання кількох широкосмугових транспортних технологій, що забезпечують високу якість обслуговування. При цьому функції, що стосуються послуг, не залежать від технологій, пов'язаних із транспортуванням. NGN гарантує вільний доступ для користувачів за їхнім вибором до мереж усіх постачальників відповідних служб і/або послуг, які конкурують між собою.

Мережне закінчення (*Network Termination — NT*) — кінцева точка мережі зв'язку, що визначає межу мережі та зону відповідальності оператора.

Мережний вузол (*Network Node — NN*) — комплекс технічних засобів, що реалізують функції мультиплексування/демультиплексування, концентрації, кросового перемикавання і/або комутації.

Мережний елемент (*Network Element — NE*) — функціональний об'єкт телекомунікаційної мережі, що забезпечує обробку сигналів між своїми входами і виходами.

Метод доступу (*Access Method — AM*) — набір правил, що забезпечують можливість доступу до транспортної мережі передавання.

Міжмережна взаємодія — співпраця мереж із метою обробки, управління та створення послуг, поширюваних на кілька мереж.

Мультиплексор — електронний пристрій, призначений для об'єднання цифрових сигналів у єдиний цифровий потік.

Мультиплексування — процес об'єднання цифрових сигналів у єдиний цифровий потік.

Мультиплікативний [лат.] — той, що пов'язаний із множенням.

Мультипротокольна мережа — транспортна мережа зв'язку, що входить до складу мультисервісної мережі й забезпечує передавання різних видів інформації з використанням багатьох протоколів передавання.

Мультисервісна мережа — побудована відповідно до концепції NGN телекомунікаційна мережа, що забезпечує надання необмеженого набору послуг.

Напівпостійне віртуальне з'єднання (*semi-Permanent Virtual Connection — semi-PVC*) — віртуальне з'єднання між мережними закінченнями, конфігуроване й установлюване за допомогою процедур адміністративного керування відповідно до параметрів, заздалегідь заданих абонентом.

Обслуговування — завдання або операції, виконувані прикладною або системною програмою.

Октет [лат.] — група, утворена з восьми складових; одиниця інформації, що дорівнює 8 біт.

Оптимальний [лат.] — найкращий із можливих варіантів чогось, найбільш відповідний даному завданню, умовам.

Оптична секція (*Optical Section — OS*) — ділянка мережі між лінійними оптичними підсилювачами або між лінійним оптичним підсилювачем і оптичним мультиплексором/демультиплексором.

Оптична транспортна мережа (*Optical Transport Network — OTN*) — мережа передавання оптичних сигналів, що складається з оптичних каналів, оптичних вузлів і оптичних абонентських пристроїв.

Оптичне спектральне мультиплексування (*Wavelength Division Multiplexing — WDM*) — технологія мультиплексування та передавання сигналів різних довжин хвиль по спільному оптичному волокну.

Оптичний канал (*Optical Channel — OC*) — комплекс технічних засобів, що забезпечує прозоре передавання сигналів різних видів на певній довжині хвилі (одноканальне передавання) або в певному діапазоні довжин хвиль (багатоканальне передавання).

Оптичний тракт (*Optical Path — OP*) — сукупність засобів передавання та приймання оптичних сигналів, зокрема оптичне волокно з оптичними підсилювачами між точками перемикавання (або їхніми еквівалентами), до яких під'єднується кінцеве або комутаційне обладнання.

Основна частина оптичного тракту (*Main Optical Path — MOP*) — оптичне волокно з оптичними підсилювачами між виходом оптичного мультиплексора на передаванні та входом оптичного демультимплексора на прийманні.

Пакет — частина повідомлення, яка використовується на мережному рівні.

Перетворення протоколів — комутаційна процедура, за допомогою якої взаємоузгоджуються протоколи.

Підрівень — частина рівня.

Платформа — набір апаратних і/або програмних можливостей для надання послуг користувачам.

Порт (вводу–виводу) — одна чи більше адрес, що використовуються для приймання і передавання інформації.

Послуга — структурний набір можливостей, які реалізуються на замовлення користувача.

Послуга перенесення (*bearer service*) — вид телекомунікаційної послуги, що забезпечує прозоре передавання інформації між інтерфейсами користувач–мережа без будь-якого аналізу або обробки її змісту.

Постачальник інформації (*Content Provider — CP*) — індивідуальний підприємець або юридична особа, що надає інформацію постачальникові послуги для її розповсюдження або надання користувачам мережі оператора телекомунікацій.

Постачальник послуги (*Service Provider — SP*) — індивідуальний підприємець або юридична особа, що надає інфокомунікаційну послугу, але не володіє власною відповідною інфраструктурою.

Прикладна програма — структурований набір програмних функцій, який дає користувачеві можливість доступу до мультимедійних служб.

Провайдери Інтернету — організації, які надають користувачам послуги з доступу до Інтернету.

Протокол — 1) формальний опис процедур, передбачених для забезпечення взаємодії між двома чи кількома функціями одного рівня ієрархії функцій;

2) набір правил і форматів (стандартів), які регламентують процедуру взаємодії однойменних рівнів двох різних рівноправних об'єктів на основі обміну інформацією і дають змогу спрощувати складний процес взаємодії об'єктів різних моделей і типів.

Протокол доступу (*Access Protocol — AP*) — набір процедур, прийнятий для інтерфейсу в заданій опорній точці між користувачем і мережею для забезпечення здатності користувача користуватися послугами і/або техніко-експлуатаційними можливостями мережі.

Рівень — набір угод (або протоколів), яких відправник і одержувач мають суворо дотримуватися.

Рівень адаптації трирівневої моделі телекомунікаційної мережі (*Adaptation Layer — AL*) — частина мережі, що забезпечує функціональну сумісність рівня послуг і транспортного рівня.

Рівень послуг трирівневої моделі телекомунікаційної мережі (*Service Layer — SL*) — частина мережі, що забезпечує формування послуг, а також адміністративне керування наданням послуг і додатків.

Роумінг — передавання на обслуговування користувача у процесі переміщення його в зону функціонування іншої однотипної мережі рухомого (мобільного) зв'язку.

Семирівнева модель — еталонна модель взаємодії відкритих систем (BBS).

Сервер — пристрій, за допомогою якого абонент може отримати послуги будь-якої мережі (елемент мережі, який приймає запити з метою їх обслуговування та передає відповіді на отримані запити).

Сервер повідомлень — пристрій, призначений для надання абонентам послуг обміну повідомленнями.

Сервер прикладних програм — вузол мережі, який використовується для запуску прикладних програм.

Сервіс — надання послуг.

Сесія (або сеанс) — період взаємодії абонентів, який складається з трьох фаз: установалення з'єднання, передавання інформації та завершення з'єднання.

Сигнал — фізичне явище, одна або кілька характеристик якого можуть змінюватися з метою подання інформації.

Сигналізація — процес повідомлення про всі керовані процеси, які відбуваються в мережі (нормальне функціонування, помилки або переривання).

Синхронізація — приведення двох чи кількох періодично змінюваних явищ до точної взаємної відповідності періодів їх перебігу.

Синхронний режим передавання (*Synchronous Transfer Mode — STM*) — орієнтований на з'єднання режим передавання, в якому базовим транспортним елементом є синхронний транспортний модуль STM-1 зі швидкістю передавання 155 520 кбіт/с та з можливістю збільшення цієї швидкості в n раз, де $n = 4, 16, 64, 256$.

Система електрозв'язку — це сукупність технічних засобів, які забезпечують утворення лінійного тракту та каналів передавання. До складу будь-якої системи електрозв'язку входять передавач, канал передавання та приймач. Системи електрозв'язку поділяються на дві групи: односторонні (передавання інформації відбувається тільки від джерела інформації до абонента, як у радіомовленні) та двосторонне (наприклад, телефонний зв'язок).

Лінійний тракт системи передавання включає в себе сукупність технічних засобів, які забезпечують передавання сигналів: 1) у межах системи передавання; 2) смугою частоти; 3) зі швидкістю, яка визначається номінальною кількістю каналів даної системи передавання.

Софтсвіч (*Softswitch*) — програмний комутатор (контролер медіа-шлюзів, сервер викликів), що відповідає рівню комутації та управління, забезпечує координацію роботи медіа-шлюзів, управляє встановленням з'єднання і алгоритмами обробки потоків мультимедійної інформації, що проходить через медіа-шлюз.

Стек протоколів — багаторівневий набір протоколів, спільне використання яких забезпечує множину функцій мережі.

Стиснення — схема подання даних для зменшення їх обсягу зі збереженням прийнятної якості.

Теле... [гр.] — у складних словах означає здійснюваний на відстані, такий, що діє на великій відстані, наприклад, телебачення, телефон, телекомунікації.

Телекомунікаційна мережа — комплекс технічних засобів, телекомунікацій та споруд, призначених для маршрутизації, комутації, передавання і/або приймання знаків, сигналів письмового тексту, зображень і звуків або повідомлень будь-якого роду, трансльованих по радіо, за допомогою проводових, оптичних та інших електромагнітних систем між кінцевим обладнанням.

Термінал — кінцеве обладнання, призначене для з'єднання з пунктом закінчення телекомунікаційної мережі для забезпечення доступу до телекомунікаційних послуг; устаткування, що забезпечує функції, необхідні користувачеві для введення в дію протоколів доступу.

Точка доступу (*Access Point — AP*) — еталонна точка, що складається з пари поруч розташованих точок однонапрявленого доступу.

Традиційна мережа зв'язку — існуюча мережа зв'язку, призначена для надання послуг одного виду.

Трансакція — набір операцій, виконуваних одночасно як одна операція.

Транспортна мережа АТМ (*ATM Transport Network*) — транспортна мережа електров'язку, що використовує технологію асинхронного режиму перенесення і може поєднувати в собі функції магістральної мережі та мережі доступу. Призначена для надання послуг передавання різних типів інформації для всіх установлених з'єднань відповідно до параметрів, заданих користувачем.

Транспортна мережа електров'язку (*Transport Network — TN*) — частина мережі електров'язку, що забезпечує доставляння інформаційних і службових сигналів за заданими адресами та складається з низки підмереж, які, можливо, характеризуються різними принципами організації та належать різним операторам.

Транспортний шлюз — медіа-шлюз, який забезпечує стик між транспортною мережею та мережею доступу.

Трафік — навантаження (щільність потоку даних) лінії зв'язку чи каналу.

Управління безпекою — захист мережі від несанкціонованого доступу.

Управління трафіком — низка заходів, що вживаються в усіх відповідних елементах мережі для запобігання стану перевантаження.

Фотонна технологія — сукупність методів і засобів, що здійснюють обробку, передавання та комутацію сигналів в оптичному діапазоні без їхнього перетворення в електронну форму.

Чарунка — мала робоча зона; частина інформації.

Шлюз доступу — медіа-шлюз, який забезпечує під'єднання до мережі пристроїв, що не мають пакетного інтерфейсу.

Шлюз сигналізації — пристрій взаємодії між пакетною транспортною мережею та мережами доступу на рівні сигналізації. Його функція полягає в перетворенні форматів сигнальних повідомлень.

Якість обслуговування — сукупний ефект надання послуги, який визначає ступінь задоволення користувача послугою.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ. ВИДИ СИГНАЛІВ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АМ	—	амплітудна модуляція
АЦП	—	аналого-цифровий перетворювач
ВФМ	—	відносна фазова модуляція
ДЗ	—	джерело завад
ДП	—	джерело повідомлень
ЛЗ	—	лінія зв'язку
ОП	—	отримувач повідомлень
ПРД	—	передавач
ПРМ	—	приймач
ФМ	—	фазова модуляція
ЦАП	—	цифроаналоговий перетворювач
ЦСП	—	цифрова система передавання
ЧМ	—	частотна модуляція

1.1. Системи електрозв'язку (телекомунікацій)

Система електрозв'язку (телекомунікацій) — сукупність технічних засобів та середовище поширення, що забезпечує передавання інформації. Узагальнену структурну схему систем електрозв'язку наведено на рис. 1.1.

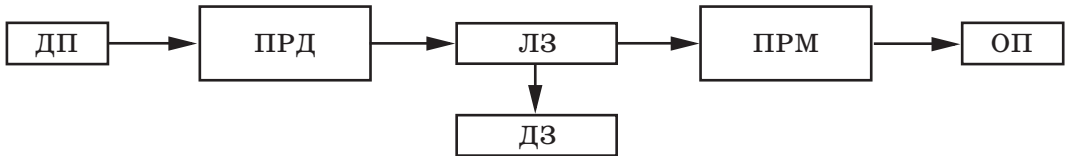


Рис. 1.1. Узагальнена структурна схема систем електрозв'язку:
ДП — джерело повідомлень; ОП — отримувач повідомлень; ПРД — передавач;
ПРМ — приймач; ЛЗ — лінія зв'язку; ДЗ — джерело завад

Призначення будь-якої системи зв'язку — передавання інформації від джерела до отримувача із заданою якістю передавання.

Об'єктом передавання в будь-якій системі зв'язку є *повідомлення*, що несе деяку інформацію. **Інформація** — це відомості про якусь подію, явище або стан речей, які отримувачеві заздалегідь невідомі. Для передавання інформації використовуються різні символи, що дають змогу виразити цю інформацію в деякій формі. Такими символами можуть бути слова людської мови, жести, малюнки, математичні знаки тощо.

Інформація подається у двох формах — як повідомлення і як сигнал. **Повідомлення** — це форма подання інформації у вигляді сукупності деяких символів. Для

передавання різних повідомлень, виявлення об'єктів у просторі, автоматичного управління промисловими об'єктами застосовуються електричні сигнали.

Сигнал — це фізичний процес, що відображує (несе) передаване повідомлення. Отже, повідомлення — це те, що підлягає передаванню, а сигнал — матеріальний носій повідомлення. Повідомлення бувають неперервні і дискретні. *Дискретне повідомлення* являє собою сукупність скінченної кількості символів. *Неперервне повідомлення* можна подати, скажімо, як деяку функцію часу.

Принципи роботи систем електрозв'язку унаочнює рис. 1.1.

Повідомлення за допомогою *джерела повідомлення (ДП)* перетворюється в *первинний електричний сигнал*. Первинні сигнали буває незручно (а інколи й неможливо) безпосередньо передавати по лінії зв'язку. Тому первинні сигнали за допомогою *передавача* ПРД доводиться перетворювати в так звані *вторинні сигнали*, характеристики яких добре узгоджуються з характеристиками лінії зв'язку.

Лінія зв'язку (ЛЗ) — це фізичне середовище, використовуване для передавання сигналів.

Джерело завад (ДЗ) — це джерело випадкових чи навмисних впливів на передаваний сигнал, які спотворюють його форму.

Канал зв'язку — це сукупність технічних пристроїв і середовища поширення, що забезпечує передавання сигналів на ту чи іншу відстань. Канали та системи зв'язку, що використовують штучне середовище поширення (металеві проводи, оптичне волокно), називаються *проводовими*, а канали та системи зв'язку, в яких сигнали передаються через відкритий простір, — *радіоканалами* та *радіосистемами*.

Приймальний пристрій, або приймач (ПРМ), виконує обернене перетворення прийнятого сигналу в повідомлення. Відмінності параметрів системи зв'язку від бажаних характеристик призводять до спотворень передаваного сигналу. Окрім того, у будь-якому вузлі системи передавання, але передусім на лінії зв'язку, присутні завади, тому сигнал на вході приймача відрізняється від переданого сигналу на виході передавача. Приймач обробляє прийнятий сигнал і відновлює по ньому первинний електричний сигнал, а отже, і надсилає повідомлення, яке реставрується, утім, із деякою похибкою.

1.2. Класифікація сигналів

Сигнали класифікують за низкою ознак.

1. Детерміновані і випадкові сигнали.

● **Детерміновані (регулярні) сигнали** — це сигнали, значення яких у будь-який момент часу або відомі, або такі, що їх можна обчислити.

● **Випадкові сигнали** — це сигнали, значення яких у будь-який момент часу є величина випадкова (*випадковою* називають величину, що набуває своїх значень у випадковий спосіб).

2. Періодичні і неперіодичні сигнали.

Сигнал називається *періодичним у часі* t , якщо існує постійне значення $T_0 > 0$, таке що $x(t) = x(t + T_0)$, $-\infty < t < \infty$.

Найменше значення T_0 , що задовольняє цю умову, називається *періодом сигналу* $x(t)$. Період T_0 визначає тривалість одного повного циклу функції $x(t)$.

Велике значення в теорії зв'язку мають *гармонічні (синусоїдні) сигнали*, які також належать до періодичних сигналів.

Гармонічні сигнали описуються такими формулами:

$$s(t) = A \sin(2\pi f_0 t + \varphi),$$

$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi),$$

де A , f_0 , ω_0 , φ — постійні величини, які можуть виконувати роль інформаційних параметрів сигналу (A — амплітуда сигналу; f_0 — циклічна частота в герцах; $\omega_0 = 2\pi f_0$ — кутова частота в радіанах; φ — початковий фазовий кут у радіанах). Період одного коливання $T = 1/f_0 = 2\pi/\omega_0$.

Пам'ятка-довідка $f_0 = 1/T$; $\omega_0 = 2\pi/T$; $\omega_0 = 2\pi f_0$

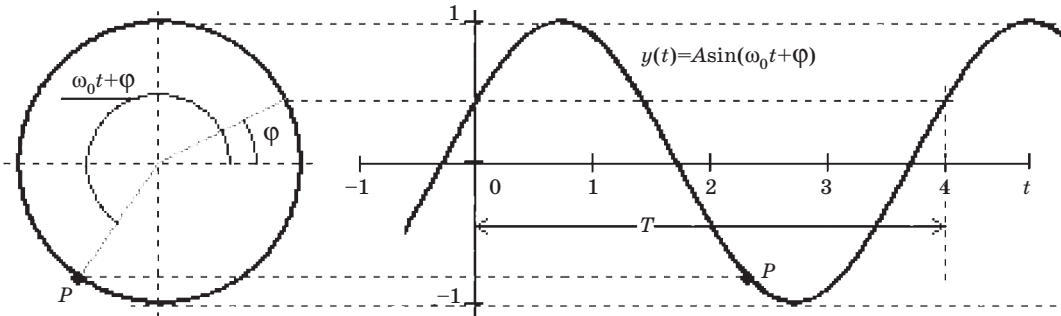


Рис. 1.2. Гармонічний сигнал

3. Аналогові і дискретні сигнали.

● **Аналоговий сигнал** — це неперервна функція часу t , тобто він однозначно визначається для всіх t . Електричний сигнал являє собою результат спеціального перетворення деякого фізичного процесу, наприклад мови (рис. 1.3).

● **Дискретний сигнал** — це розривна функція часу t , тобто він існує не для всіх значень t , а лише на певних окремих проміжках виду $k\Delta t$, де k — ціле число, а Δt — фіксований проміжок часу існування сигналу (рис. 1.4).

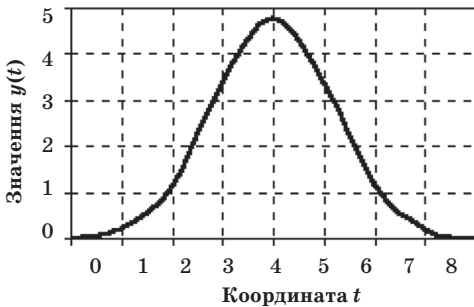


Рис. 1.3. Аналоговий сигнал

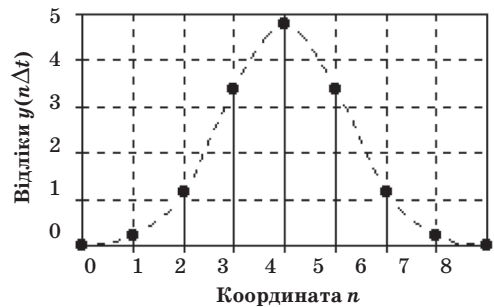


Рис. 1.4. Дискретний сигнал

Зауважимо, що коли йдеться про аналоговий сигнал, описуваний неперервною функцією $y(t)$ (див. рис. 1.3), то як сама функція, так і її аргументи можуть набувати будь-яких значень на деяких інтервалах $y_1 \leq y \leq y_2$, $t_1 \leq t \leq t_2$. При цьому множина можливих значень сигналу утворює *континуум* — неперервний простір, в якому будь-яку сигнальну точку можна визначити з довільною точністю. Надзвичайно важливі для практики сигнали, аналогові за своєю природою, утворюються, наприклад, унаслідок зміни напруженості електромагнітного поля в часі та просторі.

4. За видом передаваних повідомлень.

Можна також класифікувати сигнали (як аналогові, так і цифрові) залежно від виду повідомлень, які передаються каналом зв'язку:

- телефонні сигнали;
- сигнали радіомовлення;
- телеграфні сигнали;
- сигнали передавання даних;
- телеметричні сигнали;
- факсимільні сигнали;
- телевізійні сигнали.

5. Нескінченні та фінитні сигнали.

За тривалістю існування сигнали можна поділити на *нескінченні* та *фінитні*, тобто сигнали з обмеженим часом існування.

6. Низько- та високочастотні сигнали.

Згідно з розподілом сигналів за смугою частот розрізняють *низькочастотні сигнали*, спектр яких розташований в області звукових (до кількох десятків кілогерц) частот, і *високочастотні сигнали*, спектр яких розташований вище за область звукових частот.

1.2.1. Часова форма зображення сигналів

Часова форма подання сигналу — це опис зміни його параметрів у вигляді функції від часу. Така форма опису дозволяє визначити енергію, потужність і тривалість сигналу.

Часова форма сигналу може представляти собою:

- математичну модель (аналітичний запис);
- часову діаграму (осцилограму) сигналу.

Зауважимо, що вибрати математичну модель для реального електричного сигналу не завжди просто. Для прикладу розглянемо телефонний сигнал, реалізації різних фрагментів якого наведено на рис. 1.5. Навіть візуальний аналіз цих часових діаграм підводить до висновку, що зовсім непросто підібрати функцію часу, яка точно збігалася б, наприклад, із часовою діаграмою $u(t)$ на всьому інтервалі часу $[0, T]$. Якби таку функцію вдалося знайти, то, швидше за все, вона була б подана досить складним виразом. Тому можна сказати, що часові діаграми телефонного сигналу мають складну форму.

Практично всі електричні сигнали, використовувані в телекомунікаціях для подання повідомлень, мають складну форму. Це стосується, зокрема, сигналів мовлення, а також телевізійних, телеграфних сигналів тощо.

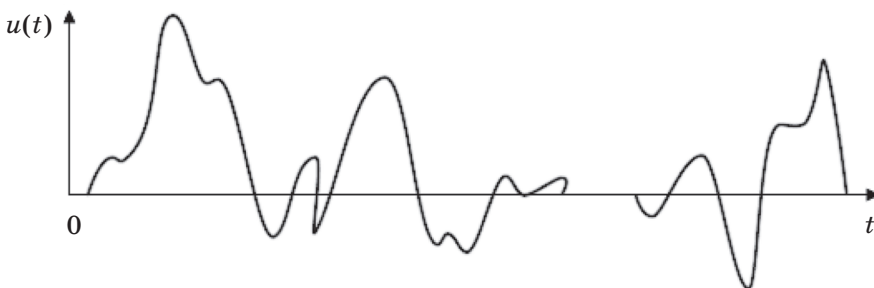


Рис. 1.5. Часова діаграма телефонного сигналу

1.2.2. Дискретизація сигналів за часом. Теорема В. О. Котельникова

Широке застосування знаходять *цифрові системи передавання (ЦСП)*, в яких неперервні (аналогові) повідомлення передаються дискретними (цифровими) сигналами.

Цифровий сигнал електрозв'язку — це сигнал, в якого кожний з інформаційних параметрів описується функцією дискретного часу і скінченною множиною можливих значень.

У цифрову форму може бути перетворений будь-який реальний сигнал. Техніка збереження, обробки й передавання цифрових сигналів простіша, ніж неперервних. Теорія і практика показують, що, використовуючи цифрові методи передавання інформації, можна значно підвищити показники системи передавання.

Перетворення аналогового сигналу в цифрову форму виконується за допомогою операцій *дискретизації* та *квантування*. Дискретизація за часом дозволяє перетворити аналоговий сигнал у дискретний, який після квантування перетворюється в цифровий. Ці перетворення виконуються на передавальному боці каналу зв'язку. Пристрій перетворення аналогового сигналу в цифрову форму називається *аналого-цифровим перетворювачем (АЦП)*. На приймальному боці їм відповідають обернені перетворення, завданням яких є відновлення повідомлення. Пристрій, який здійснює ці перетворення, називається *цифроаналоговим перетворювачем (ЦАП)*.

Процес перетворення аналогового сигналу в цифрову форму ще називають *цифровою модуляцією*.

Дискретизація сигналу за часом — це перетворення сигналу електрозв'язку, при якому він подається сукупністю своїх значень у дискретні моменти часу. Значення сигналу в обраний момент часу, отримане в результаті дискретизації цього сигналу, називається *відліком*.

Такий вид дискретизації запропонував відомий радянський вчений **В. О. Котельников**, довівши названу його ім'ям теорему:

Неперервний сигнал, обмежений смугою частот від 0 до F, повністю визначається послідовністю своїх значень у моменти, віддалені один від одного на

$$\Delta t \leq \frac{1}{2F}.$$

1.2.3. Квантування за рівнем

Операція *квантування* зводиться до того, що замість даного миттєвого значення переданого сигналу передають найближчі значення за встановленою цифровою шкалою дискретних рівнів.

Відліки неперервних сигналів, узяті в дискретні моменти, характеризуються тим, що вони можуть набувати нескінченної множини значень, якщо точність їх визначення не обмежена. Оскільки будь-яке повідомлення надходить до споживача разом із завадою, то немає сенсу передавати повідомлення точніше, ніж це дозволяє рівень завад. Доцільно за рівнем супровідних завад і необхідної точності повідомлення, що має бути отримано, обмежити кількість рівнів повідомлення. *Заміна неперервної шкали рівнів повідомлення дискретною шкалою рівнів називається квантуванням за рівнем* (рис. 1.6). Якщо миттєве значення рівня повідомлення міститься всередині інтервалу, розташованого між двома дозволеними дискретними рівнями, то замість нього передається значення, що відповідає

ближчому доведеному рівню. При кількості рівнів квантування m будь-яке повідомлення міститиме не більш ніж m значень, які можна розрізнити.

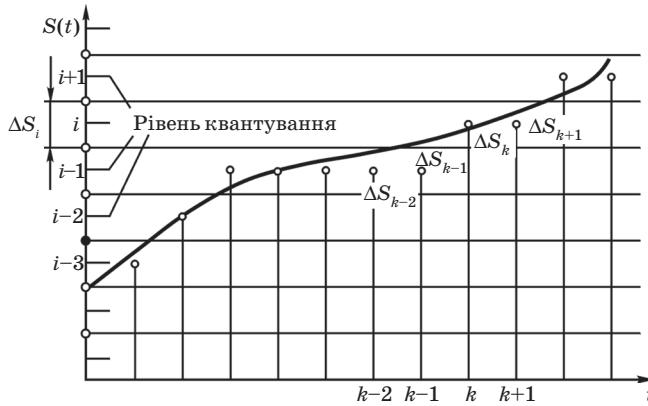


Рис. 1.6. Квантування за рівнем

1.2.4. Геометричні зображення сигналів

Будь-яка задача легше сприймається, якщо її можна пов'язати з деяким відомим явищем. У математичному опису сигнали зручно розглядати як вектори чи точки в деякому функціональному просторі — *просторі сигналів*.

Наочні геометричні зображення, пов'язані з використанням векторів у просторі сигналів, часто допомагають усвідомити фізичний зміст процесів формування, передавання та розподілу сигналів, синтезу оптимальних сигналів і пристроїв обробки сигналів у разі наявності завад.

Будь-який сигнал можна подати у вигляді вектора на площині з прямокутними координатами (x, y) . Кожному сигналу з деякої множини відповідає певний вектор, а кожному вектору — певний сигнал. Наприклад, на рис. 1.7 зображено два вектори s_1 і s_2 . Відстанню між векторами називатимемо відстань d між їхніми кінцями.

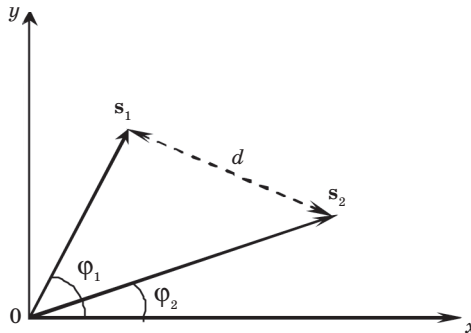


Рис. 1.7. Векторне подання сигналів

1.3. Кодування та модуляція

Повернувшись до розглянутої раніше узагальненої структурної схеми електрозв'язку (див. рис. 1.1), порівняємо її з наведеною на рис. 1.8 структурною схемою системи передавання дискретних повідомлень.

Тут з'явилися деякі нові блоки: кодер і модулятор — на передавальному боці каналу і декодер та демодулятор — на приймальному боці. Розглянемо функції наведених блоків і з'ясуємо загальні принципи кодування та модуляції.

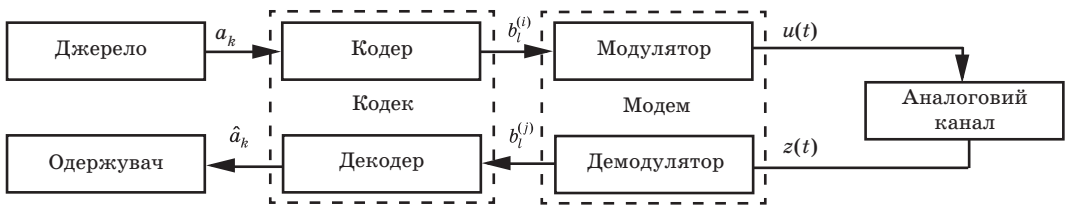


Рис. 1.8. Структурна схема системи передавання дискретних повідомлень

Кодування — це процес перетворення елементів повідомлення у відповідні їм числа (кодові символи). Кожному елементу повідомлення присвоюється певна сукупність кодових символів, яка називається *ковою комбінацією*. Сукупність кодових комбінацій, що відображають дискретні повідомлення, утворює *код*. Правило кодування може бути виражене кодовою таблицею, в якій наводяться алфавіт повідомлень, що кодуються, і відповідні їм кодові комбінації. Множина можливих кодових символів називається *ковим алфавітом*, а їхня кількість m — основою коду. У загальному випадку при основі коду m правила кодування K елементів повідомлення зводяться до правил запису K різних чисел у m -ковій системі числення. Кількість розрядів n , що утворюють кодову комбінацію, називається *розрядністю коду*, або *довжиною кодової комбінації*. Залежно від системи числення, використовуваної при кодуванні, розрізняють *двійкові* і *m -кові (недвійкові)* коди.

Для передавання великих літер українського алфавіту (їх 32) необхідно передати числа від 0 до 31. Щоб передати будь-яке число, записане в десятковій формі, потрібно передати десять цифр — від 0 до 9. Практично для цього потрібно десять сигналів, які відповідають різним цифрам. Систему передавання дискретних повідомлень можна істотно спростити, скориставшись при кодуванні *двійковою системою числення*.

Щоб з'ясувати зміст двійкової системи, звернемося до десяткової системи, основою числення якої є число 10. Будь-яке ціле число K можна подати у вигляді

$$K = a_n \cdot 10^n + \dots + a_2 \cdot 10^2 + a_1 \cdot 10^1 + a_0 \cdot 10^0,$$

де a_0, a_1, \dots, a_n — коефіцієнти, що набувають значень від 0 до 9. Так, число 265 можна записати як $2 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$. Очевидно, замість числа 10 можна взяти будь-яке інше ціле число m і подати число K так:

$$K = a_n m^n + \dots + a_2 m^2 + a_1 m^1 + a_0 m^0,$$

де a_0, a_1, \dots, a_n — коефіцієнти, що набувають значень від 0 до $m - 1$.

Задавши значення m , можна побудувати будь-яку систему числення.

При $m = 2$ дістанемо двійкову систему, в якій числа записуються за допомогою двох цифр — 0 і 1. Наприклад, число 13 у двійковій системі записується 1101, що відповідає виразу $1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$. Арифметичні дії в двійковій системі дуже прості. Наприклад, додавання здійснюється за такими правилами: $0 + 0 = 0$; $0 + 1 = 1$; $1 + 0 = 1$; $1 + 1 = 10$. Розрізняють ще порозрядне додавання без перенесення в старший розряд, або *додавання за модулем 2*. Правила цього додавання такі: $0 \oplus 0 = 0$; $0 \oplus 1 = 1$; $1 \oplus 0 = 1$; $1 \oplus 1 = 0$.

Якщо перетворити послідовність елементів повідомлення в послідовність двійкових чисел, то для передавання останніх по каналу зв'язку достатньо лише двох різних сигналів. Наприклад, символи 0 і 1 можуть передаватися коливаннями з різними частотами чи імпульсами струму різної полярності. Завдяки своїй простоті двійкова система числення широко застосовується для кодування дискретних повідомлень (рис. 1.9).

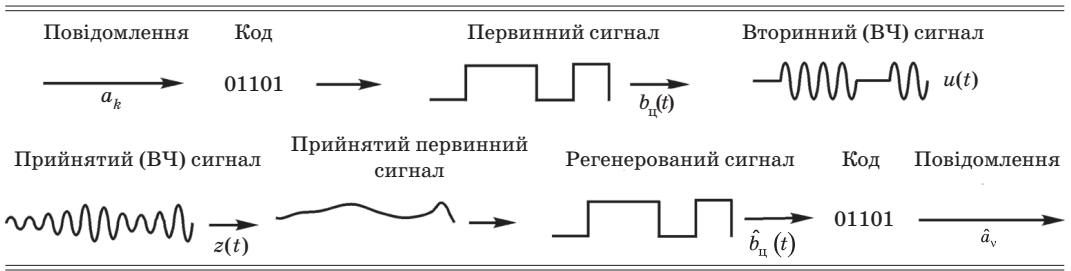


Рис. 1.9. Процес перетворення дискретного повідомлення в сигнал

Коди, в яких усі комбінації мають однакову довжину, називають *рівномірними*. Для рівномірного коду кількість можливих комбінацій дорівнює m^n . Прикладом такого коду є п'ятицифровий код Бодо, що містить п'ять двійкових елементів ($m = 2, n = 5$). Кількість можливих кодових комбінацій ($2^5 = 32$) є достатнім для кодування всіх літер українського алфавіту, проте недостатнім для передавання повідомлення, яке містить літери інших алфавітів, цифри, різні умовні знаки (точка, кома, додавання, множення і т. ін.). Тому нині використовується *Міжнародний код №2 (МТК-2)*, побудований за реєстровим принципом, відповідно до якого та сама п'ятиелементна кодова комбінація може застосовуватися до трьох разів залежно від положення регістра: український, латинський, цифровий. Загальна кількість різних знаків при цьому дорівнює 84, що є достатнім для кодування телеграми. Для передавання даних рекомендовано семиелементний код МТК-5. Коди МТК-2 і МТК-5 є первинними (простими). Головні *параметри кодів* такі: основа коду m ; довжина кодової комбінації n ; відстань між кодовими комбінаціями d_{ij} ; вага кодової комбінації w . Відстань d_{ij} характеризує розбіжність між двома кодовими комбінаціями і визначається за Хеммінгом кількістю незбіжних розрядів у них, тобто кількістю одиниць у сумі двох комбінацій за модулем 2. Кількість ненульових елементів у кодовій комбінації визначає її вагу w . Застосування рівномірних кодів спрощує побудову автоматичних літеродрукувальних пристроїв і не потребує передавання розділових символів між кодовими комбінаціями.

У сучасних системах передавання дискретних повідомлень розрізняють дві групи самостійних пристроїв: кодеки і модеми. *Кодек* — це пристрій, що перетворює повідомлення в код (*кодер*) і код у повідомлення (*декодер*), а *модем* — пристрій, що перетворює код у сигнал (*модулятор*) і сигнал у код (*демодулятор*). Канальні пристрої (смугові підсилювачі передавача і приймача, коректори і т. ін.) разом із лінією зв'язку утворюють неперервний канал, а останній разом з модемом — дискретний канал.

Загальний принцип *модуляції* полягає у зміні одного чи кількох параметрів носійного коливання (носія) відповідно до переданого повідомлення. Так, якщо носієм є гармонічне коливання $f(t) = U \cos(\omega_0 t + \phi)$, то можна створити три види модуляції: *амплітудну, частотну і фазову*.

Якщо носієм є періодична послідовність імпульсів $f(t) = U_0 \sum_{l=-\infty}^{\infty} v(t - lT - t_0)$, то при заданій формі імпульсів $v(t)$ можна створити чотири основні види імпульсної модуляції: *амплітудно-імпульсну, широтно-імпульсну, часово-імпульсну і частотно-імпульсну*. Застосування радіоімпульсів дозволяє отримати ще два види модуляції: *за частотою і за фазою високочастотного заповнення*.

При дискретній (цифровій) модуляції закодоване повідомлення у вигляді послідовності кодових символів $\{b_i\}$ перетворюється в послідовність елементів (посилки) сигналу $\{u_i(t)\}$ унаслідок впливу кодових символів на носій $f(t)$. За допомогою модуляції один із параметрів носія змінюється за законом, який визначається кодом. У разі безпосереднього передавання носієм може бути *постійний струм*, сила якого і напрям змінюються. Зазвичай роль носія, як і в неперервній модуляції, відіграє *змінний струм* (гармонічне коливання). У цьому разі можна дістати амплітудну, частотну та фазову модуляції.

Форми сигналу в разі двійкового коду для різних видів дискретної (або цифрової) модуляції (або маніпуляції) наведено на рис. 1.10. Тут проілюстровано вид модуляції, коли закон передаваного сигналу цифровий (первинний), а сигнал-носій (носійне коливання) аналоговий (неперервний). Таке перетворення і називається *дискретною модуляцією* (або *маніпуляцією*). При *амплітудній модуляції* (АМ) символу 1 відповідає передавання носійного коливання протягом часу T (посилка), символу 0 — відсутність коливання (пауза). При *частотній модуляції* (ЧМ) передавання носійного коливання з частотою f_1 відповідає символу 1, а передавання коливання з частотою f_0 — символу 0. При *двійковій фазовій модуляції* змінюється фаза носійного коливання на π у разі кожного переходу від 1 до 0 і від 0 до 1.

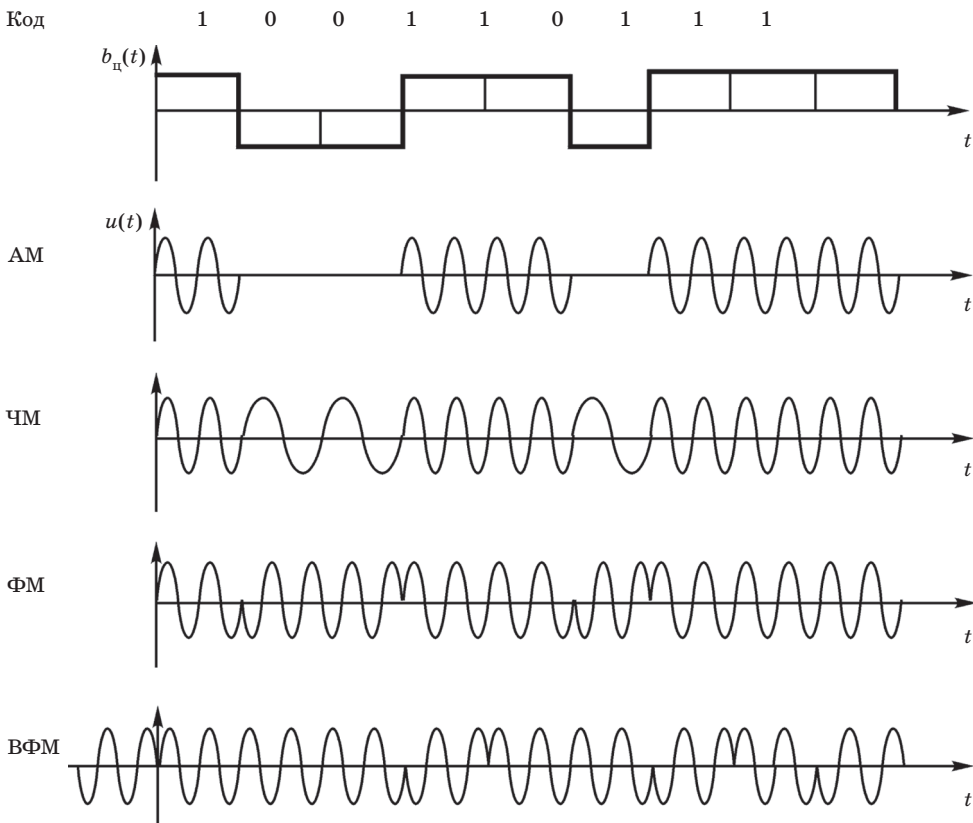


Рис. 1.10. Форми сигналів при двійковому коді для різних видів дискретної модуляції

Нарешті, на практиці застосовують систему *відносної фазової модуляції (ВФМ)*. На відміну від фазової, при відносній фазовій модуляції фази сигналів відлічують не від деякого еталона, а від фази попереднього елемента сигналу. Наприклад, символ 0 передається відрізком синусоїди з початковою фазою попереднього елемента сигналу, а символ 1 — таким самим відрізком із початковою фазою, що відрізняється від початкової фази попереднього елемента сигналу на π . Передавання починається з послідовки, яка слугує опорним сигналом для порівняння фази наступного елемента.

1.4. Завади та спотворення

У реальному каналі сигнали у процесі передавання спотворюються, а тому повідомлення відтворюються з деякими помилками. Причиною таких помилок є як спотворення, внесені самим каналом, так і завади, що впливають на сигнал. Якщо спотворення зумовлено відомими характеристиками каналу, то їх, принаймні у принципі, можна усунути належною корекцією. Слід відрізнити спотворення від завад. Завади мають випадковий характер і заздалегідь не відомі, а тому не можуть бути цілком усунуті.

Завадою називається будь-який випадковий вплив на сигнал, що знижує вірогідність відтворення переданих повідомлень.

Завади дуже різноманітні як за своїм походженням, так і за фізичними властивостями. У радіоканалах часто трапляються *атмосферні завади*, зумовлені електричними процесами в атмосфері, насамперед грозовими розрядами. Енергія цих завад зосереджується головним чином в області довгих і середніх хвиль. Сильні завади створюються також промисловими установками. Це так звані *індустріальні завади*, що виникають через різкі зміни струму в електричних колах електроприладів. До індустріальних належать завади від електротранспорту, електричних двигунів, медичних установок, систем запалювання двигунів тощо. Поширеним видом завад є *завади від сторонніх радіостанцій і каналів*. Вони зумовлені порушенням регламенту розподілу робочих частот, недостатньою стабільністю частот і поганою фільтрацією гармонік сигналу, а також нелінійними процесами в каналах, що призводять до перехресних спотворень.

У провідних каналах зв'язку основним видом завад є *імпульсні шуми та переривання зв'язку*. Поява імпульсних завад часто пов'язана з автоматичною комутацією та перехресними наведеннями. Переривання зв'язку — це явище, при якому сигнал у лінії різко зникає чи загасає.

Практично в будь-якому діапазоні частот існують *внутрішні шуми апаратури*, зумовлені хаотичним рухом носіїв заряду в підсилювальних приладах, резисторах та інших елементах апаратури. Ці завади особливо позначаються на радіозв'язку в діапазоні ультракоротких хвиль, де інші завади невеликі. У цьому діапазоні мають значення і *космічні завади*, спричинені електромагнітними процесами, що відбуваються на Сонці, зорях та інших неземних об'єктах.

1.5. Вірогідність і швидкість передавання інформації

Оцінюючи роботу системи зв'язку, необхідно насамперед враховувати, яку точність передавання повідомлення забезпечує система і з якою швидкістю передається інформація. Перше визначає якість передавання, друге — кількість.

У реальній системі зв'язку *якість передавання* залежить від ступеня спотворень прийнятого повідомлення. Ці спотворення залежать від властивостей і техн-

ічного стану системи, а також від інтенсивності та характеру завад. У правильно спроектованій і технічно справній системі зв'язку незворотні спотворення повідомлень зумовлені лише впливом завад, тому якість передавання цілком визначається завадостійкістю системи. Під *завадостійкістю* звичайно розуміють *здатність системи протистояти шкідливому впливу завад на передавання повідомлень*. Оскільки вплив завад проявляється в тому, що прийняте повідомлення відрізняється від переданого, то кількісно завадостійкість можна охарактеризувати ступенем відповідності прийнятого повідомлення переданому. Назвемо цю величину *вірогідністю*. Кількісну міру вірогідності доводиться вибирати по-різному, залежно від характеру повідомлення і вимог одержувача. Нехай повідомлення є дискретною послідовністю елементів із деякої скінченної множини. Вплив завади на передавання такого повідомлення проявляється в тому, що замість фактично переданого елемента може бути прийнятий інший; така подія називається *помилкою*. За кількісну міру вірогідності можна взяти ймовірність P помилки або будь-яку монотонну функцію цієї ймовірності.

Звернемо увагу на істотну різницю між аналоговими і дискретними системами передавання повідомлень. В аналогових системах будь-який, навіть як завгодно малий вплив на сигнал, що спотворює модульований параметр, завжди призводить до внесення відповідної похибки в повідомлення. Тому *абсолютно точне відновлення переданого повідомлення неможливе*. У дискретних системах помилка при передаванні повідомлень виникає тільки тоді, коли сигнал орієнтується неправильно, а це відбувається лише при спотвореннях, що *перевищують деякий поріг*.

Поряд із вірогідністю найважливішим показником роботи системи зв'язку є *швидкість передавання інформації*. У системах передавання дискретних повідомлень швидкість V (у бодах) вимірюється кількість переданих символів за одиницю часу. *Кількість переданої інформації* прийнято вимірювати в бітах (двійкових одиницях). Максимальна кількість інформації, яку можна передати двійковим символом, дорівнює одному біту. При використанні не двійкових, а m -кових символів максимальна кількість інформації, яку можна передати, дорівнює $\log_2 m$ біт. Тому дискретне джерело може забезпечити *максимальну швидкість передавання інформації*, біт/с,

$$R_i = \frac{\log_2 m}{T},$$

де T — тривалість елементарного сигналу; m — основа коду.

До основних характеристик системи зв'язку належать також *середня швидкість передавання інформації* по заданому каналу за одиницю часу із заданою надійністю та *максимально можлива (гранична) швидкість передавання*, що називається *пропускнуою здатністю C каналу*. Це фундаментальне поняття визначає потенційні можливості системи зв'язку, яку використовує даний канал. У реальній системі середня швидкість передавання інформації завжди менша за пропускну здатність каналу.

1.6. Канали зв'язку

1.6.1. Загальні відомості про канали зв'язку

Канал зв'язку забезпечує з'єднання передавача і приймача. Фізичний канал може бути двопроводновою лінією, яка пропускає електричний сигнал, або скловолокном, яке переносить інформацію за допомогою перетвореного світлового

променя, або підводним каналом океану, в якому інформація передається акустично, або вільним простором, по якому інформаційний сигнал, випромінюється за допомогою антени.

Одна спільна проблема при передаванні сигналу через будь-який канал — *адитивний шум*. Загалом кажучи, адитивний шум створюється часто всередині різних електронних компонентів (таких як, наприклад, резистори) використовуваних у системах зв'язку. Ці шуми часто називають *тепловим шумом*. Інші джерела шуму й *інтерференції (накладання)* можуть виникати поза системою, наприклад перехідні завади від інших користувачів каналу. Коли такий шум і перехідні завади займають той самий діапазон частот, що й корисний сигнал, їхній вплив може бути мінімізований відповідним вибором передаваного сигналу в приймачі. Інші види сигнальних спотворень, які можуть траплятися при передаванні сигналу по каналу — це загасання сигналу, амплітудні й фазові спотворення сигналу, а також спотворення сигналу, зумовлені поширенням хвиль за багатьма напрямками.

Вплив шуму може бути зменшений збільшенням потужності передаваного сигналу. Проте конструктивні та інші практичні міркування обмежують рівень потужності передаваного сигналу. Інше базове обмеження — доступна ширина смуги частот каналу. Обмеження ширини смуги зазвичай зумовлене фізичними обмеженнями середовища та електричних компонентів, використовуваних у передавачі і приймачі. Ці дві обставини призводять до обмеження кількості даних, які можуть бути передані надійно по будь-якому каналу зв'язку. Далі розглянемо деякі з важливих характеристик окремих каналів зв'язку.

1.6.2. Проводові канали

Телефонна мережа використовує проводові лінії для передавання звукового сигналу, а також даних і відеосигналів. Виті проводові пари та коаксіальний кабель в основному дають електромагнітний канал, який забезпечує проходження помірної ширини смуги частот. Телефонний провід, зазвичай використовуваний, аби з'єднати клієнта з центральною станцією, має ширину смуги в кілька сотень кілогерц. Проте коаксіальний кабель має зазвичай використовувану ширину смуги частот у кілька мегагерц. Частотні діапазони використовуваних електромагнітних каналів, які включають у себе хвилеводи й оптичний кабель, наведено на рис. 1.11.

Сигнали, що передаються через такі канали, спотворюються за амплітудою та фазою, і, крім того, на них накладається адитивний шум. Проводова лінія зв'язку у вигляді виті пари також схильна до інтерференції перехідних завад від поруч розташованих пар. Оскільки проводові канали становлять велику частку каналів зв'язку в Україні та в усьому світі, активні дослідження було спрямовано на визначення їхніх передавальних властивостей та на зменшення амплітудних і фазових спотворень в каналі.

1.6.3. Волоконно-оптичні канали

Скловолокно надає проектувальникові системи зв'язку ширину смуги частот, яка на кілька порядків більша, ніж у каналів із коаксіальним кабелем. Протягом минулого десятиріччя було розроблено оптичні кабелі, які мають відносно низьке загасання для сигналу, і високонадійні оптичні пристрої для генерування і детектування сигналу.

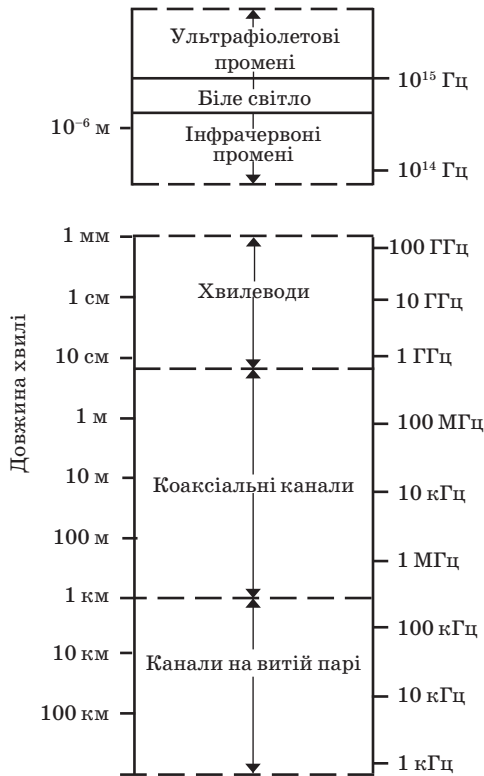


Рис. 1.11. Частотні діапазони каналів зв'язку

Ці технологічні досягнення привели до швидкого освоєння таких каналів як для внутрішніх систем електрозв'язку, так і для трансатлантичних і світових систем зв'язку. Завдяки великій ширині смуги частот, доступної на волоконно-оптичних каналах, телефонні компанії змогли запропонувати абонентам багатий спектр послуг електрозв'язку, зокрема передавання мови, даних, факсимільних і відеосигналів.

Передавач у волоконно-оптичній системі зв'язку — джерело світла, світловипромінювальний діод або лазер. Інформація передається завдяки зміні (модуляції) інтенсивності джерела світла за допомогою сигналу повідомлення. Світло поширюється через волокно як світлова хвиля, і вона періодично посилюється (у разі цифрового передавання детектується і відновлюється ретрансляторами) уздовж тракту передавання, аби компенсувати загасання сигналу.

У приймачі інтенсивність світла детектується фотодіодом, вихід якого є електричним сигналом, змінюваним пропорційно до потужності світла на вході фотодіода. Джерела шуму у волоконно-оптичних каналах — це фотодіоди і електронні підсилювачі.

Передбачається, що згодом волоконно-оптичні канали замінять майже всі канали проводової лінії зв'язку в телефонній мережі.

1.6.4. Безпроводові (радіо) канали

У системах безпроводового зв'язку (радіозв'язку) електромагнітна енергія передається в середовище поширення антеною, яка слугує випромінювачем. Фізичні розміри та структура антени залежать насамперед від робочої частоти. Аби отри-

мати ефективне випромінювання електромагнітної енергії, розміри антени мають становити більш ніж $1/10$ довжини хвилі. Отже, передавання радіостанції, наприклад на частоті $f_c = 1$ МГц, що відповідає довжині хвилі $\lambda = \frac{c}{f_c} = 300$ м (c — швидкість світла), потребує антени з діаметром принаймні 30 м.

Різні діапазони частот для радіозв'язку характеризує рис. 1.12. Способи поширення електромагнітних хвиль в атмосфері і у вільному просторі можна поділити на три категорії: поширення *поверхневою хвилею*, поширення *просторовою хвилею*, поширення *прямою хвилею*. У діапазоні дуже низьких частот і звуковому діапазоні, в яких довжини хвиль перевищують 10 км, Земля і іоносфера утворюють хвилевід для поширення електромагнітних хвиль. У цих частотних діапазонах сигнали зв'язку фактично поширюються навколо всієї земної кулі. Тому ці діапазони частот використовуються в усьому світі для розв'язання навігаційних завдань з берега до кораблів.

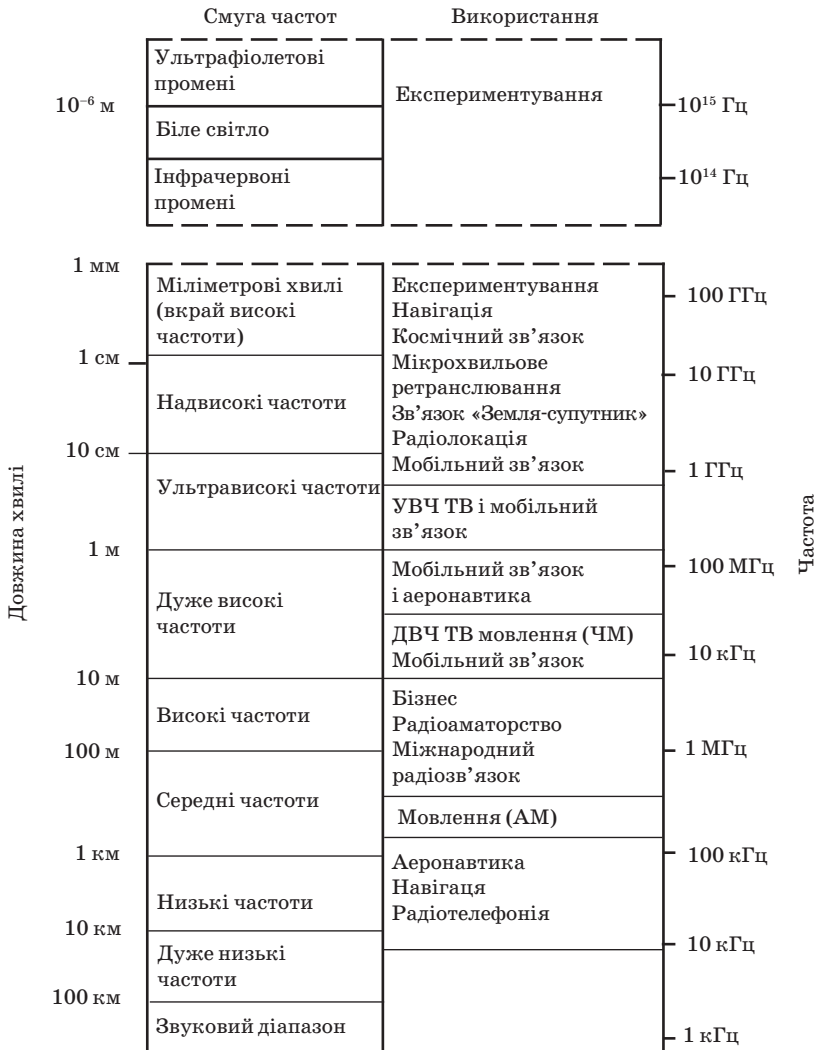


Рис. 1.12. Частотні діапазони для безпроводових каналів зв'язку

Ширина смуги частот каналу, доступної в цих діапазонах, порівняно мала (зазвичай вона становить 1–10% від центральної частоти), а отже, інформація, яка передається через ці канали, має відносно низьку швидкість передавання і зазвичай неприйнятна для цифрового передавання.

Тип шуму, що переважає на цих частотах, зумовлений грозовою діяльністю навколо земної кулі, особливо у тропічних областях. Інтерференція виникає через велику кількість станцій у цих діапазонах частот.

Поширення земною (поверхневою) хвилею (рис. 1.13) є основним видом поширення для сигналів у смузі середніх (0,3...3 МГц) частот, що використовується для радіомовлення, зокрема морського. За деяких способів організації передавання сигналу в радіомовленні та поширення земною хвилею дальність зв'язку, навіть при використанні потужних радіостанцій, обмежена й не перевищує 150 км. Атмосферні, промислові й теплові шуми від електронних компонентів приймача є основними причинами спотворень сигналів, передаваних у діапазоні середніх частот.



Рис. 1.13. Ілюстрація поширення поверхневою хвилею

Частинним випадком **поширення просторової хвилі** є **іоносферне поширення** (рис. 1.14), яке зводиться до віддзеркалення (відхилення або рефракція хвилі) передаваного сигналу від іоносфери, яка складається з кількох шарів заряджених часток, розташованих на висоті 50...400 км від поверхні Землі. У денний час доби розігрівання нижніх шарів атмосфери сонцем зумовлює появу нижнього шару на висоті менш як 120 км. Ці нижні шари, особливо D-шар, викликають поглинання частот, нижчих за 2 МГц, обмежуючи в такий спосіб поширення іоносферною хвилею передач радіомовлення. Проте потягом нічних часів електронна концентрація частинок у нижніх шарах іоносфери різко падає, і частотне поглинання, яке трапляється в денний час, значно скорочується. Унаслідок цього потужні радіомовні сигнали можуть поширюватися на більші відстані у процесі віддзеркалення від іоносферних шарів (які розташовуються на висоті 140...400 км над поверхнею Землі) і земної поверхні.

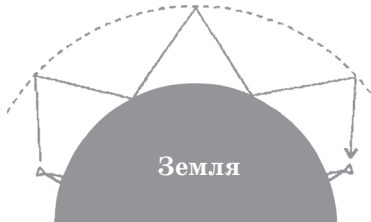


Рис. 1.14. Ілюстрація поширення просторовою хвилею

Проблема, з якою часто доводиться стикатися при іоносферному поширенні електромагнітної хвилі в частотному діапазоні високих частот, — це багато шляхів поширення сигналу, через що передаваний сигнал досягає приймача багатьма шляхами з різними затримками. Це зазвичай призводить до міжсимвольної

інтерференції в системі цифрового зв'язку. Більш того, сигнальні компоненти, що надходять по різних шляхах поширення, можуть підсумовуватися таким чином, що це призводить до явища, названого *завмираннями*. Більшість людей спостерігали цей ефект, слухаючи віддалену радіостанцію вночі, коли іоносферна хвиля домінує як спосіб поширення.

Адитивний шум у високочастотному діапазоні — це комбінація атмосферних завад і теплового шуму. Поширення іоносферної хвилі припиняється на частотах понад 30 МГц, що є межею діапазону високих частот. Проте можливе іоносферно-тропосферне поширення на частотах у діапазоні 30...60 МГц, зумовлене розсіюванням сигналів від нижніх шарів іоносфери. Також можливий зв'язок на відстані кількох сотень миль за допомогою тропосферного розсіювання в діапазоні 40...300 МГц. Тропосферне розсіювання зумовлене розсіюванням сигналу завдяки частинкам в атмосфері на висотах порядку 10 км. Звичайне іоносферне й тропосферне розсіювання викликає великі сигнальні втрати й потребує великої потужності передавача та порівняно великих розмірів антен.

Частоти понад 30 МГц проходять через іоносферу з порівняно малими втратами й уможливають супутниковий і позаземний зв'язок. Отже, на частотах ультрависокого діапазону і вищих основним способом електромагнітного поширення хвиль є поширення в межах прямої видимості. Для земних систем зв'язку це означає, що передавальна і приймальна антени мають бути у прямій видимості з порівняно малою перешкодою (або її відсутністю). Із цієї причини передавання телевізійних станцій у діапазоні ультрависоких і надвисоких частот для досягнення широкої зони охоплення здійснюється антенами на високих опорах.

Загалом зона охоплення для *поширення в межах прямої видимості* обмежена кривою поверхні Землі. Якщо передавальну антену встановлено на висоті h м над поверхнею Землі, то відстань до радіогоризонту, незважаючи на фізичні перешкоди (такі, скажімо, як гори), становить близько $d = \sqrt{15h}$ км. Наприклад, антена телебачення, встановлена на висоті 300 м, забезпечує покриття території приблизно 67 км. Інший приклад — релейні системи мікрохвильового радіозв'язку, що використовуються для передавання телефонних і відеосигналів на частотах понад 1 МГц, мають антени, встановлені на високих опорах або зверху на високих будівлях.

Домінуючий шум, що обмежує якість системи зв'язку у високочастотних і ультрависокочастотних діапазонах, — це тепловий шум, створюваний у вхідних колах приймача, і космічні шуми, уловлені антеною. У діапазоні надвисоких (понад 10 ГГц) частот при поширенні сигналу головну роль відіграють атмосферні умови. Наприклад, на частоті 10 ГГц загасання змінюється приблизно від 0,003 дБ/км при легкому дощі й до 0,3 дБ/км — при сильному дощі. На частоті 100 ГГц загасання змінюється приблизно від 0,1 дБ/км при легкому дощі й до 6 дБ/км — при сильному дощі. Отже, у цьому частотному діапазоні сильний дощ викликає надзвичайно високі втрати при поширенні, які можуть призводити до відказу системи обслуговування (повний обрив у системі зв'язку).

На частотах, вищих за вкрай високі частоти, ми маємо діапазон інфрачервоного та видимого випромінювання — області електромагнітного спектра, який може використовуватися для налагодження в межах прямої видимості оптичного зв'язку у вільному просторі. Досі ці діапазони частот використовувалися в експериментальних системах зв'язку, наприклад для встановлення зв'язку між супутниками.

1.6.5. Підводні акустичні канали

Протягом останніх 40 років дослідження «океанічної» діяльності безперервно розширювалися. При цьому дедалі частіше доводилося передавати дані, зібрані датчиками, розміщеними під водою і на поверхні океану, до спеціальних центрів збору інформації.

Електромагнітні коливання (окрім тих, що відбуваються на вкрай низьких частотах) не поширюються на великі відстані під водою. Проте передавання сигналів таких низьких частот дуже дороге, оскільки потребує надзвичайно великих і потужних передавачів.

Загасання електромагнітних хвиль у воді може бути виражене глибиною поверхневого шару, тобто відстанню, на якій сигнал послаблюється в e разів.

Для морської води глибина поверхневого шару $\delta = \frac{250}{\sqrt{f}}$, де f — виражена в герцах, а δ — у метрах.

Наприклад, для частоти 10 кГц глибина поверхневого шару становить 2,5 м, тоді як акустичні сигнали поширюються на десятки й навіть сотні кілометрів.

Підводний акустичний канал унаслідок сигнальних віддзеркалень від поверхні та дна моря поводить, як канал із багатьма шляхами поширення. Через випадковий рух хвилі сигнальні продукти багатопроменевого поширення призодять до випадкових у часі затримок поширення, а отже, і до завмирань сигналу. Окрім того, існує частотно-залежне загасання, яке приблизно пропорційне до квадрата частоти сигналу. Глибинна швидкість номінально становить близько 1500 м/с, але залежно від глибини, на якій сигнал поширюється, реальне значення вище або нижче за нього.

Зауважимо, що хоча існує навколишній океанічний акустичний шум, викликаний різними морськими живими організмами (наприклад, креветками, рибою тощо), а близькі гавані додають ще й промислового шуму, усе ж можливо проектувати й виготовляти ефективні та безпечні підводні акустичні системи зв'язку для передавання цифрових сигналів на великі відстані.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення понять *інформація, повідомлення, сигнал*.
2. Схарактеризуйте види сигналів.
3. Дайте визначення гармонічного сигналу.
4. Назвіть найвідоміші види модульованих сигналів.
5. У чому полягає принцип модуляції?
6. Чим відрізняється первинний сигнал від вторинного?
7. Який зміст вкладено в поняття квантування?
8. Дайте визначення терміна «дискретизація».
9. Дайте визначення детермінованого сигналу.
10. Які види детермінованих сигналів ви знаєте?
11. Зобразіть узагальнену структурну схему системи зв'язку, що унаочнює процес передавання інформації.
12. Як поділяються системи зв'язку за характером передаваних сигналів?
13. У чому полягає суть процесу кодування?
14. Дайте визначення лінії зв'язку.
15. Схарактеризуйте канал зв'язку.
16. Які види каналів зв'язку ви знаєте?
17. На які категорії можна поділити поширення електромагнітних хвиль?

ПІСЛЯМОВА ДО РОЗДІЛУ 1

Ви завершили вивчення загальних відомостей про системи електрозв'язку та види сигналів.

Тепер ви вже знаєте, що:

● *система електрозв'язку* (телекомунікацій) — це сукупність технічних засобів та середовища поширення, що забезпечує передавання повідомлень. Призначення будь-якої системи зв'язку — передавання інформації від джерела до отримувача із заданою якістю передавання;

● *лінія зв'язку* — це фізичне середовище, використовуване для передавання сигналів;

● *джерело завад* — це джерело випадкових дій на передаваний сигнал, які спотворюють його форму;

● *канал зв'язку* — це сукупність технічних засобів і середовища поширення, що забезпечує передавання сигналів на відстань. Канали й системи зв'язку, що використовують штучне середовище поширення (металеві проводи, оптичне волокно), називаються *проводовими*, а канали і системи зв'язку, в яких сигнали передаються через відкритий простір, — *радіоканалами і радіосистемами*.

Об'єктом передавання в будь-якій системі зв'язку є *повідомлення*, що несе інформацію. *Інформація* — це відомості про деяку подію, явище або факт, які отримувачеві заздалегідь невідомі.

Інформація має дві форми — повідомлення і сигнал. *Повідомлення* — це форма подання інформації за допомогою певної сукупності знаків. Для передавання різних повідомлень, виявлення об'єктів у просторі, автоматичного управління промисловими об'єктами застосовуються електричні сигнали. *Сигнал* — це фізичний процес, що відбиває (несе) передаване повідомлення. Повідомлення — це те, що підлягає передаванню, сигнал — матеріальний носій повідомлення. Повідомлення бувають неперервні і дискретні. *Дискретне повідомлення* подається скінченною кількістю символів. *Неперервне повідомлення* можна подати як функцію часу.

Повідомлення за допомогою джерела повідомлення перетворюється в *первинний електричний сигнал*. Первинні сигнали не завжди зручно (а інколи й неможливо) безпосередньо передавати по лінії зв'язку. Тому первинні сигнали за допомогою передавача перетворюються в так звані *вторинні сигнали*, характеристики яких добре узгоджуються з характеристиками лінії зв'язку.

Цифровий сигнал електрозв'язку — це сигнал, в якого кожний з інформаційних параметрів описується функцією дискретного часу і скінченною множиною можливих значень. У цифрову форму може бути перетворений будь-який реальний сигнал. Перетворення аналогового сигналу в цифрову форму здійснюється за допомогою операцій *дискретизації* та *квантування*. Дискретизація за часом дозволяє перетворити аналоговий сигнал у дискретний, який після квантування перетворюється в цифровий. Процес перетворення аналогового сигналу в цифрову форму ще називають *цифровою модуляцією*.

Дискретизація сигналу електрозв'язку за часом — це перетворення, у результаті якого сигнал подається сукупністю своїх значень у дискретні моменти часу.

Ви вже знаєте, що сигнали класифікують за низкою ознак:

1. Детерміновані і випадкові сигнали

● Детерміновані (регулярні) сигнали — це сигнали, значення яких у будь-який момент часу відомі або можуть бути обчислені.

● Випадкові сигнали — це сигнали, значення яких у будь-який момент часу є величина випадкова.

2. Періодичні і неперіодичні сигнали

Сигнал називається періодичним у часі, якщо існує постійне $T_0 > 0$, таке що $x(t) = x(t + T_0)$ при $-\infty < t < \infty$, де t — час.

3. Аналогові і дискретні сигнали

Аналоговий сигнал — неперервна функція часу, тобто він однозначно визначається для всіх t . Електричний сигнал являє собою результат перетворення деякого фізичного процесу, наприклад мови, в електричний сигнал (див. рис. 1.3). Дискретний сигнал існує лише в певні, дискретні проміжки часу $k\Delta t$, де k — ціле число, а Δt — фіксований проміжок часу існування сигналу

4. За видом передаваних повідомлень

Можна також класифікувати сигнали залежно від виду повідомлень, які передаються каналом зв'язку: телефонні сигнали, сигнали радіомовлення, телеграфні сигнали, сигнали передавання даних, телеметричні сигнали, факсимільні сигнали, телевізійні сигнали.

Кожний із зазначених щойно сигналів може бути як аналоговим, так і цифровим.

5. За тривалістю існування

Сигнали за цією ознакою можна поділити на нескінченні та фінітні (обмежені), тобто сигнали з обмеженим часом існування.

6. За розподілом сигналів по смузі частот

Розрізняють *низькочастотні сигнали*, спектр яких розташований в області звукових частот (до кількох десятків кілогерц), і *високочастотні сигнали*, спектр яких розташований вище за область звукових частот.

Ви розумієте, що *якість передавання* в реальній системі зв'язку залежить від ступеня спотворень прийнятого повідомлення. Ці спотворення залежать від властивостей і технічного стану системи, а також від інтенсивності та характеру завад. Під *завадостійкістю* звичайно розуміють *здатність системи протистояти шкідливому впливу завад на передавання повідомлень*. Оскільки вплив завад проявляється в тому, що прийняте повідомлення відрізняється від переданого, то кількісно завадостійкість можна схарактеризувати ступенем відповідності прийнятого повідомлення переданому, який назвали *вірогідністю передавання*. Поряд з вірогідністю *найважливішим показником* роботи системи зв'язку є *швидкість передавання інформації*.

У системах передавання дискретних повідомлень швидкість V (у бодах) вимірюється кількістю символів, переданих за одиницю часу. *Кількість переданої інформації* прийнято вимірювати в *бітах* (двійкових одиницях).

До основних характеристик системи зв'язку належать також *середня швидкість передавання інформації* по заданому каналу за одиницю часу із заданою надійністю та *максимально можлива (гранична) швидкість передавання*, що називається *пропускною здатністю C каналу*. Це фундаментальне поняття визначає потенційні можливості системи зв'язку, яку використовує даний канал. У реальній системі середня швидкість передавання інформації завжди менша за пропускну здатність каналу.

Ви знаєте, що способи поширення електромагнітних хвиль в атмосфері і у вільному просторі можна поділити на три категорії: поширення *поверхневою хвилею*, поширення *просторовою хвилею*, поширення прямою хвилею. У діапазоні дуже низьких частот та у звуковому діапазоні, де довжини хвиль перевищують 10 км, Земля та іоносфера утворюють хвилевід для поширення електромагнітних хвиль. У цих частотних діапазонах сигнали зв'язку фактично поширюються навколо всієї земної кулі. Саме тому ці діапазони частот найчастіше використовуються в усьому світі для розв'язання навігаційних завдань.

Список рекомендованої літератури

1. *Баскаков С. И.* Радиотехнические цепи и сигналы: учебник / Баскаков С. И.— М.: Высш. шк., 1983.— 536 с.
2. *Стеклов В. К.* Теорія електрозв'язку / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман.— К.: Техніка, 2006.— 550 с.
3. *Стеклов В. К.* Телекомунікаційні мережі / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман.— К.: Техніка, 2001.— 392 с.
4. *Теория передачи сигналов: учебник для вузов* / [Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Назаров М. В., Финк Л. М.] — М.: Радио и связь, 1986.— 304 с.
5. *Кривуца В. Г.* Математичне моделювання телекомунікаційних систем / Кривуца В. Г., Барковський В. В., Беркман Л. Н.— К.: Зв'язок, 2007.— 270 с.
6. *Система управління сучасними телекомунікаційними мережами* / [Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.] — К.: ДУІКТ, 2009.— 352 с.

РОЗДІЛ 2

СУЧАСНІ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АП	— абонентський пункт
АРП	— асинхронний режим передавання
ВВС	— взаємодія відкритих систем
ВЗ	— вузол зв'язку
ГП	— глобальна інформаційна інфраструктура
ДІ	— джерело інформації
ІМ	— інтелектуальна мережа
КЗ	— канал зв'язку
КК	— комутація каналів
КП	— комутація пакетів
КП-В	— комутація пакетів–віртуальний режим
КП-Д	— комутація пакетів–дейтаграмний режим
Кп	— комутація повідомлень
МСЕ	— Міжнародний союз електрозв'язку
ОІ	— отримувач інформації
ЦМІО	— цифрова мережа інтегрального обслуговування
ШЦМІО	— широкосмугова цифрова мережа інтегрального обслуговування
ISDN	
<i>(Integrated Serves Digital Network)</i> — цифрова мережа інтегрального обслуговування	
NGN	
<i>(Next Generation Network)</i> — мережа зв'язку наступного покоління	
SNA	
<i>(System Network Architecture)</i> — мережна архітектура систем	

2.1. Глобальна інформаційна інфраструктура

Завдяки величезному впливу мереж ЕОМ і мереж зв'язку на життя суспільства наприкінці 1990-х років цей невеликий історичний період стали називати інфокомунікаційною ерою.

Зазначимо, що сучасному розвитку техніки зв'язку притаманні дві особливості: *цифрова форма подання всіх сигналів* — незалежно від того, який вид інформації (мова, текст, дані чи зображення) передається цими сигналами; *інтеграція обслуговування*, яка може бути повністю реалізована тільки за умови застосування для зв'язку цифрової техніки. Відбувається інтеграція систем передавання інформації та комутації, по-новому перерозподіляються функції кінцевих пристроїв і мереж зв'язку. З'являються багатофункціональні кінцеві пристрої, відмінні від телефонного й телеграфного апаратів, кінцеві пристрої візуального

відображення даних, придатні більш ніж для одного виду інформації. І, нарешті, мережа зв'язку дає змогу передавати мовну, текстову інформацію, дані та зображення через одне й те саме з'єднання: користувач отримує доступ до цієї мережі незалежно від виду служби через «штепсельну розетку зв'язку».

Ці революційні засоби значно підвищили продуктивність праці й економічну ефективність роботи трьох галузей промисловості — комп'ютерної індустрії (інфокомунікаційних технологій), побутової радіоелектроніки (індустрії розваг) і електрозв'язку, а об'єднання їхніх зусиль наблизило створення *глобальної інформаційної інфраструктури (ГІІ)* [1].

Розвиток ГІІ ґрунтується на восьми основних принципах: сприянні відкритій конкуренції; заохоченні приватних інвестицій; визначенні гнучких регульованих структур; забезпеченні відкритого доступу до мереж; гарантуванні загально-го забезпечення доступу до послуг; забезпеченні однакових можливостей для користувачів; сприянні збагаченню змісту ГІІ, зокрема культурному та мовному розмаїттю; визнанні необхідності міжнародного співробітництва, особливо з найменш розвиненими країнами.

Ці принципи застосовуються в ГІІ на основі підтримання здатності до взаємодії і взаємозв'язку; розвитку глобальних ринків для мереж, послуг і допоміжних програмних продуктів; гарантування конфіденційності й захисту даних; захисту прав інтелектуальної власності; співробітництва в науково-дослідній діяльності та розробці нових застосувань; моніторингу соціального й суспільного значення інформаційного співтовариства.

Кінцевою метою ГІІ є гарантування для кожного громадянина доступу до інформаційного співтовариства, що включає в себе соціально-економічну та індустріальну складові. Функції першої складової — установа зразків поведінки та етикету (наприклад, при купівлі товарів удома, віртуальному спілкуванні), а також створення культурних цінностей і предметів мистецтва (наприклад, медичне право для телемедицини).

Індустріальна складова забезпечує створення допоміжних програмних продуктів і послуг (наприклад, інфокомунікаційних і супутникових мереж, мереж кабельного телебачення) та виробництво технічних засобів (терміналів, систем передавання, керування базами даних і т. ін.).

Деякі фундаментальні характеристики, що їх повинна мати ГІІ, аби відповідати вимогам користувачів, відомі. Вони називаються *атрибутами*. Пропонований список атрибутів варто розглядати як *набір мінімальних вимог* при створенні ГІІ (рис. 2.1):

прийнятність — економічна ефективність використання ресурсів підприємствами, організаціями та споживачами в певний період часу;

доступність — ступінь доступності до певного ресурсу чи групи ресурсів;

елемент культури — спеціальні характеристики мов і загальноприйнятих правил їх використання (особливо в писемній формі), притаманні певним суспільствам і географічним регіонам;

взаємодія — здатність двох чи більше систем і допоміжних програмних продуктів обмінюватися інформацією і спільно використовувати інформацію, що стала предметом обміну;

керованість — можливість для кожного підприємства, організації та споживача контролювати розміщення й використання своїх ресурсів;

мінімалізм — методологія або підхід, який забезпечує приєднання з мінімальною кількістю вимог;

мобільність — можливість доступу до послуг із різних місць і навіть під час руху, здатність мережі визначати й локалізувати джерело надходження запиту;

номадизм — можливість переміщуватися з одного місця в інше, зберігаючи при цьому доступ до послуг незалежно від доступності чи недоступності цих послуг у місцевому середовищі, тобто безперервність доступу у просторі та часі;

ефективність — ступінь виконання системою чи підсистемою своїх функцій, що характеризується часом доступу, пропускнуою здатністю, кількістю операцій за секунду, швидкістю відеоінформації;

портативність — ступінь легкості, з якою програмне забезпечення та дані можуть бути передані з однієї системи в іншу;

якість — надання рівня обслуговування, відповідного сподіванням споживача послуги;

надійність — імовірність того, що продукт або система будуть функціонувати належним чином протягом визначеного проміжку часу;

сумісність — здатність працювати з різними за швидкістю, ємністю і ціною прикладними платформами й середовищами;

захист даних — захист ресурсів (комп'ютерів, програмного забезпечення та даних) від можливості випадкового чи навмисного доступу, використання, зміни, знищення чи виявлення;

практичність — ступінь легкості використання продукту чи системи.

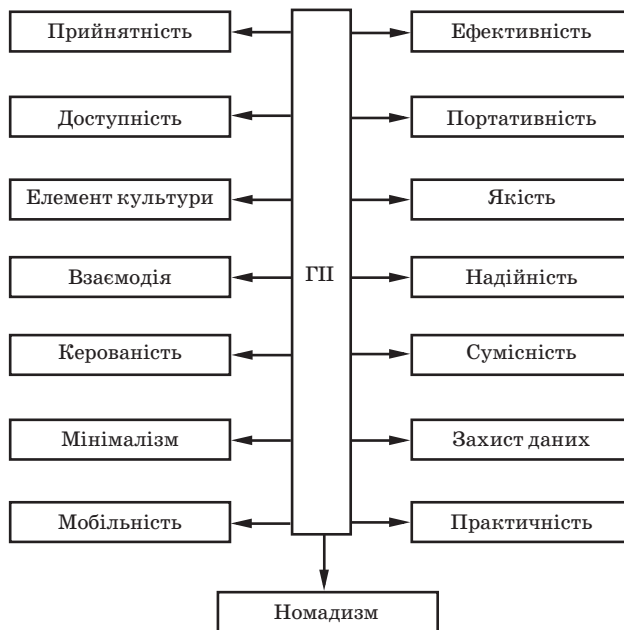


Рис. 2.1. Мінімальний набір вимог при створенні ГП

Таким чином, ГП (рис. 2.2) можна вважати сукупністю термінального обладнання, за допомогою якого користувач має доступ до різних (1, 2,..., N) послуг і мереж доступу транспортних та інших засобів, що виконують різні сценарії послуг.

Основою ГП є сучасна інфокомунікаційна мережа, яка може реалізовувати завдання, поставлені перед загальною інформатизацією.

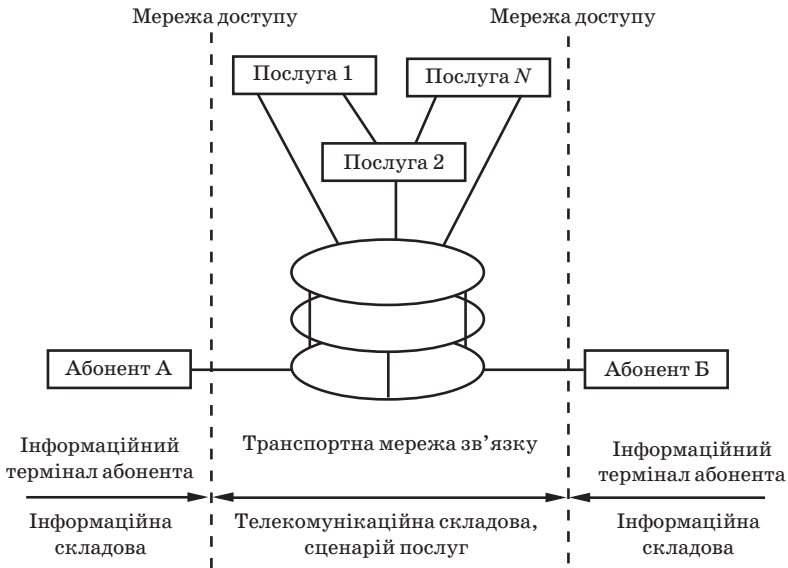


Рис. 2.2. Основні складові ІІ

2.1.1. Роль інфокомунікаційних послуг у створенні інформаційного суспільства

Сучасний етап розвитку світової цивілізації характеризується переходом від індустріального до інформаційного суспільства, що припускає нові форми соціальної та економічної діяльності, котрі базуються на масовому використанні інформаційних та інфокомунікаційних технологій. Інформаційна індустрія — одна з основних галузей економіки. Процеси інформатизації в будь-яких сферах людської діяльності — як виробничої, так і невиробничої, настільки масштабні й глибокі, що ведуть до якісних змін власне самого суспільства.

Технологічною основою інформаційного суспільства є ІІ, яка має забезпечити можливість вільного доступу до інформаційних ресурсів кожного жителя планети. Інформаційну інфраструктуру становить сукупність баз даних, засобів обробки інформації, мереж зв'язку, що взаємодіють одна з одною, і терміналів користувача.

Доступ до інформаційних ресурсів у ІІ реалізується за допомогою послуг зв'язку нового типу, що дістали назву *послуг інформаційного суспільства*, або *інфокомунікаційних послуг*.

Високі темпи зростання обсягів надання інфокомунікаційних послуг дозволяють прогнозувати їхні переваги в мережах зв'язку в найближчому майбутньому. Сьогодні розвиток інфокомунікаційних послуг відбувається, в основному, у рамках комп'ютерної мережі Інтернет, доступ до послуг якої здійснюється через традиційні мережі зв'язку.

Проте іноді Інтернет-послуги через обмежені можливості транспортної інфраструктури мережі не відповідають сучасним вимогам, що висуваються до послуг інформаційного суспільства.

З огляду на це розвиток інфокомунікаційних послуг потребує розв'язання завдань ефективного керування інформаційними ресурсами з одночасним розширенням функціональності мереж зв'язку, що, у свою чергу, стимулює процес інтеграції Інтернету й мереж зв'язку.

До основних технологічних особливостей, що відрізняють інфокомунікаційні послуги від послуг традиційних мереж зв'язку, можна віднести такі:

● інфокомунікаційні послуги перебувають на верхніх рівнях *моделі взаємодії відкритих систем (ВВС)* (тоді як послуги зв'язку надаються на третьому, мережному рівні);

● більшість інфокомунікаційних послуг припускає наявність клієнтської та серверної частин; клієнтська частина реалізується в устаткуванні користувача, а серверна — на спеціальному виділеному вузлі мережі, названому *вузлом служб*;

● інфокомунікаційні послуги, як правило, припускають передавання інформації мультимедіа, що характеризується високими швидкостями передавання та несиметричністю вхідного і вихідного інфокомунікаційних потоків;

● для надання інфокомунікаційних послуг найчастіше необхідні складні багатоточкові конфігурації з'єднань;

● для інфокомунікаційних послуг характерне розмаїття прикладних протоколів і можливостей щодо керування послугами з боку користувача;

● для ідентифікації абонентів інфокомунікаційних послуг може використовуватися додаткова адресація в рамках даної інфокомунікаційної послуги.

Більшість інфокомунікаційних послуг є так званими *додатками*, тобто їхня функціональність розподілена між устаткуванням постачальника послуги та кінцевим устаткуванням користувача. Як наслідок, функції кінцевого устаткування також мають бути віднесені до складу інфокомунікаційної послуги, що необхідно враховувати при їх регламентації.

Бізнес-модель, що визначає учасників процесу надання інфокомунікаційних послуг і їхні відносини, також відрізняється від моделі традиційних послуг електрозв'язку, в якій було всього три основні учасники: оператор, абонент і користувач.

Нова ділова модель передбачає наявність постачальника послуг, що надає інфокомунікаційні послуги абонентам і користувачам. При цьому сам постачальник є споживачем послуг перенесення, що їх надає оператор мережі зв'язку.

На ринку можуть також бути присутні додаткові види діяльності постачальників послуг: постачальники інформації, брокери, ретейлери і т. ін. *Постачальник інформації* надає інформацію постачальникові послуг для поширення. *Брокер* надає інформацію про постачальників послуг і їхніх потенційних абонентів, сприяє користувачам при пошуку постачальників послуг, що надають необхідні їм послуги. *Ретейлер* виступає як посередник між абонентом і постачальником послуг з метою адаптації послуги до індивідуальних вимог абонента.

До інфокомунікаційних послуг висуваються такі вимоги:

● мобільність послуг;

● можливість гнучкого й швидкого створення нових послуг;

● гарантована якість послуг.

Великий вплив на вимоги до інфокомунікаційних послуг має процес *конвергенції*, який сприяє тому, що інфокомунікаційні послуги стають доступними користувачам незалежно від способів доступу.

2.2. Інфокомунікаційна мережа

Інфокомунікаційна мережа, яка з'явилася в результаті інтеграції засобів зв'язку й ЕОМ, є однією з найскладніших кібернетичних систем, створених людиною. Вона поєднує сотні мільйонів різних джерел і споживачів інформації. Ними можуть бути як найпростіше термінальне обладнання, персональні ЕОМ, окремі

люди, так і великі обчислювальні центри чи підприємства, об'єкти, розосереджені на великій території Землі і навіть у космосі.

Для кращого розуміння терміна «інфокомунікаційна мережа» далі пропонуємо основні визначення.

Поняття «електрозв'язок» і «інформатизація» мають велику кількість визначень. Наведемо ті, що найчастіше вживаються в сучасній літературі [4].

У Рекомендаціях МСЕ Q.9 і МСЕ I.112 дано такі визначення.

Електрозв'язок — система засобів, що дає змогу кореспондентові доставляти іншим (одному чи кільком) кореспондентам інформацію будь-якого типу в будь-якій формі (письмовий чи друкований документ, нерухоме чи рухоме зображення, мова, музика, видимі або чутні сигнали, сигнали керування і т. ін.) із застосуванням будь-якої електромагнітної системи (проводове передавання, радіопередавання, оптичне передавання тощо чи поєднання цих різних систем).

Послуга надання зв'язку — вид обслуговування, що повністю реалізує можливості зв'язку (у тому числі функції термінального устаткування) між користувачами відповідно до протоколів, установлених для відповідного виду зв'язку.

Інформатизація — організаційний соціально-економічний і науково-технічний процес створення оптимальних умов для задоволення інфокомунікаційних потреб громадян, органів місцевого самоврядування, організацій, громадських об'єднань на основі формування і використання інфокомунікаційних ресурсів.

Останніми роками поняття «електрозв'язок» і «інформатизація» дедалі частіше співіснують поруч, оскільки мають взаємопроникний вплив. Електрозв'язок, так само як і комп'ютеризація, є найважливішим компонентом інформатизації. Проникнення комп'ютерних технологій у технології зв'язку і зворотний процес тривають і досягли мікрорівня в інтегральних схемах ЕОМ.

У процесах інформатизації та зв'язку базовим поняттям є інформація. Саме вона є тим робочим «тілом», що функціонально зв'язує компоненти інформаційної служби і без якого неможливо передавати й обробляти інформацію. Наведемо визначення цього поняття, найбільш звичне для фахівців зв'язку.

Інформація — відомості про людей, предмети, факти, події, явища й процеси незалежно від форми їх подання.

Під **інфокомунікаційними службами** розуміються всі наявні системи передавання та обробки інформації: телефонія, телеграфія, передавання даних, телебачення, а також служби: телеметрія, телекерування, теленаведення, телеконтроль, телеосвіта, телеторгівля, телебїржа, телеаукціон, телереклама, дистанційна аварійна сигналізація тощо.

Інформацію, як і речовину та енергію, можна збирати й зберігати, обробляти й змінювати [2]. Але при цьому інформація може створюватися і зникати, тиражуватися, бути правдивою і помилковою. Є в неї також ще одна особливість — вона не витрачається при використанні.

Інформація як відображення деякого об'єкта чи суб'єкта матеріальної системи може існувати незалежно від того, буде вона колись відновлена, чи ні. Цінність інформації та її споживча вартість залежать від споживача і творця інформації — людини чи процесу обробки в ЕОМ. Людина (чи процес обробки в ЕОМ), що створює інформацію, використовує її дуже обмежено. Інформація ж має високу цінність тоді, коли її творець стає джерелом інформації і передає її за допомогою засобів зв'язку, тобто споживча вартість інформації створюється у процесі зв'язку. Щоб одержати економічний або будь-який інший ефект (політичний, соціальний), необхідно передати інформацію будь-кому чи будь-чому за допомогою засобів зв'язку.

Отже, роль зв'язку в процесі інформатизації дуже велика, оскільки вона про-
 низує інформаційний процес від об'єкта спостереження та формування початко-
 вої інформації (сприйняття) через її перетворення (квантування, кодування,
 модуляцію), передавання та обробку в приймачі з метою доставляння інформації
 до отримувача в обробленому вигляді.

Інфокомунікаційну мережу можна уявити як велику систему, до якої входять
 користувачі, засоби різних видів зв'язку, обладнання для надання послуг і систе-
 ми керування (див. рис. 1.3).

Користувачі (абоненти) є джерелами й споживачами інформації, користують-
 ся послугами інфокомунікаційної мережі та створюють потоки повідомлень різних
 видів і призначення. Саме користувачі висувають до мережі вимоги стосовно
 доставляння та обробки інформації з дотриманням певних якісних і кількісних
 показників (за обсягом, часом, надійністю і т. ін.).

Нині поняття «інфокомунікаційна мережа» і «мережа електрозв'язку» стали
 практично тотожними.

Під **мережею електрозв'язку** розуміють сукупність комутаційних мереж і
 служб, що забезпечують транспортування інформації. Ураховується, що надан-
 ня різних інфокомунікаційних послуг є вже функцією інтегральної мережі зв'яз-
 ку й ЕОМ — **інфокомунікаційної мережі**.

Мережа електрозв'язку складається з пунктів і ліній (каналів) зв'язку [2]
 (рис. 2.3). Пункти мережі поділяються на **кінцеві (КінП)**, у тому числі **абонентські**
 (АП), з апаратурою введення і виведення інформації, **вузли зв'язку (ВЗ)**, що
 забезпечують розподіл інформації, і різні обчислювальні комплекси (центри),
 які забезпечують обробку й зберігання інформації. Вузли зв'язку, у свою чергу,
 поділяються на **комутаційні** (комутація каналів, повідомлень, пакетів) для
 розподілу інформації і **мережні** (із кросуванням) для розподілу пучків каналів.
Канали зв'язку (КЗ), об'єднані в лінії (ребра мережі) між окремими пунктами
 мережі, слугують для передавання (перенесення) інформації у просторі. Як пунк-
 ти, так і лінії (канали) здебільшого є стаціонарними, але існують і нестаціонарні
 (пересувні).

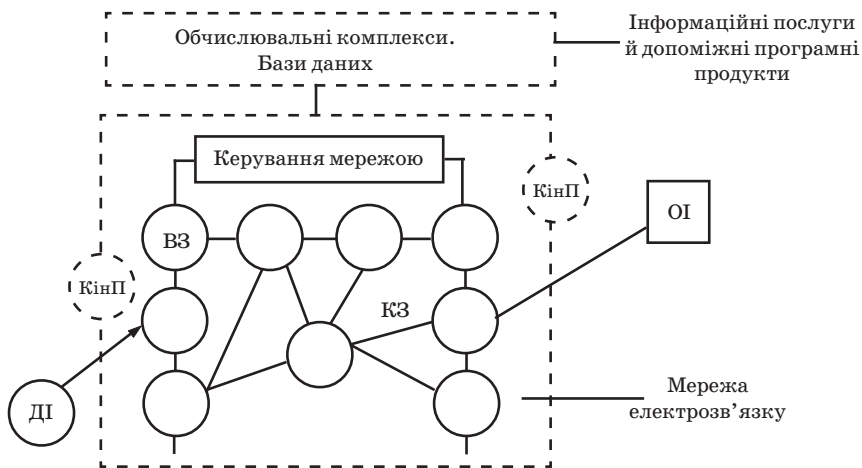


Рис. 2.3. Схема інфокомунікаційної мережі:

КінП — кінцевий пункт; КЗ — канал зв'язку; ВЗ — вузол зв'язку; ДІ — джерело інформації;
 ОІ — отримувач інформації

Системи керування різних рівнів містять набір відповідних засобів експлуатації та відновлення (у тому числі й колективи людей) і алгоритми для забезпечення:

- нормальної роботи окремих пристроїв і каналів;
- доставляння повідомлень за адресою;
- нормального функціонування мережі, її надійності й живучості (організація ремонту й відновлення, перерозподіл і обмеження потоків повідомлень);
- розподілу завдань і запитів на послуги за різними базами даних, що входять в інфокомунікаційну мережу, і оптимального використання потужностей обчислювальних комплексів.

До системи керування належать різні законодавчі та юридичні акти, що регулюють функціонування мережі в державі та взаємостосунки з користувачами (у тому числі й тарифи, системи розрахунку і т. ін.).

Особливості інфокомунікаційної мережі як великої системи такі:

- велика кількість кінцевих пунктів і вузлів зв'язку, їхня неоднорідність;
- мала зв'язність, тобто наявність безпосереднього зв'язку кожного пункту лише з невеликою кількістю сусідніх пунктів;
- тривалість існування з поступовим нарощуванням обсягу інформації та розширенням послуг, що надаються;
- велика різноманітність вимог стосовно доставляння різних повідомлень і надання послуг;
- неоднорідність якості, організації та пропускної здатності ліній (каналів);
- територіальна неоднорідність і неоднорідність тяжіння між окремими кінцевими пунктами.

Окремі мережі електрозв'язку (телефонна, телеграфна, ISDN тощо) і обчислювальні мережі можуть існувати або паралельно, або одна мережа може бути підмережею великої мережі і мати як спільні вузли та лінії, так і самостійні.

Зазначимо, що надбудовою над мережею електрозв'язку є обчислювальні комплекси і бази даних, які забезпечують інформаційні послуги та одержання допоміжних програмних продуктів.

Вимоги до єдиної мережі зв'язку поширюються й на сучасну інфокомунікаційну мережу. Споживачеві має бути гарантовано таке:

- повідомлення буде доставлено за призначенням;
- доставляння повідомлення не буде тривалішим від заздалегідь обумовленого;
- спотворення повідомлення не перевищить припустимого;
- буде забезпечено передавання з необхідною для даного повідомлення швидкістю.

До цього слід додати, що вартість доставляння повідомлення та витрати часу користувачів не повинні перевищувати деякого значення, зумовленого необхідністю підтримувати рентабельності системи.

2.2.1. Потреби операторів мереж зв'язку

Досягнення в електронній техніці за останні десятиліття дали поштовх до справжнього буму в галузі інфокомунікацій. Зв'язок, що перебував у статичному стані ще в середині 1980-х років, сьогодні перетворився на галузь, яка динамічно розвивається і приносить операторам прибутки.

Користувачі отримали доступ до послуг, про які 10–15 років тому не могло й ітися. E-mail, Інтернет, стільниковий телефон стали звичними атрибутами

повсякденного життя. За короткий час ми так звикли до практично щоденної появи всіляких новинок, що вже самі почали висувати вимоги з надання нових послуг і додатків.

Користувачеві вже недостатньо просто поговорити по домашньому телефону. Ми бажаємо мати можливість подзвонити своїм друзям або колегам, перебуваючи на вулиці, у поїзді, на кораблі, у будь-якій точці земної кулі. Користувачеві вже недостатньо мати кілька різних номерів, що належать різним мережам (телефонна мережа загального користування, мобільна мережа, Інтернет і т. ін.). Ми бажаємо мати один єдиний персональний номер, що дозволяв би однозначно визначати нас і спрямовувати вхідний дзвінок до терміналу, підімкненого до мережі, в якій ми перебуваємо в цей момент.

Але якими б не були наші бажання, а також досягнення в науці й техніці, жодний оператор зв'язку не буде встановлювати нове обладнання або вводити нові сервіси, якщо це економічно не обґрунтовано. Тому потреба операторів мереж зв'язку одержувати все нові прибутки змушує їх замислитися над створенням мережі, яка давала б змогу:

- якнайшвидше й найдешевше створювати нові послуги для того, щоб постійно залучати нових абонентів;
- зменшувати витрати на обслуговування;
- бути незалежними від постачальників устаткування;
- бути конкурентоспроможними (дерегуляція в інфокомунікаційній галузі та досягнення в новітніх технологіях привели до появи нових операторів зв'язку й сервіс-провайдерів, які пропонують більш дешевий і широкий спектр послуг).

Звідси й з'явилося поняття *мережа наступного покоління (Next Generation Network — NGN)*, тобто мережа, що забезпечує якість обслуговування на базі транспортних технологій, причому функції, які стосуються послуг, не залежать у ній від технологій, що стосуються транспортування. NGN гарантує вільний доступ для користувачів за їхнім вибором до мереж і постачальників служб і/або послуг, які конкурують між собою. Вона підтримує узагальнену рухливість, яка забезпечуватиме можливість постійного й повсюдного забезпечення служб для користувачів.

Перш ніж перейти до основних принципів побудови мереж NGN, спинимося на особливостях сучасних послуг зв'язку та вимогах, що висуваються до сучасних мереж зв'язку.

2.3. Показники ефективності інфокомунікаційних мереж

У літературі описано різні показники ефективності інфокомунікаційних мереж [3]. Розглянемо найважливіші з них для сучасної інфокомунікаційної мережі.

Ступінь використання каналів та іншого устаткування залежить як від побудови мережі та її справної роботи, так і від завантаження каналів передаваними повідомленнями. Існує кілька підходів до оцінки корисного використання каналу, під яким розуміють час, протягом якого:

- 1) канал надано користувачеві (зайнятий абонентом чи зданий в оренду) незалежно від того, завантажений він чи ні, — t_1 ;
- 2) канал надано користувачеві, як і в першому випадку, але оплачується користувачем, — t_2 ;
- 3) канал «активний», тобто по ньому передаються повідомлення, — t_3 ;
- 4) передається корисна для користувача інформація, за винятком адресної і службової інформації, надлишкової інформації для підвищення правильності, — t_4 .

При цьому $t_4 < t_3 < t_2 \leq t_1 < t_c$, де t_c — час, протягом якого канал перебуває у справному стані.

Під *коефіцієнтом використання каналу* розуміють відношення $\eta = t_1/t_c$ чи $\eta = t_1/T$, де T — повний час експлуатації каналу. Іноді ступінь використання каналу визначають відношенням максимальної швидкості R , з якою передається інформація, до пропускної здатності каналу C :

$$\eta = R/C.$$

Час доставляння повідомлення від джерела інформації до споживача та його складова — час проходження повідомлення в мережі від моменту надходження повідомлення в кінцевий пункт введення інформації в мережу до моменту виведення його з мережі. Цей показник особливо важливий, оскільки дедалі частіше використовується метод комутації пакетів.

Здатність мережі доставляти повідомлення характеризується показником D , який називають *потужністю мережі за пропускну здатністю*:

$$D = \sum_{i,j} C_{ij} L_{ij}, \quad (2.1)$$

де C_{ij} — номінальна пропускна здатність ребра (лінії, пучка каналів), біт/с, із заданою якістю; L_{ij} — довжина ребра, км. Якщо пропускна здатність ребра визначається його ємністю v_{ij} , то потужність мережі в канало-кілометрах дорівнює загальній довжині каналів: $\Lambda = \sum_{i,j} v_{ij} L_{ij}$.

Реальна потужність мережі $D_p = \sum_{i,j} \eta_{ij} C_{ij} L_{ij}$, де η_{ij} — коефіцієнт використання каналів ребра.

Продуктивність мережі

$$\Pi = \sum_{i,j} \frac{V_{ij} L_{ij}}{T}, \quad (2.2)$$

де V_{ij} — обсяг переданих за час T повідомлень (біт чи годино-зайнять) між пунктами.

Відношення Π/D показує, наскільки добре використовується потужність мережі — її канали.

Якість передавання (наявність спотворень, розбірливість, чіткість), що визначається втратами викликів і різними затримками у з'єднанні та доставлянні, можна охарактеризувати коефіцієнтом корисного використання часу користувачів (абонентів)

$$\eta_{аб} = \frac{a_e (t_{e1} + t_{e2})}{T_1 + T_2 + T_3}, \quad (2.3)$$

де a_e — коефіцієнт, що враховує втрати часу на паузи, контроль правильності, переопитування і т. ін.; t_{e1} і t_{e2} — ефективний час (при телефонній розмові $t_{e1} = t_{e2} = t_e$), який витрачається користувачами на передавання та приймання корисної інформації; T_1 і T_2 — повний час, який витрачається передавальним та приймальним користувачами; T_3 — час, що його витрачає третя особа, яка бере участь у встановленні зв'язку (наприклад, та, яка відповіла, і та, яка викликала адресата).

Однією з важливих характеристик мережі є *доступність засобів зв'язку користувачеві*.

2.4. Основні принципи розвитку зв'язку в Україні

До побудови єдиної мережі висувається низка вимог, серед них слід виділити дві, які неодмінно мають бути виконані. Вони мають бути основою для об'єднання мереж: економічність побудови мереж і надійність доставляння інформації.

Економічність означає, що капітальні та експлуатаційні витрати мають бути мінімальними за умови виконання мережею функції передавання та розподілу інформаційних потоків, які надходять від споживачів. Нагадаємо, що функцією сучасної інфокомунікаційної мережі є також надання різних інфокомунікаційних послуг.

Надійність мережі означає, що інформаційні потоки, які надходять від споживачів, можуть проходити через мережі з визначеною ймовірністю доставляння до місця призначення при будь-яких пошкодженнях мережі.

При побудові єдиної мережі виділяли сукупність мережних вузлів, мережних станцій і ліній передавання, що утворювали мережу типових каналів передавання та типових лінійних трактів, названу **первинною мережею**. Ця мережа, що містить відповідні пристрої керування і експлуатації, є «скелетом» загальної мережі, канали якої використовуються для створення різних вторинних мереж.

Згідно з особливостями організації експлуатаційного процесу, а також зі сформованою структурою адміністративно-технічного керування первинна мережа за територіальним принципом поділяється, як відомо, на **магістральну, внутрішньозонові і місцеві** первинні мережі. Місцеві первинні мережі сільського району являють собою сукупність каналів, що з'єднують вузли і станції сільського району один з одним і з абонентами. Аналогічно місцеві первинні мережі міст забезпечують можливість організації каналів між усіма типами станцій і вузлів цих мереж, а також між абонентами і станціями.

Мережа зв'язку, побудована на базі каналів первинної мережі, називається **вторинною мережею**. Таких вторинних мереж може бути велика кількість. Кожна з них визначається сукупністю:

- кінцевих пристроїв, що перетворюють інформацію в електричні сигнали, які передаються по індивідуальних абонентських чи сполучних каналах (лініях), що з'єднують кожний кінцевий пристрій із найближчим вузловим пунктом мережі;

- комутаційних пристроїв;

- каналів, виділених із загальної первинної мережі в дану вторинну мережу.

Вторинні мережі розрізняють за такими ознаками [4]:

- типом повідомлення — телефонні, телеграфні, передавання даних, цифрові мережі інтегрального обслуговування, обчислювальні тощо;

- категорією абонентів — загального користування, відомчі;

- швидкістю передавання повідомлень — низько-, середньо- та високошвидкісні;

- розміром мережі — глобальні, локальні;

- типом структури — ієрархічні, неієрархічні;

- способом керування — із централізованим та децентралізованим керуванням;

- способом комутації — із довгостроковою та оперативною комутацією.

У свою чергу, мережі з оперативною комутацією поділяються на **мережі з гібридною комутацією (ГК), мережі з комутацією пакетів (КП), каналів (КК) і повідомлень (Кп)**. Мережі з КП поділяються на **дейтаграмні (КП-Д) і віртуальні (КП-В)**.

Розвиток мереж електрозв'язку сприяв їхній інтенсивній цифровізації та інтеграції, а процес цифровізації — можливості об'єднання вторинних мереж у *цифрову мережу інтегрального обслуговування (ЦМІО)*, де в єдиній цифровій формі передаються мова, дані, зображення. Більш того, процес цифровізації сприяв інтеграції систем передавання і комутації, тобто інтеграції первинної та вторинної мереж у єдину транспортну мережу. Саме тому сучасну інфокомунікаційну мережу будемо розглядати не за традиційною класифікацією (первинна і вторинна мережі), а з поділом її на *мережу доступу, транспортну мережу і надбудову*, за допомогою якої надаються різні інфокомунікаційні послуги.

Отже, процес інтеграції реалізується за допомогою проектування мережі електрозв'язку разом із мережами ЕОМ, згідно із загальною концепцією побудови єдиної інфокомунікаційної мережі, що входить до складу глобальної інформаційної інфраструктури.

Дослідження інфокомунікаційної мережі передбачає насамперед опис структури мережі, способів комутації та правил взаємодії елементів мережі, що визначаються використовуваними протоколами.

2.5. Структура інфокомунікаційної мережі

При вивченні процесів функціонування інфокомунікаційних мереж увага концентрується на тих властивостях, особливостях поведінки і характеристиках складної системи, що змінюються з часом. Аналізуючи структуру інфокомунікаційних мереж, насамперед цікавляться властивостями і характеристиками цих складних систем, що не залежать від часу і зберігаються постійними, незмінними на всьому проміжку функціонування чи на значній його частині.

Проте структурні та функціональні властивості тісно пов'язані між собою. Навіть добре вивчивши закони функціонування окремих елементів, але не знаючи структури системи, не можна уявити її як єдине ціле, а отже, зрозуміти, як вона функціонує. Так само, не дізнавшись хоча б про загальні закони функціонування системи, неможливо визначити її структуру. Таким чином, аналіз функціонування і вивчення структури взаємозалежні й взаємодоповняльні.

Наведемо визначення поняття структури будь-якої складної системи.

Структура системи — це фіксована сукупність елементів і зв'язків між ними. Це визначення досить добре відбиває головний зміст будь-якої структури: елементний склад, наявність зв'язків, інваріантність за розглянутий інтервал часу. Враховувати тільки інваріантність структури ще недостатньо. Оскільки структура — це характеристика системи, необхідно чітко вказати, які властивості й ознаки є структурними, а які — ні.

Однією з найважливіших категорій, що визначають структуру, є її топологія — сукупність елементів і зв'язків структури, «очищених» від усіх властивостей, окрім властивостей існування і зв'язності. Зв'язки між елементами структури, як правило, ілюструються *топологічним графом* і формалізуються з використанням добре розвинутого математичного апарату теорії графів. Розглядаючи поняття, що стосуються інфокомунікаційної мережі [4], під *структурою* будемо розуміти сукупність пунктів (вузлів, станцій і т. ін.) мережі та ліній чи каналів, які з'єднують їх, з урахуванням взаємного розташування всіх елементів і їхніх характеристик під час передавання та розподілу повідомлень. Структура відбиває здатність мережі до забезпечення доставляння інформації в різні її пункти. Можна розглядати структуру мережі в цілому і структуру окремих підмереж, виділених за видом переданої інформації, територією, відомчою належністю чи за будь-якими іншими ознаками.

Вивчаючи загальні структурні властивості мережі зі стаціонарними пунктами, звичайно користуються поданням її у вигляді графа [4]

$$G = \{A, B\},$$

де $A = \{a_1, \dots, a_N\}$ — сукупність вузлів графа, тобто пунктів (вузлів) мережі; $B = \{b_{ij}\}$ — множина ребер графа між вершинами a_i та a_j , що відповідають лініям чи пучкам каналів між відповідними вузлами.

Залежно від властивостей каналів ребра можуть бути *напрямленими* і *ненапрямленими*. Для різних кількісних оцінок кожному ребру може бути приписана деяка вага — число (чи сукупність чисел), що характеризує будь-яку властивість даного ребра як елемента шляху передавання інформації. Такою вагою найчастіше є довжина ребра, пропускна здатність, надійність, вартість і т. ін. Вузлам графа також можуть бути приписані вага (наприклад, пропускна здатність) чи функції, що показують, наприклад, перетворення потоків, які проходять через вузол [3]. Кількість ребер, інцидентних вузлу (вхідних чи вихідних із нього), називають *рангом вузла* $r(a_i)$. Вузол рангу 1 є тупиковим, через нього не можуть проходити ніякі шляхи. Вузли, сполучені ребром, називають *суміжними*.

Спинимось на основних структурах мереж.

Повнозв'язна мережа (рис. 2.4, а) — сполучення вузлів за принципом «кожний із кожним». У такій мережі з N вузлами кількість ребер дорівнює $N(N-1)/2$.

Деревоподібна (рис. 2.4, б) — між кожною парою вузлів може бути тільки один шлях. Кількість ребер у такій мережі дорівнює $N-1$. Частинними випадками деревоподібної мережі є **вузлова** мережа (рис. 2.4, в) з ієрархічною побудовою і супідрядністю вузлів, **зіркоподібна** (рис. 2.4, г) з одним вузлом і **лінійна** (рис. 2.4, д).

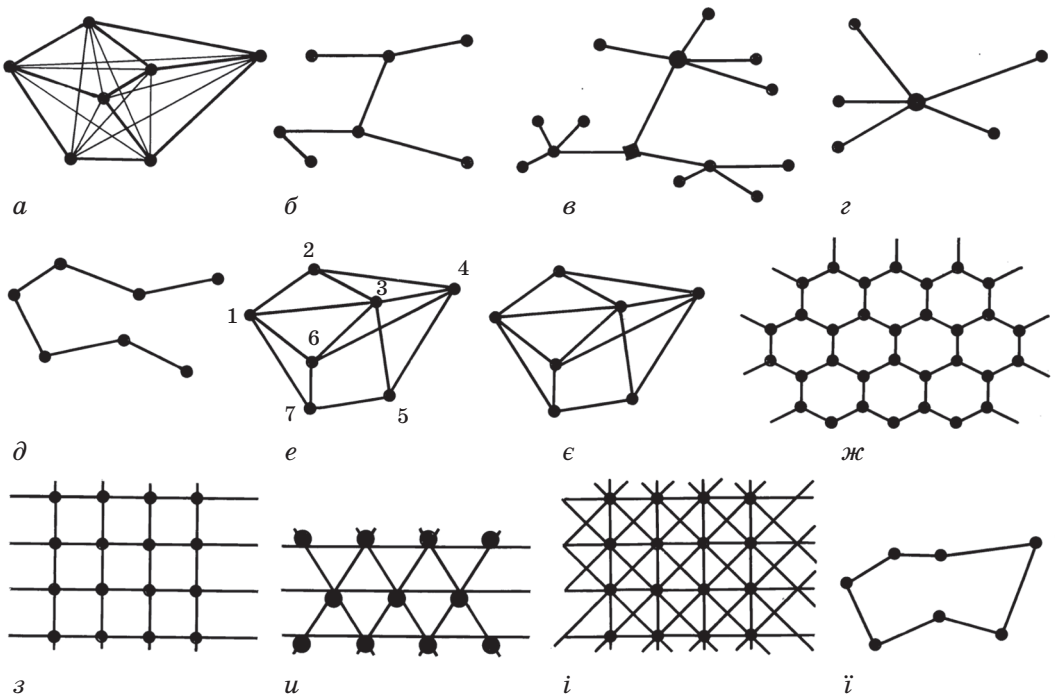


Рис. 2.4. Види структур інфокомунікаційних мереж

Сітка — сіткоподібна мережа (рис. 2.4, *e-i*), в якій кожний вузол є суміжним тільки з невеликою кількістю інших вузлів, звичайно найближчих або таких, що мають велике тяжіння. **Планарну** (плоску) сітку можна зобразити на площині без перетину ребер (на рис. 2.4, *e* ребра 3–5 і 6–4 перетинаються, але можуть бути зображені й без перетину).

Непланарну сітку не можна зобразити без перетину ребер (рис. 2.4, *ε*).

Частинним випадком сітки є **петльова** (шлейфна, кільцева) мережа (рис. 2.4, *ї*), кількість ребер якої дорівнює N .

Серед сіткоподібних структур можна виділити ряд «регулярних» структур із рівномірним розподілом пунктів (вузлів) за територією та однотипним з'єднанням між сусідніми вузлами. До них насамперед належать структури, у кожному пункті яких (крім розташованих по краях мережі) сходяться три ребра («стілнникова» структура, рис. 2.4, *ж*), чотири ребра («ґрати», рис. 2.4, *з*), шість (рис. 2.4, *u*) і вісім ребер («подвійні ґрати», рис. 2.4, *i*), тобто такі, ранг яких $r = 3; 4; 6; 8$. За великої кількості вузлів N у таких мережах кількість ребер наближено дорівнює $rN/2$. На мережі з вузлами різного рангу кількість ребер

дорівнює $\frac{1}{2} \sum_{r_i=1}^{N-1} r_i N_i$, де N_i — кількість вузлів рангу r_i , причому $\sum N_i = N$. Реальна мережа, як правило, містить ділянки з різними структурами.

Вибір структури мережі визначається насамперед економічними міркуваннями і вимогами щодо її надійності та життєздатності.

2.5.1. Вимоги до мереж зв'язку

Узявши до уваги розглянуті особливості інфокомунікаційних послуг, можна визначити такі вимоги до перспективних мереж зв'язку:

- **мультисервісність** — незалежність технологій надання послуг від транспортних технологій;

- **широкосмуговість** — можливість гнучкої та динамічної зміни швидкості передавання інформації в широкому діапазоні залежно від поточних потреб користувача;

- **мультимедійність** — здатність мережі передавати багатокomпонентну інформацію (мова, дані, відео, аудіо) із необхідною синхронізацією цих компонентів у реальному часі та використанням складних конфігурацій з'єднань;

- **інтелектуальність** — можливість керування послугою, викликом і з'єднанням з боку користувача або постачальника послуг;

- **інваріантність доступу** — можливість організації доступу до послуг незалежно від використовуваної технології;

- **багатооператорність** — можливість участі кількох операторів у процесі надання послуги та поділ їхньої відповідальності відповідно до сфери їхньої діяльності.

Окрім того, при формуванні вимог до перспективних мереж зв'язку необхідно враховувати особливості діяльності постачальників послуг. Наприклад, сучасні підходи до регламентації послуг приєднання передбачають доступ постачальників послуг, у тому числі й таких, що не мають власної інфраструктури, до ресурсів мережі загального користування на недискримінаційній основі. При цьому до головних вимог, що висуваються постачальниками послуг до мережного оточення, належать:

- забезпечення можливості роботи устаткування в «багатооператорному» середовищі, тобто збільшення кількості інтерфейсів для під'єднання до мереж відразу кількох операторів зв'язку, у тому числі на рівні доступу;

- забезпечення взаємодії вузлів постачальників послуг для їх спільного надання;

- можливість застосування «масштабованих» технічних рішень при мінімальній стартовій вартості устаткування.

Існуючі *мережі зв'язку загального користування з комутацією каналів (ТфЗК)* і з *комутацією пакетів (СПД)* нині не відповідають переліченим вимогам. Обмежені можливості традиційних мереж є стримувальним чинником на шляху впровадження нових інфокомунікаційних послуг.

Проте нарощування обсягів надання інфокомунікаційних послуг може негативно позначитися на показниках якості обслуговування викликів базових послуг існуючих мереж зв'язку.

Усе це змушує враховувати наявність інфокомунікаційних послуг при плануванні способів розвитку традиційних мереж зв'язку в напрямку створення багатосервісних мереж.

2.6. Структура мережі NGN

2.6.1. Поняття мережі NGN та її базові принципи

У розвитку електрозв'язку можна виокремити кілька характерних періодів, з яких почалася модернізація інфокомунікаційних мереж, хоча ступінь змін був різним. Наприклад, перехід від декадно-крокових комутаційних станцій до координатних став, безсумнівно, важливим етапом розвитку телефонії. Заміна координатних комутаційних станцій на цифрові — якісна (більш істотна) реконструкція телефонних мереж. Перехід до NGN можна вважати радикальною модернізацією інфокомунікаційної системи. Змінюються не тільки технологічні принципи передавання та комутації. Досить істотні зміни відбуваються на ринку інфокомунікаційних послуг, у системі технічної експлуатації, у понятійному апараті.

Загальні принципи NGN. Концепція NGN розробляється протягом кількох років. Модель мережі наступного покоління — NGN, що відбиває принципи її побудови, наведено на рис. 2.5. Згідно з Рекомендацією МСЕ У.2001 маємо таке тлумачення змісту NGN: «NGN — це мережа з комутацією пакетів, здатна надавати інфокомунікаційні послуги й можливість використовувати кілька широко-

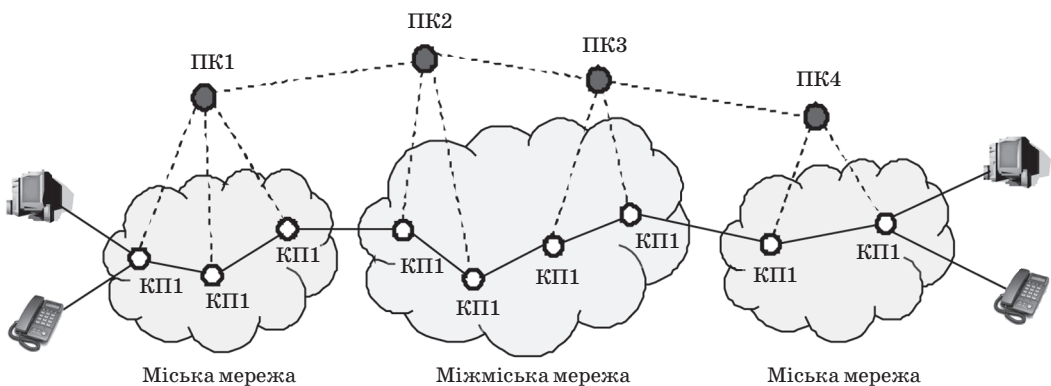


Рис. 2.5. Модель мережі наступного покоління

смугових, що забезпечують якість обслуговування транспортних технологій, в яких функції, котрі стосуються послуг, не залежать від технологій, котрі стосуються до транспортування. Вона гарантує вільний доступ для користувачів до мереж і конкуруючих постачальників служб і/або послуг. NGN підтримує узагальнену мобільність, що гарантуватиме можливість постійного і повсюдного забезпечення служб для користувачів».

Можна запропонувати простіше тлумачення терміна *NGN*, якщо скористатися визначенням мережі, що підтримує обслуговування — «*Triple Play services*». Її можна розглядати як мультисервісну мережу, в якій надаються основні та додаткові послуги для обміну трьома видами інформації (мова, дані та відео). Така мультисервісна мережа буде економічно задовольняти вимоги всіх користувачів у осяжній перспективі. Тепер визначення для *NGN* можна сформулювати ще простіше: *NGN* — це мережа, здатна забезпечити обслуговування «*Triple Play services*» за рахунок використання устаткування передавання та комутації, яке базується на пакетних технологіях.

Одна з істотних особливостей *NGN* — відокремлення функцій передавання ІР-пакетів від функцій керування цим процесом. Передавання інформації, в якій зацікавлені користувачі, здійснюється *комутаторами пакетів (КП)*. Друга функція покладена на *пристрої керування (ПК)*, роль яких відіграють різні апаратно-програмні засоби. Модель, наведена на рис. 2.5, містить у собі три компоненти: одну міжміську та дві місцеві мережі. Кількість КП у кожному компоненті мережі було обрано довільно. Це стосується також ПК, необхідних для визначення основних атрибутів з'єднання. Передбачається, що обидва користувача мають у своєму розпорядженні термінали двох типів: *телефонний апарат*, необхідний для передавання мови, і *персональний комп'ютер*, що забезпечує обмін даними й отримання відеоінформації. Запропонована модель не містить низки функціональних блоків, які безпосередньо чи опосередковано стосуються *NGN*.

В основу концепції побудови мережі *NGN* покладено ідею про створення універсальної мережі, яка дозволяла б переносити будь-які види інформації (мову, відео, аудіо, графіку і т. ін.), уможливлуючи надання необмеженого спектра інфокомунікаційних послуг.

Мережа зв'язку наступного покоління — це мережа, створена на базі концепції побудови мереж зв'язку, що забезпечують надання необмеженого набору послуг із гнучкими можливостями щодо керування ними, а також персоналізації та створення нових послуг за рахунок уніфікації мережних рішень. Усе це передбачає реалізацію універсальної транспортної мережі з розподіленою комутацією, винесення функцій надання послуг у кінцеві мережні вузли та інтеграцію із традиційними мережами зв'язку.

Базовим принципом концепції NGN є відокремлення одна від одної функцій перенесення та комутації, функцій керування викликом та функцій керування послугами.

2.6.2. Функціональна модель мереж NGN

Функціональна модель мереж *NGN* у загальному вигляді включає в себе три рівні (рис. 2.6):

- 1) транспортний рівень;
- 2) рівень керування комутацією та передаванням інформації;
- 3) рівень керування послугами.

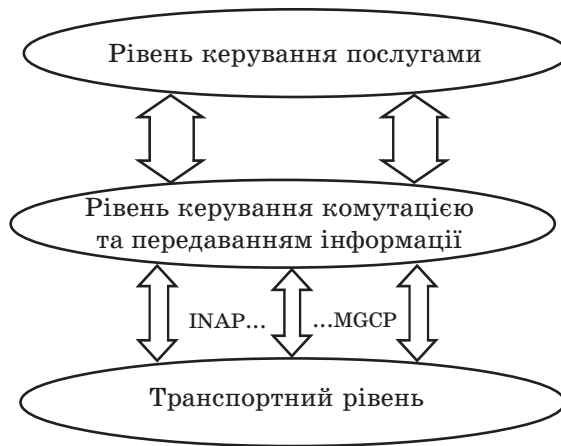


Рис. 2.6. Функціональна модель мереж NGN

Завданням транспортного рівня є комутація та прозоре передавання інформації користувача.

Завдання рівня керування комутацією та передаванням полягає в обробці інформації сигналізації, маршрутизації викликів і керуванні потоками.

Рівень керування послугами містить функції керування логікою послуг і додатків і являє собою розподілене обчислювальне середовище, що забезпечує:

- надання інфокомунікаційних послуг;
- керування послугами;
- створення та впровадження нових послуг;
- взаємодію різних послуг.

Цей рівень дозволяє реалізовувати специфіку послуг і застосовувати ту саму програму логіки послуги незалежно від типу транспортної мережі (IP, ATM, FR тощо) і способу доступу. Наявність цього рівня дозволяє також упроваджувати в мережі будь-які нові послуги без втручання у функціонування інших рівнів.

Рівень керування послугами може містити безліч незалежних підсистем («мереж послуг»), що базуються на різних технологіях, які мають своїх абонентів і використовують власні внутрішні системи адресації.

2.6.3. Архітектура мережі зв'язку, побудованої відповідно до концепції NGN

Архітектуру мережі зв'язку, побудованої відповідно до концепції NGN, унаочнює рис. 2.7.

Оснoву мережі NGN становить універсальна транспортна мережа, що реалізує функції транспортного рівня, а також рівня керування комутацією та передаванням.

До складу транспортної мережі NGN можуть входити:

- транзитні вузли, що виконують функції перенесення та комутації;
- кінцеві (граничні) вузли, які забезпечують доступ абонентів до мульти-сервісної мережі;
- контролери сигналізації, котрі виконують функції обробки інформації сигналізації, керування викликами й з'єднаннями;
- шлюзи, що дозволяють здійснювати підімкнення традиційних мереж зв'язку (ТфЗК, СПД, СПС).

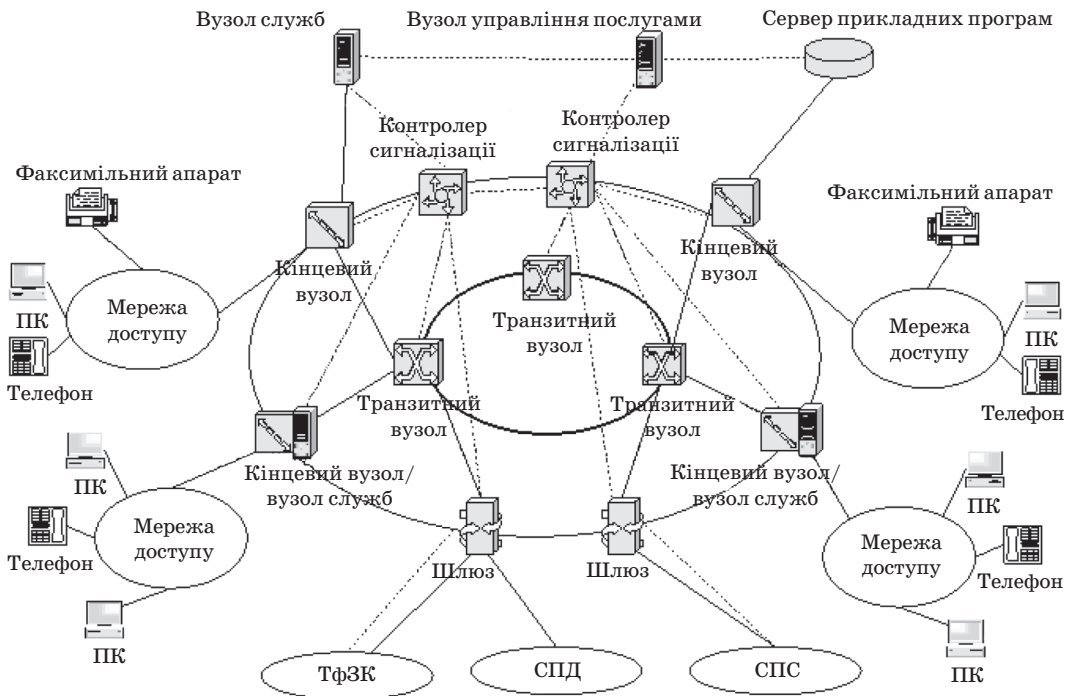


Рис. 2.7. Архітектура мережі NGN

Контролери сигналізації можуть бути винесені в окремі пристрої, призначені для обслуговування кількох вузлів комутації. Використання загальних контролерів дозволяє розглядати їх як єдину систему комутації, розподілену по мережі. Таке вирішення не тільки спрощує алгоритми встановлення з'єднань, але і є найбільш економічним для операторів та постачальників послуг, оскільки дозволяє замінити дорогі системи комутації великої ємності невеликими, гнучкими й доступними за вартістю навіть дрібним постачальникам послуг.

Призначенням транспортної мережі є надання послуг перенесення.

Інфокомунікаційні послуги реалізуються на базі вузлів служб (SN) і/або вузлів керування послугами (SCP). При цьому SN є устаткуванням постачальників послуг і може розглядатися як сервер додатків для інфокомунікаційних послуг, клієнтська частина яких реалізується кінцевим устаткуванням користувача. SCP є елементом розподіленої платформи IC і виконує функції керування логікою та атрибутами послуг.

Сукупність кількох вузлів служб або вузлів керування послугами, задіяних для надання однієї й тієї самої послуги, утворюють платформу керування послугами. До складу платформи також можуть входити вузли адміністративного керування послугами та сервери різних додатків. Кінцеві/кінцево-транзитні вузли транспортної мережі можуть виконувати функції вузлів служб, тобто склад функцій граничних вузлів може бути розширений за рахунок доповнення функцій надання послуг. Для побудови таких вузлів може використовуватися *технологія гнучкої комутації (Softswitch)*.

Як технологічну основу для побудови транспортного рівня мультисервісних мереж розглядають ATM і IP з можливим застосуванням у майбутньому оптичної комутації.

Для доступу абонентів до послуг NGN використовуються:

● інтегровані мережі доступу, підімкнені до кінцевих вузлів мультисервісної мережі, які забезпечують під'єднання користувачів як до мультисервісної мережі, так і до традиційних мереж (наприклад, ТфЗК);

● традиційні мережі (ТфЗК, СДОП, СПС), абоненти яких отримують доступ до мультисервісної мережі через вузли, підімкнені до шлюзів (*Media Gateway*).

На ТфЗК для доступу використовується абонентська ділянка, для збільшення пропускної здатності якої може використовуватися технологія xDSL, а на мережах рухомого зв'язку (2G-3G) — перспективна технологія GPRS.

2.7. Softswitch у мережі NGN

Мультисервісна мережа наступного покоління — тема, якою переймаються в усьому світі фахівці в галузі телекомунікацій. Сьогодні дуже важко сказати, до чого будуть подібні мультисервісні мережі. Звичайний телефонний зв'язок, стільниковий зв'язок, величезні ресурси мережі Інтернет, IP-телефонія, кабельне телебачення (домашнє відео за замовленням) — усе це має бути об'єднане в єдину архітектуру.

На початковому етапі розвитку мультисервісна мережа являє собою результат інтеграції мережі з комутацією каналів і мережі з комутацією пакетів. Навряд чи можна припустити, що наявні мережі з комутацією каналів (ТфЗК, ISDN) просто вимкнуть і забудуть про їхнє існування. І поки що важко сказати, яку технологію комутації буде покладено в основу мережі майбутнього. Нині лідерами вважають технології IP і АТМ, але за сучасних темпів розвитку телекомунікацій поява нових і більш вданих технологій можлива в будь-який момент. З урахуванням того, що в мультисервісних мережах нового покоління буде передаватися і оброблятися трафік різних видів (трафік реального часу, трафік даних, відеоінформація), можна виокремити три напрямки розробок:

1) нові телекомунікаційні послуги з універсальним доступом із ТфЗК /ISDN і IP-мереж, про що тепер багато пишуть у контексті еволюції концепції інтелектуальної мережі та конвергенції послуг зв'язку;

2) нові підходи до проблеми якості обслуговування, про що пишуть ще більше, але все ж недостатньо; запропоновано їх багато (MPLS, резервування ресурсів RSVP і т. ін.), проте роботи в цьому напрямку гальмуються через відсутність погодженої структури мультисервісної мережі наступного покоління;

3) проблема сигналізації в мультисервісній мережі та керування нею.

У принципі, процес конвергенції мереж (як і процес створення мультисервісної мережі) уже триває, і головна проблема полягає у відсутності єдиної системи сигналізації, а отже, третій напрямок можна назвати провідним. Єдиної системи сигналізації досі не створено, а технологія, що дозволяє обробляти й перетворювати різні протоколи сигналізації, уже існує. Це *Softswitch*.

Визначити, що таке *Softswitch*, зовсім не просто. Цей термін характеризує і пристрій керування, і новий підхід до організації мережі, який забезпечує ефективне передавання мови, відео й даних, а також має потенціал для розгортання нових послуг, що стосується першого із зазначених напрямків перспективних розробок.

Президент Lucent Technologies Джек Мерфі визначив *Softswitch* як систему, призначену для того, щоб відокремити функції керування з'єднаннями від функцій комутації, і здатну обслуговувати до 100 тис. абонентів, підтримуючи відкриті стандарти, а отже, взаємодіяти із серверами додатків.

Це визначення заслуговує на особливу увагу, оскільки саме корпорація Lucent Technologies продемонструвала на виставці CeBit 2001 перший програмний комутатор Softswitch як готовий комерційний продукт. Softswitch — багатофункціональна програмувальна система керування, що дозволяє операторам швидко створювати й упроваджувати нові послуги у своїх мережах IP і АТМ. Але продукт Lucent можна розглядати лише як один із варіантів реалізації Softswitch.

Першими операторськими компаніями, що розгорнули дослідження програмних комутаторів, були компанії Worldcom і Level 3. Фред Бріггс, технічний директор компанії Worldcom, визначив поняття Softswitch істотно простіше: *Softswitch — це просто більші та швидші маршрутизатори*. А визначення компанії Level 3 можна сформулювати так: *Softswitches — це сервери, які керують потоками ізохронного трафіку різних видів*.

Практично два останні визначення істотно відрізняються від визначення Джека Мерфі.

Ще одна проблема виникла при перекладі цього терміна. Справді, словосполучення *програмний комутатор* асоціюється із програмно керованою АТС, а це хибна асоціація. Окрім того, термін *Softswitch* є назвою комерційного продукту (наприклад, Lucent Softswitch), і, природно, використання цього терміна як загально визнаного не завжди подобається виробникам.

2.8. NGN Triple Play

Triple Play — телекомунікаційний термін, що визначає модель, згідно з якою користувачам по одному кабелю ширококутного доступу надаються одночасно три послуги — сервіси (рис. 2.8):

- високошвидкісний доступ до Інтернету;
- кабельне телебачення;
- телефонний зв'язок.

Упровадження Triple Play дає змогу додати послуги передавання відео та різного роду контент-послуги до традиційних — передавання голосу й даних.

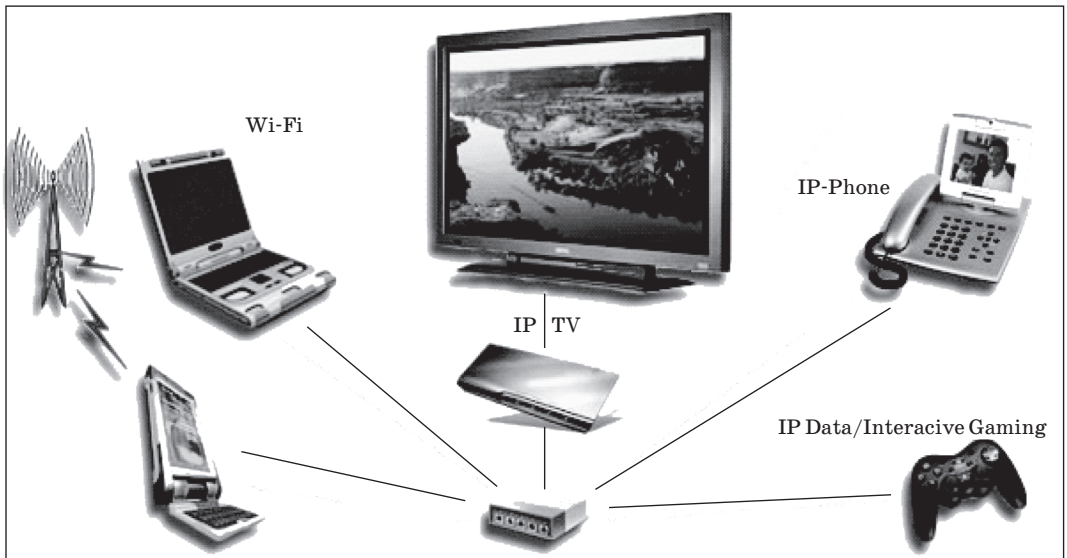


Рис. 2.8. Послуги Triple Play

Як правило, ідеться про підтримку не лише традиційних послуг мереж кабельного телебачення, а й унікальних сервісів, можливих лише в пакетних мережах.

Більш деталізований перелік послуг, що його передбачає модель Triple Play, наведено далі.

Послуги передавання даних:

- високошвидкісний доступ до Інтернету;
- мережне резервне копіювання;
- мережні диски (віртуальний дисковий простір);
- персональні файлові ресурси в Інтернеті;
- доступ до ігрових серверів.

Голосові послуги:

- міська й міжміська телефонія;
- радіомовлення за технологією IP.

Відеопослуги:

- телемовлення за технологією IP;
- відео на вимогу;
- персональний відеомагнітофон;
- відеотелефонія;
- послуга відеоконференц-зв'язку;
- відеоспостереження;
- ігрові відеоприставки.

Наприклад, послуги Triple Play дозволяють споживачам одночасно телефонувати, користуватися швидкісним Інтернетом (від 2 Мбіт/с), дивитися 100 каналів цифрового ТВ, грати в комп'ютерні ігри з іншими абонентами, «скачувати» з мережі фільми. І все це користувач отримує по одній фізичній лінії, підімкнувши до спеціального ресивера комп'ютер, телевізор і телефон.

Останнім часом з'явився ще термін *Quadruple Play*. Цей сервіс окрім послуги Triple Play передбачає ще додаткову інтегровану послугу мобільного зв'язку. Одним із варіантів її реалізації є додавання до звичного режиму мобільного зв'язку за технологією GSM ще режиму Wi-Fi. У такий спосіб знижується собівартість організації мобільного зв'язку в межах сфери дії передавача Wi-Fi.

Модель Triple Play створює широкий спектр нових послуг зв'язку, що мають високий попит у сегментах приватних і корпоративних користувачів. При цьому одна частина сервісів є універсальною, а решта реалізується на базі єдиної технологічної платформи й транспортної мережі. З огляду на це оператори телекомунікацій намагаються охопити широкосмуговою мережею та послугами обидва сегменти ринку. На прикладі найбільш успішних операторів послуг Triple Play можна відстежити «класичну» бізнес-модель ринку, а саме: 20% клієнтів приносять 80% доходу.

Утім реалізація Triple Play потребує достатньо великих витрат телекомунікаційних ресурсів, насамперед необхідної смуги пропускання мережі абонентського доступу. Безумовно, найбільшу частку в завантаженні смуги пропускання становить відеотрафік. Можна вважати, що сьогодні один канал телевізійної трансляції або послуга *відео на вимогу* потребує швидкості передавання порядку 4 Мбіт/с.

Іншим ресурсомістким додатком із погляду пропускну здатності абонентського каналу є ігровий сервіс. Для повноцінного занурення в мережні ігри, особливо в рольові, також необхідна смуга 2 Мбіт/с. Інші додатки не настільки «пожадливі»: для телефонного зв'язку вистачить 64 кбіт/с, високоякісне радіомовлення забезпечується за наявності 128 кбіт/с.

Таким чином, мінімальна смуга пропускання має бути близько 4 Мбіт/с, а ще краще, якщо вона буде перевищувати 6 Мбіт/с. Для масового клієнта таку швидкість за привабливими цінами можуть забезпечити тільки технології ADSL і Ethernet.

Результати опитування понад 300 найбільших операторів телекомунікацій в усьому світі з метою з'ясувати перспективи впровадження послуг Triple Play показали таке:

- 1) отримано позитивний висновок про доцільність упровадження цих послуг;
- 2) для високоякісного надання зазначених послуг пропускна здатність абонентського каналу має бути не менш як 20 Мбіт/с. Така швидкість під силу тільки технологіям, на яких базується мережа NGN.

Сьогодні очевидно, що оптимальною для всіх послуг Triple Play є єдина транспортна мережа на базі IP. Як відомо, МСЕ сформулював вимоги до мереж наступного покоління (Рекомендація У.2001 (12/2004). *General overview of NGN*), серед яких пакетна транспортна магістраль, широкосмугові лінії зв'язку, забезпечення якості обслуговування і незалежність додатків від транспортного рівня. Майже в усіх реалізаціях мереж наступного покоління використовується технологія MPLS, яка дозволяє ізолювати потоки даних у захищені віртуальні приватні мережі VPN на єдиній транспортній мережі.

На рівні мереж агрегування широкосмугового доступу провідною технологією стала *Metro Ethernet*. Відповідні мережі мають високу швидкість, низький рівень затримок і оптимальну ціну, що робить їх найбільш привабливими для забезпечення сервісів Triple Play.

Водночас Metro Ethernet є оптимальною технологією доступу для підімкнення корпоративних клієнтів. Так, Ethernet-комутатор оператора телекомунікацій, під'єднаний до волоконно-оптичного кабелю, встановлюється в будинку, де розміщується офіс або квартира. Велика перевага Ethernet полягає в тому, що цей інтерфейс є фактичним стандартом для всього кінцевого обладнання — як офісного, так і домашнього. Використання Ethernet дозволяє суттєво знизити складність підімкнення клієнтів порівняно з тим, що було раніше. Ще одна важлива якість Ethernet — широкий (від 10 Мбіт/с до 10 Гбіт/с) діапазон швидкостей за цілком прийнятною ціною.

Якщо говорити про технологію, зорієнтовану на приватних абонентів, то, безумовно, найбільш масовою сьогодні «останньою милою» є ADSL. Саме завдяки буму на ADSL-підімкнення послуги Triple Play стали доступними кожному. Головна перевага ADSL — низька вартість підімкнення завдяки використанню вже прокладених у кожному квартиру мідних ліній зв'язку. Проте порівняно з Ethernet-підімкненням ADSL має невисоку швидкість доступу й обмежену пропускну здатність зворотного каналу. І все ж завдяки ADSL і ADSL 2+ в умовах міста вдається отримати стабільні 4–5 Мбіт/с у бік клієнта. Цього цілком достатньо для надання більшості послуг Triple Play у світі мобільного зв'язку.

2.9. Рефайл у сучасних мережах телекомунікацій

Рефайл — це специфічний процес комутації, згідно з яким зв'язок між абонентами встановлюється не безпосередньо, а із залученням посередників для того, аби знизити витрати. Для абонентів це полягає в тому, що пристрій, який приймає дзвінок, не «бачить» номери джерела. Замість цього пристрій зазвичай відображує або сторонній номер, або «аноніма».

Для рефайлу зазвичай використовується спеціальне комунікаційне обладнання, наприклад шлюзи. При цьому рефайл можливий у разі як місцевих, так і далеких, міжнародних дзвінків. З погляду описаної логіки, IP-телефонії — це рефайл.

Насамкінець наведемо простий приклад рефайлу. Міжнародний дзвінок надходить на мережу приватного оператора. Як правило, кінцевий отримувач цього виклику є абонентом «Укртелекому». Далі замість того, щоб показувати міжнародний номер, оператор у програмний спосіб змінює його на місцевий (міський) або на неіснуючий. Таким чином, гроші за міжнародну розмову, що фактично відбулася, оператор кладе собі в кишеню. Ось яка, двома словами, нехитра схема операції «рефайл».

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Сформулюйте принципи та мету створення ГП.
2. Перелічіть основні характеристики (атрибути) ГП.
3. Дайте визначення понять *інформація, інформатизація, інфокомунікаційна мережа, послуга, телеінформаційна служба*.
4. Назвіть особливості інфокомунікаційної мережі.
5. Які показники характеризують ефективність інфокомунікаційної мережі?
6. Що розуміють під економічністю та надійністю мереж?
7. Сформулюйте основні вимоги до мереж зв'язку.
8. Дайте визначення поняття *структура системи*.
9. Які основні структури мереж найчастіше використовуються?
10. Дайте визначення мережі зв'язку наступного покоління NGN, та розкрийте її базові принципи.
11. Що таке інфокомунікаційна послуга; послуга перенесення (bearer service)?
12. Назвіть рівні, якими може бути подана функціональна мережа NGN.
13. Які основні особливості систем керування NGN?
14. Чим характеризується архітектура мережі зв'язку, побудованої відповідно до концепції NGN?
15. Який зміст вкладено в поняття *Softswitch*?
16. Які нові можливості відкриває *Softswitch* перед сучасним телекомунікаційним суспільством?

ПІСЛЯМОВА ДО РОЗДІЛУ 2

Ви завершили вивчення загальних відомостей про інфокомунікації.

Тепер ви вже знаєте, що:

● *термін телекомунікації* походить від грец. *tele* — далеко (перша частина складних слів, що означає здійснювати на відстані) та лат. *communicatio* — зв'язок, шляхи сполучення і транспорту, лінії зв'язку;

● *інфокомунікаційна мережа* — комплекс технічних засобів, інфокомунікацій та споруд, призначених для маршрутизації, комутації, передавання і/або приймання знаків, сигналів, письмового тексту, зображень і звуків або повідомлень будь-якого роду по радіо, провідних, оптичних чи інших електромагнітних системах між кінцевим обладнанням;

● *інфокомунікації (infocommunication)* — сукупність інфокомунікацій (електрозв'язку) та інформатики, що забезпечує доставляння сигналів електрозв'язку від джерел до споживачів із можливістю ідентифікації їхнього інформаційного змісту та використання оптимальних методів обробки сигналів, включаючи методи передавання, маршрутизації, перетворення сигналів, програмування;

● *глобальна інформаційна інфраструктура (global information infrastructure)* — взаємозв'язана сукупність різних інфокомунікаційних мереж, що поєднують вузли електрозв'язку, комп'ютерні засоби, пристрої побутової електроніки, забезпечуючи передавання інформації різних видів, організацію різних інфокомунікаційних служб, включаючи WWW, теленавчання;

● *канал зв'язку* — сукупність технічних засобів і середовища передавання, за допомогою якої інформація передається від джерела (передавача) до отримувача (приймача) або навпаки.

Вивчивши підрозділ 2.2. **Інфокомунікаційна мережа**, ви зрозуміли зміст і чітко зможете дати визначення таких термінів: *електрозв'язок, мережа електрозв'язку, інформатизація, інформація, користувач, послуга надання зв'язку.*

Ви також ознайомилися із найважливішими показниками ефективності сучасної інфокомунікаційної мережі: *ступінь використання каналів та іншого устаткування (коефіцієнт використання каналу), час доставляння повідомлення від джерела інформації до споживача, реальна потужність, продуктивність мережі, якість передавання (наявність спотворень, розбірливість, чіткість), доступність засобів зв'язку користувачеві.*

Вивчаючи структуру системи, зверніть увагу на те, які властивості й ознаки є структурними, а які — ні. При розгляді загальних структурних властивостей мережі зі стаціонарними пунктами користуйтеся поданням її у вигляді графа. При опануванні матеріалу стосовно переходу до мережі зв'язку наступного покоління — NGN запам'ятайте одну з істотних особливостей NGN: відокремлення функцій передавання IP-пакетів від функцій керування цим процесом. У цьому розділі наведено функціональну модель мереж NGN у загальному вигляді та розглянуто архітектуру мережі зв'язку, побудованої відповідно до концепції NGN.

Список рекомендованої літератури

1. Якубайтис Э. А. Открытые информационные сети/Якубайтис Э. А.— М.: Радио и связь, 1991.— 208 с.
2. Проектирование и техническая эксплуатация сетей передачи данных дискретных сообщений / [Архипов М., Захаров Г., Малиновский С., Яновский Г.].— М.: Радио и связь, 1988.— 360 с.
3. Бертсекас Д. Сети передачи данных/Д. Бертсекас, Р. Галлагер.— М.: Мир, 1989.— 544 с.
4. Стеклов В. К. Телекомунікаційні мережі/В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман.— К.: Техніка, 2001.— 650 с.
5. Стеклов В. К. Проектування телекомунікаційних мереж / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман.— К.: Техніка, 2002.— 792 с.
6. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій / [Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Стеклов В. К. та ін.].— К.: Техніка, 2007.— 384 с.
7. Кривуца В. Г. Математичне моделювання телекомунікаційних систем/Кривуца В. Г., Барковський В. В., Беркман Л. Н.— К.: Зв'язок, 2007.— 270 с.
8. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами / [Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.].— К.: ДУІКТ, 2009.— 352 с.

РОЗДІЛ 3

ЕТАЛОННА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ. РІВНЕВІ ПРОТОКОЛИ СЕМИРІВНЕВОЇ МОДЕЛІ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АКД	— апаратура каналу даних
ВВС	— взаємодія відкритих систем
Кк	— керування каналом (ланкою даних)
КПК	— контрольна послідовність кадру
КУД	— кінцеве устаткування даних
МОС	— Міжнародна організація зі стандартизації
П	— протокол
ПКП	— поле контрольної послідовності кадру
СБП	— стик блока приєднання
СЗС	— стик, залежний від середовища
ТДС	— точка доступу до сервісу (англ. SAP)
ТП	— транспортний протокол
АВМ	— асинхронний збалансований режим
АСК	— команда, що означає підтвердження правильного приймання
АССЕ	— сервісний елемент керування асоціацією
ARM	— режим асинхронної відповіді
ВСС	— керуючий знак BSC, який означає контрольний лічильник блока
BSC	— протокол двійкового синхронного керування
CCR	— служба, що контролює надання користувачу послуги
DLE	— керуючий знак BSC, що використовується для досягнення кодової прозорості
EDI	— електронний обмін даними
ENQ	— керуючий знак BSC, що використовується з відповідними режимами
EOT	— керуючий знак BSC, що означає «кінець передавання»
ETB	— керуючий знак BSC, що означає «кінець блока передавання»
ETX	— керуючий знак BSC, що означає «кінець тексту»
FTAM	— керування, доступ і передавання файлів
HDLC	— протокол високорівневого керування каналом
IS	— стан ініціювання
ITB	— керуючий знак BSC, що означає «кінець проміжного блока»
ITM	— передавання завдання і маніпуляція ним
ITS	— стан передавання інформації
LAP	— процедура доступу до ланки даних
LAPB	— збалансований протокол доступу до ланки (використовується в X.25)

LAPD	— протокол доступу до D-каналу
LAPX	— протокол використовується в термінальних системах (зокрема, у стандарті Tebetex)
LDS	— стан логічного роз'єднання
MNS (X.400)	— система керування повідомленнями
Motis	— обмін текстів, орієнтованих на повідомлення
NAK	— команда, яка означає, що прийом відбувся з помилкою
NRM	— режим нормальної відповіді
ODA	— архітектура установчих документів
PAD	— керуючий знак BSC, що означає тимчасове заповнення проміжку між повідомленнями
RQ	— запит
RSP	— відповідь
SABM	— команда встановлення режиму ABM
SARM	— команда встановлення режиму ARM
SDLC	— протокол синхронного керування ланкою даних
SIM	— стратегічне інформаційне керування
SNA	— мережна архітектура систем
SNRM	— команда встановлення режиму NRM
SOH	— керуючий знак BSC, що означає «початок заголовка»
STX	— керуючий знак BSC, що означає «початок тексту»
SYN	— керуючий знак BSC, що підтримує активність каналу
VTP	— протокол віртуального термінала

3.1. Характеристика рівневих протоколів

Обслуговування користувача — це реалізація певного набору функцій, що належать до передавання даних і пов'язані з такими елементами:

- мовою (разом із функціями перетворення форматів, трансляції та редагування);
- дисципліною діалогу для керування потоком даних (наприклад, послідовністю роботи, очікуванням відповіді);
- керуванням передаванням даних, зокрема й керуванням швидкістю передавання даних з урахуванням наявності засобів обробки потоків даних в абонента на обох кінцях лінії та керуванням послідовністю передавання для забезпечення вірогідності даних, що передаються;
- транспортуванням даних (у тому числі з проходженням сигналів по більш складній мережі між пристроями, кожен з яких має деяку адресу в мережі).

Групові діалоги, або *сесії*, можуть здійснюватися паралельно між будь-яким одним елементом та іншими елементами. Для забезпечення керованого використання мережі необхідне введення послуг для користувача з боку мережі. Щоб обслуговувати мережу та керувати нею, потрібні й інші служби мережі, зазвичай недоступні й невідомі користувачеві.

Мережна архітектура систем регламентує набір функцій передавання даних, що розподілені по всій мережі. Вона визначає також формати й протоколи, які пов'язують ці розподілені функції між собою. Мета створення мережної архітектури полягає в досягненні надійного передавання даних між програмами, операторами, операторами й запам'ятовувальними пристроями, розташованими в

будь-якому пункті мережі. Проте з цього не випливає, що всі функції, виконувані мережею, повністю регламентуються її архітектурою. Доцільніше, аби деякі функції і/або адаптери створювалися розробниками апаратури або замовниками. У рамках архітектури передусім уніфікуються ключові формати й протоколи, потрібні для забезпечення передавання даних. Архітектура зв'язку в розподілених системах створювалася в два етапи.

На першому було розроблено однорідні мережні архітектури, призначені для застосування однотипного устаткування. Наприклад, мережну архітектуру SNA (*System Network Architecture*), створену фірмою IBM, було покладено в основу однієї з перших глобальних обчислювальних мереж США.

На другому етапі за основу було взято базову *еталонну модель взаємодії відкритих систем (ВВС)*, яка стала першим стандартом, розробленим *Міжнародною організацією зі стандартизації (МОС)*.

3.2. Призначення рівневих протоколів

Концепції мережних протоколів розвивалися протягом останніх 20 років і були спрямовані на забезпечення:

- логічної декомпозиції складної мережі на менші, зрозуміліші частини — *рівні*;

- стандартних інтерфейсів між мережними функціями, наприклад стандартних інтерфейсів між модулями програмного забезпечення;

- симетрії щодо функцій, реалізовуваних у кожному вузлі мережі.

Кожний рівень у деякому вузлі мережі виконує ті самі функції, що й аналогічний рівень в іншому вузлі, а саме:

- забезпечує засоби передбачення змін і керування змінами, які можуть бути внесені в мережну логіку (програмне забезпечення або мікропрограми);

- реалізує просту стандартну мову комунікації розробників мереж, адміністраторів, фірм-постачальників і користувачів, використовувану під час обговорення мережних функцій.

Можна дійти висновку, що загальна проблема зв'язку, яка полягає в забезпеченні своєчасного, правильного та розпізнаваного доставляння даних кінцевому користувачеві, зайнятому в сеансі зв'язку в мережі або в кількох мережах, поділяється на дві частини. Перша стосується мережі зв'язку: дані, що передаються кінцевому користувачеві з мережі, мають надійти за призначенням у правильному вигляді та своєчасно. Другу частину проблеми — дані, що надійшли зрештою за призначенням кінцевому користувачеві, мають розпізнаватись і набирати належної форми для їх правильного використання, — можна розв'язати введенням протоколів високого рівня. Повна архітектура, орієнтована на кінцевого користувача, містить у собі і мережні протоколи, і протоколи високого рівня. Наприклад, рис. 3.1 ілюструє схему зв'язку між користувачами *A* та *B* через проміжний вузол мережі. До цього вузла можуть бути приєднані кінцеві користувачі, а з ними можуть бути зв'язані протоколи високого рівня, але функцією проміжного вузла є тільки надання відповідних мережних послуг.

У свою чергу, дві групи протоколів — ті, що надають мережні послуги, і протоколи високого рівня — зазвичай поділяються й далі на окремі рівні. Кожний рівень вибирається для надання певної послуги згідно зі змістом названих основних завдань: правильністю та своєчасністю доставляння даних у формі, за якою їх можна розпізнати. На базі еталонної моделі ВВС було побудовано концепцію, яка передбачає що кожний рівень надає послуги рівню, вищому за нього.

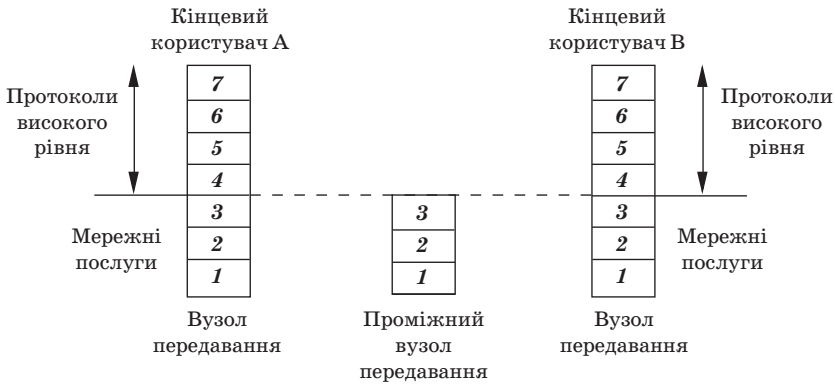


Рис. 3.1. Архітектура багаторівневого зв'язку

3.3. Рівні еталонної моделі взаємодії відкритих систем

Модель рівневих протоколів ВВС являє собою семирівневий стандарт. Рівні в мережній моделі, що її запропонувала МОС, наведено на рис. 3.2.

Зауважимо, що МОС розробила базову еталонну модель ВВС для визначення рівневих мереж і рівневих протоколів. Ця модель привернула велику увагу в усьому світі і була реалізована багатьма фірмами — виробниками засобів зв'язку.

Мета моделі ВВС — стандартизація обміну даними між системами; усунення будь-яких технічних перешкод для зв'язку систем; усунення труднощів «внутрішнього» опису функціонування окремої системи; визначення точок взаємоз'єднання для обміну інформацією між системами; звуження діапазону можливостей послуг із метою підвищення здатності до обміну даними між користувачами без зайвих накладних витрат на переговори й переклад; забезпечення розумної відповідної точки відходу від стандартів, якщо вони не задовольняють усіх вимог.

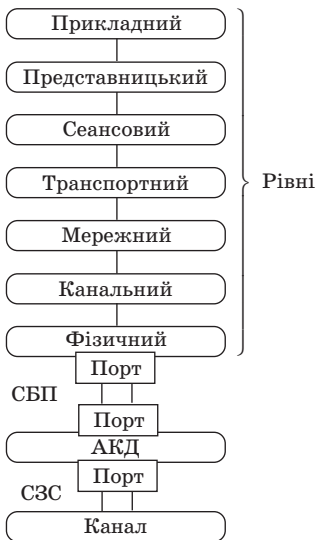


Рис. 3.2. Рівні в мережній моделі, запропоновані МОС: СВП — стик блока приєднання; СВС — стик, залежний від середовища

Спинимося докладно на характеристичі кожного з рівнів.

Фізичний рівень — найнижчий. Функції цього рівня забезпечують активізацію, підтримку й дезактивізацію фізичного ланцюжка між кінцевим устаткуванням даних (КУД) і апаратурою каналу даних (АКД). Для фізичного рівня опубліковано велику кількість стандартів. Найбільш відомими є RS-232C і відповідні рекомендації МСЕ.

Канальний рівень (рівень ланки даних) відповідає за передавання даних по каналу. Він забезпечує:

- синхронізацію даних для розмежування потоку бітів фізичного рівня;
- вид подання бітів; визначені гарантії прибуття даних у приймальне КУД;
- керування потоком даних, щоб КУД не перевантажувалося в будь-який момент часу занадто великою кількістю даних.

Одна з найважливіших функцій цього рівня полягає у виявленні помилок передавання та забезпеченні механізму відновлення даних у разі їх втрати, дублювання за наявності помилок у даних.

Мережний рівень визначає інтерфейс КУД користувача з мережею пакетної комутації, інтерфейс двох пристроїв КУД один з одним у мережі пакетної комутації, а також маршрутизацію в мережі та зв'язок між мережами (інтермережний протокол). Цей рівень докладно визначений і має велику кількість функцій. Протокол X.25 реалізує цей рівень.

Транспортний рівень забезпечує інтерфейс між мережею передавання даних і верхніми трьома рівнями. Саме цей рівень надає користувачеві факультативні можливості отримання сервісу визначеної якості (і вартості) від самої мережі (тобто мережного рівня). Він проектується таким чином, щоб відокремити користувача від деяких фізичних і функціональних аспектів пакетної мережі, а також забезпечує наскрізну звітність у мережі.

Сеансовий рівень слугує інтерфейсом користувача з рівнем транспортних послуг. Цей рівень забезпечує засоби організації обміну даними між користувачами. Користувачі можуть вибрати тип синхронізації та керування, що вимагається від цього рівня, наприклад:

- почергово або одночасно двоспрямований діалог;
- точки синхронізації для проміжного контролю та відновлення при передаванні файлів;
- аварійне закінчення та рестартування;
- нормальне та прискорене передавання даних.

Сеансовий рівень має спеціальні послуги, примітивні й протокольні блоки даних, визначені в документах МОС і МСЕ.

Представницький рівень даних визначає синтаксис даних у моделі. Він не пов'язаний зі значенням або семантикою даних. Його головна роль полягає в тому, щоб приймати типи даних (знак, ціле число) із прикладного рівня, а далі узгоджувати з рівнем того самого рангу синтаксичне подання (таке як телетекст, відеотекст тощо). Рівень подання забезпечує відображення даних на віртуальному терміналі, а також надання таких послуг, як дозвіл на приймання електронного повідомлення від рівня додаткових програмних продуктів і узгодження з одноранговим рівнем виду подання сторінки (наприклад, для друкарського набору), для прикладного рівня іншого вузла користувача.

Прикладний рівень призначено для підтримання прикладного процесу кінцевого користувача. На відміну від рівня подання даних, цей рівень має справу із семантикою даних. Рівень містить сервісні елементи для підтримання прикладних процесів, таких як керування різноманітними процесами, обмін фінансовими даними, діловими й довідковими даними (наприклад, система обробки повідомлень). Прикладний рівень також підтримує концепції віртуального терміналу та віртуального файлу.

3.4. Структура повідомлення

Багаторівнева організація керування процесами в мережі породжує необхідність модифікувати на кожному рівні повідомлення стосовно функцій, реалізованих на цьому рівні. Модифікація виконується за схемою взаємодії процесів, поданою на рис. 3.3.

Даним, що передаються у формі повідомлення, присвоюють *заголовок* і *закінчення*, в яких міститься інформація, необхідна для опрацювання повідом-

лення на відповідному рівні: покажчики типу повідомлення, адреси відправника та отримувача, каналу, порту тощо. Заголовок і закінчення називаються *обрамленням повідомлення (даних)*.

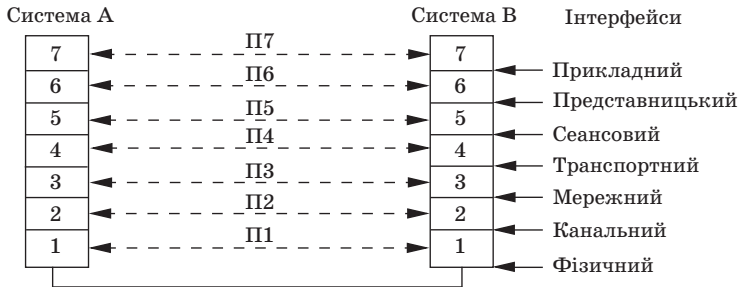


Рис. 3.3. Схема взаємодії процесів на базі мережних протоколів П1, ..., П7 та інтерфейсів

Повідомлення, сформоване на рівні $n + 1$, при обробці на рівні n супроводжується додатковою інформацією у вигляді заголовка Z_n і закінчення K_n .

Це саме повідомлення, надходячи на нижчий рівень, у черговий раз забезпечується додатковою інформацією — заголовком $Z(n-1)$ і закінченням $K(n-1)$.

У разі передавання від нижчих рівнів до вищих повідомлення звільняється від відповідного обрамлення.

Таким чином, кожний рівень оперує власними заголовком і закінченням, а послідовність символів, що містяться між ними, розглядається як дані вищого рівня. За рахунок цього забезпечується незалежність даних, що стосуються різних рівнів керування передаванням повідомлень.

Супроводження повідомлень обрамленням — процедура, аналогічна вкладанню листа в конверт, яке використовується в поштовому зв'язку. Усі дані, необхідні для передавання повідомлення, вказуються на «конверті». При передаванні цього повідомлення на нижчий рівень воно вкладається в новий «конверт», забезпечений відповідними даними. Повідомлення, що надходить у систему, прямує від нижніх рівнів до верхнього (див. рис. 3.3).

Пристрій керування нижнього рівня оперує даними, зазначеними в обрамленні, так само, як і даними на «конверті». При передаванні на вищий рівень повідомлення звільняється від «конверта», унаслідок чого на наступному рівні обробляється черговий «конверт».

Таким чином, кожний рівень керування оперує не із самими повідомленнями, а з «конвертами», в які «упаковано» повідомлення. Тому склад повідомлень, що формуються на верхніх рівнях, ніяк не впливає на функціонування нижніх рівнів керування передаванням. Процес передавання повідомлення відбувається послідовно з рівня 7 на рівень 1, а процес приймання — із рівня 1 на рівень 7.

3.5. Протоколи в інформаційних мережах

Гнучкість організації і простота реалізації мереж досягається, зокрема, за рахунок того, що обмін повідомленнями (даними) припускається тільки між процесами одного рівня. Це означає, що прикладний процес може взаємодіяти тільки з прикладним процесом, а процеси керування передаванням повідомлень на рівнях 1, 2, ... — тільки з процесами однойменних рівнів.

Схема взаємодії процесів (див. рис. 3.3), як і процедура обрамлення повідомлень, — необхідна умова логічної незалежності рівнів інформаційних мереж.

Прикладний процес у системі *A* (рівень 7) формує повідомлення прикладного процесу в системі *B*, пристосовуючись тільки до логіки взаємодії цих двох прикладних процесів, але не до організації мережі. Фактично повідомлення, сформовані процесом у системі *A*, проходять послідовно через рівні 6, 5, ..., 1, зазнаючи процедури послідовного обрамлення, передаються по каналу зв'язку, а потім через рівні 1, 2, ..., 6, на яких із повідомлень послідовно знімається обрамлення, надходять до процесу в системі *B* повністю розконвертованими. Аналогічно процес керування транспортуванням повідомлень у базову мережу (рівень 4) відправляє власні дані в обрамленні повідомлення. Усі дані, що перебувають поза обрамленням, не мають ніякого значення для цього процесу. Таким чином, процеси одного рівня в різних системах обмінюються даними в основному за допомогою заголовків і закінчень повідомлень. Системний процес може послати власне повідомлення іншому процесу такого самого рівня в установленому порядку. При цьому весь текст повідомлення буде належати однойменному процесові в іншій системі. Такі повідомлення називаються *керуючими* і використовуються в основному на рівнях 2–5.

Процедура взаємодії процесів однойменних рівнів двох різних систем на основі обміну повідомленнями (даними) називається *протоколом*. Для процесів кожного рівня використовуються протоколи П1, П2, ..., П7.

Процедура взаємодії різних рівнів в одній системі називається *інтерфейсом*.

Описуючи протокол, прийнято виділяти його логічну і процедурну характеристики. *Логічна характеристика протоколу* — структура (формат) і зміст (семантика) повідомлень. Логічна характеристика задається переліком типів повідомлень та їхнім змістом. *Процедурна характеристика протоколу* — це правила виконання дій, запропонованих протоколом взаємодії. Така характеристика може зображуватися в різній математичній формі: операторними схемами алгоритмів, автоматними моделями, мережами Петрі тощо.

Логіка організації інформаційної мережі найбільшою мірою визначається протоколами, що встановлюють як тип і структуру повідомлень, так і процедури їх обробки — реакцію на вхідні повідомлення і генерацію власних повідомлень. Кількість рівнів керування і типи використовуваних протоколів багато в чому визначають архітектуру мережі.

Можна зробити висновок, що рівневі протоколи спрямовані на виконання таких завдань:

- логічну декомпозицію складної мережі з утворенням менших, більш зрозумілих частин (рівнів);
- реалізацію стандартних інтерфейсів між мережними функціями, наприклад стандартних інтерфейсів між модулями програмного забезпечення;
- забезпечення симетрії функцій, реалізованих у кожному вузлі мережі (кожний рівень у деякому вузлі мережі виконує ті самі функції, що й аналогічний рівень в іншому вузлі);
- реалізацію засобів передбачення змін і керування змінами, що можуть бути внесені в мережну логіку (програмне забезпечення);
- застосування простої стандартної мови комунікації розробників мереж, адміністраторів і користувачів, якою вони послуговуються під час обговорення мережних функцій.

3.6. Зв'язок між рівнями

Як уже зазначалося, кожний рівень є постачальником сервісу і може складатися з кількох сервісних функцій. Наприклад, один із рівнів може забезпечувати сервісні функції за кодовими перетвореннями.

Функція — це деяка підсистема рівня (деяка реальна підпрограма в якійсь програмі). Кожна підсистема може складатися з *логічних об'єктів* — деяких спеціалізованих модулів.

Основна ідея обміну між вузлами полягає в тому, що на кожному рівні додаються послуги цього рівня до послуг, які забезпечуються нижніми рівнями. Отже, верхній рівень, що взаємодіє безпосередньо з додатковим програмним продуктом кінцевого користувача, має повний набір послуг усіх нижніх рівнів. Верхні рівні диктують нижнім, які послуги мають бути викликані.

Стандартний обмін даними з рівнем або постачальником сервісу ілюструє рис. 3.4, а. За допомогою точок доступу до сервісу (ТДС, або SAP) здійснюється виклик до рівня або з рівня чотирьох транзакцій, які називаються *примітивами* (деякі сеанси не вимагають усіх транзакцій). Користувачем сервісу застосовуються такі примітиви:

- *запит* — призначений для виклику деякої функції;
- *індикація* — застосовується для виклику функції або для повідомлення про те, що функція була викликана деякою точкою доступу до сервісу SAP;
- *відповідь* — використовується для завершення функції, раніше викликаній індикацією в SAP.

Примітиви звичайно мають додаткові параметри для передавання інформації до рівня або з рівня.

Як показано на рис. 3.4, а, додатковий програмний продукт користувача або термінал викликає функцію постачальника сервісу посиланням запиту в суміжний нижній рівень. Цей запит на послугу підтверджує постачальник сервісу, надсилаючи підтвердження. Якщо послуга має надати іншому користувачеві функцію (у даному разі користувачеві В), постачальник послуг має надіслати В індикацію, після чого від В очікується відповідь. Якщо постачальником сервісу є деякий рівень, то він здійснює зв'язок користувачів А і В за допомогою рівневих точок доступу до сервісу SAP. Користувачі А та В мають знати відповідну точку SAP, щоб отримати деяку послугу від постачальника сервісу. SAP містить адресу конкретної сервісної функції.

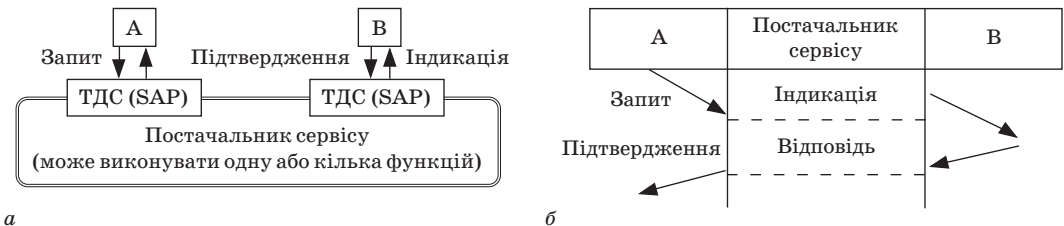


Рис. 3.4. Варіанти обміну даними з використанням рівневих протоколів

Інший варіант перебігу цього процесу унаочнює рис. 3.4, б. Запит надсилається постачальнику сервісу, що надає індикацію користувачеві В. Користувач В дає відповідь, яка передається через постачальника сервісу користувачеві А як підтвердження. У цьому процесі задіяно метод, що дає можливість рівням «розмовляти» один з одним, навіть якщо рівні реалізовано з використанням систем різних фірм.

Нагадаємо, що постачальником сервісу може бути рівень, функція або логічний об'єкт усередині рівня, а процес — це організація обміну даними між рівнями.

Приблизно таким самим способом на основі загального підходу люди спілкуються один з одним:

- встановлюють зв'язок за допомогою вітання, наприклад «добридень»;
- дотримуються прийнятих умовностей у розмові (і вислуховуванні);
- завершують розмову прощальною фразою, наприклад «бувайте».

Інформаційну мережу за характером ВВС можна подати у вигляді трьох типів систем: абонентських, адміністративних та асоціативних.

3.6.1. Розподіл компонентів інформаційних мереж за характером взаємодії відкритих систем

Абонентські системи призначено для обробки прикладних процесів користувачів, тому в області взаємодії вони ніби розсікаються на сім рівнів і на базі комунікаційної підмережі мають структуру, зображену на рис. 3.5. Паралельно в системі реалізується ієрархія протоколів, що підтримує прикладні процеси керування мережею. Ці протоколи можуть бути такими самими, як і в ієрархії, що підтримує прикладні процеси користувачів, але можуть і відрізнитися від них. Усі рівні в системі зв'язані процесом керування системою.

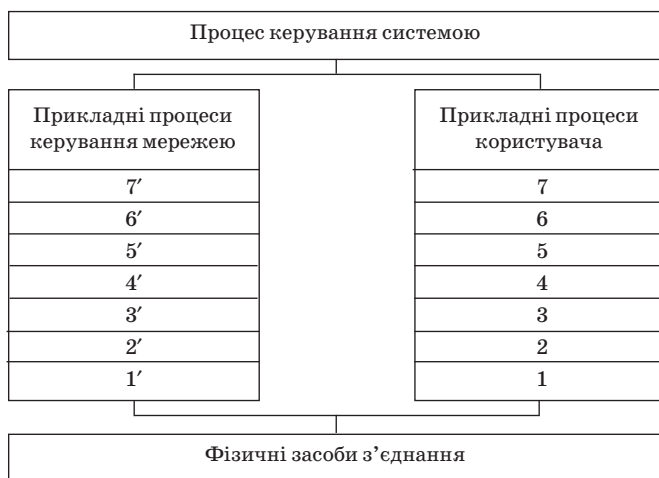


Рис. 3.5. Структура абонентської та адміністративної систем

Якщо є така можливість, то слід звільнити користувальницьку ЕОМ абонентської системи від виконання функцій області взаємодії, щоб надати їй можливість ефективно виконувати прикладні процеси. Із цією метою абонентську систему поділяють на дві частини (рис. 3.6): термінальне обладнання та станцію. *Термінальне обладнання* є основною частиною системи, що реалізує прикладні процеси і, якщо є потреба, то й протоколи верхніх рівнів. *Станція* — допоміжна частина системи, вона реалізує протоколи нижніх або всіх рівнів. За кількістю протоколів, що реалізуються, станцію називають каналною, транспортною або абонентською.

Канальна станція виконує протоколи 1 і 2, *транспортна* — протоколи 1–4, *абонентська станція* реалізує всі сім рівнів області ВВС.

Станція та термінальне обладнання з'єднуються каналом або шиною. В обох випадках це з'єднання має бути подано спеціальним фізичним (1) і каналним (2)

протоколами. Перший із них визначає характеристики каналу (шини), а другий описує процедури керування каналом (шиною) і передавання блоків даних. Спеціальні протоколи (1' і 2') не є стандартними прикладами ВВС. Вони залежать від конкретних обраних каналів (шин) і методів зв'язку зі станціями.

Канальна станція (див. рис. 3.6) є найпростішою, оскільки реалізує лише протоколи двох рівнів (1 і 2) взаємодії. Проте ця простота вимагає значного завантаження абонента, який має виконувати функції, що описуються протоколами інших п'яти рівнів.

Ефективною є *абонентська станція*, яка цілком розвантажує термінальне обладнання від виконання функцій, що забезпечують взаємодію в мережі прикладних процесів. Проте у складному термінальному обладнанні часто працюють кілька комплексів прикладних процесів, причому обмін інформацією між ними відбувається через сеансовий рівень. Тому в тих випадках, коли рівень 5 належить станції, робота термінального обладнання залежить від надійності, завадостійкості та пропускної здатності каналу (шини) і станції, що є не завжди прийнятним.

Тому найчастіше використовується *транспортна станція*. Вона виконує всі функції, пов'язані з передаванням інформації між комплексами термінального обладнання через усю комунікаційну підмережу. Що ж до термінального обладнання, то воно забезпечує виконання прикладних процесів, які підтримуються прикладним, представницьким і сеансовим протоколами.

Абонентські системи є основними компонентами інформаційної мережі. Ці системи будуються на основі різноманітних ЕОМ, що виготовляються виробниками різних країн. Тому для кожного типу комутаційної підмережі розробляється абонентський інтерфейс (рис. 3.6), що визначає параметри й процедури взаємодії всіх абонентських систем із комунікаційною підмережею.

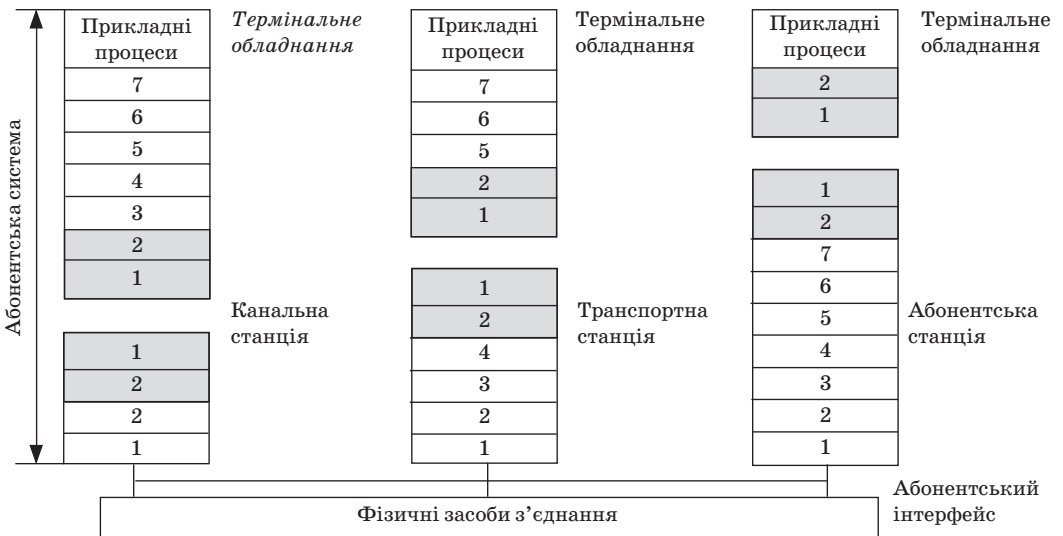


Рис. 3.6. Поділ абонентської системи на термінальне обладнання та станцію

Адміністративна система має ту саму структуру, що й абонентська (див. рис. 3.5, 3.6), але замість прикладних процесів користувачів виконуються прикладні процеси керування мережею або її частиною.

Асоціативна система, на відміну від абонентської та адміністративної, не здійснює обробки інформації для потреб користувачів і керування мережею. Вона призначена для з'єднання в одне ціле частин інформаційних мереж і забезпечення взаємодії цих мереж між собою.

За характеристиками об'єднаних частин мереж або цілих мереж розрізняють чотири типи асоціативних систем (рис. 3.7). Найскладнішою з них є **шлюз**. Він забезпечує взаємодію двох або більше інформаційних мереж із різними наборами протоколів семи рівнів. Так, на рис. 3.7 показано два набори: 1' – 7' і 1'' – 7'', зв'язані спеціальними прикладними процесами. Ці процеси перетворюють один семирівневий набір протоколів в інший, забезпечуючи необхідну взаємодію.

Слід зазначити, що шлюзи найчастіше використовуються в тих випадках, коли потрібно об'єднати інформаційні мережі, створені за різними фірмовими стандартами. Коли ж проектується група мереж відповідно до стандартів ВВС, доцільним є інший підхід: у мережах, що з'єднуються, протоколи рівнів 4–7 слід реалізовувати однаковими. Це дозволяє для з'єднання мереж використовувати не шлюзи, а більш асоціативні системи — **маршрутизатори** та **мости**.

Функція маршрутизатора — забезпечення взаємодії комунікаційних підмереж. Останні характеризуються лише трьома рівнями протоколів. Тому логічна структура маршрутизатора така, як це зображено на рис. 3.7. Як бачимо, маршрутизатор не має протоколів рівнів 4–7 і є прозорим для них. Його завданням є перетворення протоколів трьох нижніх рівнів. Іноді в інформаційних мережах маршрутизатори зв'язують ті частини комунікаційної підмережі, в яких використовуються однакові протоколи рівнів 1–3. Такі маршрутизатори мають назву **вузлів комутації пакетів**. Перетворення протоколів у них не виконується: мережні процеси здійснюють лише комутацію та маршрутизацію інформації. У з'єднаних вузлами підмережах має здійснюватись загальна адресація абонентських систем.

Мости (див. рис. 3.7) призначені для з'єднання частин мереж, різноманітних типів каналів передавання даних. Будь-який канал визначається протоколами рівнів 1 і 2, тому логічна структура моста має дворівневу структуру. Канальні процеси в даному разі перетворюють протоколи обох рівнів. У разі використання мостів у з'єднаних підмережах мають бути погоджені структура адреси та розмір кадрів.

Більш складні, або інтелектуальні, мости виконують окрім зазначених функцій також роль фільтрів, що не пропускають пакетів, не адресованих іншій частині мережі.

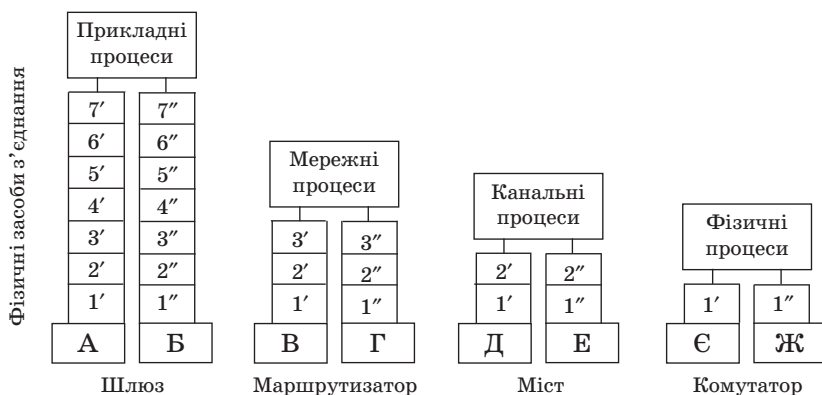


Рис. 3.7. Типи асоціативних систем

У кожному інтелектуальному мості міститься невеличка база даних, до якої вносяться адреси систем обох підмереж і контрольна сума, призначена для перевірки кадру, що використовується не тільки на вході моста, а й на його виході. Це дозволяє запобігати появі помилок усередині моста. Завдяки простоті виконуваних функцій застосовуються мости з відносно нескладною структурою, вони працюють з високою швидкістю. Форматів передаваних блоків даних і розмірів цих блоків мостів не змінює.

Мости не мають механізмів керування потоками. Тому якщо вхідний потік кадрів більший за вихідний, то буфери переповнюються і «надлишкові» кадри викидаються. Нерідко кадри, що протягом встановленого інтервалу часу не могли бути передані, також ліквідуються.

Мости можуть з'єднувати значну кількість мереж. Проте слід уникати такого з'єднання, при якому з'являються петельні тракти (рис. 3.8), оскільки тоді інформація, проходячи послідовно через фізичні засоби з'єднання і мости M_1, M_2, M_3 , може нескінченно циркулювати по утвореному колу.

Водночас схеми з'єднання мереж, подібні до зображеної на рис. 3.8, можуть застосовуватися для забезпечення високої надійності взаємодії мереж. Так, один із мостів під час нормальної роботи може вимикатися, а вмикатися тільки в тому разі, коли один із двох інших мостів вийшов із ладу.

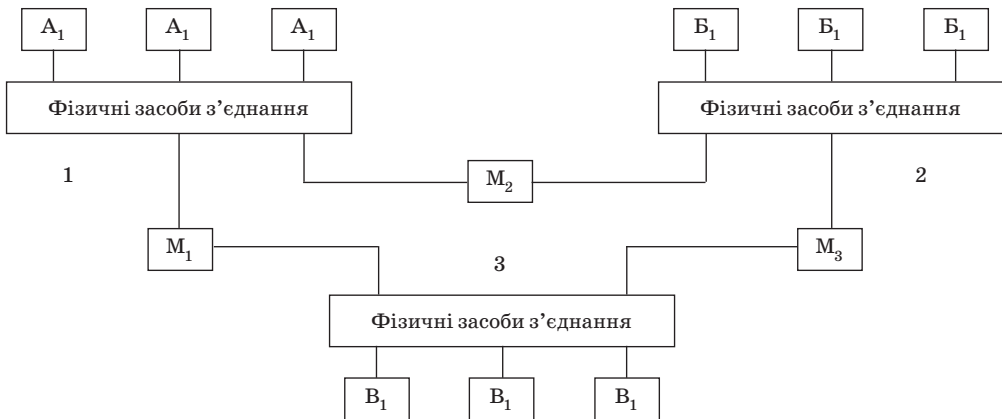


Рис. 3.8. Група мереж, з'єднаних мостами

Отже, асоціативні системи реалізують міжмережні, мережні, каналні та фізичні процеси. Вони виконують різні функції, зокрема й перетворення, потрібні для з'єднання частин мереж або цілих мереж.

Об'єднання мереж здійснюється з установленням з'єднання або без нього. Об'єднання з установленням з'єднання дає змогу заздалегідь розподіляти буфери та інші ресурси системи. У цьому разі забезпечується просте й надійне керування потоками інформації, що проходять з однієї мережі в іншу, а також здійснюються повідомлення про втрату блоків даних і упорядкування послідовностей цих блоків. Проте організація і підтримка міжмережних з'єднань потребує виконання складних протоколів.

Об'єднання мереж без установлення між ними з'єднань характеризується простою протоколів і високою швидкістю роботи асоціативної системи. Проте цей спосіб не має тих переваг, які притаманні об'єднанням з установленням з'єднань

ня. Тому для забезпечення високоякісного передавання інформації абонентські системи обох мереж повинні мати потужні версії транспортних протоколів.

Згідно зі сказаним при об'єднанні мереж використовуються дві моделі. Перша з них — *протокольна* — характеризується тим, що у верхній частині мережного рівня розташовується міжмережний протокол. Завдяки його наявності обидві об'єднані мережі можуть працювати практично як одна спільна мережа. При цьому асоціативна система забезпечує комутацію інформації, що проходить через систему.

Другою моделлю об'єднання мереж є *естафетна*. У такій моделі міжмережний протокол практично відсутній і передавання керуючої інформації через асоціативну систему не відбувається. Через це в кожній мережі має проводитися розпізнавання глобальних адрес, на основі якого вибираються маршрути передавання інформації.

3.7. Мережні служби

Мережні служби є найважливішим компонентом ВВС, який безпосередньо забезпечує функціонування та взаємозв'язок великої кількості різних прикладних процесів. Значущість і ефективність будь-якої мережі залежить головним чином від функціонування цих служб.

Широке використання інформаційних мереж потребує розвитку методології забезпечення розподілу обробки інформації, що здійснюється одночасно множиною абонентських систем. Із цією метою Європейська асоціація виробників електронних машин запропонувала *модель розподіленого сервісу* — *стратегічне інформаційне керування (Strategical Information Management — SIM)*. У моделі на рис. 3.9 розглядаються три функціональні блоки системи: *користувач, клієнт і прикладні програми*.

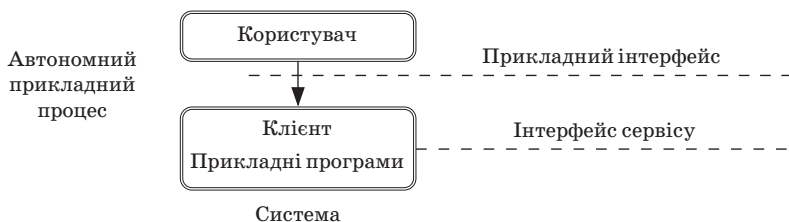


Рис. 3.9. Структура місцевого сервісу

Користувач відповідно до наданого йому прикладного інтерфейсу взаємодіє зі своїм клієнтом, який має безпосередній зв'язок із прикладними програмами. Прикладний інтерфейс розробляється найбільш зручним для користувача.

Інтерфейс сервісу вибирається стандартним і враховує необхідність зручних форм різних видів сервісу прикладних програм.

Тому завданням клієнта є забезпечення взаємного перетворення одного інтерфейсу в інший. Завдяки цьому користувач здійснює ефективну взаємодію з прикладними програмами.

Європейська асоціація виробників електронних машин розглядає передусім завдання, пов'язані з наданням таких видів розподіленого сервісу, як електронна пошта, робота з файлами, пошук і видача інформації. Модель розподіленого сервісу, як і базова еталонна модель ВВС, базується на семирівневому розподілі області взаємодії відкритих систем. Модель розподіленого сервісу використовує

модульність структури прикладних процесів. Це дозволяє розробляти на її основі методологію і стандартні інтерфейси, що забезпечують ефективну взаємодію багатьох груп прикладних процесів.

Характерні особливості цієї моделі такі:

- розгляд інформаційних ресурсів як єдиного цілого, що являє собою суму окремих складових;
- забезпечення зручності роботи користувача з ресурсами;
- надання засобів для навчання користувача мережної технології;
- зручне схематичне зображення наявних інформаційних ресурсів;
- відображення різноманітних функціональних комплексів складних ресурсів;
- аналіз ефективності структур інформаційних ресурсів.

Мережною службою називають один або групу функціональних блоків, що забезпечують незалежну від типу мережі взаємодію прикладних процесів. Як правило, мережна служба охоплює прикладний, представницький і сеансовий рівні. Іноді мережна служба будується на основі складного функціонального блока, що охоплює кілька рівнів. Прикладом такої служби є система керування повідомленнями (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Мережні служби МОС

Мережна служба і прикладний процес, що залежать одне від одного, називаються *мережним ресурсом*.

3.8. Фізичний рівень

Інтерфейси фізичного рівня призначені для приєднання пристроїв користувача до ліній зв'язку. Щоб виконати цю важливу функцію, опис більшості інтерфейсів фізичного рівня має містити характеристики чотирьох видів [3]: електричні, функціональні, механічні, процедурні.

Електричні характеристики описують рівні напруги (або струму) і часові характеристики сигналів, які подають 0 або 1.

Функціональні характеристики стосуються функцій, що їх виконує фізичний інтерфейс. У більшості протоколів фізичного рівня ці функції класифікуються як функції керування, синхронізації, передавання даних і заземлення.

Механічні характеристики описують інтерфейсні роз'язки та проводи. Зазвичай усі проводи для передавання даних, сигналізації та керування збираються в один кабель.

Процедурні характеристики відбивають дії, які мають здійснювати з'єднувачі, і послідовність дій при передаванні даних через інтерфейс.

Кінцеве устаткування даних звичайно приєднується до АКД за допомогою стандартного інтерфейсу RS-232-C. Роль КУД найчастіше відіграє пристрій кінцевого користувача, наприклад термінал або ЕОМ. Апаратура каналу даних забезпечує з'єднання КУД із лінією зв'язку. Інтерфейс RS-232-C описує чотири функції: визначення керуючих сигналів, що проходять через інтерфейс; пересилання даних користувача через інтерфейс; передавання тактових сигналів для синхронізації потоку даних; формування електричних характеристик інтерфейсу.

3.9. Канальний рівень

Канальні протоколи керують усім комунікаційним трафіком у каналі. Наприклад, якщо комунікаційний порт обслуговує кілька користувачів, які мають до нього доступ, то протокол керування каналом (ланкою даних) відповідає за те, щоб дані всіх користувачів були передані без помилок у вузол приймання каналу. Вузол комутації (ВК) звичайно не «усвідомлює» того, що дані, передані каналом, належать багатьом користувачам.

Протоколи керування каналом, здійснюючи зв'язок, виконують три строго визначені етапи:

1) **установлення зв'язку**. Якщо АКД має фізичне з'єднання з віддаленою АКД, то ВК підтверджує встановлення зв'язку з віддаленим ВК, щоб гарантувати готовність обох систем до обміну даними;

2) **передавання інформації**. Виконується обмін даними користувача каналом зв'язку між двома пристроями. ВК здійснює контроль можливих помилок передавання та надсилає підтвердження передавальному пристрою;

3) **закінчення зв'язку**. ВК припиняє керування каналом. Це означає, що дані не можуть передаватися доти, доки зв'язок не буде відновлено. Як правило, ВК підтримує канал в активному стані доти, доки користувачі мають намір проводити обмін даними.

Один із поширених підходів до керування каналом зв'язку полягає у використанні протоколу *первинний/вторинний*, або *головний/підпорядкований*. За первинний вузол у каналі править один із пристроїв КУД або АКД. Первинний (головний) вузол (зазвичай ЕОМ) керує всіма іншими станціями, приєднаними до каналу, і визначає, коли і які пристрої можуть обмінюватися даними.

Другий відомий підхід реалізується на основі *рівнорангового протоколу*, коли первинний вузол не передбачено, а статус усіх вузлів каналу однаковий. Проте вузли можуть і не мати рівноправного доступу в мережу, оскільки їм може бути попередньо призначено різні пріоритети. Усе ж відсутність первинного вузла, як правило, забезпечує однакові можливості використання мережних ресурсів. Рівнорангові системи часто знаходять застосування в локальних обчислювальних мережах із кільцевою, шинною або стільниковою топологією, а також у деяких гібридних системах.

3.9.1. Система опитування/вибір

Прикладом протоколу первинний/вторинний є *система опитування/вибір* (рис. 3.11).

Конфігурація мережі містить головну ЕОМ у вузлі 1 і термінал у вузлі 2. Можуть бути й інші конфігурації (наприклад, багатоточкові з'єднання або кільцева топологія).

Принцип системи опитування/вибір такий самий, як і тоді, коли ЕОМ з'єднано з іншими ЕОМ. Як і в разі терміналів, можна застосовувати первинні/вторинні ЕОМ.

У системі опитування/вибір використовуються дві команди: опитування і вибір. Призначення команди *опитування* — передавання даних первинному вузлу з вторинного. Призначення команди *вибір* протилежне — передавати дані з первинного вузла вторинному. Найостанніші протоколи цієї команди не використовують, оскільки головний вузол під час установаження з'єднання резервує в приймачі ресурси й буфери і дані можуть надсилатися на розсуд головного вузла.

Система опитування/вибір звичайно існує як деяка впорядкована форма відношення первинний/вторинний. Опитування і вибір є основними командами, потрібними для передавання даних у будь-який вузол каналу або мережі. Розглянемо, як це відбувається (рис. 3.11, а). Команда *опитування* надсилається з первинного вузла у вторинний. Фактично *опитування* означає запитання до вторинного вузла: «Чи є у вас дані для мене?» Якщо дані є і готові до передавання, то вони надсилаються у вузол, що здійснює опитування. Первинний вузол контролює, чи немає помилок, і надсилає АСК (якщо помилок немає) або НАК (якщо вони є). Ці дві події (передавання даних і АСК/НАК) можуть відбуватися багато разів доти, доки у вторинному вузлі не залишиться даних, які слід передати. Після цього вторинна станція має надіслати повідомлення про те, що вона закінчила передавання, наприклад код кінця передавання ЕОТ або деякий біт у керуючому полі.

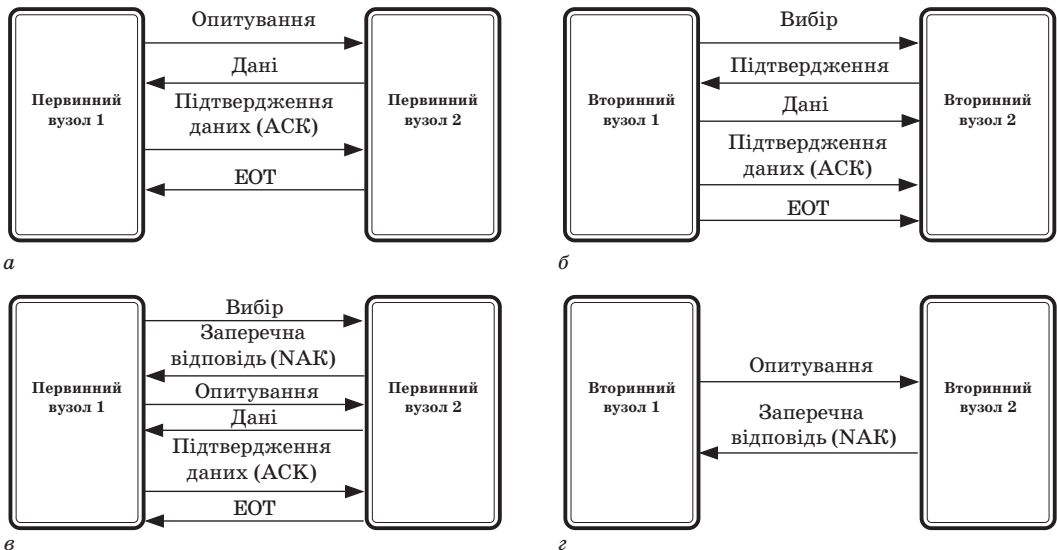


Рис. 3.11. Системи опитування/вибір: а — послідовність опитування; б — послідовність вибору; в — послідовність опитування/вибору; г — отримання негативного результату опитування

Послідовність виконання команди *вибір* ілюструє рис. 3.11, б. Ця команда означає: «Вторинний вузол, я вибираю вас, оскільки в мене є для вас дані. Ви можете прийняти?» Підтвердження АСК у відповідь на вибір означає: «Так, я вільний і готовий прийняти ваші дані». Дані передаються та перевіряються на наявність помилок, і їх прийом підтверджується. Процес може повторюватися доти, доки не надійде керуюче повідомлення ЕОТ, що означає: «У мене немає більше трафіка для передавання».

Зауважимо, що на рис. 3.11, в процес опитування/вибору поданий в ускладненому вигляді. Команда *вибір* передається у вторинний вузол, але він дає заперечну відповідь НАК. Зміст цього діалогу такий: «Вторинний вузол, у мене є дані для вас, ви можете прийняти?» Відповідь: «Ні, не можу». Існує багато причин, через які вузол не може вести приймання: він може бути зайнятий виконанням інших завдань, не мати потрібного обсягу пам'яті для приймання даних, у ньому можуть перебувати дані для передавання в первинний вузол тощо. Система опитування/вибір розв'язує проблему ініціювання опитування первинним вузлом, що дає змогу вторинному вузлу надіслати дані й очистити свої буфери.

Події, що відбуваються в системі опитування/вибір, коли на опитування вторинний вузол відповідає заперечно, ілюструю рис. 3.11, г. У цьому разі в системі використовується НАК для повідомлення про негативну реакцію на опитування. Маємо такий діалог: «Вторинний вузол, у вас є дані для мене?» Відповідь НАК означає: «Ні, немає». У нових системах повідомлення про можливість приймання або передавання називається *Готовий до приймання* (receive ready), а про неможливість — *Не готовий до приймання* (receive not ready).

Недоліком системи опитування/вибір є наявність кількарізних відповідних реакцій на опитування, що може призводити до споживання значних ресурсів каналу. Ефективніший підхід полягає у використанні динамічних таблиць опитування/вибір. Якщо під час опитування терміналу він не відповідає після певної кількості спроб, то його пріоритет у таблиці опитування знижується. Отже, він обслуговується та опитується. Пріоритет станції, яка не реагує, знижується, а ті пристрої, що позитивно реагували на опитування, просуваються нагору в таблиці пріоритетів.

3.10. Мережний рівень

Мережний рівень забезпечує прокладання через комутаційну підмережу віртуальних каналів між системами, що взаємодіють.

Віртуальний канал — це такий спосіб функціонування компонентів мережі, що створює об'єктам, котрі взаємодіють, ілюзію прокладання між ними (тільки між ними) потрібного тракту. На цьому рівні також забезпечується керування потоками передаваних блоків даних, названих пакетами [2–4].

Алгоритм маршрутизації — протокол мережного рівня, що керує пакетами під час їхнього руху в підмережі до необхідного місця призначення. Моменти часу, коли ухвалюються рішення про вибір маршруту, залежать від того, що використовує мережа — *дейтаграмне передавання* чи *віртуальні з'єднання*.

У мережі з *віртуальними з'єднаннями* маршрут вибирається при встановленні кожного віртуального з'єднання. Алгоритм маршрутизації застосовується з метою вибору мережі для даного віртуального з'єднання. Усі пакети віртуального з'єднання послідовно використовують цей шлях аж до моменту, коли дане віртуальне з'єднання закінчує своє існування або коли для даного з'єднання з будь-яких причин вибирається інший маршрут (рис. 3.12).

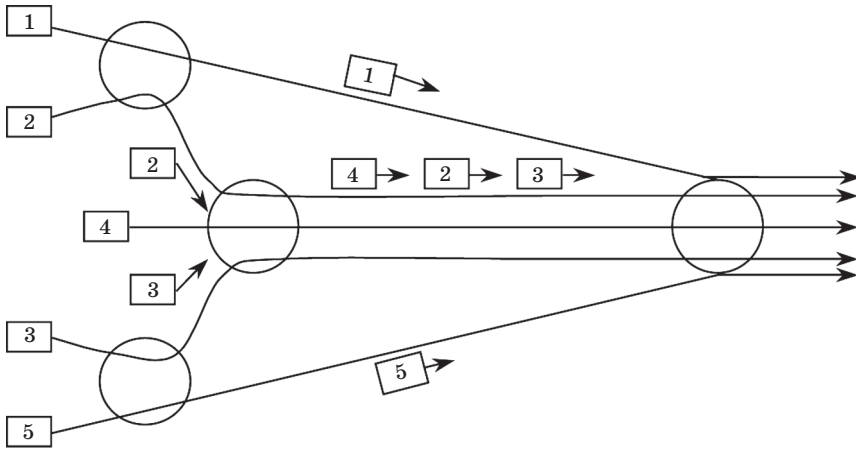


Рис. 3.12. Маршрутизація в колі з віртуальними каналами (\overline{n} → пакет від користувача n)

Усі пакети кожного віртуального каналу використовують один і той самий шлях. Рішення щодо вибору маршруту ухвалюється при встановленні з'єднання. При цьому використовується досить складний набір алгоритмів, які працюють більш-менш незалежно, хоча й обмінюються інформацією. Складність маршрутизації зумовлена низкою причин.

По-перше, вона потребує координації роботи всіх вузлів підмережі, а не тільки однієї пари модулів, як, наприклад, у протоколах каналного і транспортного рівнів.

По-друге, система маршрутизації має бути нечутливою (інваріантною) до виходів із ладу ліній або вузлів шляху переспрямування трафіку та відновлення бази даних, що використовуються системою.

По-третє, для досягнення найкращих характеристик алгоритм маршрутизації може змінити маршрути, коли деяка область мережі перевантажена [8; 9].

Існують *два основні аспекти завдання маршрутизації*.

Перший стосується вибору маршрутів для досягнення найкращих характеристик. На практиці широко застосовуються алгоритми найкоротшого шляху або, у разі потреби, використовуються складніші алгоритми, що дозволяє досягти характеристик, близьких до оптимальних.

Другий аспект завдання маршрутизації полягає в поширенні між усіма вузлами мережі інформації, необхідної для вибору маршрутів (включаючи інформацію про вихід із ладу і відновлення лінії та вузлів).

Дві головні функції, що їх виконує алгоритм маршрутизації, такі: вибір маршрутів для різних пар відправник–адресат і забезпечення правильного доставляння повідомлень адресатам після вибору маршрутів. Друга функція здійснюється з використанням різних протоколів і структур даних (маршрутних таблиць).

Алгоритм маршрутизації істотно впливає на дві основні характеристики — *пропускну здатність* (кількість обслуговувань) і *середню затримку пакета* (якість обслуговування). Маршрутизація взаємозв'язана з керуванням потоками при визначенні характеристик за допомогою механізму зворотного зв'язку, показаного на рис. 3.13. Порівняно малий трафік, що надходить у підмережу від зовнішніх джерел, повністю приймається мережею. У такому разі пропускна здатність не менша за навантаження, що надходить.

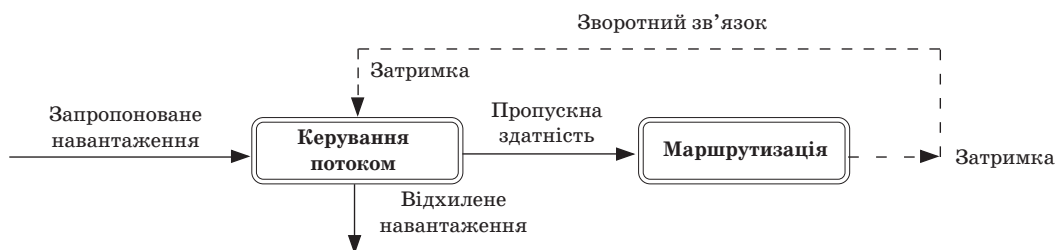


Рис. 3.13. Взаємозв'язок між маршрутизацією і керуванням потоком

Якщо навантаження надмірно велике, то частина його відхиляється алгоритмом керування потоками, тобто в цьому разі *пропускна здатність дорівнює навантаженню, що надходить, за відкиданням відхиленого навантаження*.

Трафік, прийнятий мережею, матиме середню затримку пакетів, яка залежить від маршрутів, вибраних алгоритмом маршрутизації. Проте на пропускну здатність істотно впливає також алгоритм маршрутизації, оскільки алгоритм керування потоками діє зазвичай на основі підтримки балансу між пропускну здатністю та середньою затримкою. Наприклад, навантаження, що надходить, не приймається, тільки-но затримка стає занадто великою. Тому якщо алгоритму маршрутизації вдається більш успішно підтримувати малу затримку, то алгоритм керування потоками дозволяє приймати в мережу більше трафіку. Хоча точний баланс між затримкою та пропускну здатністю встановлюється алгоритмом керування потоками, ефективна маршрутизація в умовах великого запропонованого трафіку дає кращу залежність *затримка–пропускна здатність*, за якою діє алгоритм керування потоками.

Існує кілька способів класифікації алгоритмів маршрутизації [1]. Один із них полягає в поділі всіх алгоритмів на централізовані та розподілені. У *централізованих* алгоритмах вибір усіх маршрутів здійснюється в центральному вузлі, а в *розподілених* — у вузлах мережі. При цьому вузли обмінюються інформацією в разі потреби. Зауважимо, що часто така класифікація стосується реалізації, а не математичного опису алгоритму. Цілком можливо, що на деякому рівні математичного опису розподілені та централізовані алгоритми стають еквівалентними.

Інші види алгоритмів маршрутизації будуються на тому, чи змінюються маршрути залежно від інтенсивності вхідних потоків. У *статистичних* алгоритмах маршрутизації шлях, що використовується кожною парою відправник–адресат, фіксований і не залежить від коливань трафіку. Він може змінюватися тільки в разі виходу з ладу якогось вузла або лінії. Використовуючи алгоритми цього типу, не можна досягти великої пропускну здатності за наявності значних варіацій вхідного трафіку. Такий спосіб маршрутизації рекомендується застосовувати або для мереж із досить простою структурою, або коли ефективність роботи мережі невисока.

Для більшості основних мереж із комутацією пакетів використовуються різновиди *адаптивної маршрутизації*, яка означає, що шлях від відправників до адресатів для нового трафіку змінюється залежно від наявності перевантаження.

Якщо в результаті зміни статистики вхідного трафіку на окремих ділянках мережі виникають перевантаження, то алгоритм маршрутизації має змінити маршрути, спрямувавши потоки обхідними шляхами.

Сьогодні застосовується багато алгоритмів маршрутизації, які залежно від призначення мереж різняться ступенем складності й ефективності.

3.11. Транспортний рівень

Протокол транспортного рівня ВВС після багатьох років інтенсивних розробок став зрештою (1984 р.) міжнародним стандартом МОС. Як уже зазначалося, завданням транспортного рівня є надання прозорого й надійного механізму передавання даних між абонентами для сеансового та інших вищих рівнів (користувачів). Цей рівень користується послугами нижчого мережного рівня, завдяки чому вищі рівні захищені від процедур мережних з'єднань і не зазнають негативного впливу через різноманітність застосовуваних мереж [6].

Щоб реалізувати різні типи передавання даних, що можуть знадобитися як на транспортному рівні, так і в роботі різних мереж, транспортний протокол ВВС передбачає п'ять позначуваних номерами 0, 1, 2, 3 і 4 класів з'єднань.

Схарактеризуємо ці класи, спираючись на відповідну Рекомендацію МСЕ.

Клас 0 прийнятний для транспортних послуг в терміналах телетекст. Це найпростіше транспортне з'єднання, для якого визначено мінімум функцій. Вважається, що його мережне з'єднання забезпечує ймовірність помилок, не вищу від заданої, а також частоту відказів, яка не перевищує припустимої. Для цього класу транспортного протоколу слід тільки встановити просте транспортне з'єднання між користувачами, а у фазі передавання даних забезпечити при потребі можливість сегментування повідомлень. Він не передбачає відновлення при збоях і не дає змоги об'єднати кілька транспортних з'єднань в одному мережному з'єднанні. У разі виникнення збоїв мережний рівень сигналізує про це, і сигнали передаються на вищі рівні для вжиття відповідних заходів.

Клас 1 також простий, але має можливості відновлення при збоях. Збої можуть статися через роз'єднання або пошкодження в мережі, через прийом блока даних невідомого транспортного з'єднання тощо.

Класи 2, 3, і 4 складніші, вони мають більші функціональні можливості стосовно задоволення конкретних вимог до послуг, подолання труднощів або збоїв, які можуть виникнути, якщо знизиться надійність мережних з'єднань. Прикладами таких можливостей можуть бути об'єднання кількох транспортних з'єднань в одному мережному з'єднанні, розподіл одного транспортного з'єднання між кількома мережними з'єднаннями та відновлення при збоях, про які сигналізує мережа.

Вибір класу визначається якістю обслуговування, що її запитує користувач транспортної послуги, а також нижчим мережним з'єднанням (або з'єднаннями), що надає необхідні послуги. Стандарт транспортного протоколу (ТП) визначає три типи — А, В і С — мережних з'єднань, які можуть використовуватися в поєднанні з різними класами.

Тип А — це мережне з'єднання з прийнятною ймовірністю помилок і прийнятною інтенсивністю збоїв, про які надходять сигнали у транспортний протокол, тобто основне з'єднання передбачається високоякісним: пакети не губляться і не порушується їхня послідовність, а отже, немає потреби передбачати на транспортному рівні послуги відновлення після збоїв, інформування про втрату даних, відновлення послідовності тощо. Це той тип мережного з'єднання, за яким працює клас 0. Прикладом застосування може бути мережа з послугами віртуальних каналів на мережному рівні.

Особливістю мережних з'єднань **типу В** є прийнятна ймовірність помилок, але неприйнятна інтенсивність надходження сигналів про пошкодження. За таких умов транспортний протокол має передбачати відновлення з'єднання після збоїв. Як уже зазначалося вище, до цієї категорії належить клас 1.

Мережним з'єднанням *типу С* притаманна частота збоїв, неприйнятна для користувача транспортної послуги. Транспортний протокол для цього типу має передбачати можливість виявлення мережних збоїв і відновлення з'єднання, виявлення та виправлення порушень послідовності, дублювання, надсилання даних за неправильною адресою тощо. За цих умов мережна послуга може бути порівняно низької якості, але протокол має забезпечити користувача транспортних послуг від труднощів, пов'язаних із цим. Прикладами таких мереж є деякі види локальних мереж, дейтаграмні мережі з пакетами, що можуть надходити з порушенням послідовності, міські мережі з мобільними вузлами, пакетні радіомережі із завмираннями.

Протокол класу 4 розраховано на роботу зі з'єднаннями типу *С*, протокол класу 2 — на роботу з мережними з'єднаннями типу *А*. Протокол класу 2, який передбачає надійне мережне з'єднання, не потребує, на відміну від протоколу класу 4, передавання у фазі з'єднання блока даних для підтвердження. Клас 2 дає можливість об'єднання, чого клас 0 не передбачає. Протокол класу 3 розраховано на роботу зі з'єднаннями типу *В*, на об'єднання класу 2 та процедури відновлення після збоїв. Вимоги до основних функцій класів транспортного протоколу ВВС наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Вимоги до основних функцій класів транспортного протоколу ВВС

Клас	Тип мережного з'єднання	Вимоги
0	А	Установлення зв'язку
1	В	Усунення збоїв
2	А	Об'єднання
3	В	Усунення збоїв і об'єднання
4	С	Виявлення збоїв та їх усунення

Щоб реалізувати головну функцію транспортного протоколу — надання надійного з'єднання типу *В* від початку до кінця для передавання даних між користувачами, необхідно мати у своєму розпорядженні відповідні послуги з керування. Тому послуги транспортного рівня можна подати у вигляді двох основних груп: *керування транспортним з'єднанням*, відповідальним за встановлення з'єднання, а потім роз'єднання; *передавання даних* (зазначимо, що у фазі передавання даних крім нормального передбачається *термінове передавання* даних вищого пріоритету).

Таким чином, на транспортному рівні зв'язку виконуються з'єднання, передавання інформації та роз'єднання. Транспортні послуги поділяються на дві групи — послуги для керування з'єднанням і для передавання даних. У свою чергу, послуги з керування з'єднанням складаються з послуг, необхідних для надання з'єднання від початку до кінця, і для завершення зв'язку або роз'єднання. Передавання даних може бути як нормальним, так і терміновим. Передбачено також вибір передавання без з'єднання, що дає змогу передавати поодинокі блоки даних.

3.12. Сеансовий рівень

У процесі взаємодії абонентів в інформаційній мережі необхідно мати змогу стежити за послідовністю передавання даних та їхньою вірогідністю. Із різних причин будь-який кінцевий абонент може не встигати обробляти повідомлення.

Невідповідність продуктивності процесорів, зміни завантаження спільно використовуваних процесорів, затримки в каналах передавання даних, затримки при зверненні до запам'ятовувальних пристроїв — усі ці чинники призводять до втрати синхронізації. Окрім того, конкретні реалізації різних протоколів розраховано на отримання відповідей у неоднакових умовах. На транспортному та сеансовому рівнях під час сеансу зв'язку виконуються всілякі види обробки, пов'язаної із забезпеченням правильної послідовності передавання даних. Елементи транспортного рівня при цьому керують реальною інтенсивністю потоків між абонентами за допомогою механізму керування темпом передавання.

Елементи транспортного протоколу, як правило, забезпечуються не в загальній мережі передавання даних, а послідовно обробляються за правилом «першим прийшов — першим обслуговуєшся», тому й не втрачаються запити, що надходять у нормальному потоці даних. Решта складної роботи з підтримання вірогідності й правильної послідовності потоків даних виконується на *сеансовому рівні*.

Як зазначалося вище, сеансовий рівень розташовано між представницьким і транспортним. У кожному сеансі зв'язку є елемент сеансового рівня, організований відповідно до особливостей саме цього сеансу. Зазначений елемент разом з елементом транспортного рівня керує потоками даних, пов'язаних із розглядуваним сеансом зв'язку, стежить за точним виконанням угод сеансового рівня, видає кінцевому абоненту інформацію про ті помилки, які не можна усунути на транспортному рівні, і сприяє відновленню роботоздатності при збоях.

Для цього сеансовий рівень, наприклад у перших реалізаціях обчислювальних мереж (*Systems Network Architecture*), виконує моніторні функції, генеруючи такі команди:

- блокування (якщо це необхідно) видачі даних одним кінцевим абонентом на інтервал часу, коли відбувається видача даних іншим;
- об'єднання груп із кількох запитів, що надсилаються в одному й тому самому напрямі, в єдину послідовність запитів із метою формування відповіді на неї в цілому або для відновлення послідовності при збоях;
- утворення кількох наборів умов (наприклад, певна відповідь), за яких видаються відповіді на деякі послідовності запитів або на окремі запити;
- очікування відповідей і керування їх послідовністю;
- об'єднання в робочі групи двонапрямлених обмінів за допомогою обмежувачів (у SNA вони називаються *дужками*);
- призупинення і/або повне припинення передавання нормального потоку даних в одному напрямі сеансу зв'язку.

Сеансовий рівень зорієнтовано на кінцевого абонента.

Зазначимо, що деякі повідомлення передаються окремим — *терміновим* — потоком. При передаванні термінового потоку не обов'язково дотримуватися черговості щодо до нормального потоку.

Сеансовим рівнем в архітектурі SNA визначено три режими видачі-приймання.

1. Тригерний напівдуплекс. У цьому режимі два кінцеві абоненти (КУД) по чергово виступають як джерела запитів. Той КУД, що в даний момент є джерелом запиту, може дозволити іншому КУД стати джерелом запитів, видавши йому індикатор зміни напрямку в заголовку запиту-відповіді. Тригерний напівдуплексний режим — це природний розмовний режим для оператора за клавіатурою. Наприклад, під час друкування виданих ЕОМ даних клавіатуру заблоковано. Сигнал зміни напрямку знімає це блокування, після чого настає черга оператора

для введення даних. Протокол тригерного напівдуплексу застосовується тільки при запитах нормального потоку. Відповіді й термінові повідомлення фактично передаються в дуплексному потоці. Термінові повідомлення можуть використовуватися будь-якими КУД, щоб запросити видачу іншим КУД індикатора зміни напрямку.

2. Напівдуплексний режим зі змаганням. У цьому режимі будь-який КУД може розпочати видачу запиту. Якщо другий КУД не видає запиту одночасно з першим, то їхній стосунок до ролі джерела й одержувача запитів устанавлюється до закінчення послідовності запитів. Після цього обидва КУД знову перебувають у стані змагання. Діалог має бути дозволеним, якщо запит прийнято КУД, який у даний момент видає запит або послідовність запитів. Дозвіл щодо діалогу надається згідно з угодою, устанавленою при ініціюванні сеансу зв'язку. У будь-якому разі один із КУД виходить переможцем. Саме цей режим діалогу надалі реалізується у стільниковій архітектурі.

3. Дуплексний режим. У цьому режимі запити передаються одночасно в обох напрямках, причому відповідні потоки не залежать один від одного. Кореляція потоків відбувається на прикладному рівні. Прикладом дуплексного потоку може бути сеанс зв'язку, що обслуговує множину аналогічних запитів, які надходять від однакових терміналів.

Два режими видачі–приймання ілюструє рис. 3.14. Спостереження за станом кожного потоку відбувається на сеансовому рівні. На цьому самому рівні перевіряється виконання правил обміну та фіксується будь-яке відхилення від цих правил.

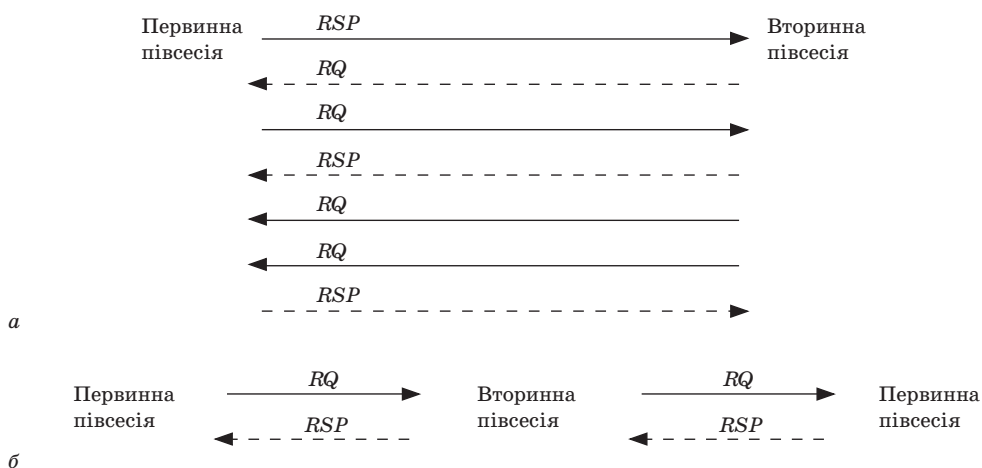


Рис. 3.14. Режими видачі–приймання для сеансу зв'язку двох абонентів (КУД):
 а — тригерний напівдуплексний; б — дуплексний (RQ — запит; RSP — відповідь)

Режими видачі–приймання керують так званими *нормальними потоками* в обох напрямках. Окрім того, існує режим *термінових потоків*, призначений для керування, а не для перенесення власних даних.

Міжнародними організаціями МОС і МСЕ випущено такі документи (стандарти) для сеансового рівня еталонної моделі ВВС: **Визначення сеансової служби ВВС із устанавленням з'єднання (ВВС 8326)** і **Рекомендацію МСЕ X.215; Специфікацію сеансового протоколу, що підтримує сеансову службу ВВС із устанавлен-**

ням з'єднання (ВВС 8327) і Рекомендацію МСЕ Х.225; Специфікацію протоколу для підтримання сеансової служби ВВС без установлення з'єднання. Взаємозв'язок цих стандартів між собою та з іншими стандартами унаочнює рис. 3.15.

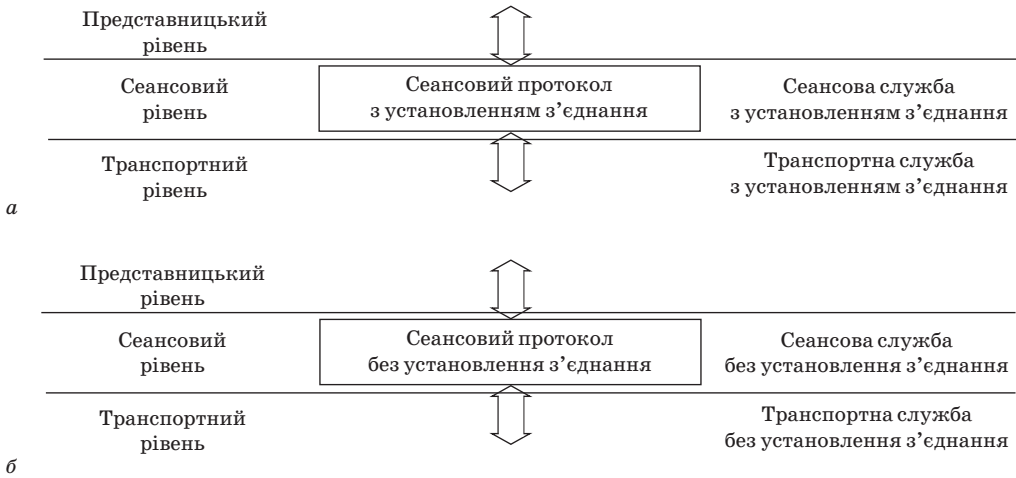


Рис. 3.15. Стандарти сеансового рівня: *a* — з установленням з'єднання; *б* — без установлення з'єднання

Сеансова служба з установленням з'єднання забезпечує засоби організації та синхронізації обміну даними між її користувачами, зокрема для таких процесів:

- установлення сеансового з'єднання з іншим користувачем і обміну даними по цьому з'єднанню та його звільнення;
- узгодження правил використання ознак для обміну даними, синхронізації та звільнення з'єднання, а також організації обміну даними в напівдуплексному і дуплексному режимах;
- установлення точок синхронізації діалогу, а в разі виникнення помилок — відновлення діалогу з узгодженої точки синхронізації;
- переривання діалогу та його подальшого відновлення із заздалегідь узгодженої точки.

Розглянемо основні поняття, що стосуються сеансового рівня.

Ознака — атрибут сеансового з'єднання, який динамічно призначається кожного моменту часу тільки одному користувачеві сеансової служби, що надає йому виключне право викликати певні служби. Розрізняють чотири типи ознаки: *даних, звільнення, допоміжної синхронізації та головної синхронізації.*

Ознака завжди перебуває в одному з двох станів:

- доступності, за якою завжди один користувач може використовувати відповідну службу, причому інший користувач може надалі набути цього права;
- недоступності жодному користувачеві, а отже, у такому разі ніхто не має права використовувати сеансову службу.

Для структуризації обміну даними користувачі сеансової служби можуть вводити головні точки синхронізації, що розбивають процес обміну даними на одиниці діалогу. При цьому процес передавання в межах деякої одиниці діалогу не залежить від передавання в рамках інших одиниць діалогу, а кожна головна точка синхронізації підтверджується явно.

Сеансова служба ВВС без установлення з'єднання надає своїм користувачам можливість розмежування блоків даних сеансової служби обмеженої довжини та

їх прозорого передавання від однієї точки доступу до іншої за один акт доступу до сеансової служби без попереднього встановлення і подальшого звільнення сеансового з'єднання. Із кожним передаванням без установаження з'єднання пов'язана певна якість обслуговування, узгоджена між постачальником сеансової служби та користувачем-відправником, якщо ініційовано сеансову службу без установаження з'єднання.

Сеансова служба без установаження з'єднання містить один функціональний блок, що підтримує службу передавання. Властивості цієї служби, а також мережної і транспортної служб без установаження з'єднання аналогічні. Служба містить два примітиви: *запит* та *індикацію*. Параметри й припустимі послідовності цих примітивів такі самі, як параметри й послідовності в мережній і транспортній службах без установаження з'єднання.

Сеансовий протокол, аналогічний усім протоколам семирівневої моделі ВВС, реалізує три фази: *установаження сеансового з'єднання, передавання даних і роз'єднання*.

Із першою фазою пов'язана тільки одна служба — установаження сеансового з'єднання, використовується для встановлення сеансу зв'язку та узгодження ознак і параметрів з'єднання.

У фазі передавання даних здійснюється обмін даними між двома користувачами сеансової служби. Із передаванням даних пов'язано чотири служби — *передавання нормальних, термінових і службових даних*, а також *служба обміну даними про можливості*.

Остання з названих служб забезпечує обмін невеликих обсягів даних. Вона може бути ініційована тільки за наявності служби керування, причому обмін даними про можливості відбувається до початку сеансу зв'язку.

Із керуванням ознаками пов'язано три служби: *передавання ознак, запиту ознак і передавання керування*. Вони дають змогу користувачеві сеансової служби відповідно віддати одну або кілька сеансових ознак іншому користувачеві, запросити іншого користувача сеансу, щоб передати йому одну або кілька конкретних ознак і віддати всі доступні ознаки іншому користувачеві.

Синхронізацію та повторну синхронізацію здійснюють три служби:

- *служба допоміжних точок синхронізації*, що дає змогу користувачеві сеансової служби відокремлювати потік нормальних і службових даних, передаваних до запиту цієї служби і після нього;

- *служба головних точок синхронізації*, що дозволяє користувачеві сеансової служби обмежувати потік нормальних, службових і термінових даних, передаваних усередині одного діалогу;

- *служба повторної синхронізації*, використовується для встановлення сеансового з'єднання до попередньої або нової точки синхронізації і для повторного визначення доступних ознак (звернення до цієї служби може спричинити втрату інформації).

Для повідомлень про помилки й непередбачувані ситуації використовується *служба особливих сповіщень*. Вона дає змогу повідомляти користувачам про особливі стани або протокольні помилки сеансової служби, а також про настання особливих станів у випадках, коли ознака даних доступна, але не визначена (застосування цієї служби може спричинити втрату інформації).

До керування сеансом зв'язку причетні п'ять служб:

- *служба ініціювання сеансу зв'язку*, використовується для індикації того, що розпочато новий сеанс зв'язку;

● *служба поновлення діяльності*, що забезпечує індикацію та відновлення раніше перерваного сеансу зв'язку;

● *служба переривання сеансу зв'язку*, призначена для аварійного завершення сеансу зв'язку в такий спосіб, щоб сеанс можна було продовжити (застосування цієї служби може спричинити втрату даних, у тому числі й службових);

● *служба анулювання діяльності*, яка дає змогу здійснювати аварійне завершення сеансу зв'язку; при цьому сеанс зв'язку не можна продовжити, але в разі потреби можна відновити;

● *служба закінчення сеансу зв'язку*, використовується для завершення визначених дій і встановлення головної точки синхронізації. Керування цією службою здійснюється за ознакою головної синхронізації сеансу зв'язку.

Застосування служб керування сеансом зв'язку може призвести до такого стану, коли на сеансовому рівні не відбувається жодних дій. Тоді користувач сеансу зв'язку може ініціювати тільки такі служби: *початок сеансу, керування ознаками, обмін даними про можливості, передавання службових даних, передавання звичайних даних, передавання термінових даних, закінчення з'єднання*.

У фазі роз'єднання сеансового з'єднання здійснюється звільнення раніше встановленого з'єднання. Для цього призначено три служби:

● *служба звичайного роз'єднання*;

● *служба роз'єднання з ініціативи користувача*, використовується для ініціювання звільнення сеансового з'єднання (може спричинити втрату звичайних, службових і термінових даних);

● *служба роз'єднання з ініціативи будь-якої зі служб сеансового рівня*, призначена для індикації та роз'єднання із внутрішніх причин (може спричинити втрату звичайних, службових і термінових даних; при цьому анулюється будь-який невиконаний запит служби).

Отже, протокол сеансового рівня має багато різних версій, названих *профілями*. Усі вони певною мірою забезпечують діалог між користувачами.

3.13. Представницький рівень

Служба представницького рівня визначається Рекомендаціями МСЕ X.216, X.226, X.409 та іншими документами.

Призначення представницького рівня — *подання еталонної моделі ВВС*, тобто забезпечення засобів подання інформації, що підлягає передаванню між прикладними об'єктами (користувачами представницької служби), які взаємодіють. Ця інформація виділяється написом «Дані користувача» примітивів представницької служби. Одиниця такої інформації специфікується на рівні абстрактного синтаксису і називається *значенням представницьких даних*.

Абстрактний синтаксис даних — це ті аспекти правил, використовуваних для формальної специфікації даних, що передаються між відкритими системами, які не залежать від застосовуваних методів кодування.

Множина значень представницьких даних називається *абстрактним синтаксисом*, а однозначне ідентифікування цієї множини — *ім'ям абстрактного синтаксису*.

Користувачі представницької служби погоджують між собою припустиму множину абстрактних синтаксисів і повідомляють її представницьким об'єктам. У процесі передавання вони можуть змінити узгоджену множину абстрактних синтаксисів. Для заданої множини цих синтаксисів представницькі об'єкти вибирають взаємоприйнятні синтаксиси передавання.

Синтаксис передавання визначає ті аспекти правил, які регламентують конкретне подання даних, що передаються між відкритими системами. Однозначне подання множини значень представницьких даних як потоку бітів називається *ім'ям синтаксису передавання*.

Відповідність між ім'ям абстрактного синтаксису та ім'ям синтаксису передавання називається *представницьким контекстом*.

Дві основні функції представницького рівня такі: узгодження синтаксису передавання, що виконується представницьким протоколом, і перетворення кодів між абстрактними синтаксисами передавання в рамках представницького об'єкта.

Якщо узгоджена між користувачами та представницькою службою множина представницьких пакетів (названа *множиною визначених контекстів*) порожня, то використовується контекст, що задається за замовчуванням.

Контекстом за замовчуванням називається представницький контекст, завжди відомий службі подання та двом користувачам. Контекст за замовчуванням використовується завжди при передаванні термінових даних. Його можна визначити з використанням послуги встановлення представницького з'єднання (але не можна змінити в разі використання інших послуг) або встановити за попереднім узгодженням.

Представницький протокол забезпечує представницьку службу, при цьому використовується сеансова служба з установленням з'єднання. У протоколі визначено: процедури передавання даних і керуючої інформації між представницькими об'єктами; засоби вибору процедур, що використовуються представницькими об'єктами; структуру та правило кодування блоків даних, які застосовуються для передавання даних і керуючої інформації.

3.14. Прикладний рівень

Прикладний рівень має безпосередній зв'язок із прикладними процесами: він приймає від них запити й забезпечує їх необхідним обслуговуванням, що надається всією областю ВВС. Відповідно до цього прикладний рівень виконує складний набір різноманітних (відповідно до запитів процесів) функцій [1; 2].

Стандарти прикладного рівня визначають:

- концептуальну схему рівня, що містить модель сервісу, наданого процесам, і операції, які при цьому слід виконувати;

- предметну область, тобто засоби для забезпечення взаємодії прикладних процесів;

- функції та мови для задоволення запитів прикладних процесів.

Згідно з цим на прикладному рівні виконуються такі операції:

- відкриття портів для прикладних процесів і встановлення асоціації з іншими процесами;

- закриття портів і ліквідація асоціації;

- запит на передавання блоків даних;

- надання кожному з процесів черги на передавання, здійснення передавання блоків даних;

- синхронізацію передавання інформації;

- керування надзвичайними ситуаціями.

Програма стандартів прикладного рівня передбачає розробку основних прикладних протоколів, необхідних для взаємодії абонентських систем.

У рамках ВВС визначено такі мережні служби:

- DTP (ВВС 10026) — розподілена обробка трансакцій;
- FTAM (ВВС 8571) — керування, доступ і передавання файлів;
- JTM (ВВС 8832/3) — передавання та маніпуляція завданнями;
- MMS (ВВС 9506) — специфікація виробничих повідомлень;
- NM (ВВС 9595/96) — керування мережею;
- ODA (ВВС 9613) — обробка установчих документів;
- RDAF (ВВС 9576) — віддалений доступ до бази даних;
- Motis (ВВС 10021) — обмін текстів, орієнтованих на повідомлення;
- VTP (ВВС 9040) — протокол віртуального терміналу.

Зауважимо, що при створенні *асоціації мережних служб* виконується встановлена низка процедур початку взаємодії. Під час роботи асоціації сервісний елемент виконує функції, що дають змогу прикладним процесам не відчувати «розподілу» обробки інформації. Крім того, аналізований елемент забезпечує впорядкований вхід/вихід мережних служб з асоціації.

Для зручності роботи з файлами вводиться поняття *віртуального файлоховища*, яке відбиває властивості реальних файлоховищ електронних машин різноманітних типів (рис. 3.16). У віртуальному файлоховищі створюються, модифікуються, об'єднуються, роз'єднуються та знищуються найрізноманітніші файли.

Файл складається з однієї або кількох груп наборів даних, які перебувають у сховищі.

Атрибутами файла є відомості, що виділяють файл із множини інших файлів. До атрибутів файла, насамперед, належать його ім'я, тип вмісту, дата і час створення, прізвище оператора, розмір, дозвіл на використання.

Атрибути функціонування визначають режими роботи з файлами, наприклад пароль доступу, метод обробки, форму керування суперництвом користувачів.

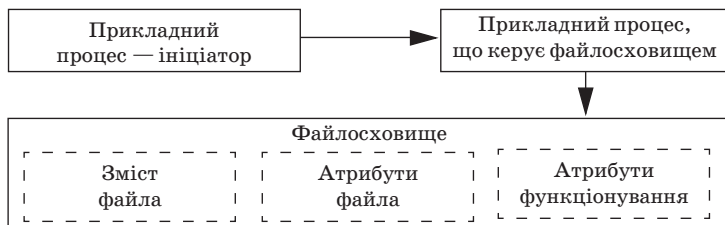


Рис. 3.16. Спрощена модель роботи з файлами

Користувачеві (ініціаторові) пропонуються чотири види сервісу:

- створення асоціації прикладних процесів;
- пошук і вибір файла;
- доступ до вмісту файла;
- пересилання файла.

Режим *відкриття файла* забезпечує функції його створення та ліквідації. Для передавання файла використовується режим *передавання даних*, в якому відбуваються зчитування, передавання та запис файла.

Служба **JTM** (*передавання та маніпуляція завданнями*) забезпечує виконання в мережі завдань, підготовлених відповідно до вимог стандартів ВВС. Такі завдання називають *віртуальними*. Вони виконуються паралельно або послідовно в

усіх призначених для цього абонентських системах мережі. У цьому сенсі розглядувана служба відіграє стосовно мережного завдання роль операційної системи обробки інформації.

У процесі роботи із завданнями можуть виникати різноманітні збої: припинення взаємодії, перевантаження, тупикові ситуації. Підслужба мережної служби ЖТМ, яку називають *ССР* (цілісність, одночасність і відновлення), стежить за виконуваною роботою і ліквідує збої.

Служба *Motis* (обмін текстами, орієнтованими на повідомлення) забезпечує прийом, зберігання та передавання адресатам документів будь-якого виду, тобто це електронна пошта між користувачами інформаційної мережі.

Служба *ODA* (архітектура засновницьких документів) опікується обробкою документів, що містять текст, таблиці й графічний матеріал. Забезпечує виконання процедур обробки інформації, що дозволяє наявні дані перетворювати в необхідний документ.

Служба *VTP* (протокол віртуального терміналу) забезпечує доступ до всіх прикладних процесів інформаційної мережі. Використовується абстрактний віртуальний термінал. Тому реальні термінали, що працюють в абонентських системах, мають бути відображені у віртуальні. Вочевидь, будь-який термінал має реальні характеристики — екран, клавіатуру, набір і послідовність команд. Тому в абонентській системі має бути функціональний блок, що перетворює ці характеристики в такі, які застосовуються у віртуальному терміналі.

Стандарти VTP визначають три класи віртуальних терміналів: основний, бланків і графічний. В основному класі використовується набір символів, організований в одно-, дво- і трирозмірний (багатосторінковий) масив даних. Кожному символу відповідає атрибут, що вказує на яскравість, колір та інші характеристики символа. У класі бланків термінал працює з набором таблиць. Графічний клас використовується для керування графічними зображеннями на екрані терміналу.

Протокол віртуального терміналу надає користувачам широкі можливості діалогу з прикладними процесами за допомогою стандартного набору команд, наприклад: очистити від зображення екран терміналу, установити курсор (мітку) у зазначеному місці, записати на екран задану інформацію.

У сучасних мережах також використовуються допоміжні мережні служби. До них, насамперед, належать EDI та Directory.

Служба *EDI* (електронний обмін даними) містить набір міжнародних стандартів, що визначають синтаксис, елементи даних і структуру будь-яких (комерційних і ділових) повідомлень. Цей набір не залежить від основних мережних служб, таких як FTAM.

Служба *Directory* (довідник) дозволяє визначати місцезнаходження необхідної основної мережної служби за її ім'ям завдяки відображенню логічних імен і адрес у фізичні. Для виконання цього завдання мережні служби, що надають ресурси широкому колу користувачів, мають бути зареєстровані в аналізованому електронному довіднику.

Рекомендація X.500 визначається групою стандартів, що описують правила взаємодії систем для підтримання довідкового сервісу. Аналізований довідник має свою спеціальну інформаційну базу даних.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які функції виконує мережна архітектура систем?
2. Поясніть призначення рівневих протоколів.
3. Назвіть мету моделі ВВС.
4. Які послуги надає кожний рівень семирівневої моделі ВВС?
5. Дайте визначення понять протоколу та інтерфейсу в інформаційних мережах.
6. Які функції рівневих протоколів?
7. Назвіть основні компоненти інформаційних мереж з погляду взаємодії відкритих систем.
8. Для чого призначено абонентські, адміністративні й асоціативні системи?
9. Поясніть функції шлюзу та маршрутизатора.
10. Назвіть чотири види характеристик фізичного рівня.
11. Схарактеризуйте алгоритм роботи системи опитування/вибір.
12. Що таке віртуальний канал?
13. Як відбувається маршрутизація в дейтаграмній і віртуальній мережах?
14. Дайте характеристику п'яти класів транспортного протоколу.
15. Як здійснюється вибір класу та типу з'єднання у транспортному протоколі?
16. Опишіть модель розподіленого сервісу.
17. Назвіть основні мережні служби та їх функції.
18. Перелічіть режими сеансового рівня.
19. Які засоби організації та синхронізації забезпечує сеансова служба з установами з'єднання і без установами з'єднання?
20. Які служби сеансового рівня пов'язані з керуванням сеансом зв'язку?
21. Які основні операції виконуються на прикладному рівні?
22. Що означають поняття *вміст файла*, *атрибут файла* та *атрибут функціонування*?
23. Схарактеризуйте службу — протокол віртуального терміналу.

ПІСЛЯМОВА ДО РОЗДІЛУ 3

Ви завершили вивчення еталонної моделі взаємодії відкритих систем.

Тепер ви вже знаєте головні характеристики та призначення рівневих протоколів еталонної моделі взаємодії відкритих систем, зв'язок між рівнями, протоколи та компоненти інформаційних мереж.

Обслуговування користувача — це реалізація певного набору функцій, що стосуються передавання даних і пов'язані з такими елементами:

- мовою (включаються й функції перетворення форматів, трансляції та редагування);

- дисципліною діалогу для керування потоком даних (наприклад, послідовністю роботи, очікуванням відповіді);

- керуванням передаванням даних, зокрема керуванням швидкістю передавання даних (з урахуванням наявності засобів обробки потоків даних в абонента на обох кінцях лінії), а також послідовністю передавання для забезпечення вірогідності даних, що передаються;

- транспортуванням даних (включається проходження сигналів по більш-менш складній мережі між пристроями, кожний із з яких має деяку адресу в мережі).

Мета моделі ВВС — стандартизувати обмін даними між системами; усунути будь-які технічні перешкоди для зв'язку систем; подалати труднощі «внутрішнього» опису функціонування окремої системи; визначити точки взаємоз'єднання для обміну інформацією між системами; звузити діапазон можливостей послуг для того, щоб підвищити здатність обміну даними між користувачами без зайвих накладних витрат на переговори й переклад; забезпечити розумну відправну точку відходу від стандартів, якщо вони не задовольняють усіх вимог.

Вивчаючи протоколи інформаційних мереж, доходимо висновку, що рівневі протоколи спрямовані на виконання завдань, які включають у себе:

- логічну декомпозицію складної мережі з утворенням менших, зрозуміліших частин (рівнів);

- реалізацію стандартних інтерфейсів між мережними функціями, наприклад між модулями програмного забезпечення;

- забезпечення симетрії функцій, реалізованих у кожному вузлі мережі (кожний рівень у будь-якому вузлі мережі виконує ті самі функції, що й аналогічний рівень в іншому вузлі);

- реалізацію засобів передбачення змін і керування змінами, що можуть бути внесені в мережну логіку (програмне забезпечення);

- застосування простої стандартної мови комунікації розробників мереж, адміністраторів і користувачів, використовуваної під час обговорення мережних функцій.

Потрібно чітко усвідомити таке:

- інтерфейси фізичного рівня призначено для приєднання пристроїв користувача до лінії зв'язку;

- каналні протоколи керують усім комунікаційним трафіком у каналі;

- мережний рівень забезпечує прокладання віртуальних каналів між системами, що взаємодіють одна з одною, через комутаційну підмережу;

● завданням транспортного рівня є надання прозорого, надійного механізму передавання даних між абонентами для сеансового та інших вищих рівнів (користувачів);

● на сеансовому рівні під час сеансу зв'язку виконуються всілякі види обробки, пов'язаної із забезпеченням правильної послідовності передавання даних;

● призначення представницького рівня — подання еталонної моделі ВВС, тобто забезпечення засобів подання інформації, що підлягає передаванню між прикладними об'єктами (користувачами представницької служби), котрі взаємодіють один з одним;

● прикладний рівень безпосередньо зв'язаний з прикладними процесами: він приймає від них запити і забезпечує їх необхідним обслуговуванням, наданим всією областю взаємодії відкритих систем.

Вивчення рівневих протоколів семирівневої моделі взаємодії відкритих систем дає змогу виокремити характерні особливості цієї моделі:

● розгляд інформаційних ресурсів як єдиного цілого, що являє собою суму відповідних складових;

● забезпечення зручності роботи користувача з ресурсами;

● надання засобів для навчання користувача мережної технології;

● зручне схематичне зображення наявних інформаційних ресурсів;

● відображення різноманітних функціональних комплексів складних ресурсів;

● аналіз ефективності структур інформаційних ресурсів.

Список рекомендованої літератури

1. *Якубайтис Э. А.* Открытые информационные сети / Якубайтис Э. А. — М.: Радио и связь, 1991. — 208 с.

2. *Шварц М.* Сети связи: протоколы, моделирование и анализ / Шварц М. — М.: Наука, 1992. — Ч. 1. — 336 с.; Ч. 2. — 272 с.

3. *Блэк Ю.* Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы / Блэк Ю. — М.: Мир, 1990. — 506 с.

4. *Стеклов В. К.* Проектування телекомунікаційних мереж / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. — К.: Техніка, 2002. — 792 с.

5. *Кривуца В. Г., Барковський В. В., Беркман Л. Н.* — К.: Зв'язок, 2007. — 270 с.

6. *Система управління сучасними телекомунікаційними мережами* / [Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М.]. — К.: ДУІКТ, 2009. — 352 с.

РОЗДІЛ 4

СПОСОБИ КОМУТАЦІЇ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АП	— абонентський пункт
АЧК	— асинхронне часове мультиплексування
ВЦМЮ	— вузькосмугова цифрова мережа інтегрального обслуговування
ГК	— гібридна комутація
ГНН	— години найбільшого навантаження
КК	— комутація каналів
КП	— комутація пакетів
Кп	— комутація повідомлень
МЗК	— мережа загального користування
МСЕ	— Міжнародний союз електрозв'язку
ПДП	— передавання дискретних повідомлень
ТБВЧ	— телебачення високої чіткості
ЦК	— центр комутації
ЦКП	— центр комутації пакетів
ЦКп	— центр комутації повідомлень
ШКК	— швидка комутація каналів
ШКП	— швидка комутація пакетів
ШЦМЮ	— широкосмугова цифрова мережа інтегрального обслуговування
АТМ	— (Asynchronous Transfer Mode) — асинхронне доставлення повідомлень

4.1. Загальні положення

Для передавання дискретних повідомлень (ПДП) через мережу можуть бути встановлені з'єднання двох видів — *довгострокові* та *оперативні*. Відповідно до цього розрізняють два види мереж ПДП — із *довгостроковою* та *оперативною* комутацією.

Довгостроковою, або *кросовою*, комутацією називається такий спосіб комутації, згідно з яким між двома точками мережі встановлюється пряме постійне з'єднання цілодобово чи з великим інтервалом часу. Канали, що беруть участь в організації таких з'єднань, називаються *виділеними*.

Після закінчення чергового сеансу зв'язку з'єднання не руйнується і перед початком сеансу не встановлюється заново. Іншими словами, між двома користувачами обмін підтримується постійно по тому самому каналу. Кросові з'єднання реалізуються за допомогою спеціальних розподільних пристроїв.

Застосування кросової комутації доцільне тільки в тому разі, коли вимоги користувачів дуже високі, і вони не можуть бути задоволені застосуванням оперативної комутації. При цьому варто враховувати, що зі зростанням кількості або-

нентських пунктів кількість необхідних ліній збільшується і оснащеність вузлів ускладнюється дуже швидко, тому мережа з кросовою комутацією є найменш економічною.

В основному в мережах ПДП застосовується *оперативна* комутація, коли між двома точками мережі організовується тимчасове з'єднання. Розрізняють чотири види оперативної комутації: *каналів (КК)*, *повідомлень (Кп)*, *пакетів (КП)* і *гібридну (ГК)*.

Важливим завданням архітектури відкритих мереж є *комутація інформації*, тобто прокладання в мережах трактів, необхідних для доставляння послідовностей блоків даних абонентським системам-адресатам.

У деяких мережах від джерела до отримувача передаються блоки даних — *пакети*. Цей процес називається *комутацією пакетів*. Джерелами й одержувачами можуть бути термінали користувачів, комп'ютери, принтери чи будь-які інші пристрої передавання та обробки даних.

У мережах іншого типу застосовується техніка *комутації каналів* (у поширених і звичних для нас телефонних мережах). У таких мережах, якими звичайно передається мова й дані, між будь-якою парою чи групою користувачів, що намагаються зв'язатися один з одним, устанавлюється окремий шлях передавання. Він утримується стільки часу, скільки вимагає передавання.

Останнім часом починають розгортатися *інтегральні мережі*, що поєднують техніку комутації пакетів із технікою комутації каналів.

Найтипівіші види навантаження створюються під час *передавання даних* в інтерактивному режимі, коли між терміналами чи між терміналами та комп'ютерами передаються короткі пачки повідомлень, що містять 400–1000 знаків, під час передавання файлів, коли між комп'ютерами або між нагромаджувачами масивів даних передається до мільйона знаків (чи байтів), а також під час дедалі зростаючого цифрового передавання мови.

Передавання мови й досі залишається найпоширенішим видом зв'язку в усьому світі. Воно характеризується невеликими капіталовкладеннями на устаткування. Телефонні мережі, створені для передавання мови, охоплюють усі регіони земної кулі. Прогнози показують, що мова залишатиметься й надалі джерелом найбільшого навантаження засобів зв'язку в усьому світі.

Телефонний зв'язок у реальному часі завжди здійснюється з комутацією каналів, хоча велика увага приділяється і можливостям передавання мови в реальному часі у формі пакетів. Дослідження цього виду мовного зв'язку тривають. У різних частинах світу було створено також мережі передавання даних із комутацією каналів.

У деяких випадках, наприклад у керуванні виробничими процесами, потрібно, щоб затримка доставляння адресатові кожного переданого блока не перевищувала певного максимуму. Але найчастіше цієї вимоги немає, і блоки даних можуть у розумних межах проходити з випадковим загаюванням. Природно, що в цьому разі устаткування і програмне забезпечення комутації інформації значно простіші [1].

4.2. Комутація каналів

У мережах із великою кількістю каналів застосовується *комутація каналів (КК)*. Для з'єднання в комунікаційній підмережі встановлюється або один комутатор, або потрібна кількість таких пристроїв. Ці комутатори називають *вузлами комутації каналів*. Кожний із них з'єднує потрібні пари каналів передавання

даних. Завдяки цьому створюються *тракти* — послідовності каналів, через які забезпечується взаємодія пар абонентських систем.

Спрощену схему комутації каналів наведено на рис. 4.1, а. За цією схемою блоки даних проходять через комутатор без обробки.

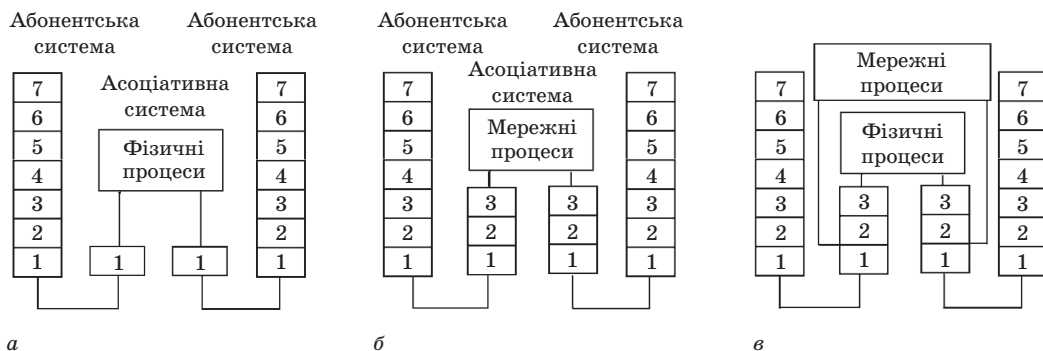


Рис. 4.1. Схеми комутації: а — каналів; б — пакетів; в — мішана (цифрами 1—7 позначено рівні семіривневої моделі ВВС)

Під час роботи в режимі КК перед початком взаємодії потрібно виконати низку попередніх процедур, пов'язаних зі створенням тракту, тобто необхідної послідовності каналів. Для цього абонентська система — ініціатор взаємодії — має сформулювати й надіслати найближчому комутаторові запит на прокладання через комунікаційну підмережу необхідного тракту. Після утворення тракту дві абонентські системи (тільки дві) використовують його протягом усього сеансу взаємодії для передавання один одному послідовностей блоків даних.

Як показує досвід, під час сеансу послідовність каналів використовується порівняно недовго, більшу частину часу канали простоюють, особливо під час діалогу користувача з прикладними процесами, коли він обмірковує отримані результати і повільно (за допомогою клавіатури) передає черговий запит.

Іншим недоліком КК є значна тривалість створення тракту, бо для цього необхідно дочекатися моменту, коли в комунікаційній підмережі звільниться вся необхідна послідовність каналів. У разі коротких сеансів час створення тракту часто перевищує тривалість передавання блоків даних. Усе це призводить до того, що КК виявляється найменш ефективним способом комутації інформації. Тому КК найчастіше використовується для передавання великих масивів інформації або тоді, коли потрібне передавання блоків даних із заданим терміном їх доставляння, наприклад для передавання мови або в технологічних процесах.

4.3. Комутація повідомлень

Комутація, яка передбачає, що в кожному центрі комутації (ЦК) відбувається приймання повідомлень, їх нагромадження та подальше передавання адресатам, називається *комутацією повідомлень (Кп)*. Окрім інформаційної частини кожного повідомлення містить адресу пункту призначення та різні службові ознаки. Процес переприймання реалізується в усіх ЦКп, що перебувають на шляху проходження повідомлення.

На ранній стадії розвитку мереж із Кп повідомлення комутувалися в ЦК із використанням системи ручного переприймання. Поява в 1940-х роках реперфораторів дала змогу здійснити напівавтоматичне переприймання. Нині такі системи

застосовуються в телеграфних мережах загального користування. Наприкінці 1950-х — на початку 1960-х років почалося впровадження повністю автоматизованих систем Кп. На перших етапах автоматизації операції пере приймання виконувались електромеханічними пристроями, потім стали використовувати електронні пристрої. Починаючи із середини 1960-х років ЦКп створюють в основному на базі систем з програмним керуванням. Основним елементом ЦКп у цей період стає обчислювальна машина. Швидке технічне переозброєння ЦКп із появою ЕОМ відбулося завдяки тому, що обчислювальну машину зі швидкодією в кілька сотень тисяч операцій за секунду можна використати як керуючу систему в ЦКп, до якої приєднано кілька сотень і навіть тисяч каналів ПДП.

Застосування принципу пере приймання дозволяє реалізувати динамічний метод розподілу ресурсів, зокрема і зв'язаних, між множиною користувачів. Тепер обсяг устаткування, на відміну від мереж із КК, не повинен визначатися з розрахунку на обслуговування максимального навантаження. Повідомлення, що надійшли в години найбільшого навантаження (ГНН) і не були передані користувачеві, розміщуються в нагромаджувачах ЦКп і передаються в період часу, коли навантаження спадає. Утім мережа з Кп має дуже істотний недолік, зумовлений саме принципом пере приймання: час затримки в мережах із Кп є величиною змінною і має випадковий характер. На тривалість затримки впливають такі основні чинники: пропускна здатність каналів, швидкодія ЦКп (характеристики детерміновані) та інтенсивність потоку повідомлень, що надходить у мережу (величина випадкова). Другий недолік мережі з Кп — неможливість організації діалогу між користувачами через відсутність прямого з'єднання між абонентськими пунктами.

Зазначених недоліків принципу передавання з проміжним нагромадженням не мають мережі з комутацією пакетів.

4.4. Комутація пакетів

Особливістю методу *комутації пакетів (КП)* є одночасне колективне використання каналів значною кількістю абонентських систем. Тут фізичні тракти не створюються і жодний канал не віддається в монопольне володіння парі абонентських систем. Кожним із каналів передаються (мірою їх надходження) блоки даних, що надсилаються різними абонентськими системами. Оскільки всі канали комутаційної підмережі функціонують автономно, то кожний із них описується двома рівнями протоколів (рис. 4.1, б). *Фізичний рівень 1* характеризує канал, а *каналний рівень 2* забезпечує керування передаванням блоків даних по цьому каналу.

Для послідовного передавання блоків від однієї абонентської системи до іншої потрібно було ввести в асоціативних системах *рівень 4* [6]. Тому в підмережі замість однорівневих комутаторів стали використовувати *тривірневі маршрутизатори* (див. рис. 4.1, б). Завданням мережних процесів є виконання операцій комутації інформації та прокладання маршрутів руху послідовностей блоків даних. Завдяки цим процесам по кожному каналу передаються будь-які комбінації і послідовності блоків даних, що належать різним парам абонентських систем, які одночасно взаємодіють одна з одною. Завантаження каналів різко підвищилося.

Проте комутація пакетів (див. рис. 4.1, б) не забезпечує доставляння послідовностей блоків даних у точно визначений час. Тому використання цього способу в тому разі, коли цей час потрібно гарантувати, виявилось неможливим або дуже складним.

Зауважимо, що при використанні комутації пакетів у режимі діалогу забезпечується передавання не тільки даних, а й мови, хоча з деякими труднощами. Труднощі пов'язані з тим, що мова «впаковується» в послідовність блоків даних, інтервали часу між якими через затримки в підмережі при прийманні не повинні перевищувати визначених меж. Для передавання мови неперервний сигнал перетворюється в послідовність бітів (приблизно зі швидкістю, не меншою за 8000 біт/с). Із потоку бітів збирається послідовність блоків даних, яка передається через підмережу. Абонент, отримавши послідовність блоків, виконує перетворення у зворотному порядку, відновлюючи природну форму розмови.

У процесі передавання мови можна, як відомо, використовувати її інформативну надмірність. Завдяки цьому частину запізнілих блоків даних можна відкинути без істотних спотворень мови. Так, дослідження фірми Bell показали, що при втраті до 10% блоків розмова все ще має прийнятну якість.

Випадковий час доставляння блоків даних є недоліком методу комутації пакетів. Однак економічні переваги розглянутого методу змушують шукати шляхи розширення сфери його використання. Цьому сприяє постійне збільшення швидкостей обробки блоків даних у маршрутизаторах і створення фізичних засобів з'єднання, завантажуваних у середньому не більш ніж на 2/3 їхньої теоретичної пропускну здатності.

Порівняння основних характеристик мереж із різними способами комутації наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Характеристика мереж із різними способами комутації

Характеристика	Спосіб комутації		
	КК	Кп	КП
Електричне з'єднання	Тимчасове	Відсутнє	Відсутнє
Нагромадження повідомлень	Відсутнє	У зовнішньому запам'ятовувальному пристрої	Невеликі частини повідомлень у запам'ятовувальному пристрої
Можливість діалогу	Можливий	Неможливий	Неможливий
Організація тракту	На інтервал тривалості одного з'єднання	Для кожного повідомлення лише ЦКп	Для кожного пакета чи на час сеансу
Процес виникнення затримки	Основна затримка при встановленні з'єднань	Основна затримка при передаванні	Дуже малі затримки при встановленні з'єднань і передаванні
Режим роботи мережі	З відмовами	З очікуванням	З очікуванням і відмовами
Режим перевантаження	З відмовами	Зростають затримки на доставляння	Затримки на доставляння значно менші, ніж у мережах із Кп. Імовірність відмов на порядок менша за ймовірність у разі КК
Режим захисту повідомлень	Виконується користувачем	Основні функції реалізуються в мережі	Основні функції реалізуються в мережі
Можливість перетворень швидкостей, кодів і форматів	Неможливі	Можливі	Можливі
Обсяг навантажень, при яких досягається економічність мережі	Малий	Великий	Великий

Досвід і розрахунки показують, що економічно вигідно одними й тими самими каналами передавати будь-яку інформацію — і ту, що потребує певного часу доставляння, і ту, яка припускає появу випадкових значень загалом. Саме через це постала потреба створення мішаної комутації, що забезпечує на базі однієї й тієї самої множини каналів комутацію як каналів, так і пакетів. Комутація пакетів вносить у процес передавання затримку. Комутація каналів зазвичай надає обслуговування з можливістю блокувань, тобто відмов користувачам у доступі до мережі: якщо мережні ресурси недоступні, користувачі отримують із мережі сигнал зайнятості [3].

4.5. Мішана комутація

У разі *мішаної комутації* (рис. 4.1, в) використовуються рівні й процеси, застосовувані як у комутації каналів (див. рис. 4.1, а), так і в комутації пакетів (див. рис. 4.1, б). Існуючі канали віддають насамперед для створення трактів, що з'єднують абонентські системи. Вільні канали не простоюють і використовуються для комутації пакетів. Природно, що в такому разі в підмережі встановлюються комбіновані вузли. Вони виконують роль комутаторів як каналів, так і пакетів.

Мішана комутація починає широко використовуватися для одночасного передавання по одних і тих самих групах каналів і даних, і мови.

На цей час одним із найважливіших науково-технічних напрямків у галузі електрозв'язку є створення *конвергентних (об'єднаних або інтегрованих) цифрових мереж зв'язку*. Конвергентна мережа має об'єднати наявні мережі передавання інформації, передусім телефонні, телеграфні й мережі передавання даних, а також включити до свого складу й мережі передавання зображень.

Необхідність побудови конвергентної мережі визначається потребою підвищення ефективності використання мережних ресурсів, забезпечення доступу користувачів до широкого набору послуг у рамках однієї мережі. Досвід експлуатації окремих мереж передавання інформації, дослідження вимог користувачів до послуг електрозв'язку показують, що засоби зв'язку як складова частина інфраструктури можуть стати ефективними для суспільства тільки за умови конвергенції всіх засобів електрозв'язку у вигляді єдиної системи.

4.6. Інтегральна комутація

Інтегральна комутація, як і мішана, призначена для забезпечення передавання інформації із заданим і випадковим часом доставляння блоків даних. Проте інтегральна комутація відрізняється від мішаної тим, що тут комутація каналів і комутація пакетів здійснюються одночасно в кожному фізичному каналі.

Для забезпечення інтегральної комутації в кожному такому каналі прокладається група віртуальних каналів. Будь-який із них працює так, що створюється враження, ніби пара абонентських систем, яка, взаємодіючи, використовує віртуальний канал, передає блоки даних по призначеному для них фізичному каналу.

Інтегральна комутація інформації здійснюється різними способами. Один із них називається *асинхронним часовим мультиплексуванням (АЧМ)*. Суть цього способу ілюструє рис. 4.2, згідно з яким для кожного фізичного каналу мережі час поділяється на повторювані цикли. По каналу передаються розмежовувачі,

кожний із яких повідомляє про початок чергового циклу. Після цього в кожному циклі виділяються n інтервалів часу, необхідних для створення n віртуальних каналів.

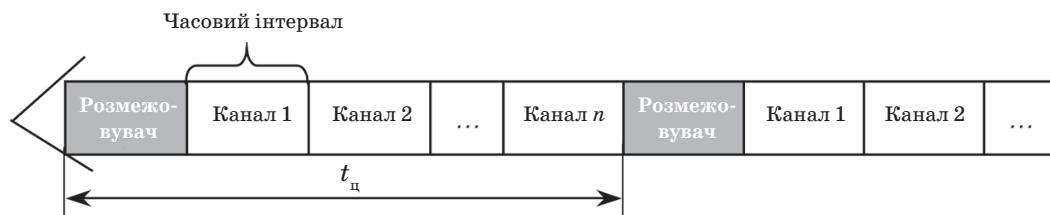


Рис. 4.2. Структура циклу асинхронного мультиплексування ($t_{\text{ц}}$ — тривалість циклу)

На базі часових інтервалів створюються віртуальні канали. Так, інтервали «Канал 1» у послідовності циклів утворюють віртуальний канал 1, наданий парі абонентських систем. Аналогічно з інтервалів i , де $i = 2, \dots, n$, утворюється віртуальний канал i .

Розглянемо приклад, наведений на рис. 4.3 і в табл. 4.2. У мережі є чотири магістральні канали a, b, c, d , що зв'язують чотири вузли (маршрутизатори). У цих каналах час поділено на цикли, кожний із яких містить до чотирьох часових інтервалів.

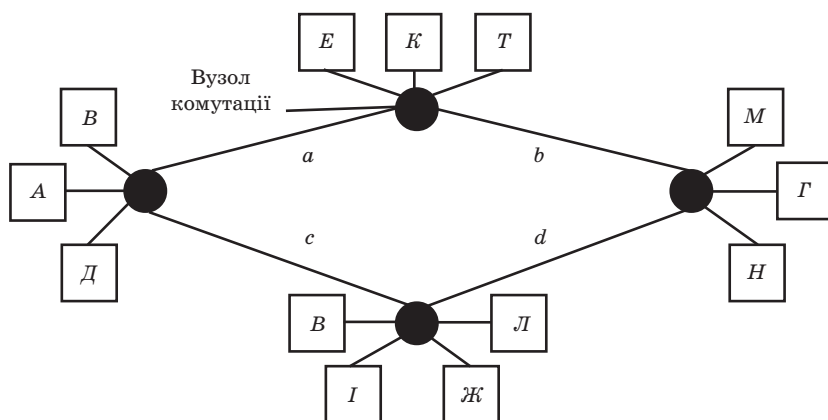


Рис. 4.3. Схема організації віртуальних каналів

Нехай потрібно організувати одночасно взаємодію чотирьох пар абонентських систем, наведених у табл. 4.2. Ця взаємодія має забезпечити роботу в режимі комутації каналів (у прозорому режимі).

Із цією метою в порядку надходження замовлень для системи $A-E$ у фізичному каналі a в кожному циклі до закінчення сеансу взаємодії виділяється перший віртуальний канал (перший часовий інтервал), позначений a_1 . У такий спосіб

Таблиця 4.2

Організація віртуальних каналів

Номер каналу	Абонентські системи, що взаємодіють одна з одною	Віртуальні канали
1	$A-E$	a_1
2	$B-K$	a_2
3	$D-M$	c_1+d_1
4	$I-T$	d_2+b_1

система $A-I$ отримує через кожні $t_{\text{ц}}$ секунд (див. рис. 4.2) часовий інтервал для передавання блоків даних. У результаті відбувається передавання інформації зі швидкістю $p/t_{\text{ц}}$ блоків за секунду, де p — кількість блоків.

Аналогічно для систем $B-K$ у тому самому каналі надається другий віртуальний канал a_2 . Для системи $D-M$ виділяється послідовність, що складається з каналів c_1, d_1 . Система $I-T$ отримує послідовність каналів d_2, b_1 .

Між системами, розташованими в мережі (див. рис. 4.3), можливі й інші тракти взаємодії. Так, системи $A-I$ можуть взаємодіяти не тільки через фізичний канал a , а й через послідовність фізичних каналів c, d, b . Системи $D-M$ можуть бути зв'язані через фізичні канали a і b .

По фізичних каналах, що з'єднують абонентські системи з вузлами комутації, також можуть передаватися повторювані цикли, зображені на рис. 4.3. Тоді кілька прикладних процесів однієї системи можуть одночасно взаємодіяти з групою процесів інших абонентських систем.

Після того, як часові інтервали розподілено за запитами на комутацію каналів, здійснюється друга частина керування комутацією інформації. Часові інтервали, що залишилися, використовуються для передавання в послідовності черги блоків даних, що спрямовуються будь-якими абонентськими системами. Інакше кажучи, у ці часові інтервали здійснюється комутація пакетів. Так, у стані, зображеному в табл. 4.2, для комутації пакетів використовуються вільні ділянки. Природно, що картина запитів на комутацію каналів увесь час змінюється. Відповідно до цього змінюється і список часових інтервалів, що залишаються для комутації пакетів.

Отже, при інтегральній комутації уже фактично немає у класичному розумінні ні комутації каналів, ні комутації пакетів. Тут обидва види комутації злилися в один спосіб передавання інформації з гарантією або без гарантії часу доставляння блоків даних.

Важливо зазначити, що попередні способи комутації інформації оперували зі значною (не меншою від трьох) кількістю каналів у комунікаційній підмережі. Що ж стосується інтегральної комутації, то вона може здійснюватися і за наявності в підмережі тільки одного фізичного каналу, наприклад моноканалу. На базі інтегральної комутації уможлиблюється передавання будь-яких видів інформації: даних, графіки, факсиміле, мови й навіть телебачення.

4.7. Багатошвидкісна комутація каналів

Щоб усунути характерний недолік звичайної комутації каналів — відсутність гнучкості, розроблено варіант із ширшим діапазоном швидкостей, що дістав назву *багатошвидкісної комутації каналів* (*Multirate Circuit Switching — MRCS*).

У системах передавання з багатошвидкісною комутацією каналів використовується той самий метод часового розділення (*Time Division Multiplexing — TDM*), що й у системах зі звичайною комутацією каналів. Проте в одному з'єднанні може використовуватися n ($n > 1$) основних цифрових каналів. Таким чином, кожне з'єднання може бути кратним швидкості основного каналу. Цей висновок було використано у вузькосмуговій цифровій мережі інтегрального обслуговування (ВЦМІО) для відеотелефонії. Відеокодеки, розроблені для ВЦМІО згідно з Рекомендацією Н.261, можуть працювати зі швидкістю $n \times 64$ кбіт/с при $n < 30$. Системи комутації, що забезпечують багатошвидкісну комутацію каналів, складніші порівняно із системами зі звичайною комутацією каналів, оскільки всі

канали окремих ланок, що утворюють з'єднання, мають бути синхронними. Справді, якщо кожний канал комутується індивідуально, то канали можуть бути обрані не коригованими за синхронізацією, а інформація з одного каналу може надходити в термінальний пристрій з меншими часовими затримками, ніж інформація з іншого каналу, що абсолютно неприпустимо через те, що кінцевий пристрій розглядає ці канали як єдине ціле.

Іншою складною проблемою для систем із багатошвидкісною комутацією каналів є вибір базової (основної) швидкості. Так, для деяких служб (наприклад, для телеметрії) потрібна дуже низька швидкість (близько 1 кбіт/с) передавання. Для інших служб, наприклад для телебачення високої чіткості (ТБВЧ), може знадобитися швидкість близько 140 Мбіт/с. Якщо за основну швидкість вибрати мінімальну швидкість (1 кбіт/с), то для формування каналу ТБВЧ буде потрібно 140 тис. цифрових каналів зі швидкістю 1 кбіт/с. Керування та забезпечення синфазності для всіх цих каналів із метою встановлення одного з'єднання стає завданням, яке на практиці неможливо виконати. Якщо для зменшення складності за основний цифровий канал вибирається канал зі значно більшою швидкістю, то ширина смуги, що залишається невикористаною, стає дуже великою. Так, у разі вибору за основний цифровий канал каналу зі швидкістю 2 Мбіт/с (у цьому разі для формування з'єднання в мережах ТБВЧ потрібно тільки 70 основних цифрових каналів) спроба передавання мови (64 кбіт/с) і тим більше даних телеметрії призводить до дуже низької ефективності використання пропускної здатності. Цю технічну проблему можна розв'язувати й інакше — використанням у комутаторі каналів кількох основних швидкостей завдяки поділу основного часу кадру на кілька часових інтервалів різної довжини.

Системи комутації, розроблені для багатошвидкісної комутації каналів, містять набір окремих комутаторів, кожний з яких здійснює комутацію каналів із певною швидкістю. Можливий варіант структури такого комутатора наведено на рис. 4.4. Інформація, що надходить із лінії абонентського доступу, демультимплексується і йде на різні комутатори (H_4 , H_1 , ВЦМЮ). І, навпаки, інформація, що надходить із комутаторів, мультимплексується і йде в лінію абонентського доступу.

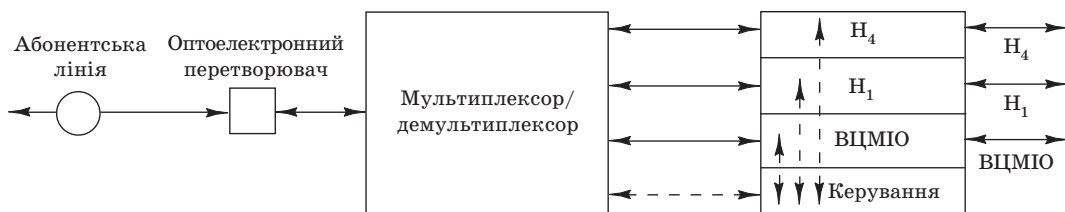


Рис. 4.4. Структура багатошвидкісного комутатора каналів

Кожний комутатор (H_4 , H_1 , ВЦМЮ) можна розробити й виготовити окремо, а систему контролю, керування та технічного обслуговування взяти спільну. Проте така архітектура не забезпечує ефективного використання мережних ресурсів. Наприклад, коли всі канали H_1 зайняті, то жодних додаткових з'єднань H_1 не можна організувати навіть тоді, коли комутатор H_4 вільний.

Ефективність використання мережних ресурсів у разі багатошвидкісної комутації каналів може навіть знизитися через появу нових служб і прогрес у галузі відеокодування. Припустимо, наприклад, що під час вибору швидкостей

для багатошвидкісного комутатора каналів основними службами були телебачення (швидкість 140 Мбіт/с), високошвидкісне (5 Мбіт/с) передавання даних і ВЦМІО (64 кбіт/с), а через кілька років картина зміниться: завдяки прогресу в стисненні інформації каналу телебачення знадобиться швидкість 55 Мбіт/с і при цьому вимоги до швидкості при високошвидкісному передаванні даних зростуть до 10 Мбіт/с і виникне нова служба зі швидкістю передавання 1 Мбіт/с. Усе це призведе до того, що ефективність використання мережних ресурсів істотно знизиться.

Варто також зазначити, що телебачення та високошвидкісне передавання даних не можуть здійснюватися одночасно при багатошвидкісній комутації каналів навіть у каналах зі швидкістю 140 Мбіт/с, хоча сумарна швидкість цих двох служб становить усього 35 Мбіт/с. Окрім того, при багатошвидкісній комутації дуже низька ефективність використання каналів у разі обслуговування джерел зі змінюваною швидкістю передавання.

Обрана швидкість каналу має бути не меншою за пікову швидкість передавання джерела під час усього сеансу зв'язку (сесії), хоча середня швидкість передавання може бути дуже низькою.

Низька гнучкість і мала ефективність обслуговування джерел із високими коефіцієнтами пачковості стали причиною того, що концепцію багатошвидкісної комутації не було рекомендовано МСЕ для широкосмугової цифрової мережі інтегрального обслуговування (ШЦМІО).

4.8. Швидка комутація каналів

Із метою підвищення ефективності використання мережних ресурсів для служб зі змінюваною швидкістю передавання та високою пачковістю трафіку було запропоновано концепцію *швидкої комутації каналів (Fast Circuit Switching — FCS)*. Ресурси в мережі зі швидкою комутацією каналів використовуються тільки тоді, коли передається інформація.

Підвищення ефективності використання цифрових трактів зв'язку можливе за рахунок статистичного ущільнення [6], якщо при обслуговуванні телефонного навантаження на пучок цифрових каналів 64 кбіт/с надходить потік заявок на встановлення з'єднання не на весь термін сеансу зв'язку, а тільки на термін передавання фрагмента мови. У разі ідеальної роботи системи сигналізації з однією і тією самою ймовірністю відмови в обслуговуванні ефективність використання цифрового тракту можна підвищити в 1,8–2 рази.

Об'єднання ідей швидкої та багатошвидкісної комутації каналів приводить до концепції *багатошвидкісної швидкої комутації каналів (Multirate Fast Circuit Switching — MRFCSS)*. За цим принципом можна сконструювати пристрій, який забезпечить можливість виділення каналів з різними швидкостями передавання інформації. Це дало б змогу збільшити гнучкість мережі та підвищити ефективність використання мережних ресурсів. Основним недоліком такого режиму перенесення інформації є складність реалізації системи керування, що дозволяла б встановлювати і роз'єднувати наскрізні з'єднання абонент–абонент за дуже короткий інтервал часу. У лабораторіях США розроблено комутатори [4], що ґрунтуються на технології *багатошвидкісної комутації каналів (БКК)*. Проте через високі вимоги до системи сигналізації БКК не було обрано для транспортування інформації в майбутній широкосмуговій мережі.

4.9. Ретрансляція кадрів

Ретрансляція кадрів (*Frame Relay — FR*) визначається як служба пакетного режиму (*paket mode service*) [5]. Вона передбачає, що дані організовано в адресовані індивідуальним чином блоки, а не розміщено у фіксованих тимчасових слотах. Однак на відміну від технології комутації пакетів, ретрансляція кадрів цілком виключає будь-яку обробку на мережному рівні моделі ВВС. Більше того, вона використовує тільки частину функцій рівня 2 — так звані основні аспекти, які містять вимогу повторного передавання в разі їх виявлення. Іншими словами, такі протокольні функції, як послідовна нумерація пакетів, контроль перевантаження за рахунок використання вікна передавання, функції підтвердження та передавання керуючих кадрів, у мережі *Frame Relay* не використовуються.

Однією з особливостей мережі *Frame Relay* є використання змінної довжини кадрів — від кількох символів до тисячі й більше. Ця властивість притаманна також і мережам із комутацією пакетів, що важливо для спільного функціонування мережі ретрансляції кадрів із джерелами, які потребують кадрів змінної довжини. Однак використання таких кадрів ускладнює передавання даних, які є чутливими до затримок, особливо до змінних. Із цієї причини мережі *Frame Relay* не забезпечують високоякісного передавання голосу та стисненого відеозображення. Структуру кадру *Frame Relay* наведено на рис. 4.5.



Рис. 4.5. Структура кадру *Frame Relay* і формат заголовка для мереж ретрансляції кадрів: *FCS (Frame Check Sequence)* — перевірна послідовність кадру; *DLCI (Data Link Connection Identifier)* — ідентифікатор з'єднання каналного рівня; *C/R (Command/Response)* — біт-команда/відповідь; *EA (Extended Address)* — біт-розширена адреса; *FECN (Forward Explicit Congestion Notification)* — біт-оповіщення про явне перевантаження; *BECN (Backward Explicit Congestion Notification)* — біт-повідомлення про перевантаження у зворотному напрямі; *DE (Discard Eligibility)* — біт-вибіркове скидання

Заголовок кадру мережі ретрансляції кадрів містить десятибітовий номер — ідентифікатор з'єднання каналного рівня (*DLCI*), який є номером віртуального з'єднання в цій мережі, що відповідає конкретному приймачеві. У разі міжмережної взаємодії типу корпоративної локальної мережі (*Local Area Network — LAN*) та глобальної мережі передавання даних (*Wide Area Network — WAN*) ідентифікатор *DLCI* позначає порт, до якого приєднано локальну мережу-приймач (рис. 4.6). Ідентифікатор *DLCI* дає змогу вузлу всього за три кроки відправити дані по мережі (див. рис. 4.6).

Крок 1. За допомогою перевірної послідовності кадру (*Frame Check Sequence — FCS*) перевіряється його цілісність. Якщо виявлено помилку, то кадр скидається.

Крок 2. Виконується пошук ідентифікатора *DLCI* у таблиці. Якщо для даного каналу ідентифікатор *DLCI* не визначений, кадр скидається.

Крок 3. Кадр транслюється в напрямі до приймача за адресою, заданою таблицею маршрутизації.

Зазначимо, що вузол мережі ретрансляції кадрів не виконує великого обсягу обробки, як це відбувається при застосуванні багатофункціональних протоколів, наприклад протоколів комутації пакетів.

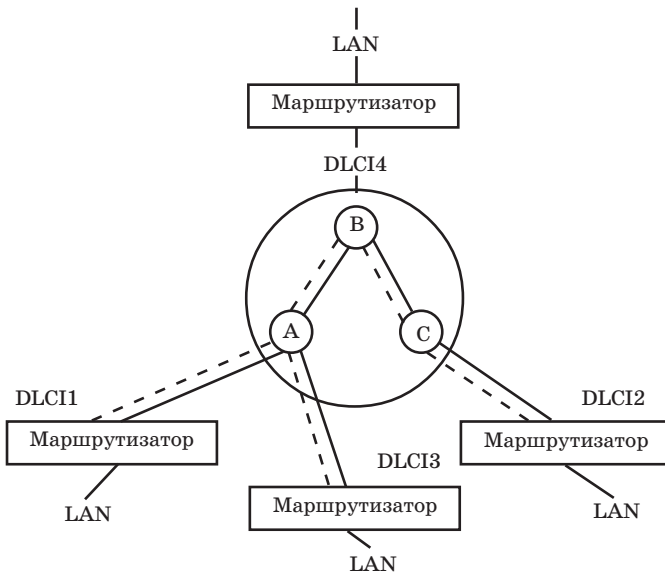


Рис. 4.6. Структура передавання в мережі ретрансляції кадрів

Віртуальні канали в мережі ретрансляції кадрів — це постійні віртуальні канали (*Permanent Virtual Circuit — PVC*). Вони встановлюються адміністративним чином оператором мережі через систему мережного керування, а не за командами користувача мережі, переданими в потоці звичайних даних. Канал PVC мережі ретрансляції кадрів, як правило, визначає з'єднання між двома мережами LAN. Новий віртуальний канал стає необхідним тільки тоді, коли в мережу додається нова LAN. Отже, для мережі ретрансляції кадрів віртуальні канали PVC — саме той варіант, що зручний для багатьох допоміжних програмних продуктів.

Згідно з протоколом Frame Relay повторне передавання кадрів із метою усунення помилок здійснюється тільки по наскрізному каналу, тобто між кінцевими пристроями користувачів (функцію керування помилками винесено на межу мережі). Щоб не завантажувати каналів передаванням кадрів, у яких є помилки, на рівні ланки тільки виявляються помилки та стираються кадри, в яких помилки виявлено.

Нині протокол Frame Relay використовується в багатьох пакетних мережах для забезпечення високошвидкісного передавання даних.

4.10. Швидка комутація пакетів і асинхронний режим перенесення

Головна ідея *швидкої комутації пакетів (ШКП)* — пакетна комутація з мінімумом функцій, виконуваних вузлами комутації на рівні ланки, що має на меті підвищення часової прозорості мережі.

Найменування *асинхронного режиму перенесення інформації (Asynchronous Transfer Mode — ATM)* рекомендовано МСЕ. Окрім абревіатури ATM у науковій і технічній літературі використовуються терміни «асинхронний режим доставлення» та «асинхронний режим перенесення» [8].

Іноді трапляються й інші терміни: *асинхронний режим часового ущільнення (Asynchronous Transfer Division — ATD)*, *швидка комутація пакетів (Fast Packet Switching — FPS)*.

Оскільки термін АТМ рекомендовано МСЕ, то в науковій і технічній літературі він використовується найчастіше.

При виборі фіксованої чи змінної довжини пакета для АТМ ураховують такі основні чинники:

- ефективність використання пропускної здатності цифрових трактів зв'язку;
- досягнення високої продуктивності комутаційного устаткування, точніше досягнення компромісу між швидкістю комутації та складністю реалізації комутаційних пристроїв;
- тривалість затримки пакета.

У загальному випадку ефективність використання пропускної здатності цифрових трактів зв'язку із застосуванням пакетів змінної довжини дещо вища, ніж із застосуванням пакетів постійної довжини. Однак ця перевага не є визначальною. Варіант із пакетами постійної довжини кращий як за швидкістю роботи комутаційного устаткування, так і за обсягом буферного простору.

Експерти МСЕ зробили висновок про доцільність використання пакетів фіксованої довжини. Аби наголосити, що йдеться саме про прийнятну фіксовану довжину, термін «пакет» змінили на «чарунка» (cell).

Після ухвалення рішення про використання пакетів постійної довжини необхідно було вибрати їхній розмір. На вибір довжини чарунки вплинули такі основні чинники: ефективність використання пропускної здатності цифрових трактів; затримки при заповненні пакета інформацією користувача (під час пакетування), у черзі, на етапі депакетування, а також коливання цих затримок (джитер); умови реалізації.

Європейські вчені виступали за розмір чарунки 32 октети (32×8 двійкових розрядів) із метою усунення луноподавлювачів при передаванні мови, а вчені США та Японії запропонували чарунку розміром 64 октети для досягнення ефективнішого використання цифрових трактів. Було досягнуто компромісу, і довжина чарунки, за домовленістю, становить 53 октети.

4.11. Віртуальні з'єднання та дейтаграми

Інформаційна взаємодія між абонентами мереж пакетного передавання може відбуватися за допомогою встановлення *постійних* (Permanent Virtual Circuit — PVC) або *тимчасових* (Switched Virtual Circuit — SVC) віртуальних з'єднань, а також у режимі передавання *дейтаграм*.

Перший тип віртуальних з'єднань є *постійним логічним з'єднанням* між двома певними термінальними пристроями, яке дозволяє будь-якій парі абонентів обмінюватися даними в будь-який момент без необхідності попереднього встановлення з'єднання (за готовності двох нижніх рівнів — фізичного і каналного). У деякому розумінні такий канал подібний до виділеного (закріпленого) каналу зв'язку двопунктової схеми взаємодії між абонентами.

Другий тип віртуальних з'єднань — *тимчасове віртуальне з'єднання* — устанавлюється на термін інформаційного контакту між двома термінальними пристроями і після завершення його ліквідується. В існуючих мережах обміну даними (мережі комутації пакетів) тимчасове віртуальне з'єднання є найпоширенішим типом логічного з'єднання між абонентами, бо забезпечує найбільш ефективне використання номінальної пропускної здатності мережі.

Механізм віртуальних з'єднань дає змогу передавати пакети, які відповідають певному логічному з'єднанню, за фіксованим маршрутом. Маршрут для кожного віртуального з'єднання визначається на етапі встановлення з'єднання і не

змінюється у процесі сеансу зв'язку. З одного боку, це перевага, оскільки немає необхідності вибирати маршрут передавання для кожного пакета. А з другого боку, недолік, бо немає адаптації встановленого з'єднання до зміни ситуації в мережі. Цей недолік виявляється тим істотнішим, чим довший сеанс передавання.

Дейтаграмне передавання ґрунтується на повній незалежності (автономності) кожного пакета (навіть якщо вони є частинами одного повідомлення) і доставлянні їх до отримувача, загалом кажучи, за різними маршрутами, які визначаються сформованою динамічною ситуацією в мережі (станом завантаження її елементів).

Концепція віртуальних з'єднань передбачає попереднє встановлення маршруту передавання всього повідомлення від відправника до отримувача за допомогою спеціального службового пакета — запиту на з'єднання. Для цього пакета вибирається маршрут, який у разі згоди отримувача на з'єднання закріплюється на весь наступний трафік і отримує номер відповідного віртуального каналу (з'єднання), щоб використовувати його іншими пакетами того самого повідомлення, передаваними за тією самою адресою.

Пакети, що передаються по одному віртуальному з'єднанню, не є незалежними, а тому мають скорочений заголовок, що містить порядковий номер пакета у складі одного повідомлення (діалогу).

Перевага режиму віртуальних з'єднань перед режимом дейтаграмного передавання полягає в забезпеченні певної послідовності проходження пакетів, які надходять на адресу отримувача, а також у порівняній простоті керування потоком даних уздовж маршруту з метою обмеження навантаження в мережі та забезпечення можливості попереднього резервування ресурсів пам'яті на вузлах комутації на маршруті, про який ідеться.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення кросової та оперативної комутації.
2. Схарактеризуйте види оперативної комутації — комутацію каналів, повідомлень, пакетів.
3. Назвіть найвідоміші види мереж, в яких використовується комутація каналів, повідомлень, пакетів.
4. У чому полягає принцип швидкої комутації пакетів?
5. Чим відрізняється багатошвидкісна і швидка комутація каналів від традиційної комутації каналів?
6. У чому полягає ретрансляція кадрів?
7. Розкрийте переваги режиму віртуальних з'єднань перед режимом дейтаграмного передавання.

ПІСЛЯМОВА ДО РОЗДІЛУ 4

Ви ознайомилися із загальними відомостями про телекомунікації та основними способами комутації, що застосовуються в сучасних транспортних мережах — комутацією каналів, повідомлень і пакетів.

Нагадаємо терміни, зміст яких ви маєте зрозуміти й запам'ятати для поглибленого засвоєння матеріалу:

● *додаток* — спеціалізоване програмне забезпечення, орієнтоване на виконання будь-якої послуги;

● *з'єднання* — сукупність каналів, комутаційних та інших функціональних пристроїв, тимчасово зв'язаних між собою для забезпечення передавання сигналів між двома чи більше пунктами мережі електрозв'язку;

● *біт* — одиниця кількості інформації у двійковій системі; відповідає інформації, яку отримують у разі настання однієї з двох рівноймовірних подій;

● *канал* — сукупність технічних засобів і середовища передавання, за допомогою якої інформація передається від джерела (передавача) до отримувача (приймача) або навпаки;

● *комутатор* — пристрій, призначений для взаємопідімкнення вхідних і вихідних точок, зовнішніх ліній, каналів і т. ін.;

● *комутація* — установлення на відповідну вимогу окремого з'єднання між потрібними входом і виходом з-поміж безлічі входів і виходів на час, необхідний для передавання сигналів;

● *комутація пакетів* — сукупність операцій на комутаційній станції та вузлі комутації мережі зв'язку, які полягають у прийманні фрагментів повідомлень і передаванні їх відповідно до адресних ознак, що їх вони містять;

● *мультиплексор* — електронний пристрій, призначений для об'єднання цифрових сигналів у єдиний цифровий потік;

● *мультиплексування* — процес зазначеного об'єднання;

● *мультисервісна мережа* — мережа зв'язку, побудована відповідно до концепції мережі зв'язку наступного покоління і така, що забезпечує надання необмеженого набору послуг;

● *протокол* — набір правил і форматів (стандартів), які регламентують процедуру взаємодії однойменних рівнів двох різних рівноправних об'єктів на основі обміну інформацією і дають змогу спрощувати складний процес взаємодії між об'єктами різних моделей і типів;

● *послуга* — структурний набір можливостей, які реалізуються на замовлення користувача;

● *протокол* — формальний опис процедур, передбачених для забезпечення взаємодії між двома чи кількома функціями одного рівня ієрархії;

● *транспортна мережа електрозв'язку* — частина мережі електрозв'язку, що забезпечує доставляння інформаційних і службових сигналів за заданими адресами і складається з низки підмереж, які, можливо, мають різні принципи організації та належать різним операторам.

Список рекомендованої літератури

1. *Бертсекас Д.* Сети передачи данных/Д. Бертсекас, Р. Галлагер.— М.: Мир, 1989.— 544 с.
2. *Назаров А. Н.* АТМ: Технология высокоскоростных сетей/А. Н. Назаров, М. В. Симонов.— М.: Эко-Тредз, 1998.— 234 с.
3. *Кривуца В. Г.* Сучасні цифрові системи комутації: підручник/Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Стеклов В. К.— К.: ДУІКТ, 2010.— 389 с.
4. *Стеклов В. К.* Телекомунікаційні мережі/В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман.— К.: Техніка, 2001.— 650 с.
5. *Стеклов В. К.* Проектування телекомунікаційних мереж/В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман.— К.: Техніка, 2002.— 792 с.
6. *Гольдштейн А. Б.* Softswitch/А. Б. Гольдштейн, Б. С. Гольдштейн.— СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2006.— 368 с.
7. *Стеклов В. К.* Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку/В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман, Є. В. Кільчицький.— К.: Техніка, 2004.— 576 с.
8. *Стеклов В. К.* Нові інформаційні технології: транспортні мережі телекомунікацій/В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман.— К.: Техніка, 2004.— 488 с.
9. *Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій/*[Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Стеклов В. К. та ін.]— К.: Техніка, 2007.— 384 с.

РОЗДІЛ 5

АРХІТЕКТУРНА КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ — БАЗОВА ПЛАТФОРМА ДЛЯ NGN

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

БД	— база даних
ВІП	— вузол інтелектуальної периферії
ВКО	— вузол керування обслуговуванням
ВКП	— вузол комутації послуг
ВСС	— вузол спеціальних служб
ІМ	— інтелектуальна мережа
КМЗ	— комутована мережа зв'язку
СКП	— система керування послугами
СКС	— сигнальний канал сигналізації
ТфЗК	— телефонна мережа загального користування
УПЗ	— універсальний персональний зв'язок
ЦПАС	— цифрова підсистема абонентської сигналізації
AD (Adjunct)	— допоміжний вузол керування
API (Application Protocol Interface)	— прикладний програмний інтерфейс
ASE (Application Service Element)	— прикладний елемент послуги
BCP (Basic Call Process)	— базовий процес обслуговування виклику
CCAF (Call Control Agent Function)	— функція керування доступом виклику
CCF (Call Control Function)	— функція керування викликом
CS (Capability Sets)	— набір можливостей пакетів
FPH (Free Phone)	— безкоштовний виклик
GSL (Global Service Logic)	— глобальна логіка послуги
IN (Intelligent Network)	— інтелектуальна мережа
INAP (Intelligent Network Application Protocol)	— прикладний протокол інтелектуальної мережі
INCM (Intelligent Network Conceptual Model)	— концептуальна модель інтелектуальної мережі
IP (Intelligent Peripheral)	— вузол інтелектуальної периферії
ISDN	— вузько- чи широкопasmугова цифрова мережа інтегрального обслуговування
MACF (Multiple Association Control Function)	— функція керування багаторазовими взаємодіями
MTP (Message Transfer Part)	— підсистема передавання повідомлень
NGN (Next Generation Network)	— мережа зв'язку наступного покоління

PE (<i>Physical Elements</i>)	— фізичний об'єкт
POR (<i>Point of Return</i>)	— точка повернення
SACF (<i>Single Association Control Function</i>)	— функція керування одноразовою взаємодією
SAO (<i>Single Association Object</i>)	— об'єкт одноразової взаємодії
SCCP (<i>Signaling Connection Control Part</i>)	— підсистема керування сигнальним з'єднанням
SCEF (<i>Service Creation Environment Function</i>)	— функція середовища створення послуг
SCEP (<i>Service Creation Environment Point</i>)	— вузол середовища створення послуг
SCF (<i>Service Control Function</i>)	— функція керування послугами
SCP (<i>Service Control Point</i>)	— вузол керування обслуговуванням
SDF (<i>Service Data Function</i>)	— функція підтримання даних послуг
SDH (<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>)	— синхронна цифрова ієрархія
SDP (<i>Service Date Point</i>)	— вузол підтримання даних
SIB (<i>Service Independent Building Blocks</i>)	— незалежні від послуг функціональні блоки
SMAF (<i>Service Management Access Function</i>)	— функція доступу до системи експлуатаційного підтримання та адміністрування послуг
SMAP (<i>Service Management Access Point</i>)	— вузол доступу до системи експлуатаційного підтримання й адміністрування послуг
SMF (<i>Service Management Function</i>)	— функція експлуатаційного підтримання й адміністрування послуг
SMP (<i>Service Management Point</i>)	— вузол забезпечення послуг
SN (<i>Service Node</i>)	— вузол послуг
SRF (<i>Specialized Resource Function</i>)	— функція спеціалізованих ресурсів
SSCP (<i>Service Switching and Control Point</i>)	— вузол комутації і керування послугами
SSF (<i>Service Switching Function</i>)	— функція комутації послуг
SSP (<i>Service Switching Point</i>)	— вузол комутації послуг
TCAP (<i>Transaction Capabilities Application Part</i>)	— підсистема керування прикладними транзакціями
TMN (<i>Telecommunications Management Network</i>)	— мережа керування телекомунікаціями
UAN (<i>Universal Access Number</i>)	— універсальний персональний номер
UPT (<i>Universal Personal Telecommunications</i>)	— універсальний персональний зв'язок
VOT (<i>Televoting</i>)	— послуга телеголосування
VPN (<i>Virtual Private Network</i>)	— віртуальна приватна мережа

5.1. Принципи побудови та особливості інтелектуальної мережі

Телекомунікації і, зокрема, мережі електрозв'язку, до яких належать *інтелектуальні мережі (ІМ)*, із моменту їхнього зародження і до наших днів зазнали численних перетворень, що тривають і досі. Адже саме в наші дні традиційні мережі загального користування з комутацією каналів трансформуються в мережі наступного покоління (*Next Generation Network — NGN*), які розвиваються переважно на основі технології пакетного передавання інформації. При цьому ІМ перетворюються в інфокомунікаційні мережі, що надають користувачам дедалі ширший спектр додаткових послуг.

Мережі NGN — це втілення в життя переходу від принципу *одна послуга — одна мережа* до принципу *безліч послуг — одна й та сама мережа*. Надання користувачам величезного розмаїття високоякісних послуг — найважливіший рушійний чинник реформування електрозв'язку, який полягає в неухильному впровадженні мереж NGN. Варто зазначити, що взаємодія ІМ та мережі NGN є однією з основних складових *конвергенції* (взаємозближення, взаємопроникнення) не лише мереж, а й інформаційних технологій і послуг.

При цьому є сенс розглядати концепцію ІМ як найвище досягнення в розвитку *телефонної мережі загального користування (ТфЗК)*. Адже в рамках саме цієї концепції було чітко сформульовано принцип відокремлення телекомунікаційних послуг від безпосереднього обслуговування телефонних викликів, створено нові засоби виробництва послуг, що наповнили новим змістом не пов'язані зі з'єднанням телекомунікаційні протоколи. Архітектура ІМ у телефонії відіграє практично таку саму роль, яку архітектура ЕОМ свого часу відіграла в обчислювальній техніці.

Сьогодні ІМ об'єднує економічні інтереси трьох сторін — користувачів, постачальників послуг і постачальників устаткування. Саме це й дало поштовх до її інтенсивного розвитку та докорінної зміни мереж зв'язку загалом.

Основна мета ІМ — швидке, ефективне й економічне надання інформаційних послуг масовому користувачеві. За таких умов користувач не чекає, коли постачальник послуг (експлуатаційна чи будь-яка інша організація зв'язку) надасть йому послуги, а отримує їх тоді, коли йому це потрібно. Відповідно до цього користувач і платитиме за надавані послуги протягом часу користування ними. Отже, швидкість і ефективність надання послуги сприяють її економічності, оскільки користувач орендує канал і послуги лише протягом певного часу, знижуючи в такий спосіб власні витрати. Саме в цьому, тобто у гнучкості надання послуг, і полягає принципова відмінність ІМ від інших мереж.

З огляду на те, що концепція ІМ не залежить від типу комутованої мережі зв'язку (КМЗ), її можна побудувати на базі будь-якої мережі, зокрема й ТфЗК, виділеної цифрової (комутованої чи персональної) мережі або на базі всіх зазначених мереж.

Отже, створення ІМ можливе на будь-якому рівні розвитку мереж зв'язку в державі.

Особливо слід наголосити на *взаємозв'язку між ІМ та мережею універсального персонального зв'язку (УПЗ)*. Поряд із прогресивною концепцією ІМ нині активно розробляється (і вже використовується) *концепція УПЗ*. Кожний абонент УПЗ матиме єдиний персональний телефонний номер, яким користуватиметься в будь-якому місці світу. УПЗ є логічним розвитком стільникових і персональних мереж зв'язку, які дадуть змогу користувачеві мати портативний термінал. Перехід до УПЗ передбачає об'єднання персональних мереж зв'язку, кожна з

яких має свою систему керування з відповідною базою даних. Тому постає потреба в розподілі функцій комутації (керування) та функцій надання послуг рухомих користувачам, тобто потреба в переході до ІМ. Зрештою рухомий користувач отримує великі можливості щодо користування послугами під час свого переміщення.

Отже, сформулюємо три основні переваги ІМ:

1) швидке, ефективне й економічне надання інформаційних послуг масовому користувачеві, зокрема й рухомому;

2) поєднання економічних інтересів трьох сторін — користувачів, постачальників послуг і постачальників устаткування;

3) можливість реалізації зв'язку на будь-якій комутованій мережі.

Зауважимо, що принцип розподілу функцій комутації та надання послуг було цілком природно використано під час створення обчислювальних мереж. Адже відповідна концепція передбачала таку архітектуру, згідно з якою функції транспортування даних виконувала існуюча мережа зв'язку, а надання послуг, тобто передавання файлів і виконання різноманітних завдань, — операційна система ЕОМ. При цьому кожна із зазначених систем — надання послуг і транспортування даних — розвивалися незалежно від іншої.

Дамо визначення ІМ, що відповідає тлумаченню цього поняття в міжнародних рекомендаціях. *Інтелектуальна мережа — це архітектура, для якої характерні такі принципи:*

- широке використання сучасних засобів обслуговування інформації;
- ефективне застосування мережних ресурсів;
- модульність мережних функцій із можливістю багаторазового їх використання;
- одночасне створення та впровадження послуг завдяки модульним, повторно використовуваним мережним функціям;
- інваріантність засобів розміщення мережних функцій у різних фізичних об'єктах;
- взаємодія мережних функцій через незалежні від послуг стандартизовані інтерфейси;
- можливість керування деякими атрибутами послуг із боку абонентів і користувачів;
- стандартизоване керування логікою послуг.

Як уже зазначалося, концепція ІМ зародилася внаслідок інтеграції обчислювальних мереж і мереж електров'язку. Її появі передували численні спроби зробити послуги зв'язку зручнішими для користувачів і вигіднішими для експлуатаційних компаній.

Основні особливості ІМ, які відрізняють її від «неінтелектуальних» мереж, такі:

- взаємна незалежність змін, що вносяться в базову мережу й інтелектуальну надбудову (платформу ІМ) під час реалізації будь-яких додаткових послуг;
- практична одночасність процесів створення та впровадження послуг;
- можливість доступу до послуг із використанням звичайних інтерфейсів користувач–мережа (аналогова телефонна лінія, базовий і первинний доступ до цифрової мережі інтегрального обслуговування тощо);
- незалежність у процесі розроблення та впровадження додаткових послуг від постачальників комутаційного устаткування;
- можливість для абонентів створювати за додаткову плату власні послуги і гнучко, на свій розсуд, змінювати профілі конкретних послуг.

Варто наголосити, що сама будова ІМ (рис. 5.1) дає змогу повною мірою використовувати практично всі її можливості, окрім однієї, яка завжди залишається прерогативою експлуатаційних компаній (операторів мереж). Ідеться про безпосереднє керування елементами мережі. При цьому ІМ здатна у процесі обслуговування викликів надавати користувачам різні підказки, рекомендації, створюючи тим самим ілюзію спілкування з розумним співрозмовником. Отже, термін «інтелектуальна мережа» слід вважати цілком виправданим.

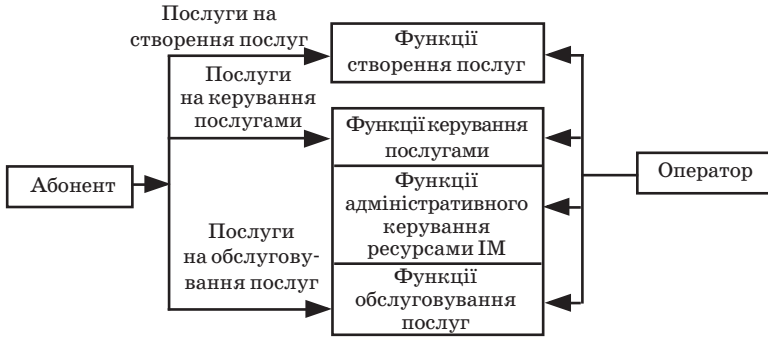


Рис. 5.1. Можливості абонентів і операторів інтелектуальної мережі

5.2. Архітектура інтелектуальної мережі

5.2.1. Вимоги до архітектури

Для ІМ, як і для традиційних мереж, функції комутації залишаються в базовій мережі зв'язку, а функції керування послугами, а також створення й упровадження їх виносяться в окрему від базової мережі *інтелектуальну надбудову*, що взаємодіє з базовою мережею за допомогою стандартизованих інтерфейсів (рис. 5.2).

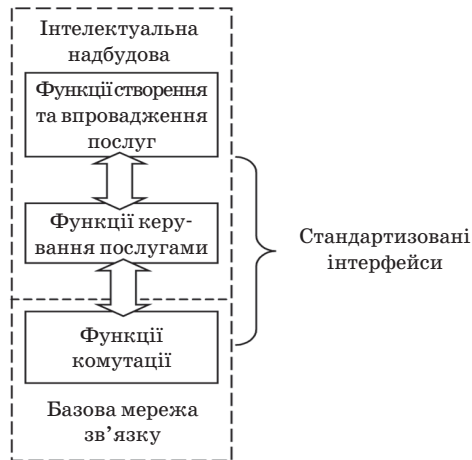


Рис. 5.2. Схема узагальненої функціональної архітектури інтелектуальної мережі

Вимога стандартизації протоколів узгодження між базовою мережею та інтелектуальною надбудовою звільняє операторів від колишньої залежності від постачальників комутаційного устаткування.

Взаємодія між функціями комутації та керування послугами відбувається за допомогою прикладного протоколу інтелектуальної мережі INAP, стандартизованого МСЕ в Рекомендації Q.1205.

Керування створенням і впровадженням послуг виконується через прикладний програмний інтерфейс АРІ, стандартизацію якого поки що не завершено. Отже, стандартизовані інтерфейси ІМ роблять мережу відкритою для незалежних змін як в інтелектуальній надбудові, так і в базовій мережі.

Основною вимогою до архітектури ІМ є *відокремлення функцій надання послуг від функцій комутації та розподіл їх за різними функціональними підсистемами*.

Узагальнена функціональна архітектура наочно відбиває одну з основних ідей реалізації ІМ за формулою

$$\text{Інтелектуальна мережа} = \text{Комутатор} + \text{Комп'ютер}.$$

До виконання цієї формули протягом багатьох років прагнули виробники комутаційного устаткування та засобів обчислювальної техніки. При цьому перші отримували можливість гнучкого оперативного створення та впровадження нових послуг зв'язку без істотних змін у комутаційному устаткуванні, а другі — вихід на один із найбільших сегментів ринку нових інформаційних технологій.

5.2.2. Взаємодія складових мережної архітектури

Розглянемо наведену на рис. 5.3 комбінацію базової мережі (ТфЗК) та інтелектуальної надбудови — платформи ІМ.

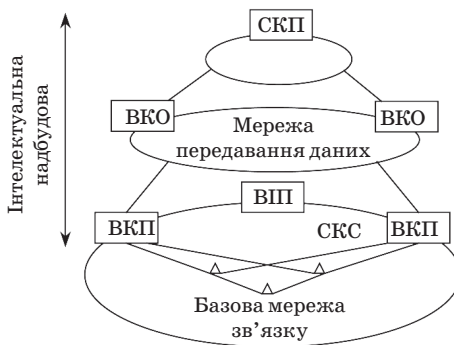


Рис. 5.3. Архітектура інтелектуальної мережі (СКС — спільний канал сигналізації)

Основні частини надбудови такі:

- вузол комутації послуг (ВКП);
- вузол керування обслуговуванням (ВКО);
- система керування послугами (СКП);
- вузли інтелектуальної периферії (ВІП).

Зауважимо, що ВКП — це свого роду інтерфейс ТфЗК з інтелектуальною надбудовою, який являє собою розширену спеціальними функціями цифрову систему комутації. Він фіксує виклики ІМ і звертається до ВКО по інформацію, необхідну для обслуговування цих викликів. Саме ВКО є осередком «інтелекту» у вигляді мережних баз даних, де містяться алгоритмічні сценарії обслуговування викликів, які стосуються різних служб.

База даних, де зберігається інформація про абонентів ІМ, послуги, до яких вони мають доступ, і еталонні програми логіки обслуговування, що належать різним службам, входять до основної частини СКП (рис. 5.4). Сюди ж залучено термінал адміністратора, за допомогою якого створюються й упроваджуються нові послуги, а також вносяться корективи у процесі керування мережею та її обслуговування.

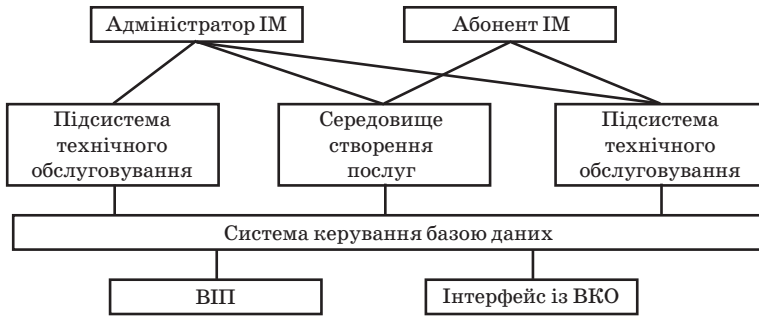


Рис. 5.4. Структура системи керування послугами інтелектуальної мережі (ВІП — вузол інтелектуальної периферії)

Безпосередньо до СКП приєднується термінал абонента, який дістає можливість керувати послугами. Частина БД, куди має доступ абонент, називається *комерційною*. Вона дає змогу абонентові на свій розсуд вносити певні корективи у процес обслуговування виклику (змінюючи конкретні атрибути послуги) на підставі наданих йому статистичних даних. Із СКП абонент може отримати інформацію з деталізованим рахунком за користування послугами. Нині розробляються технічні засоби, які, на відміну від традиційних мережних архітектур, дають змогу абонентові не лише керувати своїми послугами, й брати участь у їх створенні.

Абонент, отримуючи доступ до вузла середовища створення послуг і використовуючи спеціальні технічні засоби, об'єднує в реальному масштабі часу наявні в його розпорядженні конструктивні блоки, що виконують різноманітні мережні функції, в єдиний алгоритм, який реалізує певну програму логіки послуги згідно зі своїми вимогами. Вузол інтелектуальної периферії (ВІП) підтримує загальномережні функції, потрібні для обслуговування викликів із використанням пристроїв, які слугують для відтворення, синтезування або розпізнавання мовних повідомлень, а також для виконання інших допоміжних функцій, централізована реалізація яких є більш ефективною.

Комплекти автоінформаторів ВІП можуть відтворювати записані заздалегідь мовні повідомлення, які при одержанні від користувача додаткової керуючої інформації підказують йому можливі способи керування викликом.

Базова мережа зв'язку України (скажімо, ТфЗК) та інтелектуальна надбудова можуть розвиватися незалежно і взаємодіяти відповідно до стандартних правил.

Це уможлиблює розгляд ІМ як системи, відкритої для будь-яких змін у базовій мережі (коли потрібно впроваджувати нові технології SDH, АТМ тощо) та в надбудові (із появою нових послуг).

5.2.3. Стандартизація архітектури

Зауважимо, що МСЕ розробляє довготермінову архітектуру ІМ, в основу якої покладено *набори можливостей* (*Capability Sets — CS*), що описують конкретні аспекти цільової архітектури ІМ. При специфікації чергового CS передбачається зворотний зв'язок із попередніми етапами для внесення змін у процес еволюції ІМ (рис. 5.5).

Розроблення CS1 завершено в межах Рекомендацій МСЕ серії Q.1200, які визначають функціональні можливості ІМ, що ґрунтуються на існуючих мережних технологіях (наприклад, ISDN) та орієнтуються на підтримання послуг, реалізо-

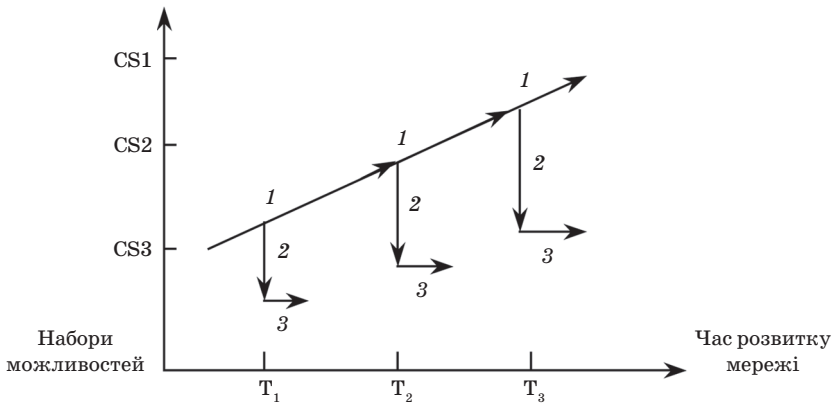


Рис. 5.5. Процес стандартизації інтелектуальної мережі:
 1 — концепція ІМ та її модель; 2 — специфікація чергового CS;
 3 — випуск рекомендацій щодо CS

ваних на базі мереж із комутацією каналів. Характерною особливістю таких послуг є те, що їх можна активізувати лише у процесі встановлення (роз'єднання) зв'язку. За термінологією МСЕ, можливості CS1 належать до послуг типу А: вони є однокінцевими з централізованою логікою керування. Зазначимо, що МСЕ активно веде роботи зі специфікації наборів CS2 і CS3 для широкосмугових мереж, де також розглядаються засоби інтеграції ІМ із мережею керування телекомунікаціями TMN.

Розглянемо деякі **особливості побудови концептуальної моделі ІМ**. Для цього застосуємо структурований підхід (рис. 5.6), щоб кваліфікувати характеристики послуг та ідентифікувати їхні можливості.

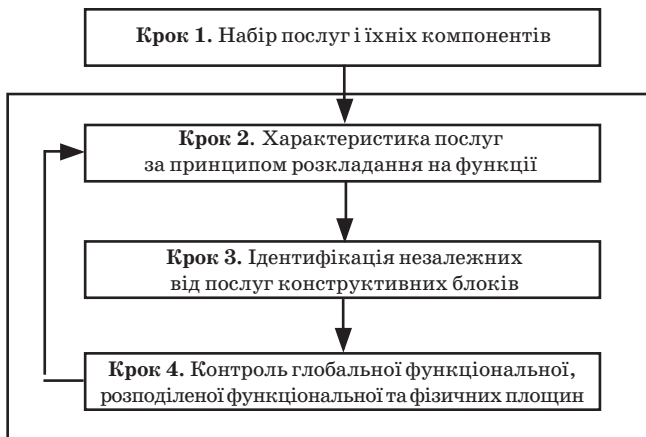


Рис. 5.6. Структурований підхід до побудови концептуальної моделі інтелектуальної мережі

Зазначений підхід передбачає аналіз і розкладання послуг на незалежні від них конструктивні блоки (*Service Independent Building Blocks — SIB*). Це формує основу для введення функціональних площин — глобальної та розподіленої. Рекомендується, щоб дії, до яких належить функціональне моделювання, використовували результати аналізу характеристик послуг для перевірки моделей останніх і гарантування об'єднаної моделі реалізації послуг.

Вузли ІМ виконують одну або кілька функцій, які поділяються на три основні категорії.

1. Функції, що стосуються керування викликом:

● функція комутації послуг (*Service Switching Function — SSF*) — забезпечує інтерфейс між функцією керування послугами (*Service Control Function — SCF*) і функцією керування викликом (*Call Control Function — CCF*);

● функція спеціалізованих ресурсів (*Specialized Resource Function — SRF*) — забезпечує доступ мережних об'єктів до різних категорій мережних засобів (мовний автоінформатор, мости конференц-зв'язку тощо);

● функція керування викликом CCF — забезпечує традиційні можливості обслуговування викликів;

● функція керування доступом виклику (*Call Control Agent Function — CCAF*) — забезпечує доступ користувача до мережі, тобто є інтерфейсом між користувачем і функцією CCF.

2. Функції, що стосуються керування послугами:

● функція керування послугами SCF — визначає логіку послуг ІМ і керує послугою, пов'язаною з виконуваним процесом;

● функція підтримання даних послуг (*Service Data Funktion — SDF*) — керує доступом послуг до мережних баз даних, забезпечує контроль за даними і створює логічний зв'язок функції SCF із даними, «закриваючи» від неї їхній реальний стан.

3. Функції, що забезпечують послуги:

● функція середовища створення послуг (*Service Creation Environment Funktion — SCEF*) — забезпечує специфікацію, створення, тестування та завантаження програм логіки послуг;

● функція доступу до системи експлуатаційного підтримання та адміністрування послуг (*Service Management Access Funktion — SMAF*) — забезпечує інтерфейс до функції (*Service Management Funktion — SMF*);

● функція експлуатаційного підтримання та адміністрування послуг SMF — забезпечує надання послуг і адміністративне керування послугами.

На фізичному рівні концептуальної моделі ІМ визначаються фізичні об'єкти (*Physical Elements — PE*), способи відображення функціональних об'єктів на фізичні об'єкти та способи реалізації мережних елементів.

До структури ІМ, описуваної на фізичному рівні, висуваються такі вимоги:

- мережні функції мають виконуватися вузлами ІМ;
- вузол може виконувати одну або більше функцій;
- загальну мережну функцію не можуть виконувати спільно кілька вузлів;
- два різні вузли можуть виконувати однакові мережні функції;
- вузли повинні мати стандартні інтерфейси;
- розподіл мережних функцій по вузлах і стандартних інтерфейсах не повинен залежати від послуг, що надаються мережею.

Мережні функції вузлів ІМ на фізичному рівні розподіляються в такий спосіб.

Вузол комутації послуг (*Service Switching Point — SSP*) не лише виконує необхідні для комутації функції, а й забезпечує доступ до ІМ. Цей вузол має з'єднуватися з вузлами, що виконують функції керування послугами SCF (наприклад, із вузлами керування обслуговуванням (*Service Control Point — SCP*)).

Вузол керування обслуговуванням SCP має набір програм, які забезпечують виконання послуг і, можливо, обслуговування даних, отримуваних від користувачів ІМ. SCP виконує функцію керування послугами SCF і функцію підтриман-

ня даних послуг SDF. Вузол SCP має прямий доступ до вузла підтримання даних SDP або може приєднуватися через мережу сигналізації. При цьому вузол SDP може належати тій самій мережі, що й вузол SCP, а також іншим мережам. Через мережу сигналізації вузол SCP може пов'язуватися з вузлом комутації послуг SSP та вузлом інтелектуальної периферії (*Intelligent Peripheral — IP*).

Зауважимо, що згідно з концептуальною моделлю IM (*Intelligent Network Conceptual Model — INCM*) передбачено відображення функціональних об'єктів цієї моделі, наведене в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Функціональні об'єкти моделі INCM

Фізичні об'єкти	SCF	SSF/CCF	SDF	SRF
SCP	Обов'язкове	—	Обов'язкове	—
SN	»	Обов'язкове	»	Обов'язкове
AD	»	—	»	—
SSP	Можливе	Обов'язкове	Можливе	Можливе
IP	—	—	—	Обов'язкове
SDP	—	—	Обов'язкове	—
SSCP	Обов'язкове	Обов'язкове	»	Можливе

Вузол підтримання даних SDP містить дані, необхідні для надання індивідуалізованих послуг. Доступ до SDP можна отримати або через мережу сигналізації, або через вузол керування послугами SCP, або через вузол забезпечення послуг (*Service Management Point — SMP*). Різні вузли підтримання даних можуть бути зв'язані один з одним.

Вузол інтелектуальної периферії IP містить засоби, що забезпечують зручність для користувачів послуги мережі (наприклад, запис мови користувача, пристрій розпізнавання мови, синтезатор мови). IP виконує функції спеціалізованих ресурсів SRF, функцію комутації послуг SSF і функцію керування викликом CCF. Останні дві функції, які здійснюються за запитом з вузла комутації послуг SSP, використовуються для забезпечення доступу до засобів, що входять у вузол IP.

Допоміжний вузол керування (Adjunct — AD) аналогічний вузлу керування послугами SCP, але має безпосередній зв'язок з вузлом комутації послуг SSP. Зв'язок між допоміжним вузлом керування і вузлом комутації послуг підтримується високошвидкісним каналом.

Вузол послуг (Service Node — SN) безпосередньо зв'язаний з одним або більшою кількістю вузлів комутації послуг SSP і виконує функції керування послугами SCF, підтримання даних послуг SDF, спеціалізованих ресурсів SRF, комутації послуг SSF і керування викликом CCF. При цьому функції SSF/CCF у вузлі послуг тісно пов'язані з функцією керування послугами SCF і недоступні з інших вузлів, які виконують функції керування послугами. Вузол SN має можливості вузлів комутації послуг, керування послугами й інтелектуальної периферії.

Вузол комутації і керування послугами (Service Switching and Control Point — SSCP) об'єднує вузли комутації та керування послугами. Виконує функції комутації послуг SSF, керування викликом CCF, підтримання даних послуг SDF, керування доступом виклику CCAF і, можливо, функцію спеціалізованих ресурсів SRF.

Вузол забезпечення послуг SMP виконує функції SMF, SMAF і функцію сервизи створення послуг SCEF. Він може бути зв'язаний з будь-яким вузлом IM.

Вузол SMP може керувати базами даних і навантаженням, тестувати мережу і вимірювати характеристики мережі.

Вузол середовища створення послуг SCEP виконує функцію середовища створення послуг SCEF і слугує для розроблення, формування, тестування та впровадження послуг у пункти їх забезпечення SMP.

Вузол доступу до системи експлуатаційного підтримання й адміністрування послуг SMAR надає користувачам доступ до вузлів забезпечення послуг SMP.

5.3. Основні послуги інтелектуальної мережі

Набір можливостей CS1 орієнтований насамперед на надання послуг, які можна активізувати у процесі встановлення або розірвання з'єднання.

Перш ніж перейти до опису основних послуг ІМ, спинимося на таких ключових поняттях, як *абонент* і *користувач послуги*. Потреба в цьому продиктована тим, що сьогодні у вітчизняній практиці при використанні цих понять спостерігається плутанина, зумовлена, зокрема, і тим, що протягом попереднього періоду розвитку мереж і послуг зв'язку вони ототожнювалися. Вважалося, що кожний користувач послуги традиційного телефонного зв'язку періодично вносить за це плату, а тому є абонентом. Проте крім основних послуг (наприклад, телефонної мережі загального користування) ІМ за додаткову плату надає цілу низку нових послуг. Слід розрізняти тих, хто безпосередньо оплачує ці послуги як абонент (приватна особа або організація), і тих, хто користується ними (при здійсненні зв'язку з абонентами) безкоштовно як користувач.

5.3.1. Безкоштовний виклик — послуга 800

Основним змістом послуги безкоштовного виклику (*Free Phone — FPH*) є *оплата розмови за рахунок абонента, якого викликають*. Цей ключовий компонент послуги в термінології МСЕ називається *реверсивною оплатою* і з жодною іншою послугою з набору можливостей CS1 не поєднується. Разом із цим компонентом неодмінно застосовується компонент, який дістав назву *один номер* і дає змогу абонентові розподіляти виклики, що надходять на його логічний телефонний номер, між кількома належними йому пристроями. Дія цього функціонального компонента нагадує серійний пошук, що застосовується на існуючих міських телефонних мережах.

Логічний номер за певним алгоритмом перетворюється у фізичний мережний телефонний номер. Результат цього перетворення може залежати від атрибутів і параметрів, призначених самим абонентом послуги, — місцезнаходження користувача, дати, часу доби, навантаження, яке надходить, тощо.

Алгоритм *перетворення логічного номера абонента в мережний* у тому разі, коли останній залежить від місцезнаходження користувача та часу доби, унаочнює рис. 5.7. Набравши номер із вузла інтелектуальної периферії, користувач може отримати повідомлення автоінформатора з вимогою про набір додаткових цифр, спеціального ідентифікаційного номера тощо.

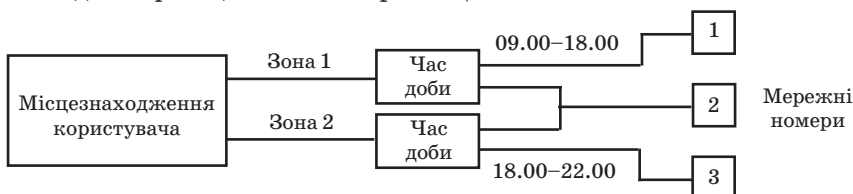


Рис. 5.7. Алгоритм вибору мережного номера абонента безкоштовного виклику FPH

5.3.2. Універсальний персональний зв'язок

Універсальний персональний зв'язок (*Universal Personal Telecommunications — UPT*) є однією з найбільш привабливих і перспективних послуг ІМ, яка уможлиблює відокремлення ідентифікатора кінцевої абонентської установки від ідентифікатора самого абонента. Замість рухомості терміналу реалізованого зв'язку ця послуга забезпечує рухомість самого абонента, який, маючи персональний логічний номер-ідентифікатор, може користуватися послугами незалежно від свого місцезнаходження в даний момент часу і від типу мережі доступу. Отже, UPT являє собою об'єднання всіх типів проводового та радіодоступу, зокрема й мереж рухомого зв'язку. Абонент UPT може мати стільки персональних номерів, скільки сам вважає за потрібне. Змінивши своє місцезнаходження, абонент має перереєструватися, повідомивши ІМ свою нову адресу, тобто свій новий мережний номер. Після такої реєстрації всі виклики щодо абонента спрямовуються за зазначеним номером.

5.3.3. Віртуальна приватна мережа

Надання послуги віртуальної приватної мережі (*Virtual Private Network — VPN*) еквівалентне створенню виділеної мережі зв'язку з використанням технічних засобів мережі загального користування. Використання терміна «віртуальна» в цьому разі наголошує на тому, що окремо виділеного фізичного об'єкта даної приватної мережі не існує.

Для абонентів VPN призначаються спеціальні логічні адреси, які не визначають фізичних точок доступу до відповідних ліній. У телефонній мережі загального користування номер абонента однозначно вказує на відповідний абонентський комплект на районній автоматичній телефонній станції. Абонент, який за допомогою певних процедур поінформував комутаційну станцію про свою належність до даної мережі, отримуватиме всі вхідні виклики, що спрямовуються на його логічну адресу від інших абонентів VPN, одночасно залишаючись абонентом ТфЗК.

5.3.4. Телеголосування

Послуга телеголосування (*Televoting — VOT*) дає змогу абонентам (установам місцевих і центральних органів влади, рекламних компаній тощо) швидко, ефективно, із мінімальними витратами проводити опитування громадськості з будь-яких питань, що заздалегідь відомі із засобів масової інформації.

Існує кілька можливих способів організації телеголосування. Той чи інший з них у кожному конкретному випадку обирають самі абоненти. Наприклад, ті, що голосують «за», можуть зателефонувати за одним номером абонента, а ті, що «проти», — за іншим. При цьому виклики, що надходять, ураховуються лише кількісно, без установлення мовного зв'язку від користувача до абонента. Мовний тракт приєднується до комплексу автоінформатора, з якого користувачеві видається повідомлення типу «Дякуємо, Вашу думку враховано». Результати телеголосування можуть відображатися в реальному масштабі часу, наприклад під час телепередачі.

Абонування послуг ІМ у сучасних умовах розглядається не лише як можливість отримання додаткового сервісу за додаткову плату, а й як тривала та надзвичайно вигідна інвестиція, котра дає змогу створювати, реалізовувати й часто змінювати корпоративні стратегії керування та використання інформації.

Послуги ІМ використовуються як у діловій, так і у приватній сфері. Потенційними споживачами послуг кожної з цих сфер (на відміну від послуг, наприклад, цифрової підсистеми автоматичної сигналізації) можна вважати абонентів ТфЗК.

5.4. Адресація в інтелектуальній мережі та мережі зв'язку наступного покоління (NGN)

Користувач, підімкнений до ІМ, повинен мати можливість:

- отримувати інформацію будь-якого типу (моно- або мультимедіа; реального часу або зі збереженням інформації; широкомовної, односпрямованої або групової);

- замовляти різні послуги та змінювати їхні параметри за допомогою свого терміналу;

- мати доступ до інформації з будь-якої точки й у будь-який час.

Можливі два шляхи реалізації цих принципів. Перший полягає у створенні кінцевого пристрою, здатного приймати й обробляти всі зазначені види інформації, який до того ж має бути зручним для користувача та легко транспортуватися. Другий шлях — упровадити таку систему нумерації, яка дозволяла б присвоїти абонентові один номер на такі різноманітні кінцеві пристрої, як комп'ютер, телефон, факс, мобільний телефон. Перший шлях важко реалізувати, оскільки він потребує дуже значних капіталовкладень для розробки такого пристрою, про який ідеться. Далеко не всі зможуть його собі дозволити, що стане перешкодою для впровадження мережі зв'язку наступного покоління. Другий шлях у цій ситуації більш прийнятний.

У цей час однією з перспективних систем нумерації для мереж зв'язку наступного покоління є ENUM. Цей протокол розроблено в IETF робочою групою Telephone Number Mapping. Завданням робочої групи була розробка протоколу, що дасть змогу інтегрувати дві найпоширеніші на даний момент системи адресації: E.164 і DNS.

E.164 — основний стандарт адресації в мережах загального користування. У ньому передбачено використання до 15 символів. Це ті номери, якими всі звикли користуватися в сучасному житті. Приклад такого номера (що включає в себе код країни): +46-8-9761234.

DNS адресація — це адресація мережі Інтернет. Кожний комп'ютер у цій мережі має унікальну адресу, що являє собою таку послідовність: 1436.5673.8567.8643.

Організація системи адресації ENUM полягає у призначенні абонентам телефонних номерів за стандартом E.164. Проте на кінцевих вузлах і навіть у мережах, в яких виклик термінується, ці телефонні номери не використовуються — вони перетворюються в імена, аналогічні адресам в Інтернеті за допомогою системи доменних імен DNS.

Для введення протоколу ENUM пропонується створити домен e164.agra, куди мають входити домени нижніх рівнів, що відповідають цифрам телефонного номера (наприклад, 1, 7, 3.3, 4.4 для номерів, що належать відповідно абонентам Північноамериканського регіону, Росії, Франції й Великобританії).

Для реалізації протоколу ENUM необхідно розробити концепцію розміщення баз даних. Із цього питання точаться дискусії, оскільки із суто технічної ця проблема переростає в політичну. Існують дві основні системи реалізації цього питання — відповідні структури дерев (рис. 5.8).

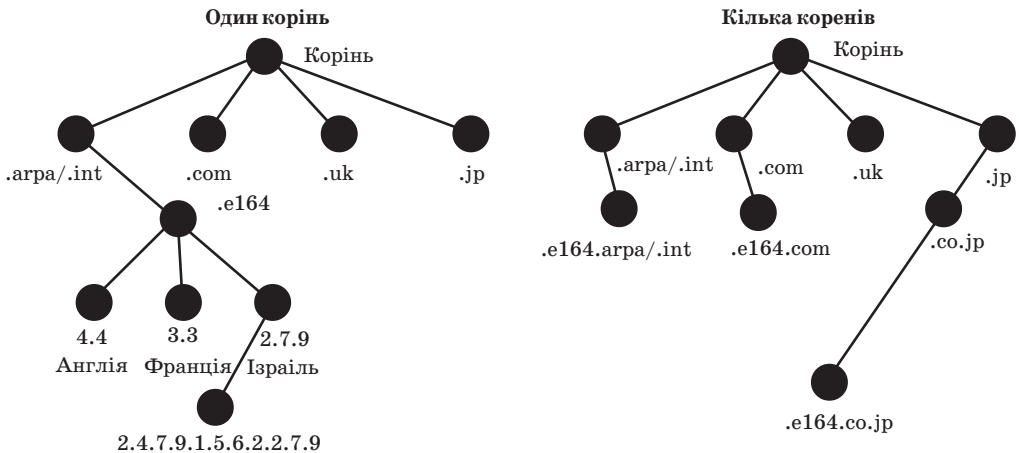


Рис. 5.8. Системи реалізації протоколу ENUM за основним стандартом адресації E.164 (структури дерев)

У першій моделі пропонується створити єдиний домен для обробки ENUM — e164.arpa, з ієрархією із трьох або чотирьох рівнів. Центральний сервер-координатор (кореневий вузол) містить покажчики на сервери або зони нульового рівня, розташовані в кожній країні. У свою чергу, останні мають вказувати на авторизовані національні сервери (перший рівень). Далі другий і третій рівні мають забезпечувати надання послуг ENUM конкретним клієнтам.

У разі кількох коренів такої ієрархії немає, і користувачі реєструються на серверах ENUM із будь-яких доменів вищого рівня.

Перша система здається найбільш простою і доцільною. Адже актуальність такої бази даних легко підтримувати, причому тут використовується вже наявний домен e164.arpa, який до того ж добре захищений. Проте водночас виникають сумніви щодо економічної доцільності такої побудови мережі, оскільки контрольована монополія над послугами (яка встановлюється в першому випадку) приведе до встановлення вищих розцінок на послуги ENUM порівняно з цінами вільного ринку.

Розглянемо приклад того, як діятиме ця система адресації. Для прикладу візьмемо номер + 46-8-9761234 — повний запис згідно з E.164, що включає в себе код країни. Далі виконуються такі перетворення:

- 4689761234 — виключаються всі допоміжні символи;
- 4.6.8.9.7.6.1.2.3.4 — усі цифри відокремлюються крапками за аналогією з DNS;
- 4.3.2.1.6.7.9.8.6.4 — цифри номера переписуються у зворотному порядку (зворотний порядок запису цифр телефонного номера узгоджується із прийнятим в DNS правилом розміщення верхньої частини імені праворуч, а не ліворуч, як у телефонії);
- 4.3.2.1.6.7.9.8.6.4.e164.arpa — приписується домен верхнього рівня «e164.arpa».

З'єднавшись із цим номером, DNS надсилає у відповідь запис NAPTR (*Naming Authority Pointer*), де містяться дані про те, як можна зв'язатися з людиною, котра використовує цей номер. Наприклад, може бути зазначено стаціонарний телефон, мобільний телефон, адреса електронної пошти, факс і т. ін. Також там може бути зазначено, який із цих пристроїв доступний у даний момент. Із цього списку користувач може вибрати, через який пристрій він бажає організувати зв'язок.

Отже, ця система нумерації дозволяє досягти поставлені мети. Абонентів в мережі достатньо мати один номер, за яким із ним можуть зв'язатися як мобільним телефоном, так і електронною поштою.

5.5. Мультисервісні мережі як самостійний клас мереж, побудованих згідно з концепцією NGN

Нагадаємо, що функціональна модель мереж NGN включає в себе три рівні (див. рис. 2.6):

- 1) транспортний рівень;
- 2) рівень керування комутацією та передаванням інформації;
- 3) рівень керування послугами.

При цьому основу мережі NGN становить *універсальна транспортна мережа* (див. рис. 2.7), що реалізує функції транспортного рівня, а також рівня керування комутацією та передаванням.

Зауважимо, що важливий клас мереж, побудованих згідно з концепцією NGN, становлять *мультисервісні мережі*, що уможливають надання широкого набору як традиційних, так і нових послуг.

Визначення мультисервісних мереж як самостійного класу означає, що їх регламентація повинна здійснюватися на основі відповідних нормативно-технічних документів, які враховують особливості інтеграції різних послуг і системно-технічних вирішень у рамках однієї мережі.

Базові послуги (наприклад, послуги телефонії), що їх надають існуючі мережі зв'язку та мультисервісні мережі, повинні мати ідентичні характеристики, тобто *мультисервісні мережі мають забезпечувати виконання прийнятих норм і вимог для кожного типу послуг, включаючи показники якості, параметри інтерфейсів, адресацію/нумерацію і т. ін.*

Для нових типів послуг, таких як послуги ІМ, послуги мультимедіа, інфокомунікаційні послуги, мультисервісні мережі мають забезпечувати можливість взаємодії з аналогічними послугами інших мереж.

Побудова мультисервісних мереж має відповідати *дворівневій архітектурі*, що складається з *регіонального і магістрального (включаючи міжрегіональні) рівнів* (рис. 5.9). Це створить умови для широкого впровадження інфокомунікаційних послуг і розв'язання таких актуальних завдань, як забезпечення структурної надійності, нормування показників якості послуг тощо.

На *регіональному рівні* мультисервісна мережа має гарантувати під'єднання абонентів і надання їм як транспортних, так і інфокомунікаційних та інших послуг, а також уможливлювати взаємодію з аналогічними послугами інших регіональних мереж.

На *магістральному рівні* мультисервісна мережа має підтримувати надання послуг перенесення для взаємодії мультисервісних регіональних мереж, а також для передавання (при потребі) навантаження всіх наявних мереж.

Розв'язання цих проблем передбачає формування мереж доступу, які дали б змогу забезпечувати поділ трафіку на ділянки, де не накладається жорстких обмежень на швидкість передавання, та на ділянки, де не відбувається його концентрації.

Принадібно зазначимо, що нерідко проблему перевантаження мережі можна розв'язати за рахунок додаткового трафіку, упровадивши устаткування, яке реалізує інтегровані точки присутності (POP).

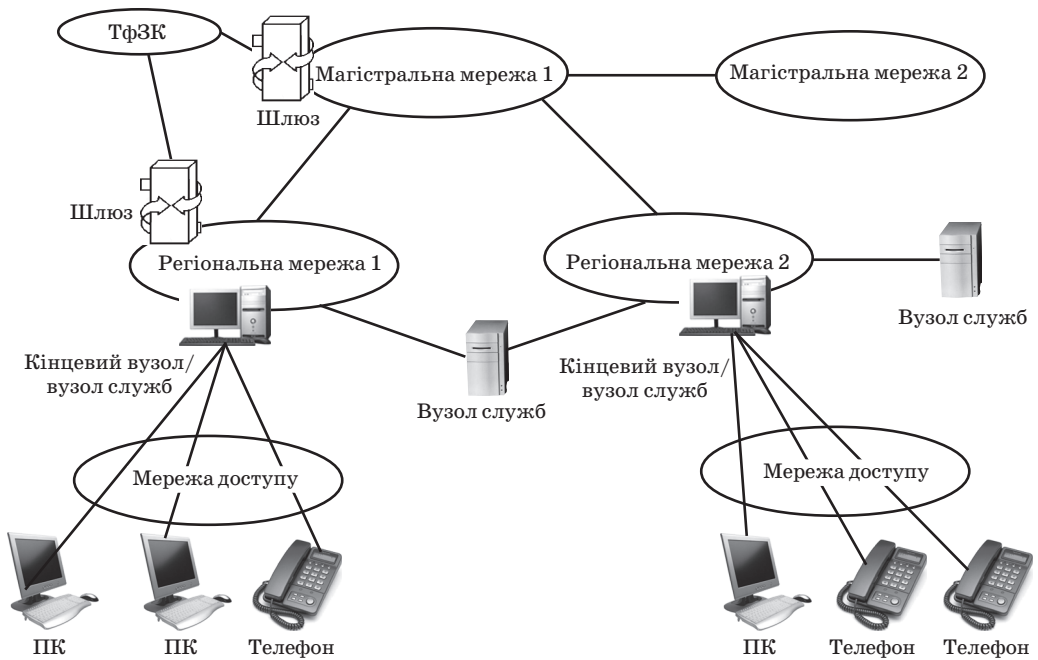


Рис. 5.9. Дворівнева архітектура мультисервісних мереж

Під *мережею доступу* розумітимемо системно-мережну структуру, що складається з абонентських ліній, вузлів доступу й систем передавання та слугує для організації підімкнення користувачів до ресурсів регіональних мереж.

З адміністративно-організаційного погляду мережа доступу може бути як частиною мережі оператора регіональної мережі, так і технічним засобом окремого оператора — оператора мережі доступу.

Основними послугами мережі доступу має забезпечуватися підімкнення:

- абонентів аналогового доступу ТфЗК;
- абонентів базового доступу ЦСІС;
- абонентів первинного доступу ЦСІС.

Окрім цих послуг мережа доступу може також забезпечувати підімкнення:

- абонентів доступу xDSL;
- абонентів виділених каналів зв'язку $n \times 64$ кбіт/с і 2 Мбіт/с;
- абонентів, що використовують для доступу оптичні кабельні технології (PON);
- абонентів, що використовують для доступу структуровані кабельні системи (HFC);
- абонентів, що використають системи безпроводового доступу і радіодоступу.

Щодо кожної з перелічених типів послуг можлива подальша диференціація залежно від використовуваної швидкості передавання або технології доступу.

Доступ до ресурсів мультисервісної мережі здійснюється через граничні вузли, до яких підмикається устаткування мережі доступу або здійснюється зв'язок з наявними мережами. В останньому випадку граничний вузол виконує функції міжмережного шлюзу.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Яка основна мета інтелектуальної мережі?
2. Розкрийте принцип побудови інтелектуальної мережі.
3. Які основні переваги інтелектуальної мережі?
4. Яку ідею реалізації інтелектуальної мережі відбиває її узагальнена архітектура?
5. Чим характеризується архітектура інтелектуальної мережі?
6. Опишіть структуру системи керування послугами.
7. Які площини входять до концептуальної моделі інтелектуальної мережі та чим вони характеризуються?
8. Назвіть основні функції вузлів інтелектуальної мережі.
9. Як характеризуються функції вузлів інтелектуальної мережі?

ПІСЛЯМОВА ДО РОЗДІЛУ 5

Ви вивчили матеріал, присвячений архітектурній концепції інтелектуальної мережі як базової платформи для NGN.

Тепер ви вже знаєте, що інтелектуальна мережа — це архітектура, для якої характерні такі принципи:

- широке використання сучасних засобів обслуговування інформації;
- ефективне використання мережних ресурсів;
- модульність мережних функцій із можливістю багаторазового їх використання;
- одночасне створення та впровадження послуг завдяки модульним, повторно використовуваним мережним функціям;
- інваріантність засобів розміщення мережних функцій у різних фізичних об'єктах;
- взаємодія мережних функцій через незалежні від послуг стандартизовані інтерфейси;
- можливість керування деякими атрибутами послуг із боку абонентів і користувачів;
- стандартизоване керування логікою послуг.

Насамкінець зазначимо, що взаємодія ІМ і мережі NGN є однією з головних складових конвергенції мереж і водночас важливим кроком до взаємопроникнення традиційних послуг ІМ.

Список рекомендованої літератури

1. *Блэк Ю.* Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы/Блэк Ю. — М.: Мир, 1990.— 506 с.
2. *Бертсекас Д.* Сети передачи данных/Д. Бертсекас, Р. Галлагер. — М.: Мир, 1989.— 544 с.
3. *Стеклов В. К.* Проектирование телекоммуникационных сетей/В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман.— К.: Техніка, 2002.— 792 с.
4. *Кривуца В. Г.* Математичне моделювання телекомуникаційних систем/Кривуца В. Г., Барковський В. В., Беркман Л. Н.— К.: Зв'язок, 2007.— 270 с.
5. *Система управління сучасними телекомуникаційними мережами*/ [Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.].— К.: ДУІКТ, 2009.— 352 с.

РОЗДІЛ 6

ГЛОБАЛЬНА МЕРЕЖА ІНТЕРНЕТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

DNS (<i>Date Network Service</i>)	— база даних імен комп'ютерів
FTN (<i>File Transfer Network</i>)	— передавання файлів мережею
FTP (<i>File Transfer Protocol</i>)	— протокол передавання файлів
HDLC (<i>High Level Data Link, Control Procedure</i>)	— протокол високорівневого керування каналом
HTML (<i>Hyper Text Markup Language</i>)	— мова розмічання гіпертексту
HTTP (<i>Hyper Text Transfer Protocol</i>)	— протокол передавання гіпертексту
IRC (<i>Internet Relay Chat</i>)	— розмова через Інтернет
MOO (<i>Multi Object Oriented</i>)	— об'єктно-орієнтований світ багатьох користувачів
MUD (<i>Multi User Dungeon</i>)	— гра багатьох користувачів
TCP/IP (<i>Transfer Control Protocol / Internet Protocol</i>)	— протокол керування транспортним рівнем/міжмережний протокол
URL (<i>Uniform Resource Location</i>)	— універсальний покажчик ресурсу
VRML (<i>Virtual Real Language</i>)	— мова опису віртуальної реальності
WWW (<i>World Wide Web</i>)	— інформаційно-довідкова служба, доступна через Інтернет

6.1. Структура та принципи функціонування Інтернету

Інтернет — це всесвітня комп'ютерна мережа (поєднання взаємозв'язаних мереж), яка дає змогу широко використовувати глобальні інформаційні ресурси та передавати повідомлення будь-якого виду між різними абонентами. *Мережна структура Інтернету* (рис. 6.1) являє собою сукупність *мережних вузлів і з'єднувальних каналів*. Будь-який мережний вузол становить самостійну мережу зі своїми внутрішніми протоколами, що відрізняються від базових протоколів.

Мережа Інтернет базується на сім'ї протоколів, створених для забезпечення незалежної маршрутизації та передавання інформації в глобальних мережах, щоб у разі від'єднання якоїсь мережної станції інформацію можна було передати в пункт призначення, спрямувавши її через інші станції (динамічна маршрутизація).

Абсолютна більшість комп'ютерів в Інтернеті зв'язана за протоколами TCP/IP. Мережі, які використовують ці протоколи (TCP/IP-мережі), народилися як проект Агентства перспективних наукових досліджень АРПА при Міністерстві оборони США. Мережа створювалася «на випадок ядерної війни» і припускала, що комп'ютери, як і лінії зв'язку між ними, можуть припинити своє функціонування в будь-який момент. Саме це й посприяло народженню мережної технології TCP/IP, яка фактично стала технологією всесвітньої мережі. Розроблений для цього протокол назвали *протоколом міжмережного обміну IP*.

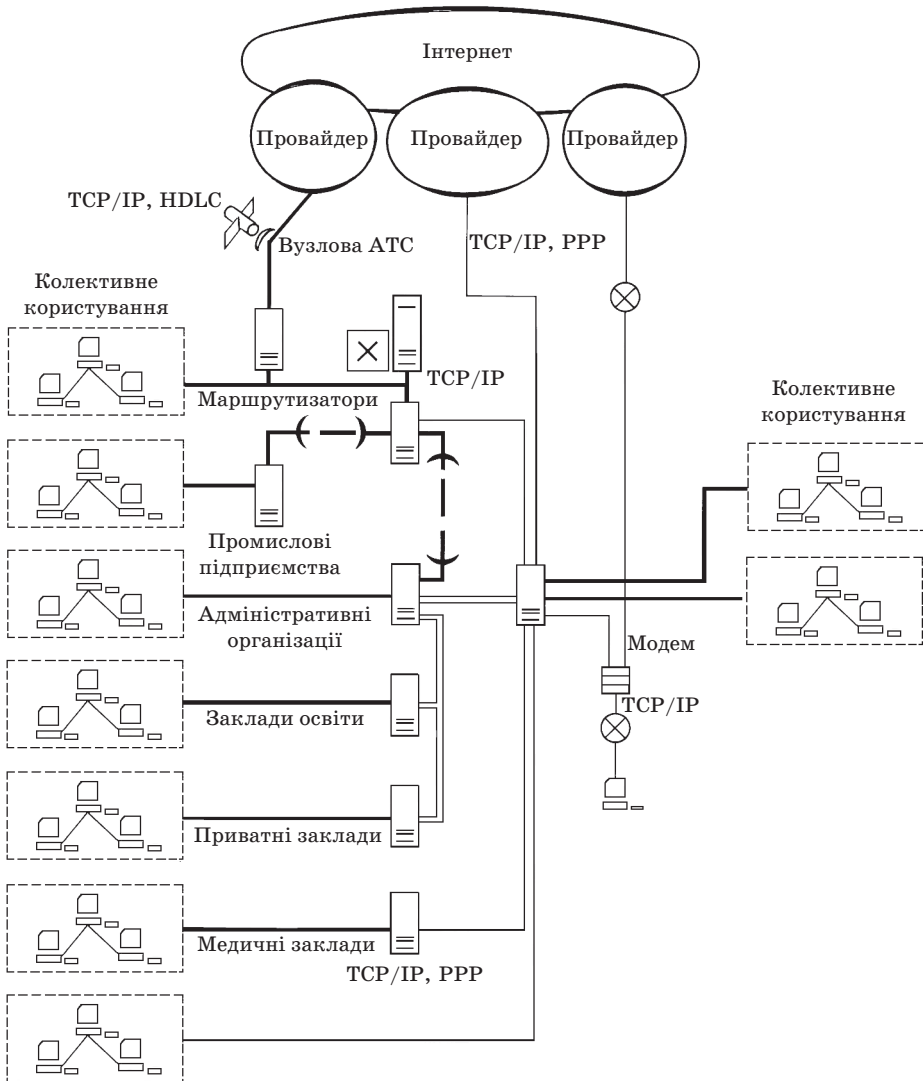


Рис. 6.1. Структура мережі Інтернет: (— — радіомережа на 10 Мбіт/с; — — виділена лінія; — — оптоволоконна лінія на 10 Мбіт/с;

⊗ — лінія комутації; — (---) — радіомережа на 2 Мбіт/с; ☐ — діалоговий користувач; ☐ — маршрутизатор; ☐ — хост-ЕОМ

Протокол IP дає змогу здійснювати взаємодію різноманітних мереж. При цьому всередині кожної мережі можуть функціонувати протоколи найрізноманітніших видів. Пояснимо це на простому прикладі. У телеграмі, яку отримує користувач, увесь текст (адреса і повідомлення) написано на стрічці слово за словом, без інтервалу. Але є заголовки форматів, які дають змогу зрозуміти, де адреса, а де повідомлення. Аналогічно в комп'ютерній мережі пакет подається потоком бітів, а протокол IP визначає, де адреса й службова інформація, а де передані дані.

Протокол TCP призначений для контролю за процесом передавання та за цілісністю інформації. Коли користувач не розчує, що сказав співрозмовник у телефонній розмові, він просить його повторити сказане. Приблизно це виконує

і протокол ТСП стосовно комп'ютерних мереж. Комп'ютери обмінюються пакетами протоколу ІР, контролюють їх передавання за протоколом ТСП і, об'єднуючись у глобальну мережу, утворюють Інтернет. Такий у найзагальніших рисах технічний бік питання.

Протоколи ТСП/ІР для комп'ютерів — це ніби правила ведення розмови для людей. Проте люди, послуговуючись цими правилами, використовують інформацію по-різному: сперечаються, розповідають, записують повідомлення на автовідповідач тощо. Так само і з комп'ютерами: протокол ТСП/ІР уможливило передавання інформації, а його використовують різні сервіси, по-різному застосовуючи цю інформацію. Від ефективності сервісів, їхньої надійності, простоти, зручності та поширення залежить, наскільки корисними й необхідними вони стають у житті людей. Мережа Інтернет та її сервіси дивовижна тим, що вони набувають дедалі більшого поширення в житті суспільства, уможливаючи надзвичайно швидке пересування неосяжних обсягів інформації річизцем Інтернету.

Варто наголосити, що Інтернет не розв'язав проблеми збереження та впорядкування інформації, але забезпечив її передавання, тобто дав змогу отримувати будь-яку інформацію де завгодно і коли завгодно.

6.2. Сервіси Інтернету

6.2.1. Поділ сервісів на групи

Перед розглядом конкретних сервісів Інтернету опишемо деякі категорії, таких сервісів, використовуваних з метою визначення їх придатності для виконання певних завдань. Щоб уявити собі схему передавання інформації в Інтернеті, доцільно поділити сервіси на групи відповідно до набору критеріїв їх оцінювання, хоча жорстка класифікація зазначених сервісів неможлива, передусім через унікальність кожного сервісу й одночасну невіддільність його від інших. Кожен із них має характерні властивості, частина яких поєднує його з однією групою сервісів, а решта — з іншою.

Найбільш придатним для класифікації є поділ сервісів Інтернету на *інтерактивні, прямі та відкладеного читання*. Ці групи об'єднують їх за значною кількістю ознак.

Сервіси, що належать до групи *відкладеного читання*, найбільш поширені, найбільш універсальні та найменш вимогливі до ресурсів комп'ютерів і ліній зв'язку. Основною особливістю їх є те, що запит і отримання інформації можуть бути дуже відокремлені в часі (наприклад, електронна пошта).

Прямі сервіси характерні тим, що інформація за запитом повертається негайно. Проте від отримувача інформації негайна реакція не потрібна.

Сервіси, в яких потрібна негайна реакція на отриману інформацію (тобто отримувана інформація є по суті запитом), належать до *інтерактивних*.

У ній традиційній системі зв'язку аналогами сервісів інтерактивних, прямих і відкладеного читання є відповідно *телефон, факс і письмова кореспонденція*.

6.2.2. Електронна пошта

Електронна пошта (E-mail) — найбільш поширений і ефективний сервіс Інтернету. Це типовий сервіс відкладеного читання: надіслане, як правило, у вигляді звичайного тексту повідомлення адресат отримує на свій комп'ютер через, можливо, досить тривалий проміжок часу і читає його тоді, коли йому зручно.

E-mail дуже схожий на звичайну паперову пошту, оскільки має ті самі переваги й недоліки. Звичайний лист складається з конверта, на якому розміщено адресу отримувача та штампи поштових відділень, і того, що міститься в конверті, — власне, листа. Електронний лист також складається із заголовків, які містять службову інформацію (про автора листа, отримувача, шлях проходження мережею тощо) і відіграють роль конверта, та вмісту листа. Якщо у звичайний лист можна вкласти, наприклад, фотографію, то електронним листом аналогічно можна послати файл із даними. Електронний лист, як і звичайний, можна підписати. При цьому як один, так і другий може не дійти до адресата або дійти занадто пізно. Звичайний лист — дешевий вид зв'язку, але електронна пошта — найдешевший.

Отже, електронна пошта повторює переваги звичайної (простота, невисока вартість, можливість пересилання інформації різної форми, можливість підписування й шифрування листа) та її недоліки (негарантована тривалість пересилання, можливість доступу третіх осіб під час пересилання, неінтерактивність). Проте між ними існують і суттєві відмінності. Вартість пересилання звичайної пошти значною мірою залежить від місця доставляння її, а також від розміру й типу поштової одиниці. Для електронної пошти такої залежності немає (або вона досить незначна). Електронного листа можна шифрувати й підписувати надійніше й зручніше, ніж паперового. Для паперового листа взагалі немає загальноприйнятих засобів шифрування. Швидкість доставляння електронних листів набагато вища, ніж паперових, і мінімальний термін проходження їх значно менший.

Електронна пошта — універсальна, оскільки мережі всього світу, побудовані за різними принципами й протоколами, можуть обмінюватися електронними листами з Інтернетом, забезпечуючи тим самим доступ до інших його ресурсів. Практично всі сервіси Інтернету, що використовуються загалом як сервіси прямого доступу (*On-line*), мають інтерфейс до електронної пошти навіть у тому разі, коли користувач не має доступу до Інтернету в режимі *On-line*. Користувач може отримувати велику частину інформації, що зберігається в Інтернеті, використовуючи дешеву електронну пошту.

Швидкість доставляння повідомлень електронної пошти значною мірою залежить від шляху її передавання. Шлях електронного листа між двома машинами, безпосередньо приєднаними до Інтернету, займає секунди, а можливість втрати чи заміни листа мінімальна. Якщо для передавання електронних листів адресат користується технологіями FTN (послідовного передавання файлів багатьма комп'ютерами по ланцюжку) і надсилає лист у якусь екзотичну мережу, то лист надходитиме протягом тривалого часу (кілька днів і навіть тиждів). Окрім цього, він має великі шанси загубитися в разі обриву зв'язку під час передавання по ланцюжку і його можуть легко підмінити на шляху проходження.

6.2.3. Мережні новини Usenet

Мережні новини Usenet, або, як їх прийнято називати, *телеконференції*, — це другий за ступенем поширення сервіс Інтернету. Якщо електронна пошта передає повідомлення за принципом «від одного — одному», то мережні новини — «від одного — багатьом». Механізм передавання повідомлення схожий на поширення чуток: кожний вузол мережі, що отримав нове повідомлення, передає його всім тим вузлам, з якими він обмінюється новинами. Отже, відправлене повідомлення поширюється, багаторазово дублюючись у мережі й досягаючи

за досить короткі проміжки часу всіх учасників телеконференцій світу. В обговоренні теми може брати участь велика кількість людей незалежно від їхнього місцезнаходження.

Новини поділяються на *ієрархічно організовані тематичні групи*. Ім'я кожної групи складається з імен підрівнів ієрархії, відокремлених крапками, причому більш загальний рівень пишеться першим. Володіючи мінімальними знаннями англійської мови, можна за ім'ям групи легко зрозуміти, що в ній обговорюється.

Існують *глобальні ієрархії та ієрархії, що мають локальний характер* — для організацій, країн або мереж. Набір груп, що їх отримує *локальний сервер Usenet*, визначається адміністратором цього сервера і наявністю цих груп на інших серверах, з якими обмінюється новинами локальний сервер. Проте звичною є ситуація, коли сервер отримує всі глобальні ієрархії, а також групи, локальні для певної країни та мережі, і групи, локальні для певної організації. До різних ієрархій застосовуються різноманітні норми та правила роботи з ними. Не завжди в Usenet можна надсилати інформацію рекламного характеру. Наприклад, у деяких групах надсилати рекламу взагалі суворо заборонено. Менш суворо є обмеження на обсяги цитування попередніх авторів у листі, розмір підпису листа і т. ін.

Починаючи працювати з якоюсь групою чи ієрархією груп, передусім потрібно ознайомитися з відповідними правилами роботи, які регулярно вміщує особа, котра добровільно взяла на себе обов'язки координатора групи (модератора). Групи новин бувають двох типів — *модеровані та звичайні*. Повідомлення, що з'являються в модерованих групах, перед надсиланням у мережі проглядає модератор. Це, звичайно, є своєрідною цензурою, але в такому величезному співтоваристві, як Usenet, неможливо підтримувати порядок без суворого підходу.

Сьогодні будь-який комп'ютер, приєднаний до мережі Інтернет, має доступ до новин Usenet, але ці новини поширюються й у інших мережах, які застосовуються так само широко, як і електронна пошта. Способи та зручність роботи з новинами залежать від того, яким чином користувач їх отримує. В Інтернеті програма-клієнт безпосередньо отримує новини із сервера Usenet, і між переглядом списку повідомлень, що містяться в групі, та читанням цих повідомлень затримки немає. Якщо абонент користується новинами через електронну пошту, то він спочатку отримує список статей, а потім приймає електронною поштою статті зі списку, окремо замовлені ним. Такий спосіб роботи з новинами Usenet найбільш поширений у деяких країнах, але сьогодні він дуже незручний і морально застарілий.

6.2.4. Списки розсилання

Списки розсилання — простий і водночас дуже корисний сервіс Інтернету. Це єдиний сервіс, який не має власного протоколу й програми-клієнта і працює лише через електронну пошту.

Ідея роботи списку розсилання полягає в тому, що існує певна адреса електронної пошти, яка насправді є спільною адресою багатьох людей — передплатників цього списку. Якщо надсилається лист на цю адресу (наприклад, u-ll.ln@jet.msk.su — адресу списку розсилання, присвяченого обговоренню проблем локалізації операційних систем класу UNIX), то повідомлення отримують усі, хто передплатив цей список розсилання.

Цей сервіс, щодо завдань, які він має виконувати, схожий на мережні новини Usenet, але з істотними відмінностями. По-перше, кожне повідомлення, що поширюється електронною поштою в списку розсилання, завжди прочитає передплатник, дочекавшись його в поштової скриньці, а статті в мережних новинах знищуються через певний час і стають недоступні. По-друге, списки розсилання більш керовані й конфіденційні: адміністратор списку повністю контролює перелік передплатників і стежить за змістом повідомлень. Кожний список розсилання перебуває у веденні організації, котра має повний контроль над списком, тоді як новини Usenet не належать нікому і менш керовані. По-третє, для роботи зі списком розсилання достатньо доступу до електронної пошти. Передплатниками можуть бути люди, які не мають доступу до новин Usenet чи будь-яких груп цих новин. По-четверте, такий спосіб передавання повідомлень може бути значно швидшим, оскільки повідомлення передаються безпосередньо абонентам, а не по ланцюжку між серверами Usenet. Проте, порівнявши списки розсилання та новини Usenet, побачимо, що часто групи Usenet також доступні й через списки розсилання чи в інший спосіб (наприклад, через WWW). Це означає, що користувач може застосувати той спосіб роботи, який йому зручніший.

Ситуації, коли списки розсилання цілком відповідають поставленим завданням, доволі характерні. Наприклад, компанії часто створюють списки розсилання з метою оповіщення своїх клієнтів, користувачів або просто зацікавлених осіб про випуск нових продуктів, для подання комерційних пропозицій, висвітлення різноманітних новин тощо. Такі списки стають дедалі популярнішими. До того ж є сенс складати список розсилання, коли обговорюється якесь питання, надто специфічне й цікаве для дуже малого кола людей, аби формувати для них окрему групу в новинах Usenet. Списки розсилання часто стають у пригоді віртуальним робочим групам — особам, що працюють над однією проблемою, але мешкають у різних куточках планети.

Залежно від кількості передплатників список розсилання обслуговується на сервері різними за складністю програмами, які можуть забезпечувати (або не забезпечувати) повну функціональність — автоматичну передплату та приймання відмови від передплати, перевірку коректності електронних адрес, ведення архіву повідомлень, оброблення поштових помилок, підтримання роботи в режимі дайджесту (коли передплатник отримує кожне повідомлення не окремим листом, а всі повідомлення за певний термін в одному листі), перевірку адміністратором повідомлень списку перед розсиланням тощо.

Спискам розсилання притаманні також і деякі недоліки. Якщо, наприклад, абонент передплатив кілька поживлених списків, то його поштова скринька буде переповнюватися листами зі списків розсилання, і в їхній масі губитимуться особисті листи, які цікавлять його передусім. Щоб уникнути цього, потрібно скористатися програмою, яка розкладає листи зі списків розсилання на окремі групи в момент їх отримання. Зазвичай такі листи можна розпізнати за їх поштовими заголовками. Як це зробити, знає системний адміністратор абонента. Інша незручність полягає в тому, що інколи непросто скасувати передплату, яка більше не цікавить абонента. Адже списки розсилання обслуговуються різними програмами, якими керують різні команди. Тому в усіх випадках абонент має звертатися до свого системного адміністратора.

6.2.5. Передавання файлів FTP

Абревіатура FTP розшифровується як *протокол передавання файлів*, але, розглядаючи FTP як сервіс Інтернету, мають на увазі не просто протокол, а *сервіс — доступ до файлів у файлових архівах*.

FTP — стандартна програма, що працює за протоколом TCP, який завжди представляється з операційною системою. *Призначення програми — передавання файлів між різними комп'ютерами*, які працюють у мережах TCP/IP: на одному комп'ютері працює програма-сервер, на другому користувач запускає програму-клієнта, яка з'єднується із сервером і передає або отримує за протоколом FTP файли. У цьому разі передбачається, що користувач зареєстрований на обох комп'ютерах і з'єднується із сервером під своїм ім'ям і зі своїм паролем на цьому комп'ютері. Протокол FTP оптимізовано для передавання файлів.

Саме з огляду на це програми FTP стали частиною окремого сервісу мережі Інтернет, причому сервер FTP регулюється так, що з'єднатися з ним можна не лише під власним ім'ям, але й під умовним — *Anonymous* (анонім). Тоді стає доступною не вся файлова система комп'ютера, а лише певний набір файлів на сервері, які становлять зміст сервера *Anonymous FTP* — публічного файлового архіву. Отже, якщо користувач хоче надати в публічне користування файли з інформацією, програмами тощо, то йому достатньо організувати на своєму комп'ютері, приєднаному до Інтернету, сервер *Anonymous FTP*. Зробити це доволі просто, оскільки програми-клієнти FTP є практично на будь-якому комп'ютері. Тому сьогодні публічні файлові архіви організовано в основному як сервери *Anonymous FTP*. На таких серверах доступним є величезний обсяг інформації та програмного забезпечення. Практично все, що може надаватися публіці у вигляді файлів, доступне із серверів *Anonymous FTP*. Це вільно поширювані програми, демонстраційні версії, мультимедіа і, нарешті, звичайні тексти — нормативні матеріали, літературні твори, статті, звіти тощо.

Отже, для подання, наприклад, своєї версії програмного продукту є сенс скористатись *Anonymous FTP*. Так само й тоді, коли потрібно знайти останню версію улюбленої програми, що вільно поширюється, її слід шукати саме на серверах FTP.

Утім, незважаючи на поширеність, FTP має чимало недоліків. Програми-клієнти FTP не завжди зручні й прості в користуванні. Інколи не вдається визначити, який саме — потрібний чи якийсь інший файл знайдено. Сервери *Anonymous FTP* не мають простого й універсального засобу пошуку, хоча для цього й існує спеціальний сервіс *Archie* (незалежна, не універсальна і не завжди придатна програма). Програми FTP досить старі, деякі особливості їх уже втратили своє значення й вийшли з ужитку. Наприклад, для передавання файлів є два режими — бінарний і текстовий. Якщо користувач неправильно вибрав режим, то файл, що передається, може зазнати пошкодження. Описи файлів на сервері видаються у форматі операційної системи сервера, а список файлів операційної системи UNIX може здивувати користувача операційної системи DOS. Проблема тут у тому, що зі списком файлів видається зайва інформація. Сервери FTP не централізовані, а через це виникають певні труднощі в користуванні.

Незважаючи на такі недоліки, і досі сервери *Anonymous FTP* є стандартним способом організації публічних файлових архівів у Інтернеті.

FTP — сервіс прямого доступу, який потребує повноцінного приєднання до Інтернету, хоча можливий доступ і через електронну пошту. Нині існують сервери, які можуть надсилати електронною поштою файли з будь-яких серверів

Anonymous FTP. Проте це може створити незручності, оскільки такі сервери дуже завантажені і запит може тривалий час чекати своєї черги. Окрім того, великі файли під час передавання поділяються сервером на частини обмеженого розміру, які надсилаються окремими аркушами, і якщо якась одна частина файлів загубиться або пошкодиться у процесі передавання, то решта теж виявиться не потрібною.

6.2.6. Система гіпермедіа WWW

Як відомо *WWW (World Wide Web)* — всесвітнє павутиння, що являє собою найпопулярніший і найцікавіший сервіс Інтернету. Це найзручніший засіб роботи з інформацією: понад половина потоку даних Інтернету припадає на WWW. Кількість його серверів неможливо визначити точно. Швидкість розширення WWW вища, ніж самої мережі Інтернет. Сьогодні WWW — найпередовіша технологія Інтернету, яка стає масовою. Вочевидь, недалеко той день, коли кожна людина, яка знає, що таке телефон, знатиме і WWW.

Розглянемо найзагальніші відомості, що їх потрібно мати про WWW як про сервіс Інтернету. *WWW — це інформаційна система, яку називають гіпертекстовою, гіпермедійною, розподіленою, інтегруючою, глобальною.*

Система WWW працює за принципом клієнт-сервер (клієнти-сервери). Існує безліч серверів, які за запитом клієнта повертають йому гіпермедійний документ, що складається з частин із різним способом подання інформації (текст, звук, графіка, тривимірні об'єкти тощо). У цьому документі кожний елемент може бути посиланням на інший документ або його частину. Посилання організовано так, що кожний інформаційний ресурс у глобальній мережі Інтернет адресується однозначно. Документ може посилатися на інші документи цього самого сервера та на документи (і взагалі на ресурси Інтернету) інших комп'ютерів мережі. Користувач не помічає цього і працює з усім інформаційним простором Інтернету як з єдиним цілим. Посилання WWW указують не лише на документи, специфічні для самої системи WWW, а й на інші сервіси та інформаційні ресурси Інтернету. Більшість програм-клієнтів WWW розуміють такі посилання і є водночас програмами-клієнтами відповідних сервісів — FTP, gopher, мережних новин Usenet, електронної пошти тощо. Отже, програмні засоби WWW є універсальними для різноманітних сервісів Інтернету, а сама інформаційна система WWW відіграє інтегруючу роль.

Подамо деякі терміни, що використовуються в системі WWW.

Мова розмічання гіпертексту HTML — це формат гіпермедійних документів для надання інформації. Цей формат не описує вигляду документа, але подає його структуру та зв'язки. Зовнішній вигляд документа на екрані користувача визначає навігатор. Якщо користувач працює за графічним або текстовим терміналом, то документ може набирати різного вигляду, але його структура залишається незмінною, оскільки її задано форматом html. Імена файлів у цьому форматі закінчуються, як правило, на html або мають розширення htm у тому разі, якщо сервер працює як операційна система MS-DOS або Windows.

Універсальний покажчик ресурсу URL призначено для посилання на інформаційні ресурси Інтернету.

Протокол передавання гіпертексту HTTP — це протокол, за яким взаємодіють клієнт і сервер WWW.

Зауважимо, що WWW — сервіс прямого доступу, який потребує повноцінного приєднання до Інтернету. Якщо документи містять значний обсяг графіки або

іншої інформації, то цьому сервісу потрібні швидкі лінії зв'язку. Існують мости, які дають змогу отримувати інформацію, що міститься в WWW, за допомогою електронної пошти. Щоб успішно використовувати сервіс WWW, потрібно мати безпосередній доступ до Інтернету, а якщо такого доступу немає, то втрачаються ті переваги, які створили для WWW сьогоднішню популярність.

Деякі можливості, наявні при звичайній роботі системи, стають недоступними, коли використовується електронна пошта. Це стосується переважно елементів інтерактивності у WWW. Наприклад, у мові html підтримуються форми, куди користувач вводить певну інформацію, яка потім може передаватися на сервер. Так заповнюються анкети й реєстраційні картки та проводяться соціологічні опитування.

Практично будь-яка інформація, яку подають для публічного доступу, відтворюється засобами WWW. Якщо якась інформація не може бути введена у WWW, то це зумовлюється її деякими обмеженнями та недоліками.

Децентралізованість WWW породжує багато проблем, зокрема брак загального каталога серверів і засобів тотального пошуку. Проте ці проблеми успішно розв'язуються: нині існують і каталоги, і пошукові системи, які не є глобальними, але охоплюють доволі велику частину документів WWW.

6.3. Інфраструктурні сервіси

Інфраструктурні сервіси Інтернету ґрунтуються на програмних засобах, які є частиною операційної системи. Призначені для забезпечення зв'язку між комп'ютерами, такі сервіси часто використовуються для передавання інформації, отже, стають сервісами Інтернету. Інфраструктурні сервіси зручні тим, що для роботи з ними не потрібно застосовувати спеціальне програмне забезпечення ні з боку клієнта, ні з боку сервера.

Інфраструктурний сервіс FTP є програмним комплексом, призначеним для передавання користувальницьких файлів між комп'ютерами в мережах TCP/IP. Він став популярним сервісом Інтернету, коли його почали використовувати для організації файлових архівів публічного доступу.

Інфраструктурний сервіс Finger — це програма, призначена для отримання інформації про користувачів локального та віддалених комп'ютерів (повне ім'я та номери телефонів, час останнього входження в систему, поточна активність і т. ін. Finger стає сервісом Інтернету, коли на сервері заводиться псевдокористувач і в разі звернення по інформацію про нього користувач її не отримує.

Інфраструктурний сервіс Telnet — програма, що забезпечує термінальний доступ до віддалених комп'ютерів. Вона також використовується як засіб доступу до віддалених інформаційних сервісів, спілкування з якими відбувається в режимі текстового терміналу. Telnet є частиною інформаційного сервісу Інтернету, якщо під час з'єднання користувач потрапляє не в командний інтерпретатор, а відразу в спеціалізовану програму, яка забезпечує доступ до інформаційних ресурсів. Так можна працювати з каталогами деяких бібліотек, із сервером, що обслуговує гравців у шахи, а також можна отримати доступ до термінального навігатора WWW, якщо немає локального. Таких серверів досить багато; вони обслуговують найрізноманітніші інформаційні сервіси.

Усе, що призначене для передавання технічної інформації, можна так чи інакше використати для передавання інформації як сервісу Інтернету.

Сучасні розробки використовують Інтернет як середовище передавання інформації. Окрему групу становлять нові, не широко відомі, але досить цікаві сервіси Інтернету. І головне, що їх об'єднує, — це використання Інтернету як середовища передавання інформації. До цієї групи можна віднести будь-яке програмне забезпечення, що застосовує протоколи мережі TCP/IP для передавання даних і працює з інформацією у глобальних мережах. Це насамперед програмні пакети для проведення відео- й аудіоконференцій.

6.4. Застосування сервісів Інтернету

Найцікавішою особливістю мережі Інтернет є її корисність. Із задіянням глобальної комп'ютерної мережі значно збільшується обсяг доступної інформації. Інтернет — джерело найсвіжшої інформації, адже готувати й публікувати її в електронному вигляді незрівнянно швидше й дешевше, ніж традиційними способами.

Проте варто пам'ятати, що Інтернет — міжнародна мережа. Це означає, що 99% її документів підготовлені англійською мовою. Звичайно, знання англійської мови сьогодні стає критерієм загальної писемності, але коли йдеться про інформацію, її отримання та засвоєння, то будь-який документ рідною мовою читається і сприймається набагато швидше. Отже, тотальна англомовність Інтернету має не тільки «плюси», а й «мінуси».

У мережі Інтернет інформація найчастіше має комп'ютерний характер. Насиченість Інтернету інформацією неоднакова для різних сфер людської діяльності. Так, майже дві третини обсягу інформації стосується комп'ютерів, близько третини — розваг і невелика частина — всього іншого. Така спрямованість мережі обмежує її придатність до використання.

Отже, якщо користувач займається комп'ютерами й читає англійською мовою, то Інтернет може служити зручним і ефективним джерелом інформації у його повсякденній діяльності. Користуючись ресурсами Інтернету, він невдовзі виробить навички й методи роботи в електронному світі. Розглянемо кілька характерних ситуацій, в яких будуть використані посилання та документи WWW. Це пояснюється тим, що World Wide Web — інтегруюча система, яка дає змогу звертатися через себе до більшості сервісів Інтернету.

Наприклад, користувач бажає дізнатися щось про компанію, відому йому тільки за іменем, — скажімо, Applix. Не важливо, що саме його цікавить — номери її телефонів, новини про неї чи виготовлювана продукція. У такій ситуації спочатку потрібно звернутися за адресою <http://www.applix.com>. Звернувшись за цією адресою, користувач, найімовірніше, потрапить на WWW-сервер шуканої компанії. Це стосується не лише комп'ютерних компаній. Зокрема, адреса WWW-сервера компанії Walt Disney — www.disney.com, а хімічної компанії Dow — www.dow.com. У такого імені закінчення `com` означає, що це — сервер комерційної компанії, розташованої у США. Сервери урядових організацій США мають закінчення `gov` (наприклад, www.whitehouse.gov), а некомерційних організацій — `org` (наприклад, www.greenpeace.org). Якщо користувача цікавить не американська організація, то він має додати закінчення — аббревіатуру певної країни: `at` — Австрії, `de` — Німеччини, `ua` — України, `ru` — Росії.

Однією з переваг мережі Інтернет є наявність *пошукових серверів*. Це виділені комп'ютери, які автоматично переглядають усі ресурси Інтернету й індексують їхній зміст. Коли користувач передасть такому серверу фразу або набір ключових слів, які описують потрібну тему, то сервер надасть список ресурсів,

що відповідають його запиту. Сьогоднішні пошукові сервери підтримуються індексами, до яких входить значна частина ресурсів Інтернету.

У *каталогах* Інтернету зберігаються тематично систематизовані колекції адрес різноманітних мережних ресурсів, насамперед документів World Wide Web. Адреси в каталоги заносяться не автоматично, а їхніми адміністраторами. Люди, які цим займаються, намагаються зробити свої колекції найбільш повними і вводять усі доступні ресурси на кожну тему. Користувачеві не потрібно самому збирати всі адреси з того чи іншого питання, адже пошук і систематизація адрес уже виконані за нього, тому він має лише знайти це питання в каталозі.

Каталоги мають деревоподібну структуру і схожі на дуже великий список закладок, які є у WWW-навігаторі користувача. Коли World Wide Web тільки починала розвиватися і мала небагато серверів, то деякі користувачі вели їхні списки. З часом WWW-серверів стало все більше, і механізму закладок стало недостатньо для зберігання цієї інформації. Користувачі WWW стали створювати спеціальні програми для підтримання бази даних щодо адрес ресурсів Інтернету, для автоматичної синхронізації та керування системою. Саме так і створилися *глобальні каталоги мережі*.

Найкращі каталоги Інтернету забезпечують різноманітний додатковий сервіс, а саме: пошук за ключовими словами у своїй базі даних, надання останніх і найбільш цікавих надходжень, видачу випадкової адреси, автоматичне оповіщення електронною поштою про свіжі надходження. Усе це забезпечує зручність користування такими колекціями.

Пошукові системи індексують документи автоматично, не оцінюючи їх закінченості або корисності. Тому вони можуть знаходити інформацію в найглухіших місцях Інтернету. Проте при невдалому формулюванні запиту користувачем сервер може й не повернути адреси на потрібний документ. У цьому разі, знаючи, що являє собою шуканий ресурс, доцільно звернутися до каталогів Інтернету. Таке рішення буде адекватним і тоді, коли користувачеві потрібний найбільш повний список ресурсів з певного питання. Якщо ж йому потрібне хоча б одне посилання, то використання пошукового сервера пришвидшить процес. Пошуковий сервер слід застосовувати й тоді, коли точно невідомо, що являє собою шуканий предмет. Припустимо, користувач прочитав у газеті, що акції компанії XYZ зросли протягом дня втричі. Але що це за компанія, він не знає. Сервера www.xyz.com не виявилось, а шукати компанію в каталозі, не знаючи, чим вона займається, — марна справа. Тому на допомогу приходять пошуковий сервіс, який, навіть не знайшовши сервера компанії (якого, можливо, й не існує), може відшукати місця, де згадується про неї в інших документах.

Якщо потрібно дізнатися, які книги видано з певного питання, то нічого не треба шукати — досить звернутися до одного з каталогів. Тобто умовно можна сказати, що *каталоги* — це *засіб сфокусованого пошуку інформації*, а *пошукові сервери* — *розсіяного*.

Попрацювавши з різноманітними каталогами, користувач вибирає найбільш зручний. Він швидко відшукує в ньому інформацію, тому інші колекції адрес йому вже здаються непотрібними. Проте ніколи не буває достатньо одного пошукового сервера. По-перше, сервери охоплюють різні сфери інформації в Інтернеті, які частково накладаються. Вони використовують різні методи індексування документів і засоби оцінювання значень слів у них. Не знайшовши шуканої інформації за допомогою одного з серверів, можна знайти її, використавши інший сервер. По-друге, існують спеціалізовані сервери пошуку для окремих типів

ресурсів Інтернету (наприклад, система пошуку в мережних новинах), але існують і універсальні сервери, які охоплюють усі види сервісів.

Каталоги та пошукові сервери — два способи пошуку інформації в Інтернеті. Вони різні за методами, але єдині за метою. Навчившись використовувати один найбільш придатний каталог і кілька зручних пошукових серверів, користувач матиме засіб швидкого й ефективного відшукування інформації у глобальній мережі.

6.5. Нові технології та тенденції розвитку Інтернету

Інтернет — мережа, яка бурхливо розвивається. Причина цього не в її властивостях, а в загальних тенденціях розвитку комп'ютерної індустрії.

Багатообіцяючим напрямком розвитку Інтернету і мережних технологій є проект Java американської компанії Sun Microsystems.

Java — це інтерпретована мова з синтаксисом C++, спеціально розрахована на роботу у відкритому мережному середовищі. Текст програми мовою Java може компілюватися в бінарний псевдокод і передаватися мережею для виконання на віртуальній машині у віддаленому інтерпретаторі. Доступ до ресурсів машини, на якій працює інтерпретатор, для Java-програми може обмежуватися з метою гарантування безпеки інформації. Такі передані мережею маленькі програми мовою Java називаються *аплетами*. Із серверів Інтернету можуть викликатися не лише програми, але й описи об'єктів або форматів даних.

Щоб користуватися можливостями, наданими мовою Java, WWW-навігатор повинен уміти викликати для виконання аплетів Java-інтерпретатор. Перший такий навігатор під назвою *HotJava* було випущено компанією Sun Microsystems для операційної системи Solaris. Для першої тестової версії він працював дуже добре і давав змогу, наприклад, продивлятися сторінки з анімацією та звуком.

Нині з'являються нові навігатори з підтриманням технології Java (наприклад, *Power Browser* компанії Oracle). Така увага з боку найбільшого виробника спеціальних керуючих баз даних свідчить про те, що проект Java — перспективний.

Технологія Java виросла з проекту, що називався Oak. Коли використання WWW ще не було таким поширеним, у лабораторіях компанії Sun Microsystems проводилися роботи зі створення мови, призначеної для керування побутовою електронікою. Мова мала бути зручною, компактною й ефективною. Тоді розв'язати цю проблему не вдалося, мабуть, через те, що ринок не був готовий використовувати технології, які й сьогодні ще схожі на фантастику. Але роботи розпочалися, і справа не загинула — з появою WWW і розвитком комп'ютерних мереж проект набув другого дихання. Технологія Java виявилась тим, чого не вистачало World Wide Web.

Java дає змогу розв'язати найглибші проблеми WWW, з яких слід назвати брак інтерактивності, обмежений контроль виду документа, обмежений набір форматів умонтованої графіки та інших об'єктів мультимедіа. Якщо потрібно створити документ в Інтернеті і використати технологію Java, то, ввівши до документа картинку в придуманому форматі, можна також зазначити посилання на програму, яка вміє читати цей формат і малювати картинку. У разі, якщо не влаштовують наявні протоколи передавання даних в Інтернеті, можна визначити свій протокол і передавати через нього дані, попередньо зазначивши адресу, звідки брати програму для його підтримання. WWW-навігатор, що підтримує технологію Java, розширюється до нескінченності й уможливорює реалізацію

всього, що потрібно. З погляду користувача, все відбувається досить просто, адже він користується стандартним інтерфейсом, не помічаючи ніяких складнощів із форматами, протоколами і т. ін.

Сьогодні технологія Java застосовується для передавання через Інтернет аплетів — маленьких програм, які реалізують прості речі для прикрашання WWW-сторінок. Проте можливості й перспективи проекту Java йдуть далеко за межі WWW. Принципово новою ідеєю є передавання через Інтернет не просто даних, а допоміжних програмних продуктів. Нова технологія зробила документи об'єктами, разом з якими передаються й методи їх обслуговування. Це дає змогу побудувати засобами Java великі програмні продукти, які повністю використовують можливості сучасних корпоративних інформаційних середовищ, побудованих на базі високошвидкісних мереж і потужних серверів баз даних в архітектурі клієнт-сервер.

Дедалі більше й більше користувачів і розробників Інтернету починають використовувати технологію Java: щодня з'являються нові аплети.

Доцільно звернути увагу й на недоліки технології Java. Однією з проблем є недовершеність або недостатня стабільність WWW-навігаторів, які підтримують технологію Java. Ще однією проблемою є важка спадщина синтаксису C++. Віртуальну програму Java побудовано в розрахунок на ідеологію C++, і впровадження компіляторів з інших мов може бути дуже складним, хоча можливість така існує.

Основною проблемою технології Java є підтримання безпеки інформації — захист локального комп'ютера від вірусів, які, можливо, містяться в аплетах, захист переданих мережею даних і т. ін. Річ у тім, що для будь-якого алгоритму існує загроза його зламу. У цьому теж підтверджується загальний принцип: що одна людина побудувала, те інша завжди може зламати.

Окрім теоретичних проблем математичних алгоритмів шифрування існують, на жаль, питання їх практичної реалізації. Оскільки програм без помилок не буває, то уразливим може виявитися програмне втілення найкращої теорії. Але слід зауважити, що наявність недоліків ще нікому не заважала бути найкращим. Проект Java має всі шанси на успіх.

Мова опису віртуальної реальності VRML подає тривимірні сцени й об'єкти. Через World Wide Web користувач може отримати файл у форматі VRML і, якщо програма-клієнт має таку можливість, передивлятися ці сцени й об'єкти з різних точок зору. Картинка на екрані залишається плоскою, але, переміщуючи точку перегляду, користувач може спостерігати вигляд тривимірного об'єкта з різних боків.

Основна проблема цієї технології в тому, що VRML-файли обробляються на комп'ютері користувача, і це потребує значних обчислювальних і графічних ресурсів. Тому програм-клієнтів, які підтримують VRML, не так багато, і немає стандартної програми для цього, доступної на різних платформах. Використання значних ресурсів користувачевого комп'ютера суперечить ідеології розвитку технології стосовно дешевих і легких Інтернет-терміналів, здатних відображати інформацію, отриману мережею. Існує величезна кількість персональних комп'ютерів, в які вкладено великі кошти, і вони, ймовірно, розвиватимуться в цьому напрямку і далі. А коли це так, то VRML як спосіб утилізації ресурсів пакетних комутаторів за потужністю переріс поняття «персональний».

Інтернет має можливості передавання стереозображень. *Стереозображення* — це, як і VRML, спроба додати до різноманітних форм мультимедіа

ще одну — тривимірне зображення. Але якщо VRML передає інформацію про тривимірні об'єкти, зображуючи їх двовимірно, тобто визначає спосіб передавання інформації, то стереографіка намагається виконати завдання об'ємної візуалізації об'єктів. Можливо, ці дві технології зіллються певним чином і внесуть новий вимір в інформаційний світ.

Вже сьогодні без труднощів можна знайти в Інтернеті колекції стереокартинок і розглядати їх без додаткового устаткування, перефокусовуючи зір. Користувач фокусує погляд на уявлюваній точці за поверхнею зображення так, що картинка, роздвоюючись, сполучається особливим чином сама з собою, а це дає візуальний ефект тривимірного зображення. У такому вигляді технологію застосовувати неможливо, оскільки це шкідливо для очей, але людська думка не стоїть на місці, і, можливо, завтра цей метод вилетиться в щось нове, більш життєздатне.

Для отримання об'ємного зображення застосовується додаткове устаткування. У найпростішому варіанті це просто окуляри, що якимось розділяють зображення між очима, наприклад, за допомогою кольору. Двоколірні окуляри — найпростіший випадок, оскільки вони дуже прості і не потребують апаратних змін комп'ютера. Такий варіант практикується в комп'ютерних іграх: він дуже простий, дешевий і результативний. Іншим способом, реалізованим в іграх, є приєднання до комп'ютера спеціального шолома. Цей спосіб привабливий тим, що не потребує ніякого додаткового устаткування, крім самого шолома та апаратних змін у комп'ютері. Він забезпечує повний контроль над інформацією, що сприймається зором, і має свої недоліки й переваги. Третя, найменш розвинена технологія — використання поляризаційних окулярів. Вона, можливо, найбільш перспективна.

6.6. Проблеми Інтернету

Наведемо деякі труднощі, притаманні мережі Інтернет.

Основна низка проблем — складність реалізації законів про експорт та авторські права. Дуже непросто обмежити доступ через Інтернет до криптографічного програмного забезпечення, забороненого для вивезення зі США і прирівняного до стратегічного озброєння. Досі не визначено, яка інформація захищається в Інтернеті авторським правом, а яка не захищається. Поширення електронної книги набагато складніше контролювати, ніж друкарської, а отже, її важче продавати.

Система Інтернет розширювалась як вільна й малокерована мережа. Із її розширенням все більше поставала проблема керованості. Мережа комерціалізується, і вже повністю припинено її державне фінансування. Інтернет все менше й менше несе дослідницької інформації, але чимраз більше рекламної. Мережа поступово стає індустрією, передусім — розважальною. Ще зовсім недавно більшість документів WWW містила суху інформацію і навіть електронні журнали відрізнялися лише кількістю великих картинок. Сьогодні такі журнали вже зрівнялися зі своїми паперовими побратимами й випереджають їх за рівнем оформлення та реклами. На їхніх сторінках є реклама, виводки, вставки, анімація й інтерактивність, які недоступні традиційним засобам масової інформації. Це означає наявність величезного нового ринку та комерціалізацію мережі, що потребує введення жорстких правил гри. Усе це суперечить свободі Інтернету і спонукає до кардинальних змін, які навряд чи зможуть пройти безболісно.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як можна схарактеризувати мережу Інтернет?
2. Назвіть основні протоколи, використовувані в мережі Інтернет.
3. Перелічить типи основних сервісів Інтернету.
4. Що означає термін «інфраструктурний сервіс»?
5. Що означає термін «WWW»?
6. Сформулюйте головні проблеми розвитку мережі Інтернет.

ПІСЛЯМОВА ДО РОЗДІЛУ 6

Значна кількість людей відкриває для себе глобальні комп'ютерні мережі, які об'єднують комп'ютери всього світу в єдиний інформаційний простір, — Інтернет. Цим багатограним з технічного погляду простором є об'єднання транснаціональних комп'ютерних мереж, що працюють за найрізноманітнішими протоколами, які зв'язують різні типи комп'ютерів і фізично передають дані телефонними проводами та оптоволоконними лініями, використовуючи супутниковий та радіомодеми. Невід'ємною частиною і носіями культури мережі Інтернет є люди, які наповнюють її новим змістом. Сьогодні будь-яка людина, що володіє доступом до комп'ютера з найпростішим модемом, може використовувати величезні інформаційні ресурси, надані мережею Інтернет.

У цьому розділі ви ознайомилися із загальною структурою, принципами функціонування, основними сервісами міжнародної комп'ютерної мережі Інтернет.

Унікальна здатність передавати інформацію зумовила грандіозні темпи розширення Інтернету. Через децентралізованість цього павутиння не можна точно сказати, які його розміри сьогодні. За деякими оцінками, кількість комп'ютерів, що залучаються до Інтернету, щороку подвоюється. Ураховуючи таку швидкість розширення Інтернету, можна сказати, що його сервіси є так само загальнозживаними, як телефон і телебачення. Багато компаній розуміють це і, намагаючись першими опанувати ринок (а Інтернет є ще й величезним ринком мільйонів потенційних клієнтів), вкладають гроші в розвиток мережі та її сервісів.

Щоб успішно працювати в Інтернеті, потрібно знати правила поведінки мережі та вміти орієнтуватися в безлічі доступних інформаційних сервісів. На жаль, через децентралізованість і молодість Інтернету, ще немає єдиної карти для всіх його сервісів. Ефективність роботи в мережі залежить від знань існуючих сервісів, уміння використовувати потрібні сервіси та здатності вибрати правильний спосіб розв'язання конкретної проблеми. Мережа Інтернет у сучасному вигляді забезпечує надання послуг, основними з яких є *інформаційно-довідкова служба WWW, електронна пошта E-mail і телеконференції, служба передавання файлів FTP та інформаційно-пошукові служби.*

Список рекомендованої літератури

1. *Закарян И.* Что такое Internet, WWW и HTML: первое знакомство / И. Закарян, В. Рафалович. — ИНФРА, 1998. — 212 с.
2. *Использование Internet* / Хоникатт Дж., Браун М., Фрончковак Т. и др.: пер. с англ. — СПб.: Издат. дом «Вильямс», 1998. — 592 с.
3. *Семенов Ю. А.* Сети Интернет. Архитектура и протоколы / Семенов Ю. А. — М.: Блик плюс, 1998. — 256 с.
4. *Стеклов В. К.* Телекомунікаційні мережі / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. — К.: Техніка, 2001. — 650 с.
5. *Кривуца В. Г.* Математичне моделювання телекомунікаційних систем / Кривуца В. Г., Барковський В. В., Беркман Л. Н. — К.: Зв'язок, 2007. — 270 с.
6. *Система управління сучасними телекомунікаційними мережами* / [Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.] К.: ДУІКТ, 2009. — 352 с.
7. *Стеклов В. К.* Нові інформаційні технології: транспортні мережі телекомунікацій / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. — К.: Техніка, 2004. — 328 с.

РОЗДІЛ 7

ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АДІКМ	— адаптивна диференціальна імпульсно-кодова модуляція
АДМ	— адаптивна дельта-модуляція
АМ	— амплітудна модуляція
АМТС	— автоматична міжміська телефонна станція
БС	— базова станція
БСКС	— блок спільних каналів сигналізації
ГНН	— години найбільшого навантаження
ДПІ	— джерело і приймач інформації
ДЧМ	— дискретно-частотна модуляція
КС	— кінцева станція
МА	— мобільний абонент
МДКР	— множинний доступ до каналів із кодовим розділенням
МДЧР	— множинний доступ до каналів із частотним розділенням
МДЧсР	— множинний доступ до каналів із часовим розділенням
МС	— мобільна станція
ПКР	— пристрій комутації радіоканалів
ПОІ	— пристрій оброблення інформації
РАТС	— районна автоматична телефонна станція
РО	— рухомий об'єкт
РС	— радіостанція
РТС	— радіотелефонна система
СКС-7	— спільний канал сигналізації № 7
СММЗ	— стільникова мережа мобільного зв'язку
ССМЗ	— система стільникового мобільного зв'язку
ТМСАР	— телефонна мережа сільського адміністративного району
ТфЗК	— телефонна мережа загального користування
ФМ	— фазова модуляція
ФМн	— фазова маніпуляція
ФЧМ	— фазочастотна модуляція
ЦКСМ	— центр комутації стільникової мережі
ЦРС	— центральна радіостанція
ЦС	— центральна станція
ЧМ	— частотна модуляція
ЧМн	— частотна маніпуляція
ЧФМ	— частотно-фазова модуляція

ADC (<i>American Digital Communication</i>)	— американський цифровий зв'язок
DCS (<i>Digital Communication System</i>)	— система цифрового зв'язку
GSM (<i>Global System for Mobile Communication</i>)	— глобальна система мобільного зв'язку
ISDN (<i>Integrated Services Digital Network</i>)	— цифрова мережа з інтегруванням послуг
JDC (<i>Japan Digital Communication</i>)	— японський цифровий зв'язок
NMT (<i>Nordic Mobile Telephone System</i>)	— північна система мобільного зв'язку
PCS (<i>Packet Communication System</i>)	— система зв'язку з пакетною технологією передавання
PDN (<i>Packet Data Network</i>)	— мережа з пакетним передаванням даних
SIM (<i>Subscriber Identity Module</i>)	— модуль абонентського ідентифікування
SMS (<i>Short Message Service</i>)	— послуги коротких повідомлень
VMS (<i>Voice Mail Service</i>)	— послуги голосової пошти

7.1. Стандарти систем стільникового мобільного радіозв'язку

Перші реальні спроби організації радіотелефонного зв'язку з рухомими об'єктами було зроблено майже одночасно з відкриттям радіо. Проте значного розвитку мобільний зв'язок набув лише в 1950-х роках, а на якісно новий рівень піднявся у 1980-х роках.

Технологія безпроводового зв'язку — одна з найбільш могутніх комутаційних платформ. Розроблення концепції стільникових мереж дає змогу багаторазово використовувати радіоканали завдяки рознесенню однойменних каналів територіально віддалених одна від одної ділянок на чарунки стільникової мережі.

Зауважимо, що у 1980-х роках у Європі, Північній Америці та Японії розпочалося інтенсивне вивчення принципів побудови перспективних цифрових систем стільникового мобільного зв'язку (*ССМЗ*). Сьогодні маємо вже три стандарти таких систем з макростільниковою топологією мережі та радіусом чарунки до 35 км: загальноєвропейський стандарт GSM, ухвалений Європейським інститутом стандартів у галузі зв'язку; американський стандарт ADC (D-AMPS), розроблений Промисловою асоціацією в галузі зв'язку; японський стандарт JDC, затверджений Міністерством пошти і зв'язку Японії. Ці стандарти, хоча й різняться своїми характеристиками, будуються за єдиними принципами й концепціями і відповідають вимогам сучасних інформаційних технологій.

Загальноєвропейський стандарт GSM — перший у світі стандарт цифрових ССМЗ, який передбачає їх створення та функціонування в діапазоні частот 900 МГц. Його покладено в основу стандарту DCS-1800 (діапазон — 1800 МГц) із мікростільниковою структурою, який домінує в Європі. Стандарт GSM реалізується також у Північній Америці в діапазоні частот 1900 МГц (PCS-1900) і широко впроваджується в Україні.

Стандарт GSM — результат фундаментальних досліджень провідних наукових та інженерних центрів Європи. Закладені в цьому стандарті системні й технічні напрацювання можуть використовуватися для всіх перспективних цифрових ССМЗ.

Ідеться, скажімо, про таке коло питань:

- побудова мереж GSM за принципами інтелектуальних мереж;
- поширення моделі взаємодії відкритих систем ССМЗ;
- упровадження нових, ефективніших моделей повторного використання частот;
- застосування часового розділення каналів зв'язку;
- використання часового розділення режимів приймання та передавання пакетованих повідомлень;
- застосування ефективних методів боротьби із завмиранням сигналів, що ґрунтуються на частотному рознесенні;
- тестування каналу зв'язку за допомогою псевдовипадкової послідовності;
- використання блокового та згорткового кодування разом із прямокутним і діагональним перемешуванням;
- програмне формування логічних каналів зв'язку та керування ними;
- використання спектрально-ефективного виду модуляції;
- розроблення високоякісних низькошвидкісних мовних кодеків;
- шифрування переданих повідомлень та закриття даних користувачів.

Американський стандарт ADC (D-AMPS) розроблявся для використання в діапазоні частот 800 МГц і у спільній смузі частот наявних аналогових ССМЗ. Для цифрової ССМЗ потрібно було зберегти частотне рознесення 30 кГц, яке застосовується в цій системі, і забезпечити одночасну роботу абонетських радіостанцій в аналоговому та цифровому режимах. Використання спеціально розробленого мовного кодека, сигнал у якому перетворюється зі швидкістю 8 кбіт/с, та цифрової диференціальної квадратурної фазової маніпуляції зі зсувом дало змогу в режимі множинного доступу до каналів із часовим розділенням (МДЧсР) організувати три мовні канали на одну носійну з рознесенням каналних частот 30 кГц.

Японський стандарт JDC нагадує американський. Основні відмінності його полягають у використанні іншого частотного діапазону та дуплексного рознесення смуги частот приймання і передавання 55 МГц при рознесенні каналів 25 кГц. Стандарт JDC адаптований також до діапазону частот 1500 МГц.

Стандарти цифрових ССМЗ забезпечують взаємодію з ISDN і PDN, а ухвалені технічні рішення гарантують високу якість передаваних повідомлень у режимі відкритого або закритого передавання.

7.2. Основні характеристики наземних стільникових систем

Класифікація наземних систем мобільного зв'язку відповідає їхнім основним характеристикам, таким як призначення систем, спосіб зв'язку з ТфЗК, ємність, вид передаваної інформації, діапазон частот, спрямованість зв'язку, тип зони обслуговування, вид модуляції, метод розділення каналів, спосіб керування радіо-телефонною системою (РТС) тощо.

За призначенням наземні РТС мобільного зв'язку бувають *загального користування, спеціалізовані та індивідуального користування*. РТС загального користування (загальнодержавні) надають послуги всім потенційним платоспроможним абонентам. Спеціалізовані (відомчі) РТС належать певним відомствам чи службам (Міністерство оборони, Служба безпеки, міліція, залізничний транспорт тощо) і призначені для обслуговування специфічних потреб, зокрема диспетчерського радіозв'язку. РТС індивідуального користування (приватні) забезпечують мобільним зв'язком окремих абонентів і можуть на комерційній основі створювати фрагменти мережі мобільного зв'язку загального користування.

З'єднання мобільного абонента з ТфЗК виконуються автоматично або напівавтоматично за участю диспетчера. У відомчих та приватних РТС мобільного зв'язку виходу на ТфЗК може й не бути.

За ємністю — потенційною кількістю обслуговуваних мобільних абонентів (МА), наземні РТС мобільного зв'язку поділяються на системи *мінімальної* (до 100 МА), *малої* (до 1000 МА), *середньої* (до 10 000 МА) та *великої* (понад 10 000 МА) ємності.

Види інформації, що її передають наземні РТС мобільного зв'язку, такі: *мова*, *кодовані повідомлення* та *цифрові дані*. Мова передається у смузі частот 300...3400 Гц. У спеціалізованих РТС можливе деяке обмеження смуги, наприклад до 300...3000 Гц. Кодовані повідомлення передаються з метою захисту інформації від несанкціонованого прослуховування. Спосіб кодування залежить від вимог до завадостійкості та рівня секретності. Цифрову інформацію може формувати сама РТС, здійснюючи аналого-цифрове перетворення повідомлень. Така інформація може бути й зовнішньою щодо РТС, тобто призначеною для інших систем.

Діапазони частот, в яких працюють сучасні РТС мобільного зв'язку: 40 (33...48,5), 50 (57...57,5), 80 (68...88), 160 (146...174), 330 (300...350), 450 (420... 470) та 900 (806... 947) МГц. Оскільки ультракороткі хвилі з частотами понад 300 МГц краще відбиваються від перешкод, то в містах з висотними будівлями вони особливо ефективні. З огляду на це для ССМЗ загального користування рекомендуються, як правило, діапазони 450 та 900 МГц. У перспективі цифрові ССМЗ використовуватимуть діапазони 1400, 1800 МГц і, можливо, вищі, що дасть змогу істотно збільшити їхню пропускну здатність.

За спрямованістю зв'язку РТС можуть бути *одно-* та *двобічними* й забезпечувати зв'язок у *дуплексному* чи *симплексному* режимі. Однобічними РТС є системи персонального виклику (пейджингові). Мобільні абоненти цих систем використовують пейджери — мініатюрні радіоприймачі, кожному з яких на центральній радіостанції виділяється свій радіоканал. З'єднуючись із персоналом станції за допомогою ТфЗК, один МА замовляє передавання іншому МА короткого літерно-цифрового повідомлення. Це повідомлення висвічується на мінідисплеї пейджера і супроводжується акустичною сигналізацією, що інформує мобільного пейджингового абонента про потребу зателефонувати за зазначеним номером. В окремих випадках можна передавати навіть кілька сторінок тексту.

Більшість РТС є двобічними. Відомчі системи часто працюють у симплексному режимі — із перемиканням використовуваного каналу під час розмови на приймання або передавання. Для РТС загального користування типовим є дуплексний режим, який передбачає використання рознесених за частотою окремих каналів для напрямів передавання та приймання.

Зони обслуговування бувають *радіальними*, *лінійними* та *територіальними*. Радіальний тип зони передбачає впевнене приймання радіосигналу між двома рухомими об'єктами лише в межах радіуса дії радіостанції. Лінійні зони призначено для обслуговування автомобільних шляхів, залізниць, нафто- і газопроводів та інших об'єктів значної протяжності. Відповідні РТС забезпечують безперервність зв'язку з об'єктом під час його руху. Територіальний тип зони забезпечує гарантований радіозв'язок на заданій території (у регіоні, області, місті, районі чи навіть на окремому підприємстві).

Види модуляції, використовувани наземними РТС мобільного зв'язку, такі: *односмугова амплітудна*, *частотна*, *фазова* та *цифрова*. Амплітудну модуля-

цію (АМ) застосовують на частотах до 30 МГц, зокрема в пейджингових системах РТС залізничного транспорту. Вона забезпечує простоту приймачів, але має малу завадостійкість. РТС, що діють у спектрі частот понад 30 МГц, в основному мають різні види частотної (ЧМ) і фазової (ФМ) модуляції. Досить поширена ЧМ з частотним рознесенням каналів 20, 25 і 30 кГц, а також ФМ і ЧМ з однією бічною смугою АМ із частотою 10 або 12,5 кГц.

Застосовуються також *перспективні види модуляції*, що поєднують вузько- та широкосмугові методи і використовують дискретні частотні сигнали: ДЧ-ОБС — дискретно-частотна модуляція з однією бічною смугою АМ; ДЧ-ОФМ — дискретно-частотна модуляція з односмуговою ФМ. Для перетворення мовних повідомлень у цифрову форму використовують адаптивну дельта-модуляцію або адаптивну диференціальну імпульсно-кодову модуляцію. Для передавання цифрових сигналів у радіоканалі найбільш поширеними є фазова (ФМн) і частотна (ЧМн) маніпуляція, а також дискретно-частотна модуляція (ДЧМ). В аналогових РТС керуючі сигнали часто передаються у цифровій формі за допомогою ЧМн.

Розділення радіоканалів РТС здійснюють за *частотним, часовим та кодовим* методами.

Керування РТС мобільного зв'язку виконується *централізованим, ієрархічним та розподіленим* способами. Можливе також індивідуальне керування з боку рухомого об'єкта, але воно означає повну відсутність будь-якого контролю за рухомих об'єктом (РО), тобто фактичне зведення РТС до примітивної схеми.

Під час розроблення та експлуатації систем мобільного зв'язку велику увагу приділяють якості зв'язку, на яку значною мірою впливають різноманітні завади.

Характер завад мобільного зв'язку в умовах міста й сільської місцевості дуже різний: якщо за містом діють в основному природні завади, то в міській зоні додаються ще й штучні.

До природних завад належать:

- атмосферні шуми, що домінують у діапазоні частот, нижчих за 30 МГц, і утворюються головним чином грозовими електричними розрядами;
- космічні та сонячні шуми, які відчуваються на частотах понад 20 МГц;
- статична електрика, яка спричинює коронні розряди або пробої діелектриків.

Штучними (промисловими) джерелами завад є обладнання радіомовлення, радіорелейного зв'язку, радіолокації, навігації та інших видів радіозв'язку, а також внутрішньосистемне устаткування. У діапазоні частот 30...1000 МГц суттєвими є завади, створювані системами запалювання автомобілів. Їх можна розглядати як одну сумарну хаотичну імпульсну заваду. Значні імпульсні завади в діапазоні частот до 100 МГц виникають від високовольтних ліній електропередавання при коронних розрядах, причому під час дощу та перед грозою їхній частотний діапазон розширюється до 210 МГц, а інтенсивність зростає. Як окрему групу розглядають ідентичні за характером завади від електричного транспорту та дугового електрозварювання (перші потужніші та ширші за діапазоном).

Сукупні завади доцільно вважати випадковим імпульсним потоком, що задається динамічним діапазоном коливань амплітуди завади та ймовірністю появи його на інтервалі спостереження. Плануючи технологію мобільного зв'язку, ці параметри для відповідної території визначають експериментальним шляхом і враховують при визначенні розмірів кластерів та чарунок, місць установлення базових станцій (БС), типів їхніх антен та системи розподілу радіочастот.

Окрім названих зовнішніх кожна РТС має внутрішні, так звані інтерференційні, або міжканалні, завади і передбачає певні шляхи боротьби з ними. Ідеться про належний розподіл радіочастот, вибір типу антен БС, дотримання захисного інтервалу, а також вибір методу множинного доступу.

7.3. Принципи побудови мережі мобільного зв'язку

Найпростіший варіант організації мобільного радіозв'язку подано на рис. 7.1. Для здійснення зв'язку рухомий об'єкт (РО) повинен мати радіостанцію (РС), обладнану пристроєм оброблення інформації (ПОІ), який є інтерфейсом між РС та джерелом і приймачем інформації (ДПІ). За джерело і приймач інформації використовують мікрофон і телефон, але можна використовувати також пристрої передавання даних чи факсимільних зображень. Функції та побудова ПОІ залежать від типу ДПІ та способу утворення каналу радіозв'язку.

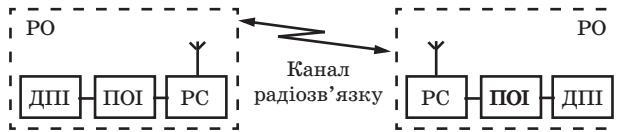


Рис. 7.1. Найпростіший варіант побудови мережі мобільного радіозв'язку

Канал радіозв'язку, ДПІ, ПОІ та РС разом утворюють *тракт передавання інформації*. Якщо повідомлення користувачів передаються трактом в аналоговій формі, то він називається *аналоговим*, якщо в цифровій — то *цифровим*, або *дискретним*. На елементи тракту впливають кліматичні, атмосферні та механічні зміни зовнішнього середовища, різноманітні внутрішні завади від кіл енергоживлення та керування, а також акустичні шуми. Цифрові тракти порівняно з аналоговими мають набагато вищу завадостійкість.

Вочевидь, РТС мобільного зв'язку загального користування забезпечують інформаційний обмін між багатьма РО, причому одночасно активних РО завжди значно менше від їхньої загальної кількості. Тому слід застосовувати спільні радіоканали, до кожного з яких має доступ певна група РО. Таку РТС називають *системою з множинним доступом* (рис. 7.2).

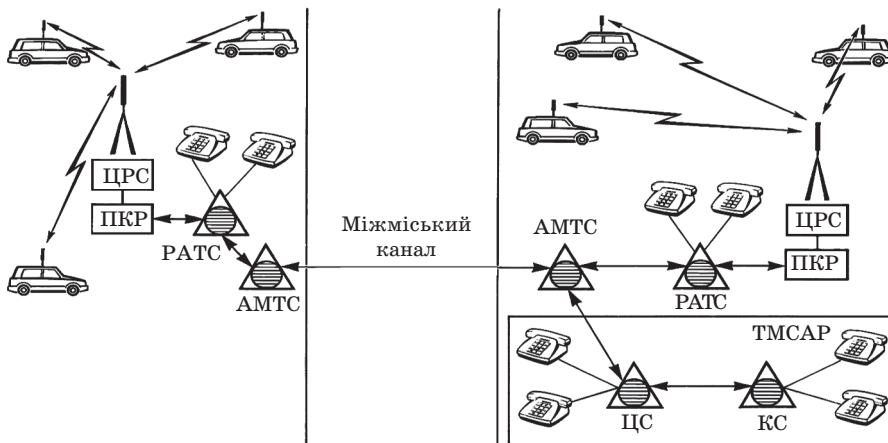


Рис. 7.2. Схема РТС із множинним доступом до каналів — зонава мережа (ЦРС — центральна радіостанція; ПКР — пристрій комутації радіоканалів; РАТС — районна автоматична телефонна станція; АМТС — автоматична міжміська телефонна станція; ТМСАР — телефонна мережа сільського адміністративного району; ЦС — центральна станція; КС — кінцева станція)

У РТС із множинним доступом кожний РО може з'єднуватися з ЦРС, яка забезпечує взаємні з'єднання РО, а також, із використанням ПКР, — сполучення з телефонною мережею загального користування. Особливості функціонування РТС із множинним доступом зумовлюються принципами формування групового сигналу, методом розділення спільного радіоканалу та способом утворення мережі й організації взаємодії абонентів у її межах.

Формування групового сигналу буває незалежним і централізованим. У разі незалежного формування кожний індивідуальний абонентський сигнал має фіксовану позицію у груповому сигналі, який складається з незалежно сформованих і підсумованих у спільному каналі сигналів. Передавачі абонентів при цьому працюють самостійно. Груповий сигнал спільного радіоканалу надходить до абонентських приймачів, і кожний приймач виокремлює призначений йому індивідуальний сигнал. Якщо груповий сигнал формується централізовано передавачем ЦРС, то абонентські повідомлення не мають фіксованих позицій і надходять до передавача без попереднього формування. Абонентські приймачі мають забезпечувати селекцію призначених їм сигналів.

Оскільки кожний абонент РТС із множинним доступом має власну радіостанцію, то РТС називають ще **багатостанційною**. Груповий сигнал складається з окремих індивідуальних абонентських сигналів, що займають у ньому певні позиції, тому спільний радіоканал є багатоканальним. Ці позиції можуть різнитися за частотою і часом або мати кодове розділення. Відповідно до цього може бути множинний доступ до каналів: МДЧР — із частотним, МДЧР — із часовим та МДКР — із кодовим розділенням.

Індивідуальні канали можуть жорстко закріплюватися за певними абонентами. У цьому разі стан абонентів не контролюється і РТС називають **неконтролюючою**. Використання каналів у такій системі дуже низьке і в середньому не перевищує 0,15 Ерл за годину найбільшого навантаження.

Якщо індивідуальні канали надаються мобільним абонентам лише на період сеансу зв'язку, то РТС має постійно контролювати їхній стан. Така РТС називається **контролюючою**. Корисне завантаження каналів у ній підвищується в кілька разів і залежно від обставин може досягати 0,4... 0,8 Ерл. Кількість каналів у цій системі менша від кількості МА, тому можливі випадки їх одночасної зайнятості та необхідності очікування абонентом звільнення каналу.

З'єднання між МА багатостанційних РТС можуть бути безпосередніми або через ЦРС. Відповідно до цього РТС називають **некоординуючими** та **координуючими**.

У зоновій мережі мобільного зв'язку (див. рис. 7.2) кожна ЦРС функціонує самостійно й утворює окрему, значну за площею зону обслуговування мобільних абонентів. Усі виділені для РТС радіочастоти використовуються лише одноразово, що суттєво обмежує можливу ємність системи.

На відміну від зонових, стільникові мережі (рис. 7.3) уможливають багаторазове використання радіоканалів на територіально віддалених одна від одної ділянках мережі. Уся обслуговувана територія поділяється на малі робочі зони умовно шестикутної (стільникової) форми, які називаються **чарунками мережі**. Радіус r чарунки залежить від очікуваної в ній щільності мобільних абонентів. Як правило, він дорівнює 10... 20 км за містом і у приміській зоні, 2... 5 км — на більшій частині території міста та 0,5...2 км — у його центрі.

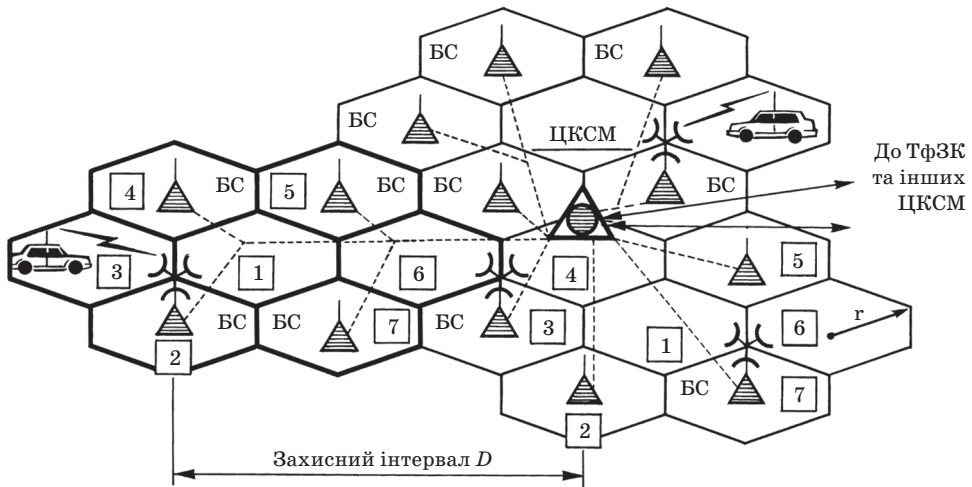


Рис. 7.3. Схема побудови стільникової мережі мобільного зв'язку (ЦКСМ — центр комутації стільникової мережі)

У чарунках встановлюються індивідуальні або спільні для кількох чарунок базові приймально-передавальні радіостанції, які називають *базовими станціями*. БС може розміщуватись у центрі чарунки і мати антену з коловою діаграмою випромінювання або на стику кількох чарунок і для кожної з них мати секторні антени (на 120° , як на рис. 7.3, або, інколи, на 60°). У певній чарунці абоненти за допомогою БС мають повний доступ до призначених цій чарунці ν радіоканалів. При цьому БС, які використовують однаковий набір каналів, відокремлюються *захисним інтервалом D*.

Щоб перекрити якусь територію, достатньо $C = 7$ багаторазово використовуваних наборів радіоканалів (див. рис. 7.3), але деякі стільникові РТС передбачають набір каналів, який включає в себе 4, 9, 12 або 21 канал. Група із C суміжних чарунок, в яких набори каналів не повторюються, називається *кластером* (на рис. 7.3 його виділено жирнішими лініями). Величина C називається *розміром кластера*, або *частотним параметром системи*, оскільки визначає максимально можливу кількість N каналів (без урахування їх повторного використання). Загальна ширина частотної смуги $F_c = F_k C \nu$. При $C = 7$, $\nu = 30$ і ширині смуги окремого каналу в напрямі передавання $F_k = 20$ кГц маємо $N = C \nu = 7 \cdot 30 = 210$ радіоканалів, які займатимуть $F_c = F_k N = 4,2$ МГц.

Із погляду ефективності використання частотного спектра доцільно вибирати малі радіуси чарунок та розміри кластерів з урахуванням того, що захисний інтервал D у разі застосування БС із неспрямованими антенами має бути не меншим за $\sqrt{3Cr^2}$. Зменшення параметра C обмежене вимогами до захисного інтервалу, а зменшення радіуса r призводить до збільшення частоти перетинання чарунок рухомими абонентами під час розмови, а це може спричинити лавиноподібне зростання завантаженості керуючої системи мережі даними щодо перемикання абонентів з чарунки в чарунку. Тому в межах однієї системи можуть використовуватися чарунки та кластери різних розмірів. Їх вибирають з урахуванням реального електромагнітного впливу та рельєфу місцевості.

У деяких системах застосовують *накладені чарунки*. При цьому мікро- і навіть пікочарунки з радіусом дії 10...70 м обслуговують закриті приміщення (аеропор-

ти, вокзали, гаражі, магазини тощо). Такі структури стільникової мережі інколи називають *парасольковими*. За цим алгоритмом рекомендується будувати глобальну систему мобільного зв'язку.

Стільникові мережі часто проєктують із *фіксованим розподілом радіоканалів між БС*, тобто для кожної чарунки виділяють однакову кількість радіоканалів. У цьому разі важливо вибрати такий розподіл каналів, щоб можна було зменшити міжканальну інтерференцію. В основному застосовують такий принцип розподілу каналів: j -й чарунці кластера надають канали з номерами $j, j + C, j + 2C, \dots, j + \nu C$. Фіксований розподіл каналів має деякі недоліки, зумовлені нестаціонарністю розподілу активних МА в чарунках мережі. Зокрема, імовірність втрат викликів зростає в тих чарунках, де з різних причин стає більше МА. Тому інколи для кожної чарунки крім фіксованих виділяють ще певну кількість каналів, які динамічно розподіляються між БС залежно від реальної потреби.

Усі БС з'єднуються радіорелейними або кабельними лініями зв'язку із ЦКСМ, який керує встановленням і підтриманням з'єднань МА між собою та з абонентами ТфЗК, забезпечуючи, зокрема, перемикання на іншу БС під час руху абонента. Комутація та керування мережею можуть бути *централізованими*, тобто зосередженими на ЦКСМ (див. рис. 7.3); *децентралізованими* (ієрархічними) з установленням, наприклад, у кожному кластері спрощеної комутаційної станції (контролера БС), яка обслуговує взаємні з'єднання МА кластера та забезпечує вихід на ЦКСМ для інших зв'язків; *розподіленими*, коли комутаційне й керуюче обладнання встановлюється безпосередньо на кожній БС.

Кожна стільникова мережа мобільного зв'язку (СММЗ) будується за певним стандартом. Сусідні СММЗ одного стандарту, що належать одному операторові мережі (тобто мають спільну адміністрацію), разом утворюють зону СММЗ відповідного стандарту. Сукупність одностандартних СММЗ сусідніх операторів (зокрема, різних країн) називають *зоною відповідного стандарту*. Територію, що обслуговується одним ЦКСМ (див. рис. 7.3), називають *зоною обслуговування ЦКСМ*. Сукупність чарунок мережі, яка має спільну БС, є *зоною цієї БС*. Частина СММЗ, на якій діють однакові тарифи, називається *тарифною зоною*.

Кожний із розглянутих варіантів РТС має певні переваги та недоліки і свою сферу застосування.

7.4. Методи розділення радіоканалів

Множинний доступ до радіоканалів, як уже зазначалося, може бути з частотним (МДЧР), часовим (МДЧСР) і кодовим (МДКР) розділенням.

Принцип найбільш поширеного частотного способу розділення розглянемо для діапазону 900 МГц на прикладі розділення частот за напрямом передавання (рис. 7.4) — «вгору» (від РТС до БС стільникової мережі) та «вниз» (від СММЗ до РТС). Ці напрями рознесено за частотою на 45 МГц, а кожний із них займає смугу 25 МГц, розділену на 124 групові канали, по 200 кГц кожний. При цьому на кожній із 124 носійних частот утворюються 8 або 10 індивідуальних радіоканалів (рис. 7.5), рознесених за частотою відповідно на 20 або 25 кГц. Припустиме також менше рознесення (наприклад, 12,5 кГц у стандарті NMT-900), яке забезпечує більше каналів. Кожний індивідуальний радіоканал повинен мати власні приймач і передавач; випромінювання в каналі здійснюється безперервно.

У разі часового розділення групових каналів на кожній із 124 носійних частот також утворюється вісім (або більше) мовних радіоканалів (рис. 7.6), кожний із яких повністю використовує всю доступну смугу частот 200 кГц. На БС при

цьому достатньо мати один приймач — передавач на всі вісім каналів; випромінювання в каналах — періодичне.

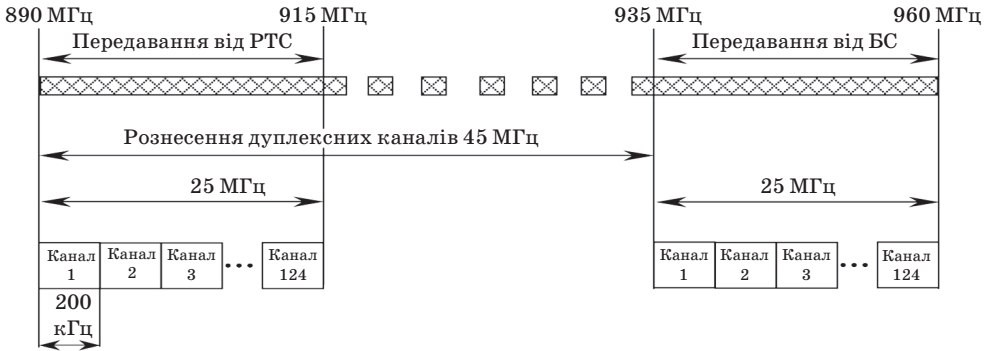


Рис. 7.4. Частотне розділення радіоканалів діапазону 900 МГц



Рис. 7.5. Принцип множинного доступу до радіоканалів із частотним розділенням

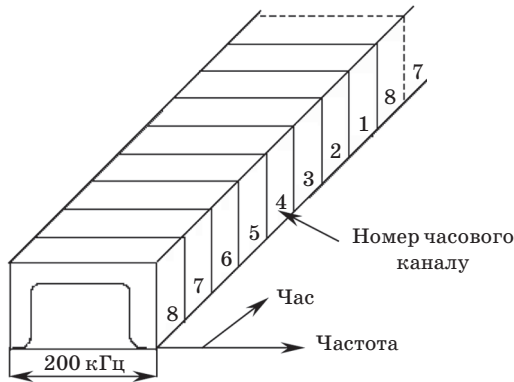


Рис. 7.6. Принцип множинного доступу до радіоканалів із часовим розділенням

Зазначимо, що доступ МДЧсР фактично є комбінацією часового із частотним, оскільки групові канали розділені за частотою.

Кодове розділення каналів застосовується в деяких перспективних цифрових РТС мобільного зв'язку і базується на використанні шумоподібних сигналів із **розширеним частотним спектром**.

Розширення спектра сигналів здійснюється одним із трьох способів:

1) **прямим розширенням**, коли один або група інформаційних бітів замінюються псевдовипадковою послідовністю зі значно більшою кількістю елементарних посилок;

2) *псевдовипадковим перестроюванням* носійної частоти в часовому інтервалі інформаційного біта чи групи бітів;

3) *псевдовипадковою зміною* моментів початку передавання груп інформаційних бітів.

У кожному випадку індивідуальний сигнал потребує значно ширшої смуги частот, ніж у разі частотного розділення каналів. Зокрема, коли розділення спектра відбувається згідно з рис. 7.4, окремий сигнал займає всю смугу частот 200 кГц, як при МДЧсР, але випромінюється безперервно, як при МДЧР. На приймальному боці індивідуальні сигнали розділяються кореляційним методом, який базується на слабкій кореляції корисних та завадних сигналів.

Основні переваги кодового розділення каналів:

- безпороговість множинного доступу та можливість суттєвого збільшення кількості індивідуальних сигналів у груповому каналі завдяки плавному зменшенню відношення сигнал/завада, причому завадостійкість системи тим вища, чим ширша смуга сигналів;

- висока завадостійкість в умовах надходження завад від сторонніх РТС та інтерференційних завмирань при багатопроменовому поширенні сигналів, забезпечувана розділеним прийманням і додаванням сигналів окремих променів;

- можливість «м'якого» естафетного передавання мобільних абонентів іншій БС без перемикання каналів;

- значний захист секретності індивідуальних каналів, тобто практична неможливість їх виявлення та вимірювання параметрів сигналів;

- гарантована конфіденційність переданої інформації завдяки використанню кодованих псевдовипадкових шумоподібних сигналів, змінюваних за наперед заданою програмою (їхня можлива кількість перевищує $4 \cdot 10^{12}$);

- висока точність радіолокалізування рухомих об'єктів, що дає змогу створювати надійні навігаційні системи.

7.5. Загальна характеристика стандарту GSM

Загальноєвропейська система GSM є системою радіотелефонного зв'язку, схваленою Європейським інститутом стандартів у галузі зв'язку. Стандарт GSM розроблено завдяки зусиллям урядів, промислових фірм і науково-дослідних інститутів багатьох країн, насамперед європейських, спрямованих на створення цифрової системи стільникового зв'язку 2-го покоління.

Традицією щодо побудови мереж стільникового зв'язку в Європі тривалий час було розроблення кожною державою своєї незалежної системи. Абонент стільникового зв'язку міг користуватися радіотелефоном лише в межах своєї країни.

Поступово, із розгортанням у кожній країні кількох стільникових мереж різних стандартів, з'явилася принципова можливість міжнародного роумінгу (*roaming* — переведення користувача на обслуговування при переміщенні його в зону функціонування іншої однотипної системи мобільного зв'язку).

Створення спільної для всієї Європи системи стільникового зв'язку — ключова вимога програми розроблення стандарту GSM. Щоб забезпечити загальноєвропейський роумінг, потрібні високий ступінь сумісності та можливість оперативного передавання інформації про абонентів між базами даних систем стільникового зв'язку різних держав.

У фіксованому устаткуванні стільникового зв'язку та в абонентській апаратурі системи GSM використовуються стандартні інтерфейси та протоколи обміну інформацією. Упровадження відкритої архітектури мережі зі стандартними інтер-

фейсами забезпечує сумісність устаткування безлічі різних виробників, надаючи операторам стільникового зв'язку гнучкості у виборі постачальника устаткування на підсистемному рівні замість рівня цілої системи.

Система GSM підтримує протоколи системи сигналізації ККС-7. Це робить її більш досконалою з погляду взаємодії з проводовими телефонними мережами й уможливорює організацію автоматичного міжнародного роумінгу.

Стандарт GSM базується на цифрових методах подання, оброблення та передавання мовного сигналу, а також на комбінації часового і частотного методів розділення каналів зв'язку. Система GSM працює в діапазоні частот 900 МГц (890... 915 МГц для передавачів абонентських телефонів і 935...960 МГц для передавачів БС), який містить 124 фізичні радіоканали. Кожний фізичний радіоканал займає смугу частот 200 кГц і містить 8 каналів зв'язку.

У повністю цифровій системі GSM усі сигнали, зокрема й мова, передаються в цифровому вигляді. Мовні кодеки, використовувані в системах цифрового радіозв'язку, ґрунтуються на методах машинного розпізнавання та синтезу мови. Це дає змогу значно звузити смугу частот, займану інформаційним сигналом.

Мовний кодек стандарту GSM забезпечує збалансований компроміс між якістю мови, апаратними витратами та затримкою передавання на додаток до цифрової системи стільникового зв'язку. У районах з високим рівнем завад і зовнішніх шумів (а це типова ситуація для місць функціонування стільникових систем) якість зв'язку значно краща порівняно з аналоговими системами.

Головні вимоги до стандарту GSM покладено в основу вибору повністю цифрової стільникової системи, яка забезпечує функціонування системи зв'язку високої продуктивності, а також перехід проводових телефонних мереж на цифрову технологію та їхню еволюцію в ISDN. Надання користувачам більш досконалих послуг зв'язку потребує застосування цифрових технологій у всій телефонній мережі, зокрема й у стільниковій.

У перспективі передбачається подвоєння продуктивності системи GSM із переходом на мовний кодек, який працює на зменшеній удвічі швидкості передавання інформації. Отже, на кожному фізичному радіоканалі стандарту GSM можна буде передавати 16 мовних каналів зв'язку.

Стандарт GSM забезпечує різні види зв'язку, зокрема й *мовний, передавання коротких повідомлень, факсимільний, відеотекст і телетекст*. Стандарт передбачає інтерфейси для взаємоприєднання до мереж інших типів — телефонних і передавання даних. Передавання цифрової інформації можливе з використанням у різних протоколах міжмережного обміну, у тому числі традиційних аналогових моделей для зв'язку з проводовою телефонною мережею. Використання стандартних протоколів обміну забезпечує синхронне та асинхронне передавання інформації зі швидкістю від 75 до 9600 біт/с.

Мовний зв'язок і передавання цифрової інформації доповнюються широким набором сервісних послуг, який включає в себе:

- ідентифікацію номера абонента, якого викликають;
- переадресацію викликів;
- заборону на вхідні та вихідні виклики;
- конференц-зв'язок;
- терміновий зв'язок;
- передавання коротких текстових повідомлень;
- входження в закриту групу користувачів;
- оповіщення про тарифні витрати.

Для захисту від помилок у радіоканалах під час передавання інформаційних повідомлень застосовується *блокове та згорткове кодування з перемежовуванням*. Підвищення ефективності кодування та перемежовування з малою швидкістю переміщення рухомих станцій досягається повільним перемиканням робочих частот під час сеансу зв'язку зі швидкістю 217 переходів за секунду.

У стандарті GSM обрано *гауссівську частотну маніпуляцію з мінімальним частотним зсувом*. Мова обробляється в рамках прийнятої системи переривчастого передавання, яка забезпечує ввімкнення передавача лише за наявності мовного сигналу і вимкнення його в паузах та в кінці розмови. Як перетворювач мови узятो мовний кодек із регулярним імпульсним збудженням і довготривалим передбаченням та лінійним кодуванням із передбаченням. Загальна швидкість перетворення мовного сигналу становить 13 кбіт/с.

Стандарт GSM передбачає низку заходів, спрямованих на підвищення цілісності наданого користувачеві каналу зв'язку. Особлива увага в ньому приділяється якості процесу керування зв'язком.

Процедура естафетного передавання у стандарті GSM значно відрізняється від використовуваних в аналогових системах стільникового зв'язку і характеризується вищою якістю. Якісні показники використовуваного радіоканалу вимірюються БС стільникової мережі та апаратурою користувача. Кількість вимірюваних параметрів достатньо велика; до них належать рівень сигналу в прямому і зворотному каналах, рівень прийнятого телефоном сигналу сусідніх чарунків, відстань між БС і телефоном тощо. Використовується також унікальна для цифрового зв'язку методика визначення такого параметра, як частість появи помилкових бітів у каналі зв'язку. Це дає змогу вимірювати рівень завад, що надходять від суміщеного й сусіднього каналів, навіть коли рівень корисного сигналу відносно високий.

У стандарті GSM досягається високий ступінь безпеки передавання повідомлень, які шифруються за алгоритмом шифрування з відкритим ключем.

Під терміном *інформаційна безпека* розуміємо запобігання несанкціонованому використанню системи та забезпечення таємності переговорів МА. У стандарті визначено такі механізми гарантування безпеки, як *автентифікація* (перевірка відповідності) абонента, *конфіденційність* передаваної інформації та *секретність* абонента.

Кожний абонент GSM на час користування системою отримує стандартний модуль відповідності SIM (*Subscriber Identity Module*), виконаний у вигляді пластикової картки, яка вставляється в стільниковий телефон. За допомогою інформації, розміщеної в SIM-картці, унаслідок взаємного обміну даними між абонентським телефоном і мережею перевіряється відповідність абонента і дається дозвіл на доступ його до мережі.

Інформація, що передається радіоканалами стільникової мережі GSM, шифрується. Для підвищення конфіденційності інформації ключі шифрування зберігаються в SIM-картці абонента.

У мережі GSM передбачено дієві заходи для запобігання ідентифікації абонента перехопленням повідомлень, переданих радіоканалами. Ідентифікаційний номер абонента під час обміну даними між стільниковим телефоном і мережею передається лише в зашифрованому вигляді. Цей номер не постійний і змінюється він при переміщенні користувача в зоні обслуговування стільникової мережі.

Підвищена стійкість мережі, поєднана з досконалою технікою естафетного передавання інформації, сприяє впровадженню мікростільникової структури, що уможливило підвищення продуктивності системи стільникового зв'язку.

Один із ключових аспектів, узятих до уваги при розробленні архітектури системи GSM, полягає в мінімізації витрат оператора на побудову стільникової мережі. Це досягається в такий спосіб:

- вибором швидкості передавання інформації та структури часового розділення каналів із кратністю 8, який ґрунтується на компромісі між складністю апаратури, структурою стільникової мережі та якістю зв'язку;
- об'єднанням кількох каналів зв'язку в один фізичний радіоканал (це суттєво знижує витрати на організацію каналу зв'язку);
- переходом у перспективі на зменшену вдвічі швидкість передавання інформації, що дасть змогу на одному радіоканалі передавати 16 каналів зв'язку (це ще більше знизить витрати на організацію каналів зв'язку);
- використанням методу переривчастого передавання, який забезпечує споживання передавачем телефону енергії джерела живлення лише тоді, коли абонент передає мовну або цифрову інформацію;
- використанням методу переривчастого приймання як функції стільникової мережі, який дає змогу приймачеві телефону перебувати в режимі малого споживання потужності джерела живлення впродовж 98% усієї тривалості приймання;
- постійним контролем потужності випромінюваного телефоном сигналу і підтриманням її на мінімально необхідному для забезпечення високоякісного зв'язку рівні.

Ці заходи забезпечують відчутне зменшення джерела живлення, яке значною мірою визначає розміри та масу сучасного стільникового телефону.

Архітектуру стільникової мережі GSM наведено на рис. 7.7. До її складу, власне, до складу операційної системи, яка забезпечує керування мережею, входить устаткування БС та мережне і комутаційне устаткування.

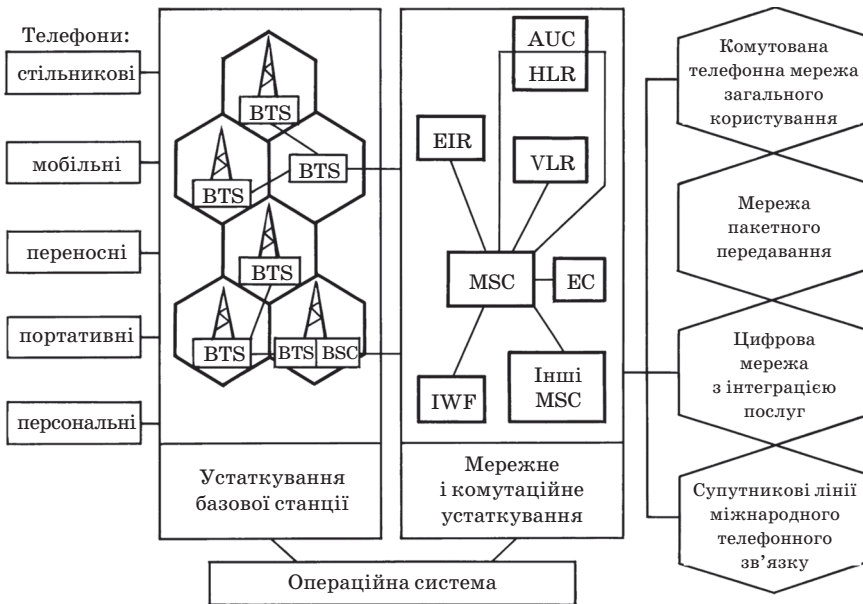


Рис. 7.7. Архітектура стільникової мережі GSM

Устаткування БС забезпечує радіоінтерфейс в одній чи кількох чарунках зі стільниковими телефонами, розміщеними в зоні їхнього функціонування.

Багатоканальний приймач–передавач БС (*Base Transceiver Station — BTS*) працює на радіоканалах, що відрізняються від використовуваних у сусідніх чарунках. Його легко розширювана конфігурація забезпечує задоволення вимог щодо ємності зв'язку та економічності.

Контролер БС (*Base Station Controller — BSC*) керує процедурою «естафетного передавання» між різними BTS стільникової мережі та безпосередньо однією чи кількома BTS, а також контролює якість зв'язку в кожній чарунці.

Можуть бути такі конфігурації БС: розміщені разом BSC та одна або кілька BTS; конструктивно об'єднані BTS і BSC; рознесені BTS і BSC.

До складу мережного і комутаційного устаткування входять:

- центр комутації мобільного зв'язку (*Mobile Switching Center — MSC*), який керує процедурами встановлення виклику й маршрутизації та процедурою «естафетного передавання» між чарунками стільникової мережі, що належать до різних MSC, а також здійснює сервісні функції стільникової мережі (переадресація виклику, заборона на вхідні й вихідні виклики, конференц-зв'язок), формує дані для виписування рахунків за надані мережею послуги зв'язку та забезпечує інтерфейс між стільниковою мережею і фіксованими мережами;

- центр автентифікації (*Authentication Center — AUC*), який забезпечує процедуру автентифікації абонентів стільникової мережі;

- реєстр (домашній) положень (*Home Location Register — HLR*), який являє собою довідкову базу даних про постійно прописаних у мережі абонентів і містить пізнавальні номери, поточні адреси, склад наданих абонентам послуг зв'язку та спеціальну інформацію щодо маршрутизації;

- реєстр (візитний) переміщень (*Visitor Location Register — VLR*), який є довідковою базою даних про абонентів, постійно прописаних у зоні дії інших MSC (інформація зберігається лише під час перебування «чужого» абонента в зоні дії даної MSC);

- реєстр ідентифікації устаткування (*Equipment Identity Register — EIR*), який містить базу даних для підтвердження відповідності міжнародного ідентифікаційного номера устаткування абонентів (стільникових телефонів) і здійснення доступу абонентів до мережі;

- контролер міжмережного обміну (*Internet Working Function — IWF*), який формує інформацію для адаптації процесу взаємодії стільникової мережі з фіксованими мережами;

- лунопригнічувач (*Echo Cancellor — EC*), потрібний для всіх мовних каналів зв'язку з комутованою телефонною мережею загального користування (*Public Switched Telephone Network — PSTN*) через властиві стільниковій мережі GSM затримки сигналу в тракці поширення, зокрема й у радіоканалі.

7.6. Інтеграція елементів інтелектуальної мережі в мережі стандарту GSM

Розглянемо найбільш відомі й популярні у світі додаткові послуги, що надаються мережами мобільного зв'язку: голосової пошти (*Voice Messaging System — VMS*), коротких повідомлень (*Short Message Service — SMS*).

Служба голосової пошти VMS — це особистий телефонний секретар абонента, який приймає всі повідомлення, адресовані йому в той момент, коли він не

може відповісти на виклик. Цю послугу можна використовувати разом із переад- ресацією і для збереження факсів.

У структурі послуги голосової пошти (рис. 7.8) насамперед можна виокре- мити високошвидкісну магістральну мережу HSBN та шлюзовий центр комутації GMSC. Далі йдуть блоки, які забезпечують високоякісне обслуговування або- нента.

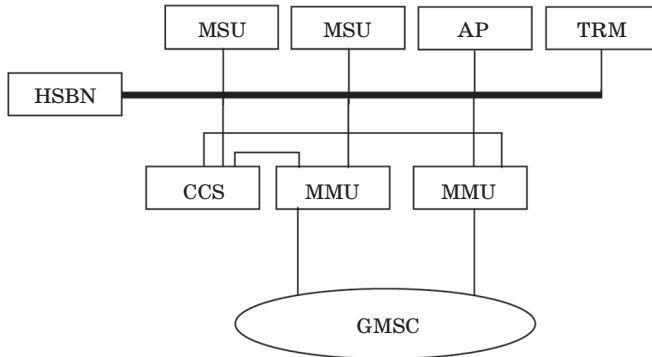


Рис. 7.8. Логічна структура послуги VMS

Блок керування системою TRM реалізовано на основі двох серверів з опера- ційною системою UNIX. Він дає змогу здійснювати адміністрування та керу- вання всіма елементами системи. Блок містить процесор сигналізації AP, який уможливує оперативне спостереження за станом системи та швидко локаліза- цію й усунення несправностей.

Блок обслуговування викликів CCS виконує функції оброблення сигналів ССК-7, що надходять від комутатора, та керування цими сигналами. Сигналіза- ція ССК-7 є найбільш поширеною та передовою у сфері систем передавання. Це надає системі гнучкості й сумісності з проводовими телефонними системами.

Блок зберігання повідомлень MSU призначено для зосередження оцифрова- них голосових і факсимільних повідомлень. Ці повідомлення зберігаються на твер- дих дисках, для надійності роботи яких застосовується дзеркалювання, що дає практично 100%-кову гарантію збереження.

Блок мультимедіа MMU є інтерфейсним. Він забезпечує приєднання голосо- вих трактів (2 Мбіт/с), а також керує встановленням з'єднань із блоками MSU і CCS.

У своїй максимальній конфігурації система голосової пошти підтримує до 6000 телефонних портів і забезпечує 50 000 год голосових повідомлень, 9 000 000 фак- симільних сторінок і 3 000 000 голосових поштових скриньок. Ця система надає послуги автовідповідача, віртуального телефону й віртуального факсу, голосової скриньки та багато інших і служить центром оброблення повідомлень.

Служба коротких повідомлень SMS — це послуга, що забезпечує передаван- ня на мобільні телефони та приймання з них коротких текстів (літерно-цифрових повідомлень). Якщо абонент не має можливості вести розмову, але його потрібно про щось терміново повідомити, то особа, що телефонує, може набрати на своєму телефоні коротке текстове повідомлення, спрямувавши його на екран мобільного телефону абонента, про якого йдеться.

Для приєднання системи SMS до центру мобільного зв'язку використовують- ся два сигнальні канали, по 64 кбіт кожний. Застосування сигналізації ССК-7 робить систему інтегрованою.

Послуги передавання коротких повідомлень забезпечує система обладнання SMS-2000, до якої може бути приєднане різне зовнішнє устаткування (рис. 7.9):

- GPI, яке забезпечує доступ інтелектуальних терміналів за протоколом X.25;
- TAP gateway — для приймання коротких повідомлень на мобільний телефон із зовнішнього устаткування (наприклад, персонального комп'ютера) із використанням протоколу TAP;
- TNPP gateway, яке дає змогу устаткуванню SMS-2000 взаємодіяти з пейджинговими мережами, використовуючи протокол TNPP;
- Web gateway — для передавання коротких повідомлень із WWW-оператора мобільного зв'язку;
- Fax gateway — для передавання коротких повідомлень на факсимільний апарат;
- SMPP gateway, яке являє собою інтерфейс для устаткування, що працює за протоколами SMPP (система голосової пошти VMS);
- E-mail gateway — для передавання та приймання на мобільний телефон електронної пошти (протокол SMTP) у вигляді коротких повідомлень.

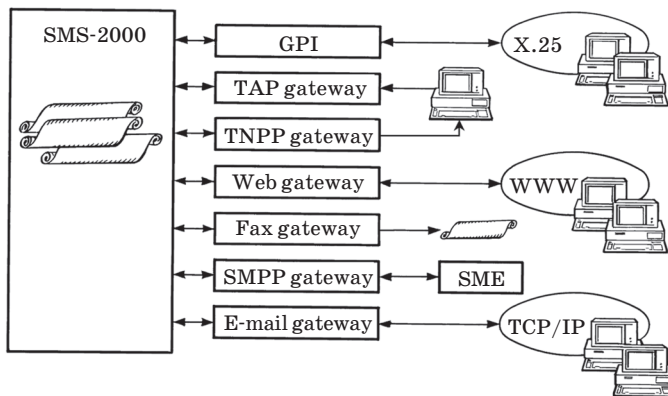


Рис. 7.9. Схема взаємодії SMS-2000 з периферійним устаткуванням та іншими мережами

Отже, абонент, який має послугу коротких повідомлень, автоматично отримує поштову скриньку в мережі Інтернет. Абонентові зовсім не обов'язково мати комп'ютер, щоб користуватися електронною поштою; для цього досить мобільного телефону мережі Інтернет.

7.7. Система стільникового рухомого радіозв'язку CDMA

Останніми роками завдяки переходу на цифрові види зв'язку, що, у свою чергу, базуються на стрімкому розвитку мікропроцесорів, у телекомунікаційних технологіях досягнуто значного прогресу. Один з яскравих прикладів цього — поява і швидке впровадження технології зв'язку з цифровими шумоподібними сигналами (ШПС) та застосуванням методів множинного доступу з кодовим розділенням каналів, теорію якого було запропоновано Варакіним (Росія). Багато фахівців у сфері телекомунікацій вважають, що технологія стільникового зв'язку з множинним доступом та кодовим розділенням каналів (*Code Division Multiple Access* — *CDMA*) невдовзі затьмарить собою всі інші, витіснивши відомі аналогові та склавши серйозну конкуренцію цифровим технологіям, зокрема GSM.

Головна властивість цифрового зв'язку з шумоподібними сигналами — захищеність каналу зв'язку від перехоплення (*intercepting*), перешкод (*jamming*) і

підслуховування (*covertness*). Саме тому цю технологію було спочатку розроблено для Збройних сил США, де вона й використовувалася, і лише зовсім недавно американська компанія Qualcomm на базі цієї технології створила стандарт IS-95 (cdmaOne) і передала його для комерційного використання.

Основні напрямки впровадження і використання CDMA — це наземні фіксовані безпроводові телефонні мережі (стандарт cdmaOne WLL), стільникові мобільні системи радіозв'язку та супутникові системи зв'язку. Найбільшого ринкового успіху домоглися розроблювачі саме цих мереж. У стільникових мережах упровадження CDMA пов'язане з певними технічними труднощами. У разі високої (понад 100 км/год) швидкості переміщення рухомого абонента відбувається втрата сигналу через появу помилок у мережі внаслідок недостатньої швидкодії процесорів, що обробляють сигнал.

Обладнання для цього стандарту вже випускають шість компаній: Hughes Network Systems, Lucent, Motorola, Nortel, Qualcomm і Samsung. За даними консорціуму CDMA Development Group (CDG), вибір цього обладнання дедалі розширюватиметься, оскільки виготовляти його почнуть багато нових фірм.

Сьогодні метод множинного доступу з кодовим розділенням каналів реалізовано в кількох стандартах: CDMA, який запропонувала й упроваджує компанія Qualcomm, В-CDMA (компанія Inlet Digital), FH/CDMA (компанія Tadiran Telecommunications). Ці стандарти істотно відмінні один від одного, насамперед щодо способу управління в каналах і методу розширення спектра. Побудовані на основі зазначених стандартів системи різняться як своїми функціональними можливостями, так і областю застосування. Розглянемо стандарт CDMA IS-95 (cdmaOne) як найчастіше використовуваний.

7.7.1. Загальна характеристика і принципи функціонування

Принцип роботи системи стільникового зв'язку з кодовим розділенням каналів можна пояснити на такому простому прикладі. Припустимо, що ви перебуваєте в натовпі, де безупинно розмовляють різними мовами. Незважаючи на навколишній шум (багатоголосся), ви розумієте свого співрозмовника, якщо він говорить однією з вами мовою. Насправді, на відміну від інших цифрових систем, що поділяють відведений діапазон на вузькі канали за частотною (FDMA) або часовою (TDMA) ознакою, у стандарті CDMA передану інформацію кодують і код перетворюють у шумоподібний широкосмуговий сигнал так, що його можна виділити знову, тільки маючи відповідний код на приймальному боці. При цьому одночасно в широкій смузі частот можна передавати і приймати безліч сигналів, що не заважають один одному. Центральними поняттями методу багатостанційного доступу з кодовим розділенням каналів у реалізації компанії Qualcomm є *розширення спектра методом прямої послідовності (Direct Sequence Spread Spectrum)*, *кодування за Уолшем (Walsh Coding)* і *управління потужністю*.

Широкосмуговою називається передавальна система, яка займає дуже широку смугу частот, котра значно перевищує мінімальну ширину смуги частот, фактично потрібну для передавання інформації.

Головною характеристикою широкосмугового сигналу є його *база В*, що визначається як добуток ширини F спектра сигналу на його період T .

У результаті перемножування сигналу джерела *псевдовипадкового шуму* (ПВШ) з інформаційним сигналом енергія останнього розподіляється в широкій смузі частот, тобто його спектр розширюється (рис. 7.10).

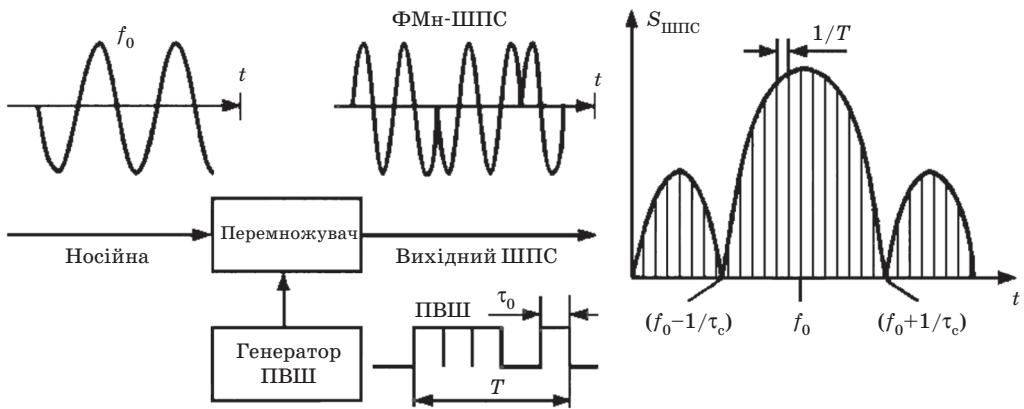


Рис. 7.10. Схема розширення спектра частот цифрових повідомлень

Метод широкосмугового передавання відкрив Е. Шеннон, який першим увів поняття *пропускна здатність каналу* і встановив зв'язок між можливістю здійснення безпомилкового передавання інформації по каналу із заданим відношенням сигнал/шум і смугою частот, відведеною для передавання інформації. Для будь-якого заданого відношення сигнал/шум мала частота помилок під час передавання досягається збільшенням смуги частот, що відводиться для передавання інформації.

Зауважимо, що сама інформація може вводитися в широкосмуговий сигнал кількома способами. Найвідоміший полягає в накладанні інформації на широкосмугову кодову модульовану послідовність перед модуляцією носійної для отримання широкосмугового ШПС (див. рис. 7.10).

У результаті розглянутого перетворення вузькосмуговий сигнал збільшується на псевдовипадкову послідовність з періодом T , що містить N бітів тривалістю τ_0 кожний. У цьому разі база ШПС чисельно дорівнює кількості елементів псевдовипадкової послідовності.

Цей спосіб придатний для будь-якої широкосмугової системи, в якій для розширення спектра високочастотного сигналу застосовується цифрова послідовність.

Сутність широкосмугового зв'язку полягає в розширенні смуги частот сигналу, передаванні широкосмугового сигналу та виділенні з нього корисного сигналу за допомогою перетворенням спектра прийнятого широкосмугового сигналу в первинний спектр інформаційного сигналу.

Перемножування прийнятого сигналу та сигналу такого самого джерела, що використовувався в передавачі, стискає спектр корисного сигналу й одночасно розширює спектр фоновому шуму та інших джерел інтерференційних завад. Результуючий вигравш у відношенні сигнал/шум на виході приймача є функцією відношення ширини смуг широкосмугового і базового сигналів: чим більше розширення спектра, тим більший вигравш. У часовій області це функція відношення швидкості передавання цифрового потоку в радіоканалі до швидкості передавання базового інформаційного сигналу. Для стандарту IS-95 відношення становить 128 разів, або 21 дБ. Це дає можливість системі працювати, коли рівень інтерференційних завад перевищує рівень корисного сигналу на 18 дБ, оскільки оброблення сигналу на виході приймача потребує перевищення рівня сигналу над рівнем завад усього на 3 дБ. У реальних умовах рівень завад значно менший. Окрім

того, розширення спектра сигналу (до 1,23 МГц) можна розглядати як застосування методів частотного рознесення. Сигнал, поширюючись у радіотракті, піддається завмиранням унаслідок багатопроменевого характеру поширення. У частотній області це явище можна тлумачити як вплив режекторного фільтра з шириною змінної смуги режекції (звичайно не більш ніж на 300 кГц). У стандарті AMPS це відповідає подавленню десяти каналів, а в системі CDMA подавлюється лише близько 25% спектра сигналу, що не призводить до особливих утруднень при відновленні сигналу в приймачі.

У стандарті CDMA для кодового розділення каналів використовуються *ортогональні коди Уолша*, які можна використовувати для кодування та подальшого об'єднання низки інформаційних сигналів. Коди Уолша формуються з рядків однойменної матриці

$$W_L = \begin{Bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{Bmatrix}$$

Особливістю цієї матриці є те, що кожний її рядок ортогональний до будь-якого іншого або до рядка, утвореного за допомогою операції логічного заперечення. У стандарті IS-95 використовується матриця 64-го порядку. Для виділення сигналу на виході приймача застосовується цифровий фільтр. При ортогональних сигналах фільтр можна настроїти так, що на його виході завжди буде логічний нуль, за винятком випадків, коли приймається сигнал, на який він настроєний. Кодування за Уолшем застосовується у прямому (від базової станції до абонентського терміналу) каналі для розподілу користувачів. У системах, що використовують стандарт IS-95, усі абонентські станції працюють одночасно в одній смузі частот. Погоджені фільтри приймачів БС квазіоптимальні в умовах взаємної інтерференції між абонентами одного стільника і дуже чутливі до ефекту близькодії. Щоб максимізувати абонентську ємність системи, потрібно, аби термінали всіх абонентів випромінювали сигнал такої потужності, яка забезпечила б однаковий рівень прийнятих БС сигналів. Чим точніше управління потужністю, тим більшою буде абонентська ємність системи.

Розглянемо спрощену структурну схему, що пояснює принцип роботи системи стандарту CDMA (рис. 7.11). Інформаційний сигнал кодується за Уолшем, а далі змішується з носійною, спектр якої попередньо розширюється перемноженням із сигналом джерела ПВШ. Кожному інформаційному сигналу призначається свій код Уолша, потім вони поєднуються в передавачі та пропускаються через фільтр, і з рештою загальний ШПС випромінюється передавальною антеною.

На вхід приймача надходять корисний сигнал, фоновий шум, завади від БС сусідніх осередків і від рухомих станцій інших абонентів. Після ВЧ-фільтрації сигнал надходить на корелятор, де відбувається стиск спектра з подальшим виділенням корисного сигналу в цифровому фільтрі за допомогою заданого коду Уолша. Спектр завад розширюється, і спотворення з'являються на виході корелятора у вигляді шуму. На практиці в рухомій станції використовується кілька кореляторів для приймання сигналів із різним часом поширення в радіотракті або сигналів, переданих різними БС.

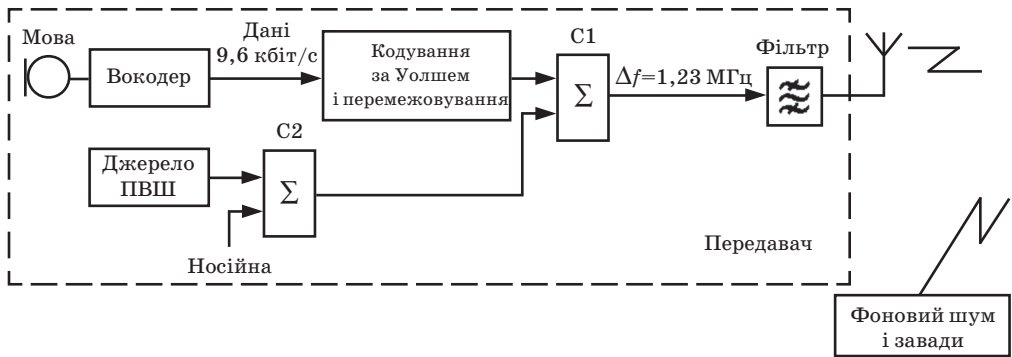


Рис. 7.11. Принцип роботи системи стільникового зв'язку стандарту CDMA

У системах, що ґрунтуються на інших методах доступу, потрібно планувати розподіл частотного ресурсу між сусідніми стільниками для того, аби запобігти взаємному впливу сигналів сусідніх стільників. У системах, які застосовують метод CDMA, змінюючи синхронізацію джерела ПВШ, можна використовувати ту саму ділянку смуги частот для роботи в усіх стільниках мережі. Таке 100% -кове використання доступного частотного ресурсу — один з головних чинників, що визначають високу абонентську ємність мережі стандарту CDMA і спрощують її організацію. У системах, які використовують методи доступу з часовим або частотним розділенням каналів, абонентська ємність стільника жорстко обмежена і визначається кількістю доступних каналів зв'язку або часових інтервалів.

На противагу цьому системи на базі CDMA мають динамічну абонентську ємність. І хоча існують 64 коди Уолша, ця теоретична межа не досягається в реальних умовах; абонентська ємність системи обмежується внутрішньосистемною інтерференцією, зумовленою одночасною роботою рухомих і базових станцій сусідніх стільників. Вплив один на одного основних показників системи (кількості абонентів, площі радіопокриття БС, якості мови в каналі) ілюструє рис. 7.12.

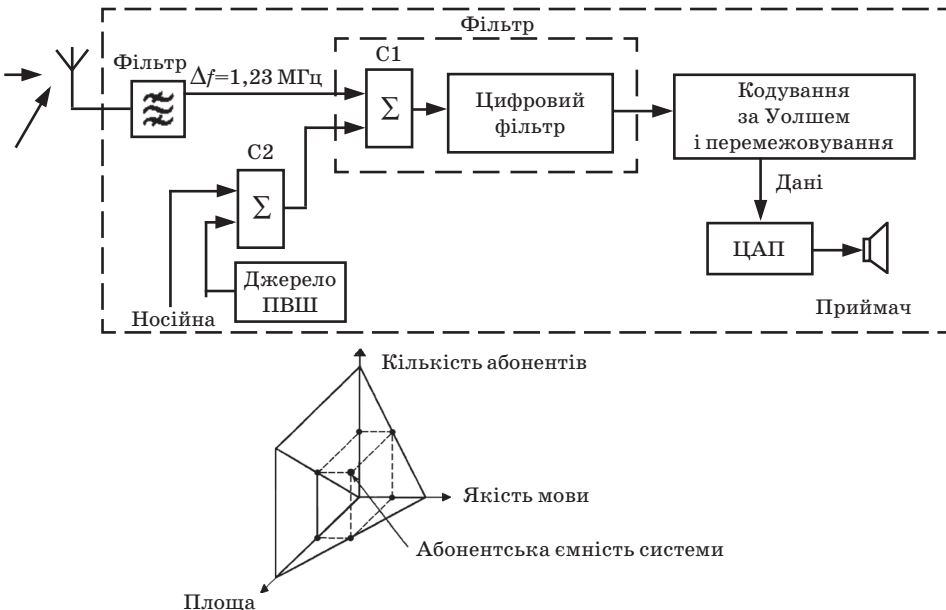


Рис. 7.12. Динамічна ємність системи стандарту CDMA

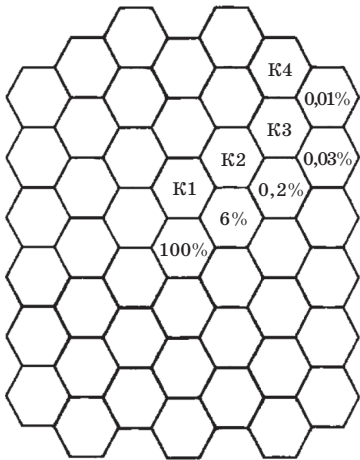


Рис. 7.13. Розподіл навантаження в мережі стандарту CDMA

Ці показники взаємозалежні, і не можна одночасно досягти максимальних значень кожного з них. Доводиться шукати компроміс. Такий взаємозв'язок є перевагою системи, оскільки уможлиблює її гнучке проектування. Наприклад, у густонаселених районах можна поступитися площею покриття, збільшивши кількість абонентів, а на околицях знизити їхню кількість, збільшивши площу зони обслуговування (якість мови в обох випадках можна зберегти однаковою). У реальних системах рухомого стільникового зв'язку йдеться про 25–35 абонентів на одну БС або сектор. У системах фіксованого абонентського радіодоступу їх більше (близько 45 абонентів). Розподіл навантаження на базову станцію залежно від кількості викликів і місця розташування станції в мережі унаочнює рис. 7.13.

7.7.2. Управління потужністю передавачів

Абонентська ємність стільника системи CDMA оптимізується використанням складного алгоритму регулювання, що обмежує потужність, випромінювану кожним абонентським терміналом, до потрібного рівня для отримання необхідної ймовірності помилки. У системі передбачено механізми регулювання потужності як у прямому, так і у зворотному каналі.

Прямим каналом вважатимемо канал, в якому передавання інформації здійснюється базовою станцією, а приймання — рухомою. І, навпаки, під **зворотним каналом** розуміємо канал, в якому рухома станція передає повідомлення, а базова їх приймає.

Розглянемо процес регулювання потужності передавального обладнання у зворотному каналі. Кожна рухома станція безперервно передає інформацію про рівень помилок у прийнятому сигналі. Ураховуючи цю інформацію, БС розподіляє випромінювану потужність між абонентами так, щоб у кожному випадку забезпечити необхідну якість мови. Абоненти, на шляху до яких радіосигнал має більше загасання, отримують можливість випромінювати сигнал більшої потужності. Основною метою регулювання потужності у зворотному каналі є оптимізація площі стільника. Регулювання потужності як у прямому, так і у зворотному каналі впливає і на термін служби акумуляторів рухомих станцій. Тести показують (рис. 7.14), що середня випромінювана потужність P (у децибелах за потужністю — дБп) рухомої станції в мережі CDMA менша, ніж у системах, які використовують інші методи доступу. Це безпосередньо пов'язано з такими параметрами радіотелефону, як тривалість безперервного зайняття каналу і час перебування в режимі очікування.

Процес регулювання потужності в прямому каналі відбувається трохи інакше. У ньому можливі два варіанти регулювання (рис. 7.15): *по відкритому циклу (розімкнена петля)* і *по замкненому циклу (замкнена петля)*.

Відкритий цикл регулювання потужності є менш точним. Рухома станція після ввімкнення шукає код БС. Після виконання синхронізації рухомої станції вимірюється потужність випромінюваного сигналу та обчислюється потужність пере-

даного сигналу, потрібна для забезпечення з'єднання з БС. Обчислення ґрунтуються на тому, що сума рівнів передбачуваної потужності випромінюваного сигналу та потужності прийнятого сигналу має бути постійною і дорівнювати мінус 73 дБ. Якщо рівень прийнятого сигналу дорівнює, наприклад, мінус 75 дБ, то рівень випромінюваної потужності має становити 2 дБ. Цей процес повторюється кожні 20 мс, але він усе-таки не забезпечує бажаної точності регулювання потужності, оскільки прямий і зворотний канали працюють у різних частотних діапазонах (рознесення частот 45 МГц), а отже, мають різні рівні загасання під час поширення і по-різному піддаються впливові завад.

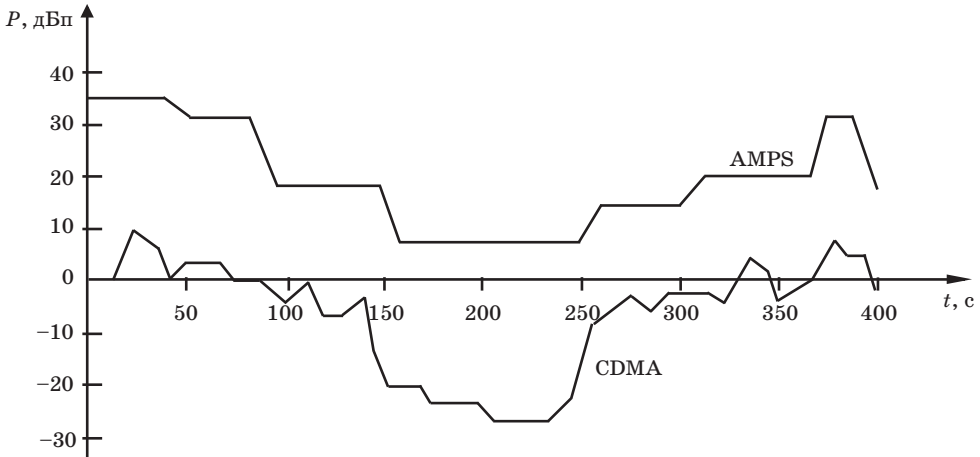


Рис. 7.14. Зміювання потужності випромінювання рухомих станцій на базі стандартів AMPS і CDMA

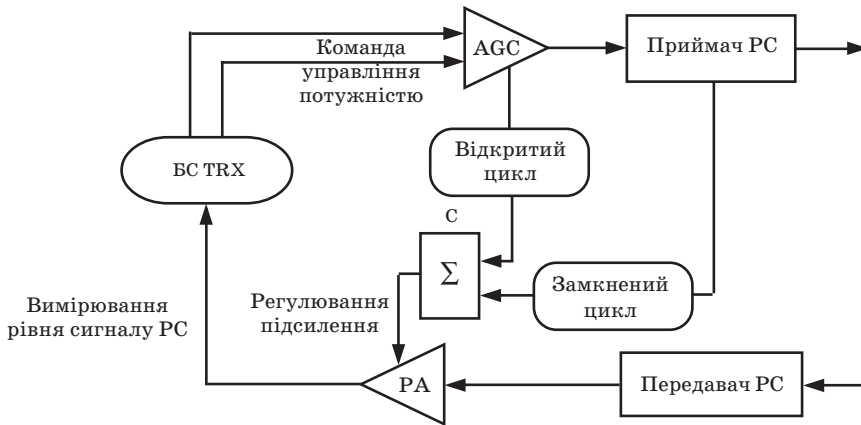


Рис. 7.15. Схема управління потужністю в прямому каналі

У разі замкненого циклу механізм регулювання потужності дає змогу точно відрегулювати потужність сигналу передавання. БС постійно оцінює ймовірність помилки в кожному прийнятому сигналі. Якщо вона перевищує програмно заданий поріг, то БС дає команду відповідній рухомій станції збільшити потужність випромінювання. Регулювання здійснюється з кроком 1 дБ. Цей процес повторюється кожні 1,25 мс. Метою такого регулювання потужності є забезпечення випромінювання кожною рухомою станцією сигналу мінімальної потужності, достатньої для забезпечення прийнятної якості мови. Завдяки тому, що всі рухомі

станції випромінюють сигнали, потужність яких достатня для нормальної роботи (але не більша за таку), їхній взаємний вплив мінімізується і абонентська ємність системи зростає. Рухомі станції мають забезпечувати регулювання вихідної потужності в широкому динамічному діапазоні — до 85 дБ.

Такі чинники, як кількість користувачів і відстань до них від БС, впливають на значення максимальної випромінюваної потужності. Отже, вимоги до лінійності передавальної функції підсилювача потужності, що працює в разі зміни рівня вхідного сигналу в межах 20 дБ, надзвичайно високі. Лінійність передавальної функції підсилювача — чинник, критичний, коли йдеться про забезпечення бажаних характеристик системи. Необхідної лінійності вдається досягати за допомогою складних і високовартісних методів лінеаризації (підсилювачі з попередніми спотвореннями або підсилювачі, зв'язані з попередніми ланками). Спектр випромінюваного CDMA-сигналу, що з'являється внаслідок об'єднання множини кодованих за Уолшем базових сигналів, близький до спектра шумового сигналу з відношенням максимального значення до середнього близько 11 дБ. Це означає, що для досягнення однакової якості зв'язку в БС мережі GSM необхідний підсилювач із вихідною потужністю 44 Вт; у стандарті D-AMPS (ADC) це значення знижується до 31 Вт, а в CDMA — до 10 Вт (рис. 7.16). Проте значний теоретичний запас енергопотенціалу в радіоканалі, який отримуємо завдяки використанню методу розширення спектра, на практиці виявляється значно меншим. Тому системи з кодовим розділенням каналів не забезпечують очікуваного збільшення площі радіопокриття БС.

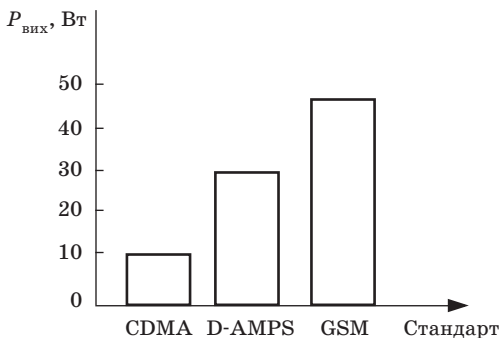


Рис. 7.16. Вимоги до підсилювача потужності базової станції

У системі CDMA застосовується *квадратурна фазова маніпуляція QPSK* у базовій і *мішана QPSK* у рухомих станціях. При цьому інформація отримується на підставі аналізу зміни фази сигналу, тому фазова стабільність системи — критичний чинник у забезпеченні мінімальної ймовірності появи помилки в повідомленнях. Застосування мішаної QPSK дозволяє знизити вимоги до лінійності підсилювача потужності рухомої станції, оскільки амплітуда вихідного сигналу за такого виду модуляції змінюється значно менше. При цьому

інтерференційні завади, перш ніж їх буде подавлено методами цифрової обробки сигналів, мають пройти через високочастотний тракт приймача і не призвести до насичення малoshумового широкосмугового підсилювача та змішувача. Тому розроблювачі системи мають досягти балансу між динамічними та шумовими характеристиками приймача.

Щоб з'ясувати принцип роботи системи з кодовим розділенням каналів, розглянемо роботу рухомої станції. Після ввімкнення живлення вона настроюється на робочу частоту мережі, шукаючи сигнал БС (у мережі використовується спільний для всіх базових і рухомих станцій короткий код). Імовірно, вона знайде кілька сигналів різних БС, які можна розрізнити за часовим зсувом у короткому коді. Рухома станція вибирає сигнал з великим рівнем і, таким чином, отримує когерентну опору для здійснення подальшої демодуляції сигналу синхронізації. Цьому сигналові поставлено у відповідність 32-й код Уолша. У ньому пере-

дається інформація про майбутній зміст 42-розрядного зсувного регістра, використуваного для формування довгого коду. Ця інформація надсилається з випередженням щодо інформаційного каналу на 320 мс. Тому рухома станція має достатньо часу для декодування повідомлення та завантаження інформації в регістр, а отже, досягається її синхронізація з мережним часом. Після цього рухома станція починає моніторинг одного з каналів виклику.

Отже, система CDMA реалізує всі досягнення в розробках різноманітних видів модуляції для радіоканалів (рис. 7.17). Справді, завадостійкість системи в разі використання QPSK наближається до потенційної, причому саме ці системи є найзручнішими для мікропроцесорної реалізації. У системах радіозв'язку особливо великого значення набувають властивості QPSK, що уможливають ефективну реалізацію алгоритмів оптимального приймання для багатопозиційних сигналів.

Обладнання мереж стандарту CDMA багато в чому подібне до обладнання мереж стандарту GSM і містить у собі рухомі та базові станції, цифрові комутатори, центр управління та обслуговування, різні додаткові системи і пристрої. Функціональне сполучення елементів системи здійснюється за допомогою низки інтерфейсів.

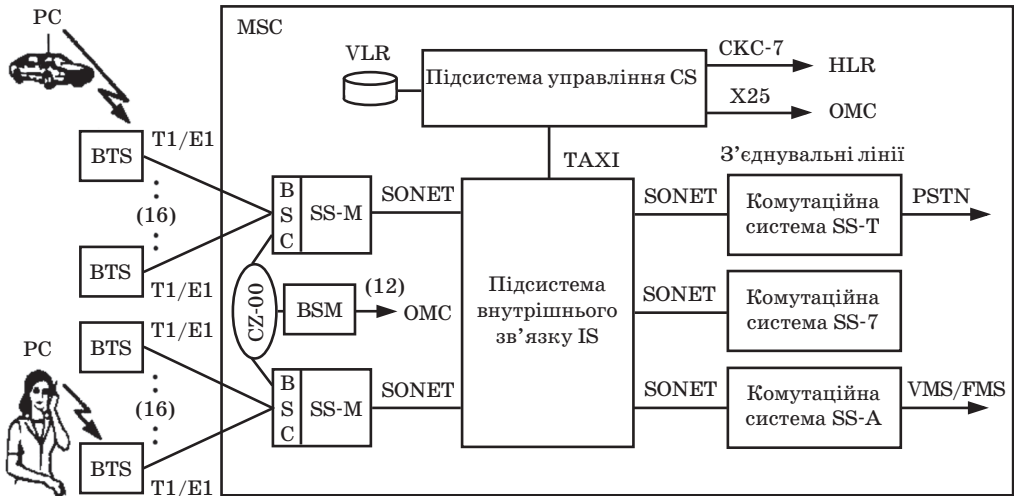


Рис. 7.17. Конфігурація стільникової мережі стандарту CDMA

7.8. Структура та формування сигналів у стандарті CDMA

У стандарті стільникового зв'язку CDMA застосовується метод множинного доступу з кодовим розділенням каналів, що ґрунтується на використанні ширококутних сигналів. Кожному виклику (незалежно від того, мова це чи передавання даних) присвоюється унікальний код, що дає можливість відрізнити кожний конкретний виклик від інших, переданих у тому самому частотному діапазоні. У цьому стандарті забезпечується вища якість мови порівняно зі стандартом GSM, не кажучи вже про аналогові стандарти. Це багато в чому визначається застосуванням *кодування мови*. Розглянемо процес кодування мови докладніше.

У системі CDMA для перетворення аналогового мовного сигналу в цифровий використовується вокодер зі змінною швидкістю кодування, в основу роботи яко-

го покладено алгоритм CELP (*Code Excited Linear Prediction*) із лінійним перетворенням коду. Цей алгоритм ураховує особливості людської мови. Вокодер перекодовує цифровий потік, що має швидкість 64 кбіт/с, у потік зі швидкістю 8 або 13 кбіт/с. У процесі цього перетворення інформаційний потік поділяється на кадри, причому утримувальні паузи та інтервали усуваються. Результуючий потік має швидкість 1...8 кбіт/с. Вокодер приймальної сторони поєднує кадри в єдиний потік і виконує обернене перетворення. Іншою важливою особливістю вокодера зі змінною швидкістю кодування є використання адаптивного порога для визначення необхідної швидкості кодування даних. Рівень порога змінюється відповідно до фонового шуму. Результатом цього є подавлення фону й поліпшення якості мови навіть у гучній обстановці. Вокодер дає можливість додавати в мовний канал вторинний трафік, тобто службу інформацію.

Якщо проаналізувати різні вирішення фіксованого абонентського радіодоступу, то постає питання про правомірність використання в мережі загального користування технологій, що ґрунтуються на стандартах рухомого стільникового зв'язку й не спираються на точні методи цифрового перетворення мови. Якість мови в системі CDMA, що використовує вокодер QCELP зі швидкістю кодування 13 кбіт/с, дуже близька до якості мови в провідному каналі. За результатами тестування, проведеного в лабораторії AT&T Hoirndel, кодування мови зі швидкістю 64 кбіт/с отримало оцінку (за п'ятибальною системою) Міжнародної організації зі стандартизації (МОС) у 4,06 бала, а кодування, що використовує вокодер QCELP (13 кбіт/с), — 4,02 бала. Типові значення МОС для AMPS і NMT оцінюються нижчими (3,0–3,5) балами. Кодування мови забезпечує дуже високий ступінь конфіденційності. Згідно з дослідженнями компанії Hutchison Telecom (Гонконг) підслуховування розмов практично виключається завдяки техніці кодування мови в CDMA.

Спинимось на організації *естафетного передавання*. Приймачі стандарту CDMA припускають використання кількох кореляторів одночасно. Кожний такий приймач має чотири канали приймання. У трьох каналах одночасно обробляються три найсильніші сигнали, а в четвертому каналі постійно здійснюється пошук сигналу з вищим рівнем. Ці сигнали підсумовуються, і в такий спосіб у системі з кодовим розділенням каналів реалізується метод часового рознесення приймання. Багатопроменеве поширення радіосигналів, способи запобігання якому застосовуються в усіх стандартах стільникового зв'язку, тут стає помічником. У разі побудови фіксованих мереж багатопроменеві відображення дозволяють знизити вимоги до рівня сигналу, що надходить до абонентської станції.

Рухаючись, абонентська станція здатна одночасно приймати й обробляти сигнали кількох БС, завдяки чому вдається здійснювати *м'яке естафетне передавання* абонента між БС (рис. 7.18). Перевага такого передавання полягає в тому, що унеможливується втрата зв'язку під час руху абонента вздовж межі стільника, коли спостерігається ефект «пінг-понгу». Недоліком такого процесу управління є одночасне використання двох БС.

Системи, що базуються на стандарті CDMA, є найефективнішими, оскільки кодове розділення каналів адекватне моделі радіоканалу. Застосування ШПС забезпечує підвищення завадостійкості системи за умов багатопроменевого поширення радіохвиль — завади, характерної для радіоканалів.

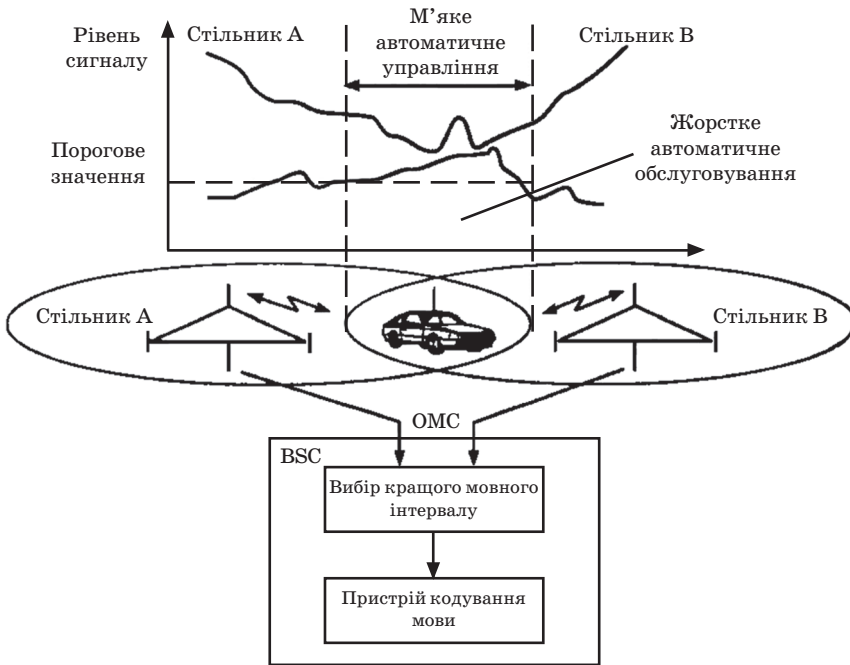


Рис. 7.18. Принцип м'якого естафетного передавання

7.9. Кодування у прямому каналі

У системах передавання повідомлень стільникового зв'язку стандарту CDMA використовуються різні схеми кодування, зокрема *кодування у прямому каналі* — від БС до абонента (рис. 7.19). Базова швидкість передавання даних у каналі становить 9,6 кбіт/с, що досягається додаванням додаткових коригувальних двійкових сигналів до цифрового потоку вокодера 8,55 кбіт/с. Для реалізації на приймальному боці прямої корекції помилок (без повторного передавання повідомлення) у каналі використовується надлишкове кодування, коли базовий цифровий потік розбивається на пакети тривалістю по 20 мс і подається на згортувальний кодер із половинною швидкістю. На його виході кількість бітів подвоюється. Потім дані перемежуються, тобто перемішуються в часовому інтервалі 20 мс. Це робиться для того, щоб рівномірно розподілити в потоці даних загублені під час передавання біти. Відомо, що помилково прийняті символи звичайно утворюють групи, тоді як схема прямої корекції помилок працює найкраще, коли помилки розподілити рівномірно в часі. Щоб досягти цього, на приймальному боці виконують процедуру, обернену до перемежування у процесі передавання. Після перемежування цифровий потік перетворюється за допомогою довгого коду та логічної операції «виключне або» (додавання за модулем два). За визначенням, *довгими кодами* (кодами максимальної довжини) є коди, які можна отримати за допомогою зсувного регістра елемента або затримки інформації заданої довжини. Максимальна довжина двійкової послідовності, що її можна реалізувати за допомогою генератора, побудованого на основі зсувного регістра, дорівнює $2^n - 1$ двійкових символів, де n — кількість розрядів зсувного регістра (рис. 7.19). В апаратурі стандарту CDMA довгий код формується кількома послідовними логічними операціями із псевдовипадковою двійковою послідовністю, генерованою у 42-розрядному зсувному регістрі, і двійковою 32-бітовою маскою, яка визначається

індивідуально для кожного абонента. Такий зсувний регістр застосовується в усіх БС цього стандарту для забезпечення режиму синхронізації всієї мережі. Оскільки інформаційний потік має швидкість 19,2 кбіт/с, то у прямому каналі використовується тільки кожний 64-й символ довгого коду.

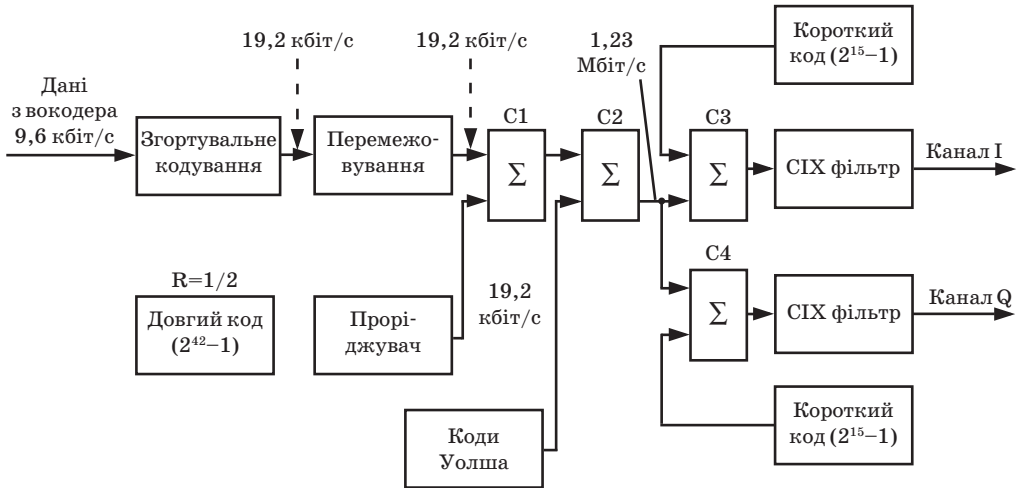


Рис. 7.19. Схема кодування у прямому каналі

Наступний етап перетворення повідомлення — *кодування за допомогою кодів Уолша* (див. рис. 7.19). Один рядок матриці Уолша ставиться у відповідність каналів зв'язку між абонентом і БС. Якщо на вході кодера міститься нуль, то надсилається відповідний рядок матриці (код Уолша), а якщо одиниця, — послідовність, сформована логічним запереченням відповідного рядка матриці (коду Уолша). Це підвищує швидкість інформаційного потоку з 19,2 кбіт/с до 1,23 Мбіт/с. Відповідно розширюється і спектр сигналу. На заключному етапі двійковий потік розділяється між синфазним і квадратурним каналами (I- та Q-каналами) для подальшого передавання з використанням квадратурної фазової маніпуляції (QPSK). До подачі на змішувачі цифровий потік у кожному з каналів перетворюється за допомогою короткого коду та логічної операції «виключне або».

Короткий код являє собою псевдовипадкову двійкову послідовність завдовжки 32 768 двійкових символів, генеровану зі швидкістю 1,3288 Мбіт/с. Ця послідовність є спільною для всіх базових і рухомих станцій у мережі. Короткий код формується в 15-розрядному зсувному регістрі з лінійним зворотним зв'язком. Результуючий двійковий потік у кожному каналі проходить через цифровий фільтр зі скінченною імпульсною характеристикою (СІХ-фільтр), що дає змогу обмежити смугу випромінюваного сигналу. Частота зрізу фільтра становить близько 615 кГц. Отримані аналогові сигнали надходять на відповідні входи I/Q-модулятора. Ряд інформаційних сигналів утворюється злиттям I- та Q-каналів.

Оскільки всі користувачі отримують об'єднаний сигнал, то для виділення інформації потрібно передавати опорний сигнал по каналу, названому *пілотним*. У пілотному каналі передається нульовий інформаційний сигнал, код Уолша для якого формується з нульового рядка матриці Уолша. Інакше кажучи, у пілотному каналі передається тільки короткий код. Здебільшого на ньому випромінюється близько 20% загальної потужності. Опорний сигнал необхідний для подальшої

фазової демодуляції. Короткий код дає можливість багаторазово використовувати в кожному стільнику той самий набір кодів Уолша. Кожна БС має свій часовий зсув при формуванні коду, а тому її можна однозначно визначити в мережі. Базується це на властивості псевдовипадкових двійкових кодів; значення автокореляційного моменту наближається до нуля для всіх часових зсувів, що перевищують довжину одного біта.

7.10. Кодування у зворотному каналі

У зворотному — від абонента до БС каналі — застосовується інша схема кодування (рис. 7.20). Рухома станція не може використовувати переваг трансляції опорного сигналу. У цьому разі довелося б передавати два сигнали, що значно ускладнило б демодуляцію в приймачі БС. У зворотному каналі застосовується такий самий, як і в прямому, вокодер і згортувальне кодування зі швидкістю $1/3$, що підвищує швидкість передавання даних із БС від $9,6$ до $28,8$ кбіт/с, а також перемежувальне кодування в пакеті тривалістю 20 мс. Після перемежування вихідний потік розбивається на слова, по шість бітів у кожному. Шестибітовому слову можна поставити у відповідність один із 64 кодів Уолша. Отже, кожний абонентський термінал використовує весь їх набір. Після цієї операції швидкість потоку даних підвищується до $307,2$ кбіт/с. Далі потік перетворюється за допомогою довгого коду, аналогічного тому, що його використовує БС. На цьому етапі відбувається розподіл користувачів. Абонентська ємність системи визначається зворотним каналом. Для її збільшення застосовується регулювання потужності у зворотному каналі, методи просторового рознесення приймання на БС тощо. Остаточне формування потоків даних відбувається так само, як і в БС. Відмінність полягає в появі додаткового елемента затримки на $1/2$ тривалості символу в Q-каналі для реалізації мішаної QPSK.

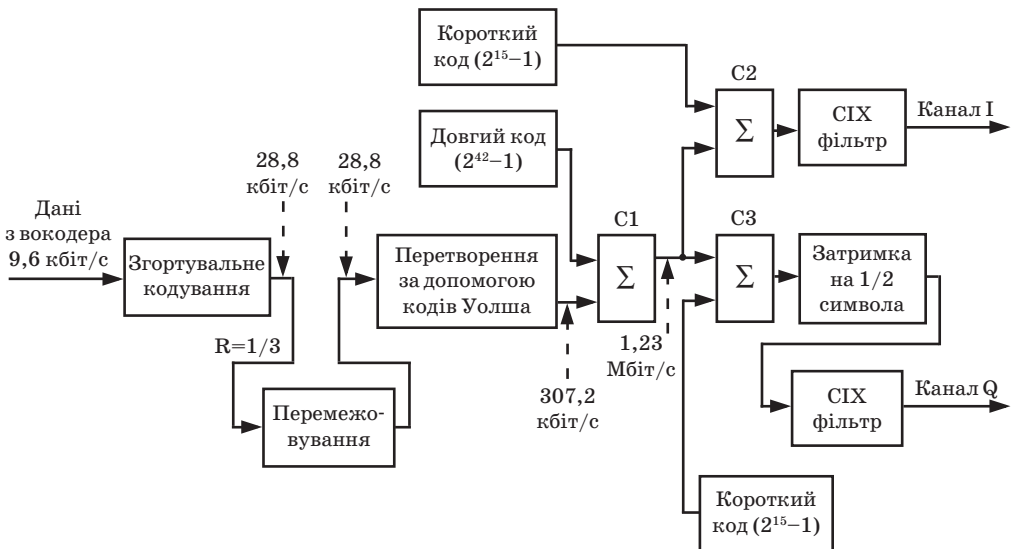


Рис. 7.20. Схема кодування у зворотному каналі

Зауважимо, що на розподіл користувачів у системі впливають багато факторів; деякі з них наведено в табл. 7.1.

Параметри, що впливають на розподіл користувачів

Параметр	Призначення	Примітка
Частота	Поділ частотного спектра на кілька частотних каналів по 1,23 МГц	Рознесення прямого і зворотного каналів на 45 МГц
Код Уолша	Розподіл користувачів одного стільника у прямому каналі	Нульовий код Уолша визначено для пілотного каналу, 32-й — для каналу синхронізації
Довгий код	Розподіл користувачів одного стільника у зворотному каналі	Залежить від часу та ідентифікаційного номера користувача
Короткий код	Розподіл БС або секторів	Базові станції різняться моментом початку синхронізації при формуванні коду

Якщо абонент робить спробу увійти в мережу, тобто здійснити вихідний виклик, то його станція намагається з'єднатися з БС по одному з каналів доступу (рис. 7.21). У цьому разі для формування довгого коду використовується двійкова маска, параметри якої індивідуальні для кожної БС мережі. А якщо здійснити з'єднання одночасно намагаються кілька користувачів, то виникає конфлікт. Не отримавши від БС підтвердження спроби з'єднання по каналу виклику, абонентська станція вичікує певний час і робить наступну спробу. Приймавши виклик рухомої станції, БС призначає канал для з'єднання, що має відповідний код Уолша. Після цього рухома станція змінює параметри двійкової маски згідно зі своїм ідентифікаційним номером і переходить у режим приймання і передавання мовної інформації.

Установлення вхідного виклику відбувається згідно з діаграмою, зображеною на рис. 7.22.

Зауважимо, що система CDMA потенційно має велику ємність. Окрім того, вона дає змогу відмовитися від частотного планування мережі, хоча при цьому припускає досягнення ретельного балансу потужностей випромінювань станцій. Об'єктивне порівняння абонентської ємності систем, що використовують різні методи доступу (CDMA, FDMA, TDMA), важко здійснити, оскільки для них майже неможливо зробити однакові припущення. Здебільшого порівняння проводяться між системами на різних етапах реалізації, але не між системами з різними методами доступу. Тому, незважаючи на потенційні можливості стандарту CDMA, очікується, що в разі порівняння двох оптимізованих систем, які використовують різні методи доступу, їхні абонентські ємності виявляться приблизно однаковими.

Розглянемо основні переваги технології CDMA для користувачів і операторів зв'язку.

Для користувача:

- якість зв'язку;
- ефективність;
- екологічна безпека;
- конфіденційність;
- надійність зв'язку;
- економічна вигода (залежить від оператора);
- непомітний перехід зі стільника в стільник.

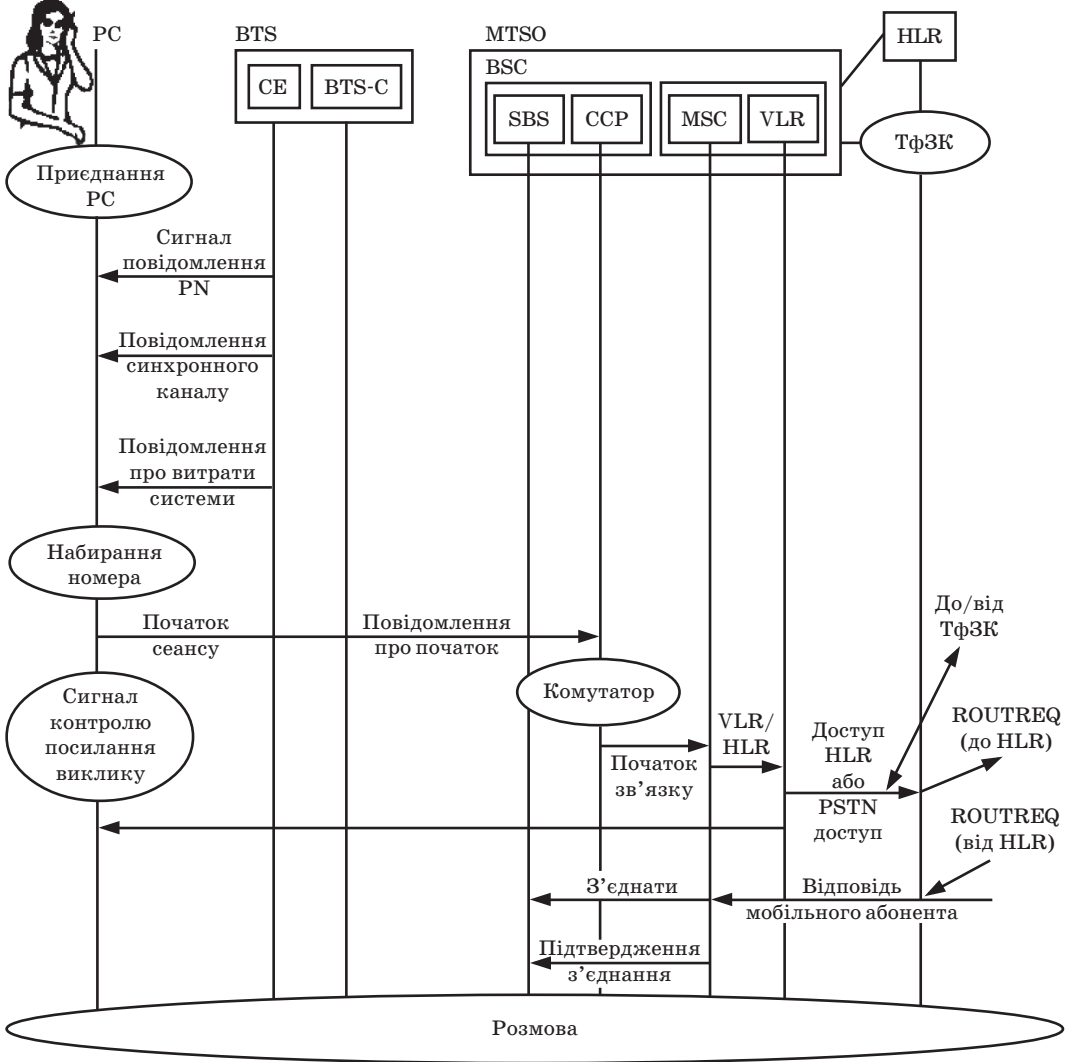


Рис. 7.21. Установлення вихідного виклику

Для оператора:

- немає потреби радіочастотного планування;
- масштабування інфраструктури;
- висока ефективність використання діапазону частот;
- вища ємність мережі (у 4–7 разів порівняно з TDMA-мережами і до 20 разів — із FDMA-мережами);
- на 30–40% менше витрат на обладнання;
- невисока вартість підімкнення абонента;
- низький рівень шуму в радіомовному тракті завдяки використанню вокодів зі змінною швидкістю.

Першість в освоєнні нової технології, як і раніше, належить Південній Кореї. Тут два найбільших оператори KMT і Shinsegi обслуговують уже близько 3 млн абонентів; компанія Hutchison, оператор самої складної мережі в колишньому

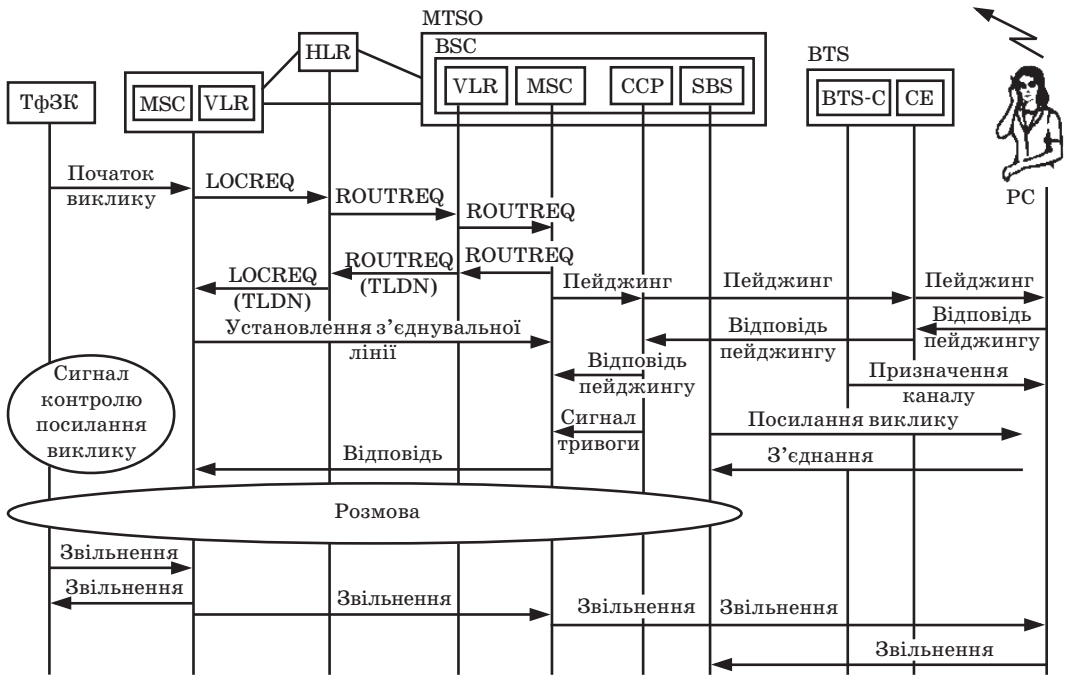


Рис. 7.22. Установлення вхідного виклику

Гонконгу, а також два нових оператори планують розгортання нової мережі в Китаї, Індонезії (три оператори), Японії (два оператори), Сінгапурі, Таїланді, на Філіппінах (два оператори). У самій Південній Кореї незабаром з'являться ще чотири нових оператори; у Канаді розгортаються мережі двох національних операторів — YcTel і Bell Mobility. У США наданням послуг на всій території займаються компанії AirTouch, US West, Bell Atlantic, GTE, Ameritech, Sprint PCS, PnmeCo, Centennial Cellular Соф., NextWave, GWI PCS, Carolina PCS, Americall International, Meretel Communications, Poka Lambo PCS. Випробування систем WLL на базі CDMA проходять у Бразилії, Індії, Російській Федерації (уже діє), КНР, Польщі; підвищений інтерес виявляють також Чилі, Перу, Венесуела, Болівія, Нігерія, Замбія, Домініканська Республіка, нарешті, в Україні стандарт IS-95 (CDMA) оголошений національним.

7.11. Технологія LTE

Технологія LTE — це технологія побудови універсальних мереж радіозв'язку, яка базується на IP технології, але відрізняється вищими швидкостями передавання даних від наявних стільникових систем, зокрема й від системи WCDMA. Стандарт LTE розроблено та затверджено міжнародним партнерським об'єднанням 3GPP. Ідеологом і розробником масового обладнання для цієї технології є компанія Ericsson.

Радіоінтерфейс LTE розглядається як вирішення, на яке оператори поступово переходитимуть із нинішніх систем стандартів 3GPP і 3GPP2, а його розробка є важливим етапом у процесі переходу до мереж 4-го (4G) покоління.

В основу LTE покладено технологію мультиплексування за допомогою ортогональних OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*) носійних, що транс-

люються за допомогою багатопробієвих систем MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) та еволюційну системну архітектуру мережі (*System Architecture Evolution*).

При цьому принциповим вирішенням є організація дуплексного розділення каналів, що може бути як частотним (FDD), так і часовим (TDD).

Обмін між БС і мобільною станцією (МС) відбувається за принципом передавання радіокадрів, що циклічно повторюються. Тривалість радіокадру становить 10 мс.

У технології LTE передбачено два типи радіокадрів. Радіокадр типу 1 призначено для організації *частотного розділення дуплексних каналів*. У разі використання цього радіокадру можливе створення як повнодуплексного, так і напівдуплексного режиму зв'язку. Радіокадр типу 1 складається з 20 часових слотів (тривалістю 0,5 мс), яким присвоюються номери від 0 до 19. Два суміжні часові слоти утворюють субкадр (рис. 7.23).

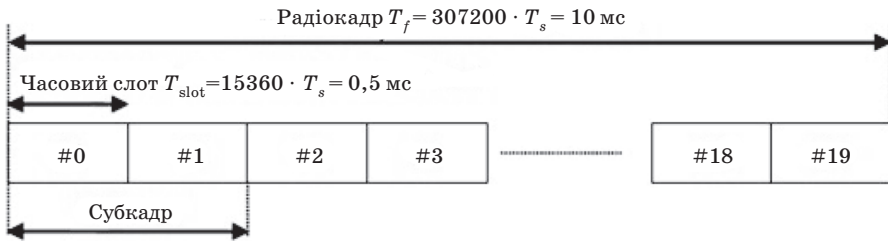


Рис. 7.23. Структура кадру LTE в разі частотного розділення дуплексних каналів

Радіокадр типу 2 (рис. 7.24) призначено для організації *часового дуплексного розділення каналів*. Він складається з двох півкадрів тривалістю по 5 мс. Кожний напівкадр включає 5 субкадрів тривалістю 1 мс. Стандарт передбачає два цикли часового дуплексування — 5 і 10 мс.

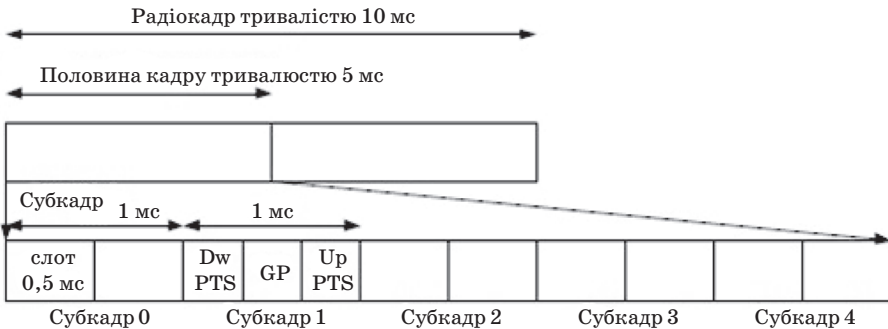


Рис. 7.24. Структура кадру LTE в разі часового розділення дуплексних каналів

У LTE використовується модуляція OFDM, яка передбачає передавання широкопasmового сигналу за допомогою незалежної модуляції вузькосmових носійних, розміщених із певним кроком за частотою Δf (15 кГц). Один OFDM-символ містить набір модульованих носійних. У часовій області OFDM-символ включає в себе поле даних (корисна інформація) і так званий циклічний префікс CP (*Cyclic Prefix*) — переданий вдруге фрагмент закінчення попереднього символу. Призначення префікса — боротьба з міжсимвольною інтерференцією у приймачі, зумовленою багатопробієвим поширенням сигналу.

Відбитий сигнал, що надходить із затримкою, потрапляє в зону префікса і не накладається на корисний сигнал. Стандартний крок між носійними $\Delta f = 15$ кГц, що відповідає тривалості OFDM-символа, яка дорівнює 66,7 мкс. Кожному абонентському пристрою в кожному слоті призначається певний діапазон каналних ресурсів у частотно-часовій області (рис. 7.25) — *ресурсна сітка*. Чарунка ресурсної сітки — так званий *ресурсний елемент* — відповідає одній носійній у частотній області й одному OFDM-символу в часовій області.

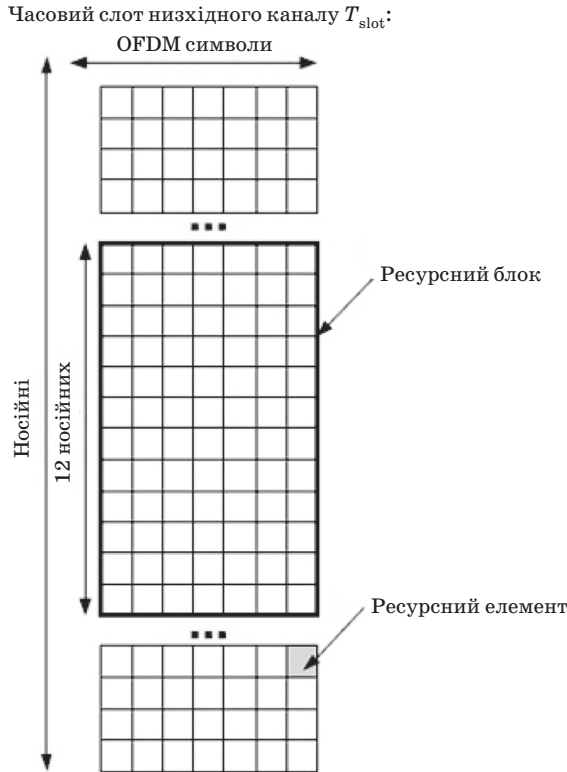


Рис. 7.25. Ресурсна сітка

Ресурсні елементи утворюють *ресурсний блок* — мінімальну інформаційну одиницю в каналі. Ресурсний блок займає 12 носійних (тобто 180 кГц) та 7 або 6 OFDM-символів, залежно від типу циклічного префікса. Кількість ресурсних блоків у ресурсній сітці залежить від ширини смуги каналу і становить від 6 до 110 (ширина частотних смуг висхідного/низхідного каналу — від 1,4 до 20 МГц). Ресурсний блок — це мінімальний ресурсний елемент, що його виділяє абонентському пристрою планувальник БС. У спеціальному управляючому каналі БС повідомляє абонентські станції про певний розподіл ресурсів у кожному часовому слоті.

Важливим завданням, що постає у процесі взаємодії мережі LTE з мережами мобільного зв'язку стандартів 3GPP (далі мережі 3GPP), є підтримка мобільності терміналу при його переміщенні із зони обслуговування однієї мережі в зону обслуговування іншої.

Технологія LTE — це логічно зумовлений результат розвитку мереж 3G. У середньостроковій перспективі вона визначатиме розвиток систем стільни-

кового зв'язку в світі. Ця технологія здатна забезпечити стрибкоподібне збільшення швидкості передавання даних в мобільних мережах. Якщо мережі 3G забезпечують швидкість передавання даних до 3,6 Мбіт/с, то впровадження LTE теоретично дозволить підвищити цю швидкість до 326,4 Мбіт/с від БС до користувача і до 172,8 Мбіт/с у зворотному напрямі.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які стандарти є найпоширенішими серед стільникових систем з макро-стільниковою топологією мережі та радіусом чарунки до 35 км?
2. Назвіть основні характеристики наземних стільникових систем.
3. Розкрийте сутність найпростішого варіанта побудови мережі мобільного радіозв'язку.
4. Яку РТС називають системою з множинним доступом?
5. Які існують принципи формування групового сигналу?
6. Яка РТС називається контролюючою?
7. Які РТС називають некоординуючими та координуючими?
8. Що називають чарунками мережі?
9. Від чого залежить радіус чарунки?
10. Які види множинного доступу до радіоканалів вам відомі?
11. Перелічіть найбільш відомі й популярні у світі додаткові послуги, що їх надають мережі мобільного зв'язку.

ПІСЛЯМОВА ДО РОЗДІЛУ 7

Ви завершили вивчення принципів функціонування систем стільникового радіозв'язку. Тепер ви вже знаєте, що технологія безпроводового зв'язку — одна з найбільш могутніх комутаційних платформ, причому розроблення концепції стільникових мереж дає змогу багаторазово використовувати радіоканали способом рознесення однойменних каналів територіально віддалених одна від одної ділянок на чарунки стільникової мережі.

Класифікація наземних систем мобільного зв'язку відповідає їхнім основним характеристикам, таким як призначення систем, спосіб зв'язку з ТфЗК, ємність, вид передаваної інформації, діапазон частот, спрямованість зв'язку, тип зони обслуговування, вид модуляції, метод розділення каналів, спосіб керування РТС тощо.

Найбільш відомі й популярні у світі додаткові послуги, що їх надають мережі мобільного зв'язку, такі: голосова пошта VMS, короткі повідомлення SMS та доступ до всесвітньої мережі Інтернет.

Мобільний зв'язок поступово втрачає свій класичний зміст. Сьогодні це могутній комплекс, який забезпечує передавання інформації, даючи змогу усвідомлено обробляти її та керувати нею.

Список рекомендованої літератури

1. *Андреанов В. Н.* Средства мобильной связи / В. Н. Андреанов, А. В. Соколов. — СПб.: БХВ — Санкт-Петербург, 1999. — 256 с.
2. *Громаков Ю. А.* Стандарты и системы подвижной радиосвязи / Громаков Ю. А. — М.: Эко-Трендз, 1997. — 238 с.
3. *Ламекин В. Ф.* Сотовая связь / Ламекин В. Ф. — Ростов н/Д: Феникс, 1997. — 176 с.
4. *Невдяев М. И.* Мобильная связь 3-го поколения / Невдяев М. И.; под ред. Горностаева Ю. М. — М.: МЦНТИ «Мобильные телекоммуникации», 2000. — 208 с.
5. *Орлов В. К.* Системы мобильной связи / Орлов В. К., Самойлов И. М., Смирнов В. Н.; под ред. В. П. Ипатова. — М.: Радио и связь, 2003. — 272 с.
6. *Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій: підручник для ВНЗ* / [Кривуца В. Г., Стеклов В. К., Беркман Л. Н. та ін.]. — К.: Техніка, 2007. — 384 с.
7. *Стеклов В. К.* Нові інформаційні технології: транспортні мережі телекомунікацій / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. — К.: Техніка, 2004. — 328 с.

РОЗДІЛ 8

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АДІКМ	— адаптивна диференціальна імпульсно-кодова модуляція
АТС	— автоматична телефонна станція
ВВС	— взаємодія відкритих систем
ІКМ	— імпульсно-кодова модуляція
КП	— комутація пакетів
МСЕ	— Міжнародний союз електрозв'язку
ПД	— передавання даних

АТМ (<i>Asynchronous Transfer Mode</i>)	— асинхронний метод перенесення
СТІ (<i>Computer Telephony Integration</i>)	— комп'ютерна телефонія
FR (<i>Frame Relay</i>)	— цифрові інтегральні широкосмугові мережі з ретрансляцією кадрів
IP (<i>Internet Protocol</i>)	— міжмережний протокол
TCP (<i>Transmission Control Protocol</i>)	— протокол управління передаванням даних

8.1. Мережі зв'язку та протоколи

Стрімкий розвиток телефонної індустрії багато в чому зумовлений використанням новітніх технологій у галузі інформаційного обміну, впровадженням досягнень комп'ютерної промисловості в діючих системах телекомунікацій.

ІР-телефонія — це технологія, яка дає змогу використовувати Інтернет або будь-яку іншу ІР-мережу для організації та ведення міжнародних і міжміських телефонних розмов і передавання факсів у режимі реального часу. Використовуючи Інтернет, можна здійснювати обмін цифровою інформацією (наприклад, електронна пошта). Проте технічно можливим є оцифрування звуку або факсимільного повідомлення та пересилання його аналогічно тому, як пересилаються цифрові дані. І в цьому розумінні ІР-телефонія використовує Інтернет (або будь-яку іншу ІР-мережу) для передавання мовних чи факсимільних повідомлень між двома користувачами комп'ютера в режимі реального часу.

Здебільшого для передавання мови використовується Інтернет, тому цей спосіб ІР-телефонії називається **Інтернет-телефонією**. Оскільки поряд з ІР-протоколом можуть використовуватися інші протоколи, то передавання мови по цифрових мережах із комутацією пакетів (КП) дістало назву **комп'ютерної телефонії**.

У цифрових інтегральних широкосмугових мережах FR із ретрансляцією кадрів та асинхронних мережах АТМ зі швидкою КП, яка виникла внаслідок розвитку та вдосконалення методів комутації, передавання мови здійснюється в загальному потоці повідомлень з іншими видами інформації — даними, відео

тощо. Варто зазначити, що в цифрових мережах із комутацією каналів взагалі використовується метод синхронного розділення каналів, але останнім часом дедалі частіше послуговуються й статистичним методом. У мережах передавання даних (ПД) з КП та в інтегральних мережах відбувається тільки статистичне розділення каналів.

Потрібно також ураховувати, що в мережах ПД із КП та в інтегральних мережах використовуються як алгоритми кодування без стиснення інформації — імпульсно-кодова модуляція (ІКМ), адаптивна диференціальна імпульсно-кодова модуляція (АДІКМ), так і алгоритми кодування зі стисненням. Номенклатуру мереж ком'ютерної телефонії наведено на рис. 8.1.



Рис. 8.1. Номенклатура мереж, що використовуються для передавання мови

Сьогодні швидка КП (її різновидами є ретрансляція кадрів та асинхронна комутація чарунок) єдина технологія, яка дає змогу ефективно передавати високошвидкісні повідомлення різних видів.

Залежно від виду інформації, що передаватиметься мережею, її характеристики мають відповідати різним вимогам. Наприклад, телефонія потребує насамперед невеликого та постійного часу передавання, під яким розуміють інтервал між вимовою фрази одним абонентом і моментом, коли ця фраза буде почута іншим. Оскільки людина практично не відчуває затримки до 250 мс, то це значення і регламентується у традиційній телефонії. Перевищення припускається лише в разі з'єднання через інтегральні системи зв'язку. При цьому телефонні мережі менш чутливі до втрат вірогідності, ніж мережі ПД.

Як відомо, телефонні мережі за кількістю та протяжністю набагато переважають канали мереж з КП. Навіщо ж тоді використовувати мережі з КП для телефонних розмов? Відповідь проста: передавання інформації мережами з КП набагато дешевше. Адже пакетний спосіб передавання та комутації — статистичний метод каналотворення та альтернативна маршрутизація — дають змогу краще використовувати пропускну здатність мережі. Окрім того, при передаванні мови по мережах ПД паузи в мові заповнюються інформацією з інших каналів, які перебувають у цей час в активному стані. Відповідний ефект дуже високий завдяки тому, що під час передавання мови в кожному з напрямів паузи становлять 50–60% від загального часу, а отже, їх заповнення дає змогу дуже істотно підвищувати пропускну здатність мережі.

Метод заповнення пауз застосовувався й раніше, але тільки для передавання телефонних повідомлень по підводних міжконтинентальних кабелях, вартість яких надто велика. Неприйнятна витратність цієї технології зумовлювалася також високою вартістю відповідних приладів стиснення. Натомість нині такі

прилади значно вдосконалено, і їх можна успішно використовувати на дешевших каналах мереж із КП. Поєднання цих методів із сучасними технологіями робить телефонний зв'язок по мережах із КП економічно вигіднішим, ніж по традиційних телефонних мережах.

Розглянемо передусім можливість телефонного зв'язку по мережах ПД за *протоколом X.25*. Ці мережі, розраховані на канали низької якості, містять потужні засоби захисту від помилок: помилкорозпізнавальні коди та системи повторного запиту пакетів, уражених помилками.

Мережі ПД на базі *протоколу ТСП* управління передавання даних і міжмережного *протоколу ІР* також мають на транспортному рівні засоби виявлення та виправлення помилок. Але на відміну від мереж за стандартом X.25, у мережах ТСП/ІР разом з протоколом ТСП, який виявляє та виправляє помилки методом повторного запиту, функціонує *протокол UDP*, який виявляє помилки та дає можливість вилучати пакети, що їх містять. Окрім того, існує протокол RTP, що працює в режимі мультимедіа та розпізнає, який вид інформації містить даний пакет, а також забезпечує передавання звуку в установленій термін. *Протокол RSVP* дає змогу резервувати під час передавання по мережах деякі визначені ресурси (постійну швидкість передавання, постійну смугу пропускання). Такий режим найсприятливіший для передавання мови, але щоб його можна було використати, він має реалізовуватися в кожному маршрутизаторі мережі.

Найкращі умови для передавання мови передбачено в *інтегральних мережах FR*, що базуються, як правило, на цифрових каналах з коефіцієнтом помилок від 10^{-6} до 10^{-7} і не потребують виправлення помилок у маршрутизаторах, а це, у свою чергу, забезпечує малий і постійний час передавання кадрів.

У разі виявлення помилок маршрутизатор знищує спотворені кадри. Для телефонії надаються канали інформаційного обміну, які відповідають потребам щодо швидкості передавання та вірогідності інформації, і при цьому забезпечується необхідний час доставляння.

Змінна затримка мовних пакетів, зумовлена їх змінною швидкістю передавання, компенсується за допомогою буферизації, а також доданням мовним повідомленням пріоритетів порівняно з пакетами даних. Із цією самою метою виконується поділ великих кадрів (а в мережі FR довжина кадру може досягти 8000 байт) на сегменти, що усуває великі затримки, до яких призводить проходження довгих кадрів через маршрутизатори.

Інтегральна мережа, побудована на *технології АТМ* асинхронного перенесення інформації, має три рівні: *фізичний, АТМ та адаптації АТМ*, які приблизно відповідають трьом нижнім рівням еталонної моделі взаємодії відкритих систем (ВВС).

Функції фізичного рівня АТМ аналогічні тим, що їх виконує однойменний рівень моделі ВВС; *функції рівня АТМ* подібні до функцій її каналного та мережного рівнів; *рівень адаптації АТМ* містить протоколи AAL, які з чарунок, що приймаються з рівня АТМ, формують пакети та передають їх на вищі рівні, і навпаки. Протоколи AAL при формуванні пакетів додають до вмісту чарунок спеціальні команди обробки, використовувані для організації послуг різних категорій: CBR, VBR, UBR, ABR — відповідно постійна, змінна, невизначена та доступна швидкості передавання.

Передавання мови може здійснюватися *службою CBR*, для організації якої у груповому каналі резервується смуга граничної пропускну здатності; ця смуга не надається іншим користувачам незалежно від того, зайнята вона чи ні.

Служба CBR створює умови передавання, аналогічні умовам служби з комутацією каналів.

Телефонний зв'язок у режимі CBR не використовує тих можливостей збільшення пропускної здатності мережі під час передавання інформації різних видів, які закладено в АТМ. Тому здебільшого використовується режим *VBR*, точніше, його різновид *VBR-real time*, який дає змогу динамічно перерозподіляти смугу пропускання і водночас забезпечувати потрібну якість передавання мови. Цей протокол складніший, оскільки виникає необхідність розпізнавати природу сигналів, що передаються, та забезпечувати сигналам інформації різних видів алгоритми компресії.

8.2. Основні напрямки розвитку комп'ютерної телефонії

Комп'ютерна телефонія — одне з видатних досягнень 1990-х років у галузі телекомунікаційних технологій. Індустрія комп'ютерної телефонії активно зростає. Відповідна англійська аббревіатура СТІ (*Computer Telephony Integration*) розкриває суть розв'язуваного завдання — об'єднання інформаційних просторів комп'ютерних і телефонних мереж. Спосіб надання інформації в комп'ютерах і телефонних мережах істотно різний, і тому для їх об'єднання потрібний пристрій, що в мережній термінології називається *шлюзом*. У зв'язку з цим комп'ютерна телефонія може бути визначена як індустрія зі створення та виробництва програмно-апаратних засобів для об'єднання мовних телекомунікаційних і комп'ютерних мереж. При цьому сам телефонний апарат для користувача відіграє роль інтерфейсу комп'ютера замість традиційних монітора і клавіатури. Комп'ютерна телефонія утворила окрему галузь після переходу до принципу відкритих систем, і її апаратні засоби являють собою набір плат розширення для персонального комп'ютера, з яких користувач може створити необхідну конкретну конфігурацію — *додаток*, логічно об'єднавши роботу технічних засобів розробленим програмним забезпеченням (ПЗ).

Основні напрямки розвитку комп'ютерної телефонії такі.

Удосконалення офісних телефонних мереж. Будь-яка офісна телефонна мережа (загального призначення або спеціалізована) нині доступна для зовнішнього комп'ютерного управління на базі стандартів. Практично всі виробники телефонного комутаційного устаткування працюють із системою TSAPI, на базі якої розробляються реальні додатки.

Удосконалення телефонних апаратів. Дедалі більше сучасних абонентських телефонних апаратів підмикаються до послідовних портів персональних комп'ютерів. Існує технічна можливість емуляції телефонних апаратів за допомогою плат розширення у стандарті TAPI. Ця тенденція ще не набула значного поширення, хоча тут можливі нові істотні досягнення.

Удосконалення комп'ютера. Для ноутбуків і настільних систем (PC, Sun, VME тощо) комп'ютерна телефонія є альтернативою одноканальним модемам. З останніх досягнень у цій галузі слід згадати інтегровані пристрої для мовного й факсимільного зв'язку та ПД, програмувальні мікросхеми цифрової обробки сигналу на системних платах і звукові системи.

Удосконалення локальних мереж. Ізохронний спосіб додає 96 повнодуплексних цифрових мовних каналів до стандартного 10-мегабітного сигналу локальних мереж Ethernet. Зручність такого вирішення не зводиться тільки до відмови від традиційних телефонних комутаторів. Досягненням є можливість об'єднання мовних каналів для передавання більшої за обсягом інформації, наприклад відео.

Удосконалення технічних засобів і програмного забезпечення. Кожний із виробників баз даних або мережного ПЗ змушений замислюватись над тим, як інтегрувати у свій продукт можливості автоматичного визначення номера, вибору номера за допомогою курсора, швидкого перемикання розмови, організації конференцій та інших корисних функцій комп'ютерної телефонії. Завдяки її застосуванню можна істотно підвищити ефективність праці більшості зайнятих у сфері обслуговування.

Розроблення нової гарнітури для комп'ютерної телефонії. Оскільки персональні комп'ютери — переносні та настільні — поступово починають виконувати все більше функцій телефонних апаратів, постає потреба у зменшенні їхньої гарнітури. Новітні розробки цілком змінили саму сутність телефонної гарнітури: пристрої стали дуже мініатюрними та зручними, істотно підвищилась якість передавання звуку. Ці пристрої абсолютно необхідні, наприклад, для таких додатків, як спільні обчислення і для портативних систем.

Вихід за межі мовної, електронної і факсимільної пошти. Різні форми обміну повідомленнями використовуються тепер усюди. Прийшов час нового підходу до обміну повідомленнями, до управління повідомленнями, пересиланням, обробленням тощо. Основний напрямок тут — подальший розвиток єдиного середовища обміну повідомленнями (*Unified Messaging*) з використанням розпізнавання мови і перетворення текст–мова, а також створення єдиного середовища обміну повідомленнями в локальних мережах.

Побудова багатомашинних систем на базі нових стандартів SCSA і MVIP. Застосування багатомашинних систем повністю знімає всі обмеження на розміри й складність розробок. Уже з'явилися моделі телефонних станцій, що працюють на базі всього кількох з'єднаних між собою комп'ютерів — заощадження коштів при цьому становить не менш як 90%.

Використання цифрового оброблення сигналу. Мікросхеми цифрового оброблення сигналу (*Digital Signal Processing — DSP*) дають змогу використовувати гнучке програмне забезпечення для виконання функцій, що колись були «зашиті» в апаратуру. Це потрібно для розпізнавання мови, роботи з факсимільними повідомленнями, перетворення текст–мова та оптичного розпізнавання символів у факсах.

Розширення можливостей факсимільного обміну. Нові стандарти, мікросхеми й програми перетворюють факс на необхідний інструмент ділового життя і маркетингу, уможливають інтегрування цього засобу спілкування в офісну телефонно-комп'ютерну систему. Об'єднавши факс із засобами оптичного розпізнавання символів і перетворення текст–мова, можна навчити комп'ютер читати факси вголос по телефону.

Випуск спеціальних персональних комп'ютерів. Телефонні компанії, відомі своїми високими вимогами до якості використовуваного устаткування, усе ширше застосовують спеціалізовані персональні комп'ютери на телефонних станціях; додаткові послуги, що надаються такими системами, знаходять свого споживача. До цих послуг належать не тільки абонентська мовна пошта, й лінії безперервного факсимільного зв'язку, засоби визначення місцезнаходження абонента за номером телефону, голосовий набір, маршрутизація вхідних дзвінків тощо.

8.3. Комп'ютерно-телефонна інтеграція. Конвергентні мережі

Персональний комп'ютер і телефон стали невід'ємною частиною робочого місця сучасної ділової людини. Інтеграція телефону й комп'ютера докорінно змінила

принцип роботи з ними, передусім із погляду якості. Ступінь інтеграції телефону з комп'ютером залежить від виду використовуваних технічних засобів. Застосування складного програмно-апаратного забезпечення дає змогу виконувати всі функції телефону на комп'ютері.

Розвиток телефонної індустрії багато в чому зумовлений використанням передових технологій у галузі інформаційного обміну, упровадженням досягнень комп'ютерної промисловості в діючі системи телекомунікацій.

На самому початку комп'ютерні мережі та телефонні системи використовувалися для різних цілей: по мережі передавалися дані, а по телефонній системі — мова. Згодом межі між ними почали розмиватися. Спершу і мова, і дані передавалися через телефонну мережу в аналоговій формі. Мовний сигнал за своєю природою є аналоговим і, відповідно, передавався по телефонних каналах без змін. Цифрові дані, навпаки, перетворювалися в аналогові сигнали за допомогою модемів — тільки після цього інформацію можна було передавати по аналоговій телефонній мережі.

Пізніше телефонна мережа перейшла на цифрове подання інформації, що стало можливим із появою волоконно-оптичного кабелю. Тепер мова перетворюється в цифрову форму за допомогою кодеків, а дані передаються по телефонних лініях в цифровому вигляді без змін.

Локальні мережі зазнали аналогічних змін. Якщо спочатку вони призначалися лише для ПД, то згодом локальні мережі почали підтримувати й інші види інформації, а з появою мультимедіа мова й відео передаються комп'ютерними мережами. Розвивається комп'ютерна телефонія, апаратну основу якої становлять *продуктивні сервери*. Вони відіграють головну посередницьку роль під час зв'язку з абонентами (рис. 8.2).

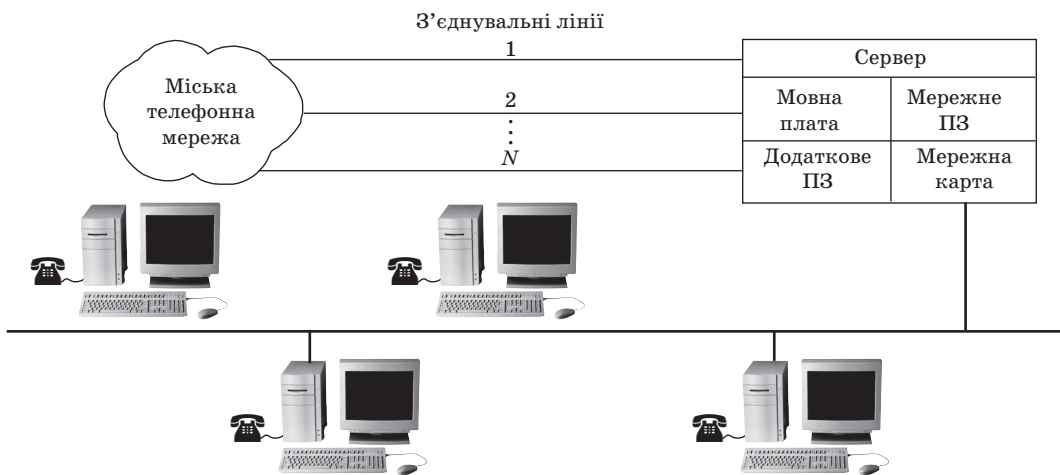


Рис. 8.2. Структура сервера для зв'язку між міською телефонною мережею та абонентом

З'єднувальні лінії міської телефонної мережі входять у комутаційний сервер. Для організації взаємодії з абонентами сервер оснащується мовною платою (платами), що працює під управлінням спеціального прикладного ПЗ. Іноді сервер може повністю забезпечувати спілкування з абонентами, але найчастіше він працює в локальній мережі, де технічними засобами кінцевих користувачів (абонентів) є персональні комп'ютери. При цьому в сервер встановлюється мереж-

на карта і відповідне мережне ПЗ. У такий спосіб комп'ютерний варіант підходу до поняття «комп'ютерна телефонія» являє собою специфічний апаратно-програмний продукт, весь «інтелект» якого зосереджений у сервері. Більша частина інформації, що циркулює в системі, не залишає її меж.

Комп'ютерно-телефонна інтеграція з погляду фахівця в галузі телекомунікацій має свої специфічні відмінності. Головним комутатором комп'ютерної телефонії є сама *автоматична телефонна станція* — АТС (рис. 8.3).

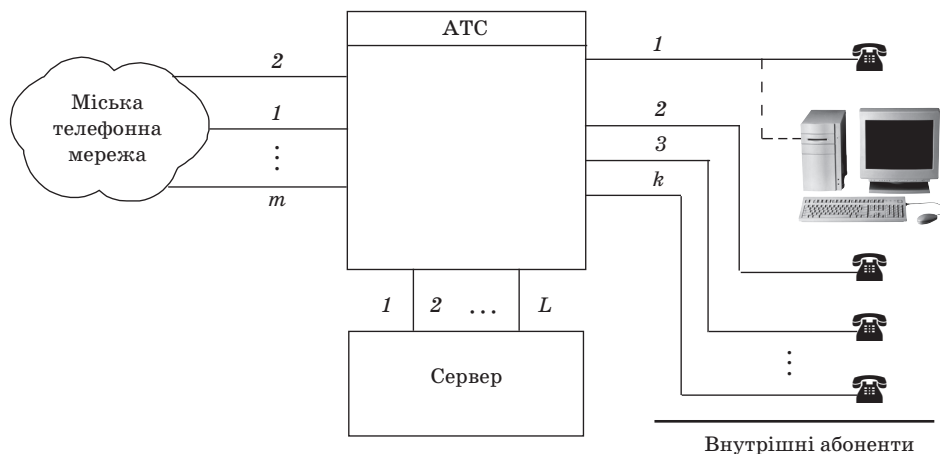


Рис. 8.3. Приклад комп'ютерно-телефонної інтеграції

Як правило, абонент відомчої телефонної мережі має цифровий або аналоговий телефонний апарат, хоча як кінцеве абонентське устаткування може використовуватися і факс, і персональний комп'ютер. Для підтримування додаткових функцій комп'ютерно-телефонної інтеграції АТС (міні-АТС, установська АТС) може з'єднуватися із сервером. Інформація від абонентів міської телефонної мережі проходить транзитом через офісну АТС до кінцевих користувачів внутрішньої мережі. При цьому в разі потреби можуть одночасно використовуватися засоби комп'ютерної телефонії. Аналогічно здійснюється зв'язок у зворотному напрямі. Трафік у таких системах симетричний, тобто кількість вхідних і вихідних викликів приблизно однакова.

«Комп'ютерний» підхід до проблеми комп'ютерної телефонії зорієнтований, насамперед, на обслуговування великої кількості однорідних викликів із боку певних груп абонентів. У такий спосіб зазначені групи є колективним користувачем цих систем, що називаються *центрами оброблення викликів (Call Center)*.

Погляд фахівців у галузі телекомунікацій дещо інший. АТС виводить із процесу встановлення зв'язку людину, і тому комп'ютерна телефонія, у цьому аспекті, не несе нічого нового. Функції Call Center можуть бути забезпечені самою телефонною системою, без потреби використання додаткового сервера. Основне завдання, покладене на комп'ютерну телефонію, полягає при цьому у розв'язання внутрішніх проблем конкретної фірми або компанії, підвищенні культури виробництва, інтеграції різних власних баз даних із телефонною системою і створенні сприятливого іміджу в очах клієнтів. За такого підходу поняття сервісу, наданого абонентові, розуміється ширше і не обмежується специфічними послугами комп'ютерної телефонії. Можливості офісної АТС дозволяють надати всім внутрішнім і зовнішнім абонентам весь комплекс сучасних телефонних послуг, а комп'ютерна телефонія виступає як могутня підтримка телефонних функцій.

Сьогодні «комп'ютерний» і «телефонний» підходи існують паралельно. І вони однаковою мірою мають право на існування доти, доки на черговому етапі розвитку техніки не об'єднаються в єдину перспективну технологію.

8.3.1. Що таке конвергенція

У сфері сучасних телекомунікацій дедалі виразнішим стає явище, назване **конвергенцією** (від лат. *зближення, взаємопроникнення*). Ідеться, скажімо, про зближення технологій, продуктів, послуг, різних за своєю початковою природою. При цьому на виході утворюється якийсь новий продукт, досі невідомий споживачеві.

Варто наголосити, що конвергенція в телекомунікаціях має три головні складові. По-перше, **конвергенція мереж доступу**. Тобто, наприклад, конвергенція мереж фіксованого і мобільного зв'язку. У цього елемента конвергенції рушійною силою є оператори мереж. Від них безпосередньо залежить, відбудеться чи ні конвергенція мобільного і фіксованого зв'язку (*Fixed Mobile Convergence — FMC*). Друга складова — **конвергенція сервісів**. Тут провідну роль відіграють постачальники послуг. І, нарешті, третя складова — **конвергенція пристроїв**. У цьому разі вирішальне слово за виробниками, оскільки саме вони визначають, якою мірою той чи інший пристрій підтримуватиме конвергенцію.

Навколо нас багато конвергентних продуктів, пристроїв і послуг. Найпростіший наочний приклад — смартфони. Адже в багатьох користувачів телефони функціонують на базі не тільки мереж стільникового зв'язку, а й безпроводових локальних мереж Wi-Fi. Це типовий приклад конвергентного пристрою. Завдяки такому пристрою споживач не є жорстко прив'язаним до мережі, а відповідно, і до умов та тарифів одного оператора, маючи можливість вибору. Ще один приклад — ICQ. Оскільки на смартфоні, як і на флешці, є ICQ-клієнт, то користувач може підімкнутися до свого сервісу скрізь, де є ПК із доступом до Інтернету. Інший приклад конвергентної послуги: за невисоку плату, без надвисоких роумінгових цін будь-яка людина може в більшості міст світу отримати собі телефонний номер, на який можна дзвонити зі звичайного телефону.

Появу теми конвергентних послуг прийнято відносити до середини 1990-х, коли почалося заміщення фіксованого зв'язку мобільним (*Fixed Mobile Substitution — FMS*). З'ясувалося, що мобільність сама по собі настільки приваблива, що користувачів не відштовхували навіть доволі високі на той час тарифи.

Сьогодні ми стаємо свідками народження нової індустрії — *інфокомунікацій*, що є результатом конвергенції інформаційних та телекомунікаційних технологій і послуг

8.4. Стандарти ІР-телефонії

Важливість стандартів для ІР-телефонії важко переоцінити. Одна з найважливіших ділянок стандартизації — **протокол обміну повідомленнями**. Фірми Intel та Microsoft першими почали впроваджувати стандарт H.323, рекомендований МСЕ, в якому сформульовано технічні вимоги до передавання аудіо- та відеоданих по мережах ПД. Стандарт H.323 включає в себе кілька груп стандартів: стандарти на відеокодер-декодер, також мовні кодер-декодер, загальнодоступні додатки, управління викликами та всією комп'ютерно-телефонною системою. Стандарти на відеокодер-декодер не є обов'язковими для оброблення телефонних дзвінків, але існують у тій самій системі стандартів.

До мовних кодерів ставляться такі технічні вимоги: мала (не більш як 8 кбіт/с), смуга пропускання, висока якість мови, невеликі затримки та можливість відновлення загублених пакетів.

Під час передавання в режимі реального часу до 30% пакетів можуть загубитися або запізнитися (що для реального часу одне й те саме). Ефективний додаток ІР-телефонії має відшкодувати недостачу пакетів, відновивши загублені дані. Для відновлення даних велике значення має також алгоритм кодування.

Усі відомі сьогодні мовні кодеки за принципом дії поділяються на три типи:

1) *кодеки з ІКМ та АДІКМ*, які з'явилися наприкінці 1950-х років і використовуються нині в системах традиційної телефонії, здебільшого являючи собою поєднання аналого-цифрових і цифроаналогових перетворювачів (АЦП/ЦАП);

2) *кодеки з вокодерним перетворенням мовного сигналу*, що виникли в системах мобільного зв'язку для зниження вимог до пропускну здатності радіотракту; кодеки цього типу використовують гармонічний синтез сигналу на підставі інформації про його вокальні складові (фонемі) і реалізуються переважно як аналогові пристрої;

3) *комбіновані (гібридні) кодеки*, які поєднують у собі технологію вокодерного перетворення та синтезу мови, але оперують уже з цифровим сигналом за допомогою спеціалізованих систем. Кодеки цього типу містять у собі ІКМ- або АДІКМ-кодек і реалізований цифровим способом вокодер. Якість кодування мови кодеками різних типів ілюструє рис. 8.4.

Більшість кодеків, використовуваних у ІР-телефонії, описано в рекомендаціях серії G стандарту H.323.

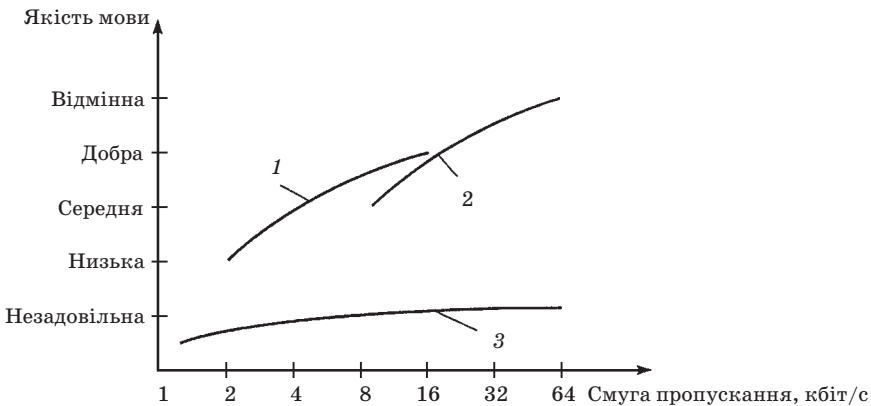


Рис. 8.4. Усереднена оцінка якості кодування мови, що її забезпечують кодеки різних типів: 1 — гібридні; 2 — ІКМ-кодеки; 3 — вокодерні

8.5. Додатки комп'ютерної телефонії та сфери їх застосування

Алгоритми, згідно з якими працюють програмно-апаратні засоби системи, називаються *додатками комп'ютерної телефонії*.

Додатки комп'ютерної телефонії розв'язують конкретні завдання для задоволення потреб споживачів, тому опис виконуваних ними функцій дає найповніше уявлення про можливості й сфери застосування комп'ютерно-телефонних систем. Основні додатки комп'ютерної телефонії об'єднуються в групи відповідно до їх застосування. Велику частину становлять додатки, розроблені для виконання функцій так званої *класичної телефонії* (рис. 8.5).

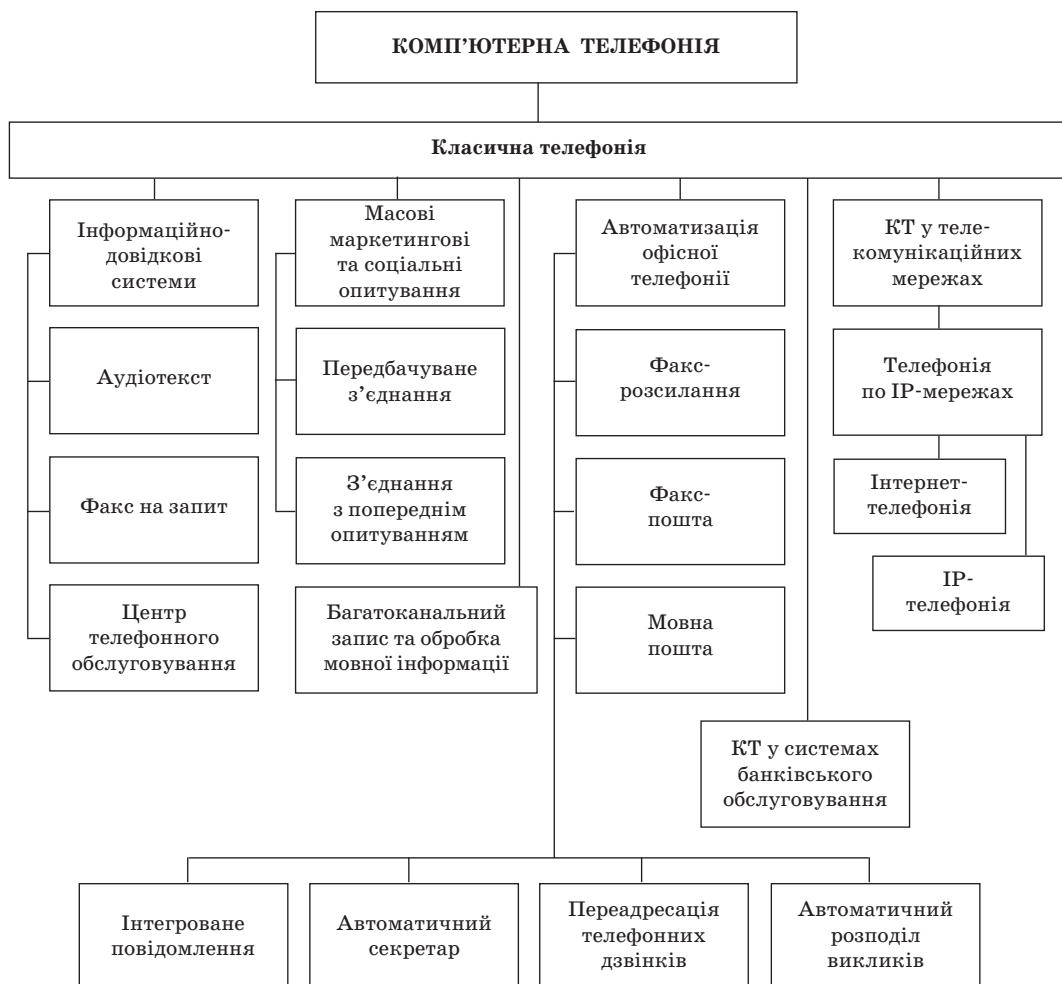


Рис. 8.5. Основні додатки комп'ютерної телефонії (КТ)

Розглянемо ці додатки докладніше.

Аудіотекст — додаток, використовуваний тоді, коли потрібно надати великий обсяг різнопланової довідкової інформації. Це може бути інформація про товари в супермаркетах або торговельних фірмах; про розклад руху, наявність квитків, прибуття та відправлення літаків, потягів і автобусів у транспортних компаніях; довідкова банківська інформація (процентні ставки за різними вкладками та депозитами, курси валют, адреси банків та їхніх філій, вичерпна інформація про набір надаваних клієнтам послуг).

Той, хто телефонує, сам обирає необхідний йому розділ і слухає повідомлення, заздалегідь записане на нагромаджувачі комп'ютера. Алгоритм обслуговування клієнта при цьому такий. На дзвінок клієнта видається вступна інформація, що дає змогу зрозуміти, куди конкретно клієнт звернувся. Далі йде запитання: «Чи маєте ви намір прослухати загальну інформацію про наші послуги? Якщо так, то натисніть клавішу, котра відповідає цифрі 1, якщо ні — клавішу 2». У системах із розпізнаванням голосу можна просто відповісти «так» або «ні». У разі заперечної відповіді відбувається перехід до наступного розділу, наприк-

лад: «Чи потрібна вам довідка про зміни в курсі валют?». Такий діалог із клієнтом ведеться до вичерпання меню, і, зрештою, останнім запитанням може бути: «Чи не бажаєте ви поговорити з оператором нашої довідкової служби?». Мовна інформація не повинна бути надто великого обсягу, інакше вона не сприйматиметься.

Якщо потреба надати великий обсяг інформації, наприклад каталог або прайс-листок фірми, можна скористатися іншим додатком комп'ютерної телефонії — факс на запит.

Факс на запит припускає наявність факсимільного апарата у клієнта, котрий телефонує. Діалог із ним ведеться за тим самим алгоритмом, що й в аудіо-тексті. Вибрана інформація надається користувачеві.

Цей додаток особливо зручний, коли запитується однотипна інформація. Як база даних використовуються електронні каталоги, що їх мають сьогодні практично всі великі фірми. Надання довідкової інформації з факс-апарата доцільно зробити платним. При цьому можливі різні варіанти. Наприклад, клієнт заздалегідь купує картку з оплати довідкових послуг з індивідуальним кодом, що вводиться з клавіатури телефонного апарата, і після автоматичної перевірки залишку коштів надається дозвіл на отримання інформації.

Згідно з іншим варіантом після попередження про те, що послуга є платною, автоматично виписується рахунок і надсилається разом із запитуваною інформацією. Для організації обліку й контролю одночасно може вестися запис телефонних номерів клієнтів, котрі дзвонили (функція автоматичного визначення номера). Гарантією оплати рахунку за послуги в такому разі буде чесність абонента. А якщо він виявиться нечесним, то, скориставшись можливостями комп'ютерної телефонії, можна легко блокувати подальші звернення абонента-боржника.

Головний сенс застосування комп'ютерної телефонії в інформаційно-довідкових системах (службах) полягає в автоматизації рутинної роботи та впровадженні новітніх технологічних засобів. Один комп'ютер, оснащений відповідними технічними засобами й програмами (який до того ж здатний працювати цілодобово), може замінити багатьох операторів. Для великих служб це дає чималий фінансовий зиск.

Додатки комп'ютерної телефонії у системах збирання інформації призначено для автоматизації роботи під час проведення різних телефонних опитувань. Це можуть бути соціологічні, маркетингові дослідження, попередній добір кандидатів на ту чи іншу посаду (за даними біржі праці) тощо.

Найпростішим додатком цієї групи є **передбачуване з'єднання**. Використовуючи його, оператор не витрачає часу на набирання номера, очікування відповіді та повторні виклики. Система автоматично вибирає номер зі списку та підмикає оператора тільки після відповіді з боку абонента, який викликається. Якщо абонент не відповідає, то його можна автоматично викликати повторно через певний час.

Розвиненням передбачуваного з'єднання є **з'єднання з попереднім опитуванням** — інтерактивний додаток, який дає змогу поставити абонентам попередні запитання (про згоду брати участь в опитуванні, соціальний стан тощо) і за створення відповіді встановити з'єднання з оператором.

Автоматизація офісної телефонії — ще одна сфера застосування додатків комп'ютерної телефонії. Ідеться передусім про звільнення від рутинної роботи багатьох працівників, поліпшення організації праці, а також про об'єднання та узагальнення інформації, яка надходить в офіс різними каналами.

Факс-розсилання — додаток, потрібний для відправлення повідомлень багатьом адресатам. Оснащений цим додатком комп'ютер зробить це автоматично по кількох лініях відразу і надасть операторові звіт про виконану роботу. За допомогою факс-розсилання дуже зручно, скажімо, рекламувати товари й послуги.

Факс-пошта — аналогічний попередньому додатку, але в цьому разі розсиланню підлягає мовна інформація. Останнім часом зазначена функція широко використовується на телефонних вузлах зв'язку для повідомлень про заборгованість з оплати послуг. На виробництві голосове оповіщення може слугувати для організації нарад і зборів.

Функціями факс-пошти передбачено також створення архіву й видачу факс-повідомлення на будь-який зовнішній телефакс або комп'ютер із факсом-модемом.

Мовна пошта — додаток, що приймає дзвінки за відсутності абонента (у цьому мовна пошта подібна до автовідповідача, але, на відміну від нього, здатна створювати архів повідомлень). Інформацію з мовної поштової скриньки можна отримати за будь-яким іншим телефоном, набравши номер свого офісу після введення пароля.

Інтегроване повідомлення — це той додаток, який забезпечує нагромадження в комп'ютері на робочому місці оператора систематизованих повідомлень, що надходять у різному вигляді (мовна або електронна пошта, факсимільна інформація), і їх оперативне опрацювання. Отже, інтегроване повідомлення — це, по суті, вид електронного діловодства. Завдяки цьому додатку можна з будь-якого зовнішнього телефону прослухати не лише інформацію про кореспонденцію, що надійшла, а й самі відповідні повідомлення. Слід зазначити, що комп'ютер не завжди може прочитати факсимільний текст, але це не стосується змісту електронної пошти.

Якщо абонент, чекаючи на важливий дзвінок, змушений терміново залишити те місце, куди цей дзвінок має надійти, то виходом із такої ситуації буде застосування системи **переадресації телефонних дзвінків**. У комп'ютер потрібно ввести список номерів телефонів, за якими можна знайти абонента. Програма автоматично обдзвонить усі номери зі списку й виконає потрібне з'єднання.

Автоматичний розподіл викликів — це той додаток, який дає змогу автоматично опрацьовувати велику кількість викликів, що надходять одночасно кількома лініями. Відповідно до списку пріоритетних номерів найбільш привілейовані абоненти можуть одразу отримати потрібний їм доступ, скажімо до керівника деякої установи, а з інших викликів буде встановлено чергу. При цьому тим, хто зателефонував, повідомляється порядковий номер у цій черзі. У разі наближення черги той, хто телефонував, отримує очікуване з'єднання.

Зазначена система може контролювати й вихідні виклики (наприклад, залежно від категорії абонента дозволити або заборонити міжміські й міжнародні переговори).

Автоматичний секретар (автоматизоване робоче місце секретаря) може являти собою будь-яку комбінацію додатків, розглянутих раніше. Певна річ, повністю замінити автоматичним секретарем людину на цьому місці неможливо, але кількаразово підвищити ефективність роботи й розвантажити від трудомісткої ручної праці — цілком реально.

Вочевидь, найбільшу ефективність додатки автоматизації офісної телефонії забезпечують тоді, коли йдеться про масове обслуговування (велику кількість ліній і викликів по них), хоча інтегроване повідомлення та переадресація викликів можуть бути корисними й індивідуальним користувачам.

Системи багатоканального запису й обробки мовної інформації здійснюють, природно, як запис, так і обробку мовної інформації, причому за кількістю відповідних пристроїв, що перебувають в експлуатації, посідають одне з перших місць. Передусім це пов'язано з використанням записувальних пристроїв у системах безпеки великих фірм і банків.

Багатоканальний запис телефонних переговорів на комп'ютер є одним із найзручніших методів нагромадження відповідної інформації, оскільки зазначені системи мають розвинене діалогове математичне забезпечення, що дає змогу користувачеві налагодити систему згідно з тими чи іншими потребами.

Пристрої на основі мовних плат мають такі характеристики:

- кількість телефонних ліній, що до них підмикаються (практично — до кількох десятків, хоча принципово вона необмежена і залежить від кількості та типу плат, установлюваних у персональному комп'ютері);

- швидкість запису на один канал (3...8 кбайт/с), що вибирається залежно від вимог до якості;

- тривалість запису, залежна від кількості та завантаженості каналів, швидкості запису та ємності диска;

- режим роботи з телефонною лінією, що дає змогу вибирати меню програми (безперервний запис, запис за струмом у лінії, за наявністю мовного сигналу);

- обмеження на запис за часом (нижня і верхня межі);

- можливість запису сигналів факсів і модемів; прослуховування інформації через навушники одночасно із записом;

- визначення номерів вхідних і вихідних ліній;

- запис за запитом вхідних і вихідних номерів;

- заборона запису за списком вхідних і вихідних номерів.

Під час запису інформації формується база даних з окремих записаних переговорів. Поточна база даних архівується за командою оператора або автоматично.

У процесі відтворення розмови можливе прослуховування її фрагментів, прискорене прослуховування, розставлянням міток у розмові, запис розмови або її частини в окремий файл.

Системи банківського обслуговування засобами комп'ютерної телефонії включають у себе інформаційно-довідкові служби загального та індивідуального доступу, а також *систему управління рахунком по телефону*.

Інформаційна служба загального доступу функціонує згідно з тими самими принципами, що й довідкові служби, розглянуті раніше.

Інформаційна служба індивідуального доступу виконує такі операції: видачу в мовній формі інформації про залишок коштів на рахунках клієнтів; нарахування коштів та списання їх із рахунків; видачу архівної інформації про стан рахунків на зазначену дату; замовлення готівки; видачу на замовлення факсимільної копії розрахункового документа.

Для отримання інформації користувач має ввести свій індивідуальний PIN-код (персональний ідентифікатор імені).

Система управління рахунком по телефону для фізичних осіб забезпечує такі операції, як оплата комунальних послуг; оплата телефонних переговорів; переміщення коштів із поточного особового рахунка на депозит; поповнення карткових залишків.

Зауважимо, що банківська система має дуже консервативну законодавчу й нормативну базу законів та інструкцій, а тому доти, доки в ній не буде описано

детально, як і що можна робити в рамках обслуговування по телефону, відповідні послуги (окрім відкритих довідкових) будуть усе-таки «підпільними».

При передаванні довгих PIN-кодів постають проблеми передавання номера імпульсним способом: надійно обслуговуються тільки ті клієнти, в яких телефонний апарат має перемикач «pulse-tone».

Телефонна лінія не забезпечує конфіденційності передавання інформації, оскільки доволі легко перехопити як саме повідомлення, так і PIN-код доступу. Можливе введення змінного коду доступу, коли кожен наступний виклик супроводжуватиметься іншою комбінацією цього коду, але це не дуже зручно для користувача. Такі операції, як оплата комунальних рахунків і телефонних переговорів, не вимагають таємності (найбільше, що може зробити «зловмисник», — це оплатити комунальні послуги клієнта на кілька років уперед), але інші операції можуть бути не настільки безпечними.

Загалом система «банк по телефону» є перспективною і достатньо зручною для споживача, але з її використанням пов'язана низка організаційних і технічних питань.

Сьогодні пропонуються два варіанти оплати за розмови по міжміській або міжнародній телефонній мережі:

1) абонент отримує з'єднання зі свого телефонного апарата, а через якийсь час йому надсилається відповідний рахунок, який потрібно оплатити в установленій термін;

2) абонент купує в переговорному пункті картку на певну суму і веде переговори в межах відповідного часу зі спеціального телефону-автомата.

Обидва способи накладають обмеження на вибір місця, звідки абонент має змогу здійснювати міжміські виклики.

Мережа універсальних телефонних апаратів в Україні не настільки розвинена, як у деяких зарубіжних країнах, де за карткою можна подзвонити в будь-яке місце земної кулі. З огляду на це до появи комп'ютерної телефонії альтернативи у вітчизняного абонента не було. Проте нині оператори зв'язку мають змогу використовуючи додатки комп'ютерної телефонії, забезпечувати абонентові право дзвонити з будь-якого телефону. Для цього абонент має придбати картку з індивідуальним номером і PIN-кодом. Потім, набравши телефонний номер системи, необхідно за її командою ввести свій PIN-код із клавіатури телефонного апарата. Далі все відбувається, як і під час з'єднання звичайним способом. Система, автоматично врахувавши час розмови, здійснить зняття з рахунка відповідної суми.

Номер, за яким відбувається вихід на платну послугу, може належати іншій, так званій *виділеній мережі* (не обов'язково мережі загального користування). Завдяки цьому оператори виділених мереж мають змогу залучати абонентів, позбавлених технічної можливості автоматичного встановлення міжнародного або міжміського з'єднання. У результаті поряд із безсумнівною зручністю для абонента постають і певні проблеми. Передусім ідеться про те, що PIN-код абонента може бути перехоплений із лінії найпростішими технічними засобами. Існує, утім, спосіб захисту, що гарантує достатню конфіденційність коду абонента. Передається не одне число, а два, перше з яких є складним — випадкове число плюс код абонента, а друге являє собою результат перетворення за допомогою секретного ключа згідно зі спеціальним алгоритмом випадкової частини першого числа.

На приймальному кінці, де за кодом абонента відшукується секретний ключ, і відбувається розпізнавання, комбінація запам'ятовується, причому на повтори певного часу система не реагує. І хоча цей спосіб не є повною мірою криптистий-

ким (буфер пам'яті не може бути великим), усе ж двосторонній зв'язок тут не потрібний.

Найпростіше генерування коду доступу виконується за допомогою «біпера». При цьому водночас розв'язується проблема сигналізації.

У разі втрати самого пристрою він за заявою абонента виводиться із системи.

Особливе місце у групі додатків посідає *телефонія по комп'ютерних мережах*, або *Інтернет-телефонія (Internet Telephony — ІТ)*. Цей додаток комп'ютерної телефонії з погляду споживача дуже схожий на попередній, але телефонна інформація передається в цифровому вигляді каналами мережі Інтернет. Передавання здійснюється в режимі реального часу, що дає змогу вести розмову через Інтернет, інші мережі, а також через приватні локальні корпоративні та глобальні мережі, що використовують протокол TCP/IP. Ця послуга нині інтенсивно розвивається. З технічного погляду концепція Інтернет-телефонії припускає інтеграцію мовного трафіку й даних в одній мережі (*Voice over IP — VoIP*). Інтернет-телефонія є одним з різновидів пакетної телефонії, тобто технології доставляння мовного трафіку в режимі реального часу мережами передавання даних за допомогою транспортних механізмів, що оперують пакетами. Це не лише VoIP, а й *Voice over Frame Relay — VoFR*, і *Voice over ATM*. Проте дві останні технології поки не в змозі конкурувати з VoIP і явно поступаються їй за темпами розвитку.

Головна перевага Інтернет-телефонії полягає в тому, що послуги, пропоновані цією технологією, істотно дешевші, ніж традиційні міжміські телефонні розмови: мовний трафік передається не ТфЗК, а корпоративною мережею або через Інтернет. З'являється можливість поєднати в одній мережі передавання мови та даних, відмовившись від непотрібних мережних інфраструктур. Інтернет-телефонія сприяє ефективному використанню наявної смуги пропускання, стискаючи аудіосигнал на основі новітніх алгоритмів.

8.6. Роль Softswitch у ТфЗК та ІР-мережах

Зі сказаного раніше випливає, що Softswitch — це пристрій керування як для ТфЗК, так і для мереж із комутацією пакетів, до яких належать ІР-мережі. Проте сприйматимуть Softswitch мережі цих двох видів по-різному. Так, для ТфЗК Softswitch слугуватиме одночасно й пунктом (SP або STP) спільноканальної сигналізації № 7 (СКС-7), і транзитним комутатором, що підтримує інші системи сигналізації ТфЗК (Е-DSS1, 2ВСК, R2), а для ІР-мережі відіграватиме роль *пристрою керування транспортними шлюзами (Media Gateway Controller)* і/або *контролера сигналізації (Signaling Controller)*. Функції перетворення інформації цілком перебирають на себе *транспортні шлюзи (Media Gateway — MG)*, а логіку обробки викликів — *контролери цих шлюзів (Media Gateway Controller — MGC)*. Така структура дозволяє використовувати єдиний програмний інтелект обробки викликів для мереж різних типів (традиційних, пакетних, гібридних) із різними форматами мовних пакетів і з різним фізичним транспортом, а цим, у свою чергу, уможлиблюється застосування стандартних комп'ютерних платформ, операційних систем і середовищ розробки.

Терміни «шлюз» і «контролер», узяті з лексикону, пов'язаного з принципом декомпозиції шлюзів, використовуються в документах Softswitch Консорціуму — першої (і поки єдиної) організації, яка опікується проблематикою Softswitch.

Безперечно, функції Softswitch набагато ширші, ніж функції MGC, але суть така сама. **Призначення Softswitch — повний контроль процесу встановлення будь-якого з'єднання**, причому незалежно від того, користувач якої мережі є

ініціатором цього процесу, а також від того, хто буде викликуваним користувачем (користувачами, якщо йдеться про конференц-зв'язок). У такий спосіб Softswitch має працювати з усіма застосовуваними системами сигналізації, забезпечуючи взаємодію пристроїв, які функціонують за різними протоколами.

8.7. Побудова мережі ІР-телефонії із пристроями Softswitch

Розглянемо три основні сценарії встановлення з'єднань у мережі ІР-телефонії:

- 1) телефон – телефон;
- 2) телефон – комп'ютер;
- 3) комп'ютер – комп'ютер.

Перший сценарій найчастіше реалізується в разі транзиту через ІР-мережу телефонного міжміського/міжнародного трафіку. Припустимо, що використовується система сигналізації СКС-7. Тоді Softswitch взаємодіє з телефонними комутаторами, що працюють у мережі СКС-7, і виконує функції пункту сигналізації SP цієї мережі. У разі надходження запиту однієї з телефонних станцій щодо з'єднання цей запит у вигляді повідомлення ІАМ, передаваного по виділеній мережі СКС-7, надходить на Softswitch. Той, у свою чергу, розпізнає отриману сигнальну одиницю, виділяє з неї сигнальну інформацію і за результатами обробки цієї інформації ухвалює рішення як про маршрутизацію виклику, так і про початок обміну сигнальною інформацією з АТС. Далі формується сигнальне повідомлення ІАМ у бік викликаного станції, що може перебувати в зоні дії іншого Softswitch, і тоді спочатку самі пристрої Softswitch обмінюватимуться повідомленнями, а вже від них повідомлення транслюватимуться до обох АТС. Саме такий варіант ілюструє рис. 8.6, коли протоколом взаємодії між різними Softswitch є SIP. Отже, відбувається обмін стандартними повідомленнями СКС-7 між станцією, що викликає, та викликаного через ІР-мережу. Отримавши від викликаного станції повідомлення АНМ про відповідь викликаного абонента, Softswitch транслює це повідомлення станції, від якої надійшов запит. Потім відповідні транспортні шлюзи отримують команду встановити з'єднання, для чого може бути використано, наприклад, інтерфейс Н.248 або ІРDС. Далі формується мовне з'єднання по мережі ІР (RTP/RTCP). Таким чином, устанавлюється з'єднання двох користувачів ТфЗК (або мережі рухомого зв'язку) через ІР-мережу.

У разі транзиту телефонного трафіку через ІР-мережу з використанням сигналізації ІSDN потік від станції, що викликає, проходить через транспортний шлюз, де сигнальна інформація спочатку перетворюється в повідомлення ІРDС, а потім передається до пристрою Softswitch (рис. 8.7).

Згідно з другим сценарієм (рис. 8.8) початок устанавлення з'єднання залишається попереднім, але далі Softswitch не взаємодіє з викликаного АТС (її просто немає), а встановлює пряме з'єднання вхідного транспортного шлюзу (до якого надходить потік від станції, що викликає) із терміналом викликаного абонента через мережу ІР-телефонії.

Насамкінець зазначимо, що Softswitch може також виступати як пристрій, що забезпечує взаємодію між мережами ІР-телефонії, побудованими з використанням різних протоколів SIP, Н.323. За третім сценарієм абоненти можуть перебувати як в одній і тій самій мережі, побудованій за одним стандартом, так і в різних мережах ІР-телефонії. Тоді Softswitch буде, з одного боку, взаємодіяти, наприклад, із клієнтом SIP, а з другого — із терміналом Н.323. У такому разі робота Softswitch функціонуватиме, як конвертер сигналізації, хоча, всі функції керування виконуватиме саме він.

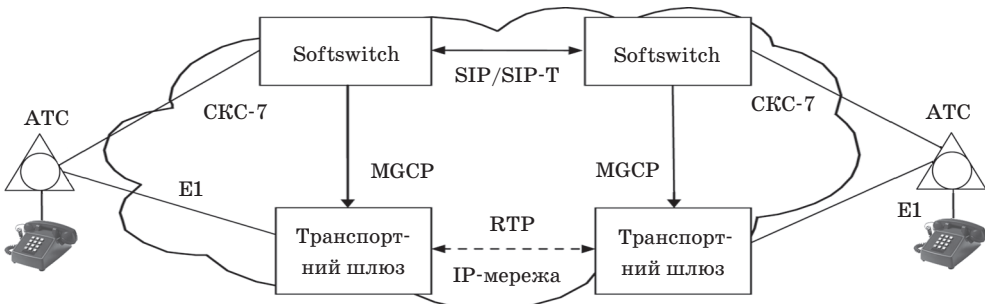


Рис. 8.6. Установлення з'єднання телефон–телефон із сигналізацією СКС-7

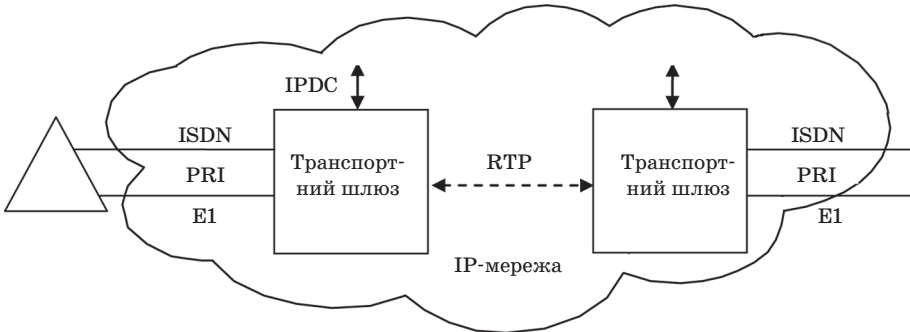


Рис. 8.7. Установлення з'єднання телефон–телефон із сигналізацією ISDN-PRI

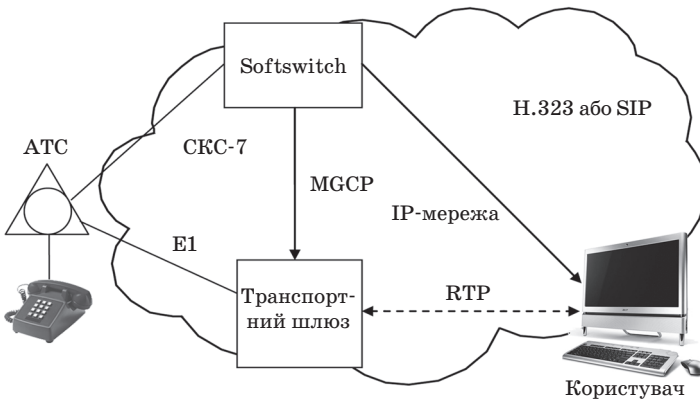


Рис. 8.8. Встановлення з'єднання телефон–комп'ютер

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть головні напрямки розвитку комп'ютерної телефонії.
2. Які особливості мають сервери для зв'язку між міською телефонною мережею і абонентом?
3. Що розуміють під комп'ютерно-телефонною інтеграцією?
4. На які типи за принципом дії поділяються мовні кодеки?
5. Перелічіть основні додатки комп'ютерної телефонії?
6. Наведіть приклад реалізації функцій Softswitch.
7. Розкрийте зміст основних сценаріїв з'єднання в мережі ІР-телефонії, побудованій на базі Softswitch.

ПІСЛЯМОВА ДО РОЗДІЛУ 8

Ви завершили вивчення основ ІР-телефонії.

Тепер ви вже знаєте, що *ІР-телефонія* — це технологія, яка дає змогу використовувати Інтернет або будь-яку іншу ІР-мережу для організації та ведення між-народних і міжміських телефонних розмов та передавання факсів у режимі реального часу. Оскільки разом з ІР-протоколом можуть використовуватися інші протоколи, то передавання мови по цифрових мережах із пакетною комутацією дістало назву *комп'ютерної телефонії*.

Основні напрямки розвитку комп'ютерної телефонії такі:

- удосконалення офісних телефонних мереж;
- удосконалення телефонних апаратів;
- удосконалення комп'ютера;
- удосконалення локальних мереж;
- удосконалення технічних засобів і програмного забезпечення;
- розроблення нової гарнітури для комп'ютерної телефонії;
- вихід за межі мовної, електронної та факсимільної пошти;
- використання цифрового оброблення сигналу;
- розширення можливостей факсимільного обміну;
- випуск спеціальних персональних комп'ютерів.

Додатки комп'ютерної телефонії розв'язують конкретні завдання, з якими стикаються споживачі. Тому, вивчивши виконувані цими додатками функції, ви маєте доволі повне уявлення про можливості й сфери застосування комп'ютерно-телефонних систем.

Список рекомендованої літератури

1. *Гольштейн Б. С.* ІР-телефонія / Гольштейн Б. С., Пинчук А. В., Суховицький А. Л. — М.: Радио и связь, 2001. — 336 с.
2. *Нікітюк Л. А.* ІР-телефонія у глобальних мережах: навч. посібник / Л. А. Нікітюк, О. М. Яворська. — Одеса: ОНАЗ, 2001. — 88 с.
3. *Росляков А. В.* ІР-телефонія / Росляков А. В., Самсонов М. Ю., Шибачев І. В. — Эко-Трендз, 2000. — 249 с.
4. *Стеклов В. К.* Телекомунікаційні мережі / Стеклов В.К., Беркман Л.Н. — К.: Техніка, 2001. — 650 с.
5. *Кривуца В. Г.* Математичне моделювання телекомунікаційних систем / Кривуца В. Г., Барковський В. В., Беркман Л. Н. — К.: Зв'язок, 2007. — 270 с.
6. *Система* управління сучасними телекомунікаційними мережами / [Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.] — К.: ДУІКТ, 2009. — 352 с.
7. *Стеклов В. К.* Нові інформаційні технології: транспортні мережі телекомунікацій / Стеклов В. К., Беркман Л. Н. — К.: Техніка, 2004. — 328 с.

РОЗДІЛ 9

СУПУТНИКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АМТС	— автоматична міжміська телефонна станція
АТ	— абонентський термінал
АФ АГ	— антенні фазові ґрати
БПА	— багатопроменева антена
БРТК	— бортовий ретрансляційний комплекс
ВІМ	— велика інтегральна мікросхема
ГМСЗБ	— глобальна морська система зв'язку при нещасних випадках і для забезпечення безпеки
ГЦУ	— головний центр управління
ЕОМ	— електронна обчислювальна машина
КА	— космічний апарат
МККР	— Міжнародний консультативний комітет із питань радіо
МКРЧ	— Міжнародний комітет із реєстрації частот
НВЧ	— надвисока частота
ПК	— персональний комп'ютер
СНД	— співдружність незалежних держав
СПСЗ	— системи персонального супутникового зв'язку
ТЛМ-інформація	— телеметрична інформація
ТЦУ	— територіальний центр управління
ФМ	— фазова маніпуляція
ЦУОМ	— Центр управління оператора наземної мережі зв'язку
ЦУПП	— Центр управління постачальників послуг
ЦУУС	— Центр управління українським сегментом
ШПС	— шумоподібний сигнал
ШСК	— широкосмуговий канал
CDMA (<i>Code Division Multiple Access</i>)	— кодове розділення каналів
FDMA	— частотне розділення для суміжних стільників
GEO (<i>Geostacionary Earth Orbit</i>)	— геостаціонарна супутникова мережа
GPS	— стандартна навігаційна апаратура системи ГЛОНАСС/НАВСТАР
GSM (<i>Global System for Mobile Communications</i>)	— глобальна система рухомого зв'язку
H_a	— висота апогею
H_n	— висота перигею
LEO (<i>Low Earth Orbit</i>)	— низька орбіта
MEO (<i>Mean Earth Orbit</i>)	— середня супутникова орбіта

TDMA (<i>Time Division Multiple Access</i>)	— часове розділення каналів
VSAT (<i>Very Small Aperture Terminal</i>)	— технологія малих супутникових терміналів, що встановлюються прямо у користувачів, і безпосереднього супутникового телевізійного мовлення

9.1. Загальні відомості про системи персонального супутникового зв'язку

Супутникові системи зв'язку виконують сьогодні різноманітні завдання: передають дані, обмінюються інформацією, а також забезпечують персональний супутниковий зв'язок, кількість абонентів якого в XXI сторіччі зростає приблизно на порядок. Але якщо, наприклад, стільниковий радіотелефон уже став достатньо звичним, то апарат персонального супутникового зв'язку (супутниковий термінал) поки що рідкість. І все ж аналіз розвитку зазначених засобів зв'язку показує, що незабаром ми будемо свідками повсякденного використання *систем персонального супутникового зв'язку (СПСЗ)*. Наближається час об'єднання наземних і супутникових систем у глобальну систему зв'язку. Персональний зв'язок уможливиться у глобальному масштабі, тобто буде забезпечено досяжність абонента в будь-якій точці світу завдяки набору його телефонного номера, який не залежить від місцезнаходження абонента. Але перш ніж це стане реальністю, системи супутникового зв'язку мають успішно витримати випробування та підтвердити заявлені технічні характеристики й економічні показники у процесі комерційної експлуатації. Що ж до користувачів, то їм, аби зробити правильний вибір, доведеться навчитись добре орієнтуватись у розмаїтті відповідних пропозицій.

Наведемо основні етапи стрімкого розвитку космічних систем зв'язку.

- Середина 1960-х років — запуск перших супутників зв'язку, початок комерційного використання супутників-ретрансляторів для багатоканального зв'язку, передавання телепрограм тощо;

- 1970-ті роки — створення систем рухомого супутникового зв'язку, супутникового телемовлення колективного користування;

- 1980-ті роки — зародження технології VSAT-технології малих супутникових терміналів, що встановлюються прямо в користувачів, і безпосереднього супутникового телевізійного мовлення;

- кінець 1990-х років — світ на порозі істотних якісних змін, пов'язаних із майбутнім початком експлуатації глобальних супутникових систем зв'язку.

У найближчому майбутньому супутниковий зв'язок може радикально змінити всю індустрію телекомунікацій та вплинути на звичний устрій життя. Він, раніше малодосяжний, стане звичайним і відкриє нові можливості для освіти, науки й підприємництва.

Зауважимо, що СПСЗ мають переваги порівняно із системами рухомого зв'язку. Наприклад, якщо споживач перебуває за межами зони обслуговування місцевих стільникових систем, то супутниковий зв'язок відіграє ключову роль, оскільки він жодною мірою не прив'язаний до конкретної місцевості Землі. Очікується, що у XXI сторіччі площа зон обслуговування стільникових систем досягне майже 15% площі земної поверхні. Але в багатьох регіонах світу попит на послуги рухомого зв'язку може бути задоволений тільки за допомогою супутникових систем.

Залежно від виду надаваних послуг супутникові системи зв'язку можна поділити на три основні класи:

1) системи пакетного передавання даних (доставляння циркулярних повідомлень, автоматизоване збирання даних про стан різноманітних об'єктів, зокрема транспортних засобів, і т. ін.);

2) системи мовного (радіотелефонного) зв'язку;

3) системи для визначення місцезнаходження (координат) користувачів.

Системи пакетного передавання даних призначено для передавання в цифровому вигляді будь-яких даних (телекських, факсимільних повідомлень, комп'ютерних даних тощо). Швидкість пакетного передавання даних у космічних системах зв'язку становить від одиниць до сотень кілобайт за секунду. У цих системах, як правило, відмовляються від безперервності обслуговування і не висувають жорстких вимог до оперативності доставляння повідомлень. У такому режимі працює, скажімо, електронна пошта (інформація, що надійшла, запам'ятовується і доставляється кореспонденту в заздалегідь визначений час доби).

Під час *радіотелефонного зв'язку* в супутникових системах використовують цифрове передавання повідомлень, при цьому неодмінно виконуються загальноприйняті міжнародні стандарти. У таких системах затримка сигналу на трасі поширення не повинна перевищувати 0,3 с, а переговори абонентів не повинні перериватись під час сеансу зв'язку. Обслуговування абонентів має бути безперервним і відбуватися в реальному масштабі часу. Будуючи радіотелефонну супутникову мережу, беруть до уваги таке:

- супутник має оснащуватись високоточною системою орієнтації для утримання променя його антени в заданому напрямі;

- кількість супутників у системі має бути достатньою для досягнення суцільного та неперервного покриття зони обслуговування;

- для забезпечення достатньої кількості каналів зв'язку мають використовуватись багатопроменеві антенні системи, які працюють на високих (понад 1,5 ГГц) частотах, що значно ускладнює конструкцію антен і космічних апаратів (КА);

- для підтримання безперервності радіотелефонного зв'язку через супутник, оснащений багатопроменевими антенними системами, потрібна велика кількість вузлових (шлюзових) станцій із високовартісним комунікаційним обладнанням.

У багатьох випадках абонентів *необхідно знати своє місцезнаходження* (координати) на Землі. Із цією метою використовують апаратуру двох типів:

1) стандартну навігаційну апаратуру GPS систем ГЛОНАСС/НАВСТАР, яка забезпечує дуже високу точність визначення координат користувача;

2) спеціальну навігаційну апаратуру, яка за сигналами супутників персонального зв'язку і/або шлюзових станцій дає змогу визначати координати користувача, але з меншою точністю.

Використовуючи апаратуру другого типу, можна визначати координати абонента одним із таких способів: за сигналами чотирьох супутників персонального зв'язку; за сигналами шлюзових наземних станцій; за сигналами супутників і шлюзових станцій.

Значного прогресу в розвитку ССПЗ досягнуто завдяки впровадженню нових технічних вирішень, ключовими з яких можна вважати оброблення сигналу на борту супутника-ретранслятора, створення перспективних мережних протоколів обміну інформацією та використання недорогих портативних терміналів користувачів із малим енергоспоживанням.

Розвитку СПСЗ сприяють великі успіхи, досягнуті в мікромініатюризації функціональних вузлів комунікаційного обладнання. Використання арсеніду галію та фосфіду індію дало змогу створити потужні сонячні батареї невеликих розмірів, а впровадження різних композиційних матеріалів — зменшити масу супутників. Істотне просування очікується і в галузі розроблення бортових ЕОМ на спеціалізованих великих інтегральних мікросхемах (ВІМ), що забезпечують високошвидкісну комутацію при ретрансляції інформаційних потоків. Водночас успішному розвитку супутникових систем зв'язку сприяє використання методів багатостанційного доступу з кодовим розділенням каналів (CDMA) на базі ширококутових складних сигналів.

У космічних системах, що розв'язують завдання персонального зв'язку, використовуються супутники, які можуть перебувати на різних орбітах.

Орбіти КА класифікуються за формою, періодичністю проходження над точками земної поверхні та за нахилом.

За **формою** розрізняють такі орбіти:

- **кругові** — їх важко реалізувати на практиці, вони потребують частішої корекції за допомогою бортових коригувальних двигунів КА;

- **близькі до кругових** — це найпоширеніший тип орбіт у системах супутникового зв'язку, на таких орбітах висоти H_a апогею та H_n перигею різняться на кілька десятків кілометрів;

- **еліптичні** — висоти H_a і H_n можуть дуже відчутно різнитися (наприклад, $H_a = 38000 \dots 40000$ км, $H_n = 400 \dots 500$ км). Ці орбіти також широко використовуються в системах супутникового зв'язку (рис. 9.1, а);

- **геостаціонарні** — це кругові екваторіальні орбіти з періодом обертання супутника, що дорівнює періоду обертання Землі ($T \approx 23$ год 56 хв). На такій орбіті КА розташовується на висоті $H_a = H_n = 36000$ км і міститься постійно над певною точкою екватора Землі. КА, які перебувають на геостаціонарній орбіті, мають більшу площу огляду Землі, що дає змогу з успіхом використовувати їх у системах супутникового зв'язку (рис. 9.1, б);

- **параболічні та гіперболічні** — використовують їх, як правило, при вивченні планет Сонячної системи.

За **періодичністю** проходження КА над точками земної поверхні розрізняють такі орбіти:

- **синхронні**, які, у свою чергу, поділяються на синхронні ізомаршрутні та синхронні квазіізомаршрутні:

- ◆ **ізомаршрутні орбіти** характеризуються тим, що проекції орбіти КА на земну поверхню (траси) щодоби збігаються;

- ◆ **квазіізомаршрутні орбіти** характеризуються тим, що проекції орбіти КА на земну поверхню збігаються тільки один раз за кілька діб;

- **несинхронні**, які характеризуються тим, що траси, котрі відповідають будь-яким двом обертам КА навколо Землі, не збігаються.

Нахил орбіти — це кут нахилу між площинами екватора Землі та орбіти КА (див. рис. 9.1, а). Нахил відлічується від площини екватора до площини орбіти проти годинникової стрілки. Він може змінюватись від 0 до 180°. За нахилом i розрізняють такі орбіти:

- **прямі** (нахил орбіти $i < 90^\circ$);
- **зворотні** (нахил орбіти $i > 90^\circ$);
- **полярні** (нахил орбіти $i = 90^\circ$);

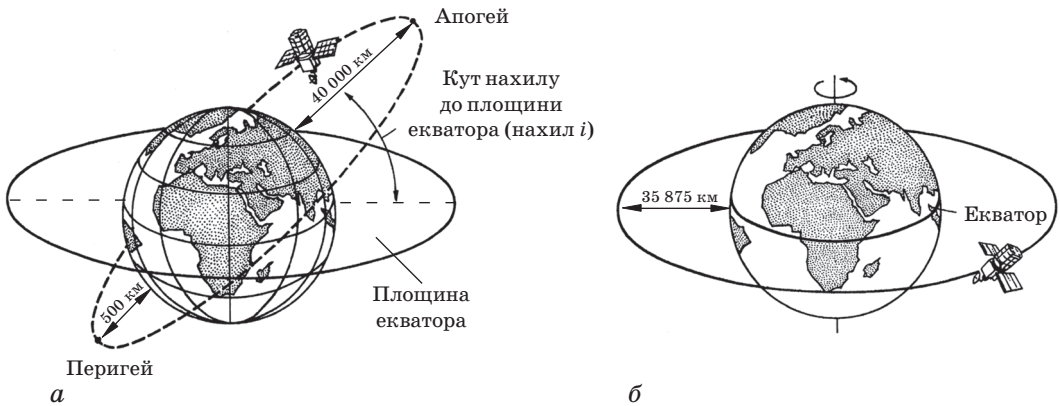


Рис. 9.1. Орбіти супутників зв'язку: а — еліптична; б — геостаціонарна.

● **екваторіальні** (нахил орбіти $i = 0$ чи 180°). При $i = 0^\circ$ КА рухається за напрямом обертання Землі із заходу на схід, при $i = 180^\circ$ КА рухається проти напрямку обертання Землі зі сходу на захід. Куту нахилу $i = 0^\circ$ відповідають геостаціонарні (кругові орбітальні) орбіти (див. рис. 9.1, б).

Несферичність Землі та нерівномірність розподілу її маси спричинюють *зміну (прецесію) площини орбіти КА*, що тягне за собою *прецесію лінії апсид* (тобто лінії, що сполучає апогей і перигей) орбіти. При цьому швидкість зазначеної прецесії залежить від форми орбіти, висоти апогею і перигею, а також від нахилу. Прецесія площини орбіти зумовлює зміщення (у момент виводу КА на орбіту) зростаючого та спадного вузлів відносно початкового положення.

Прецесія площини орбіти КА залежить від напруженості гравітаційного поля Землі. Збільшення напруженості «спрямляє» орбіту поблизу екватора внаслідок підвищення швидкості руху КА в напрямі екватора. При цьому КА, що рухається по прямій орбіті, починає відхилятися ліворуч за ходом руху.

Таким чином, у першому випадку площина орбіти здійснює прецесію в західному напрямі, а у другому — у східному. Площини полярних орбіт (що мають нахил $i = 90^\circ$) не зазнають прецесії.

Висоту орбіт КА зв'язку обирають на основі аналізу багатьох факторів, включаючи енергетичні характеристики радіоліній, затримку при поширенні радіохвиль, близькість до орбіти радіаційних поясів Ван Аллена, розміри та розташування обслуговуваних територій. Крім цього, на висоту орбіти впливають спосіб організації зв'язку та вимоги до забезпечення необхідного значення кута місця КА.

Проаналізувавши низькоорбітальні угруповання різних космічних систем, можна помітити, що висоти кругових орбіт КА більшості з цих угруповань становлять 700...1500 км. Це зумовлено такими чинниками:

● на орбітах, розташованих нижче 700 км, щільність атмосфери достатньо висока, що спричинює зменшення ексцентриситета та поступове зниження висоти апогею. Подальше зменшення висоти орбіти призводить до підвищених витрат пального, збільшення частоти маневрів для підтримки заданої орбіти;

● на висотах, вищих за 1500 км, розташовується перший радіаційний пояс Ван Аллена, в якому неможлива робота електронної бортової апаратури.

Середньовисотні (5000...15 000 км над поверхнею Землі) орбіти містяться між першим і другим радіаційними поясами Ван Аллена. У системах, які використовують КА, розташовані на таких орбітах, затримка поширення сигналів через супутник-ретранслятор становить близько 130 мс, що практично невлучимо для людського слуху і, відповідно, дає можливість використовувати такі супутники для радіотелефонного зв'язку.

Геостаціонарні космічні системи з висотою орбіт супутників близько 36 000 км мають дві важливі переваги:

- супутники завжди розташовуються над певною точкою Землі;
- система, що складається з трьох геостаціонарних супутників, практично забезпечує глобальний огляд земної поверхні.

Проте орбітальним угрупованням, які складаються з геостаціонарних супутників, притаманний один великий недолік — більший час поширення радіосигналів, що спричинює затримку передавання сигналів при радіотелефонному зв'язку. Очікування надходження сигналу-відповіді може викликати до невдоволення абонентів.

Системи, які використовують супутники з висотою орбіти 700...1500 км, мають кращі енергетичні характеристики радіоліній, ніж системи з висотою орбіт супутників близько 10 000 км, але поступаються їм щодо тривалості активного існування КА. При періоді обертання КА близько 100 хв (для низьких орбіт) у середньому 30 хв із них припадає на затінену сторону Землі. Тому бортові акумуляторні батареї живляться від сонячних батарей приблизно 5000 циклів зарядження/розрядження на рік. Для кругових орбіт із висотою 10 000 км період обертання становить близько 6 год, із яких лише кілька хвилин КА проводить у тіні Землі.

Варто також зазначити, що КА, який перебуває на низькій орбіті, потрапляє у зону прямої видимості абонента лише на 8...12 хв. Отже, для забезпечення безперервного зв'язку будь-якого абонента потрібно багато КА, які послідовно (за допомогою шлюзових станцій або міжсупутникового зв'язку) мають забезпечувати безперервний зв'язок. Зі зростанням висоти орбіти КА зона прямої видимості супутника-ретранслятора й абонента збільшується, що дає змогу зменшити кількість супутників, потрібних для забезпечення безперервного зв'язку. Таким чином, зі зростанням висоти орбіти збільшуються час і розміри зони обслуговування, а отже, постає потреба в меншій кількості супутників для охоплення однієї і тієї самої території.

Уже на ранніх етапах створення супутникових систем стала очевидною складність майбутньої роботи. Адже належало відшукати матеріальні засоби, докласти інтелектуальних зусиль багатьох колективів учених, організувати працю на етапі практичної реалізації. Проте, незважаючи на це, відповідні завдання почали активно розв'язувати транснаціональні компанії, які мають вільний капітал.

Сьогодні здійснюється не один, а кілька паралельних проектів. Фірми-роботники ведуть завзяту боротьбу за майбутніх користувачів, за світове лідерство в галузі телекомунікацій.

У наш час у космічних системах для розв'язання завдань персонального радіозв'язку використовують супутники, які можуть розташовуватись на низьких (кругових або близьких до кругових), середньовисотних (кругових або еліптичних) і геостаціонарних орбітах.

9.2. Стратегія розвитку супутникових систем зв'язку

Насамперед зауважимо, що в Україні супутникові системи не набули належного розвитку. Це зумовлено невеликою територією країни та високою вартістю таких систем. Тому космічний супутниковий зв'язок в Україні базується в основному на російських КА.

Нині доводиться швидко реалізовувати проекти перспективних космічних угруповань на основі супутників нового покоління.

Прогнозується використання нових КА з поліпшеними характеристиками, які представлять практично весь спектр послуг супутникового зв'язку. У нових КА передбачається застосування новітніх технологій, які уможливають підвищення пропускної здатності бортових ретрансляційних комплексів (БРТК) і застосування перенацілювальних антен. Це дозволить використовувати КА безгермоконтейнерної конструкції, забезпечить орієнтацію і стабілізацію супутників на орбіті на рівні світових вимог, а також подовжить термін їх активного існування до 10–12 років.

Як відомо, СПСЗ за сферою послуг, що надаються, мають багато спільного з наземними стільниковими системами.

Передавання всіх видів інформації ведеться в цифровій формі зі швидкостями 1200...9600 біт/с. Телефонний режим організовується за допомогою вбудованих в абонентський термінал (АТ) вокодерів, які забезпечують змінну швидкість передавання мовного сигналу. Поряд із підтриманням дуплексного телефонного зв'язку персональні АТ дають змогу підмикати ПК і підтримують різноманітний набір послуг, таких як передавання факсимільних повідомлень, електронна та голосова пошта, персональний радіовиклик, шифрування даних, а також визначення місцезнаходження мобільного абонента. Деякі АТ працюють спільно з універсальним ПК.

Сьогодні СПСЗ здатні доповнити системи стільникового зв'язку там, де він неможливий або недостатньо ефективний під час передавання інформації, наприклад у морських акваторіях; у районах з малою густотою населення; у місцях розривів наземної інфраструктури телекомунікацій і т. ін.

Утім між зазначеними системами не виключена конкуренція. Під час проектування та впровадження СПСЗ, як і в разі стільникових систем, особливу увагу приділяють їх інтегруванню в різні наземні мережі, використанню міжнародних стандартів для мережних інтерфейсів і протоколів обміну.

Кількість абонентів у мережах СПСЗ визначається пропускною здатністю радіоліній КА–АТ та трафіком для тих чи інших регіонів. Пропускна здатність залежить від системно-технічних рішень, енергетичних та орбітальних параметрів космічного угруповання, типу радіоінтерфейсу — чинників, які й відрізняють СПСЗ одну від одної. Так, у середньоорбітальних і, особливо, у геостаціонарних системах, на відміну від низькоорбітальних, для досягнення необхідної пропускної здатності застосовують ефективніші багатопроменеві антени (із вузькими променями та більшою їх кількістю).

У багатьох геостаціонарних системах застосовують метод багатостанційного радіодоступу з часовим розділенням каналів (TDMA), подібний до широко використовуваного наземного стільникового європейського стандарту GSM.

Головні характеристики зарубіжних систем супутникового зв'язку, які мають обґрунтовані технічні вирішення, наведено в табл. 9.1.

Зарубіжні проекти систем супутникового зв'язку

Назва проекту	Розробник проекту	Кількість КА і орбіт	Маса КА, кг	Висота орбіти, км	Передбачувані послуги	Термін введення в експлуатацію
1	2	3	4	5	6	7
AMSC	AMSC Subsidiary, corp. Inc., США	12	2450	35 786 GEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень	1995–1996
Aries	Constellation Com. Inc., США	48 (4×12)	182	970 LEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень, електронна пошта і пейджинг	1996–1999
E-Sat	E-Sat Inc., США	6	114	LEO	Пакетне передавання даних	1997
EAISAT	Сучасний проект кількох об'єднань	26	—	LEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень, електронна пошта	1997
ECCO	Telebras, США, Бразилія	54 (1×12)	—	2000 LEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень, пейджинг	1997–1999
ECO-8	Embratel Telebras, Бразилія	8	—	LEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень	1998
Ellipso	Ellipsat Corporation, США	14 (2×4), (1×6)	690 і 730	520, 7840 MEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень, електронна пошта і пейджинг	1996–2002
Eutelsat	European Space Agency, Європейський Союз	10	—	GEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень	1993–1997
FACS	final Anlys, США	26	100	LEO	Передавання різних широкосмугових сигналів	1996–2000
GE Americom	GE Americ. Commun, США	24	15	LEO	Пакетне передавання даних	1997–2001
Globalstar	Loral, Qualcomm та ін., США	48 (8×6)	426	1400 LEO	Передавання телефонних, факсимільних повідомлень, визначення координат абонентів і пейджинг	1995–1999
Gemnet	CTA Commer., США	38 (4×8), (1×6)	452	1000 LEO	Пакетне передавання даних	1996–1999
Celsat	Сучасний проект кількох організацій	3	—	GEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень, пейджинг	1997–2001
Comsat	Comsat Laboratories. США	3	—	GEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень	Концепція
Inmarsat-P	Inmarsat, Міжнародна організація	10 (4×12)	—	10300 MEO	Передавання телефонних, факсимільних повідомлень, визначення координат абонентів, пейджинг і комірковий зв'язок (GSM)	1999–2000

Розділ 9. СУПУТНИКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК

Закінчення таблиці 9.1

1	2	3	4	5	6	7
Iridium	Motorola Inc. та ін., США	66 (6×11)	700	780 LEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень, пейджинг	1996–1998
ICO	Міжнародна організація	10 (4×12)	—	MEO	Те саме	1999–2000
Kitcom	Kitcom, Австралія	9	90	LEO	Передавання різних широкосмугових сигналів	1997–1998
Koskon	Сучасний проєкт кількох організацій	32	—	LEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень, пейджинг	1997–1999
Leo One	Leo One Pan, Мексика	12	150	LEO	Пакетне передавання даних	1995–1996
Leo One USA	Leo One USA	48 (8×6)	124	LEO	Пакетне передавання даних	1995–2000
Leosat	Leosat Corp., США	18	25...50	LEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень	Концепція
Leostar	Europen Space Agency, Європейський Союз	30	—	LEO	Те саме	Концепція
M-Star	Motorola, США	72	—	LEO	Передавання різних широкосмугових сигналів	1996–1999
MSAT	AMSC і Telesat Mobile Inc., США	2	2500	GEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень	1995–1997
Orbcomm	Orbital Scienc, США	48 (4×8), (2×8)	39,5	LEO	Передавання даних і визначення координат абонентів	1995–1996
Odyssey	TRW, Techndegy Group, США	12 (3×4)	2500	MEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень	1996–2000
SAFIR	ОНВ Teledata, Німеччина	6	—	LEO	Те саме	1997–2002
Starnet	Starsys Global Posit., США	24 (6×4)	330	LEO	Передавання даних і визначення координат абонентів	1995–2000
Spaceway	Спільний проєкт кількох організацій	12	—	GEO	Передавання даних, телефонних і факсимільних повідомлень	1996–2000
TAOS	Centre National Etudes Spatial, Франція	5	150	LEO	Передавання широкосмугових сигналів	1995–1997
Teledesic	Teledesic Corp., США	840 (21×40)	795	LEO	Те саме	2000–2002
Temicon	Telespario, Італія	12	42	LEO	Контролювання навколишнього середовища, спостереження за дорожнім рухом	1994–1996
Vitasat	Volunteers in Technical Assistance, США	3 (1×2), (1×1)	—	LEO	Передавання пакетних даних у великих обсягах	1995–1996

Примітка. LEO — низька орбіта; MEO — середня орбіта; GEO — геостационарна орбіта.

9.3. Структура супутникових систем персонального зв'язку

До складу будь-якої супутникової системи зв'язку входять:

- космічний сегмент, який складається з кількох супутників-ретрансляторів;
- наземний сегмент, який складається з центру управління системою, центру запуску КА, командно-вимірювальних станцій, центру управління зв'язком і шлюзових станцій;
- користувальницький (абонентський) сегмент, який здійснює зв'язок за допомогою персональних супутникових терміналів;
- наземні мережі зв'язку, з якими через інтерфейс зв'язку сполучають шлюзові станції космічного зв'язку.

До наземних мереж зв'язку належать ТфЗК, канали стільникових мереж, окремі канали зв'язку.

Швидкий розвиток супутникових систем зв'язку вимагав розроблення та ухвалення низки міжнародних конвенцій, угод і норм. Технічні питання щодо використання частот і розташування супутників-ретрансляторів на орбітах, які забезпечують відсутність для них взаємних завад, розв'язуються в рамках Міжнародного консультативного комітету з питань радіо (МККР) і Міжнародного комітету з реєстрації частот (МКРЧ). Для супутникових систем виділено смуги частот, наведені в табл. 9.2.

Таблиця 9.2

Діапазони частот систем супутникового зв'язку

Назва діапазону	Смуга частот, ГГц
L	1,452...1,500 і 1,61...1,71
S	1,93...2,70
C	3,40...5,25 і 5,725...7,075
Ku	10,70...12,75 і 12,75...14,80
Ka	14,40...26,50 і 27,00...50,20
K	84,00...86,00

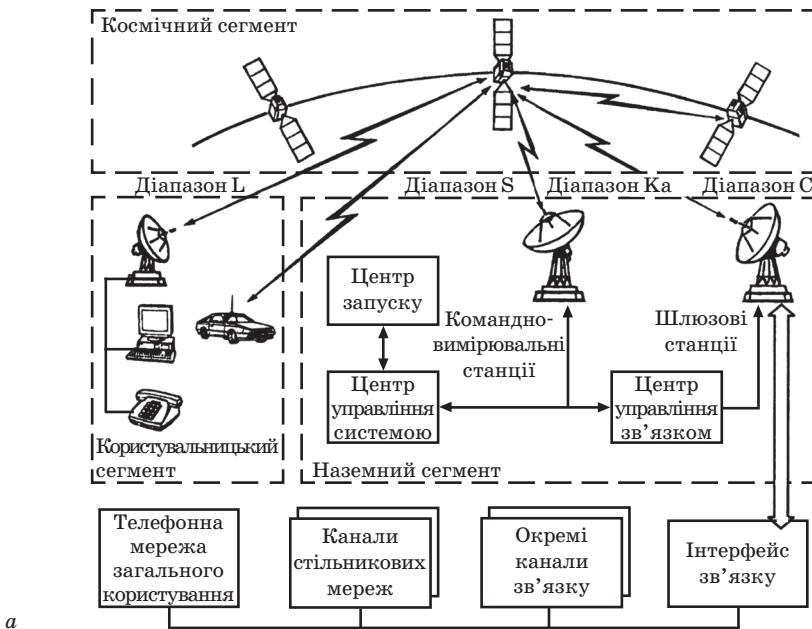
Практичне використання деяких із перелічених діапазонів наведено на рис. 9.2, а. Але в окремих супутникових системах зв'язку практичне використання діапазонів частот не завжди відповідає розглянутій структурній схемі.

9.3.1. Космічний сегмент

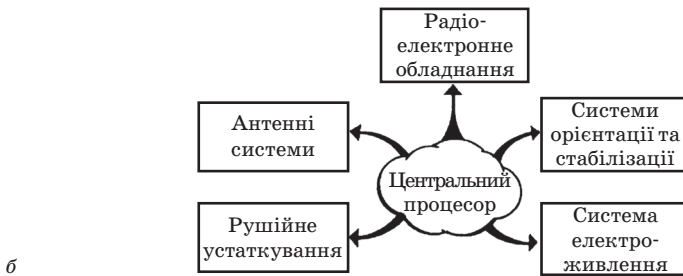
Космічний сегмент включає в себе кілька супутників-ретрансляторів, які утворюють космічне угруповання. Супутники-ретранслятори, як правило, розміщуються рівномірно на визначених орбітах.

До складу будь-якого КА зв'язку входять такі основні елементи (рис. 9.2, б): центральний процесор; радіоелектронне обладнання БРТК; антенні системи; система орієнтації та стабілізації; шуміне устаткування; система електроживлення (акумулятори і сонячні батареї).

До кожного КА (рис. 9.3) висуваються цілком визначені вимоги до жорсткості конструкції, витрат електроенергії, орієнтації, стабілізації і т. ін. Низькоорбітальний супутник перебуває на висоті близько 1000 км і рухається по орбіті зі швидкістю близько 7 км/с. Час, протягом якого його можна спостерігати з деякої точки поверхні Землі (час видимості), не перевищує 14 хв. Після цього супутник «відходить» за лінію горизонту. Для підтримання безперервного зв'язку (наприклад, при телефонній розмові) необхідно, щоб у той момент, коли перший супут-



а



б

Рис. 9.2. Структура супутникових систем зв'язку (а) та загальна структура КА (б)

ник покине зону обслуговування, на зміну йому приходив другий, за ним — третій і т. д. Глобальні супутникові системи мають постійно тримати в полі зору своїх антен всю поверхню планети. Це нагадує принцип стільникового телефонного зв'язку, тільки роль базових станцій тут відіграють супутники.

Щоб забезпечити зв'язком абонентів не тільки в зоні видимості одного КА, й на всій території Землі, сусідні супутники зв'язуються між собою і передають інформацію по ланцюжку доти, доки вона не дійде до адресата. Це завдання в

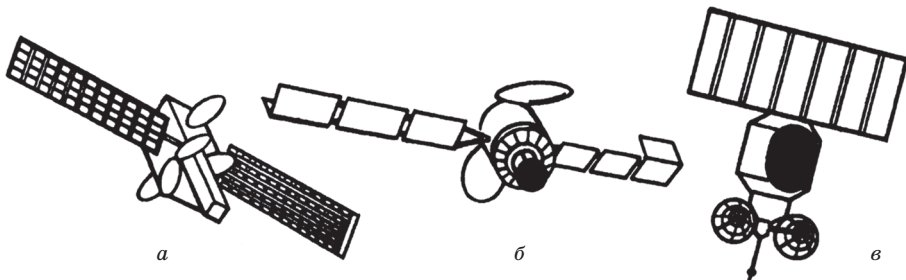


Рис. 9.3. Супутники-ретранслятори:
а — низькоорбітальні, б — середньорбітальні, в — геостационарні

деяких системах виконують наземні шлюзові станції, які транслюють інформацію з одного КА на інший.

Для надійного охоплення всієї території Землі потрібно мати велику кількість супутників (зазвичай кілька десятків, хоча відомий проект Teledeisic, в якому їх кількість наближається до тисячі). Зі збільшенням висоти орбіти зменшується необхідна кількість супутників, оскільки збільшується час і зона видимості, що зумовлює зниження вартості орбітального угруповання і, відповідно, послуг. Але при цьому неминуче ускладнюються і дорожчають персональні супутникові термінали (через збільшення дальності зв'язку Земля — Космос — Земля). Таким чином, кількість супутників в орбітальному угрупованні є результатом компромісу між вартістю і бажаним обсягом послуг зв'язку, з одного боку, і простотою та вартістю персонального супутникового терміналу — з другого. Ці відомості потрібно враховувати при орієнтації на ту чи іншу систему зв'язку.

9.3.2. Наземний сегмент

Центр управління системою здійснює спостереження за КА, розрахунок їхніх координат, перевірку та корекцію часу, діагностику роботоздатності бортової апаратури, передавання службової (командної) інформації тощо. Зазначені функції управління виконуються на основі телеметричної інформації, яка надходить від кожного КА орбітального угруповання. Для управління космічним угрупованням у різних режимах роботи КА використовують як штатні канали зв'язку (з урахуванням перехресного супутникового зв'язку), так і окремі, територіально рознесені командно-вимірювальні станції. Завдяки цьому центр управління системою дає змогу з достатньо високою оперативністю забезпечити:

- контроль запуску та точність виведення КА на задану орбіту;
- контроль стану кожного КА;
- контроль і управління орбітою окремого КА;
- контроль і управління КА в незвичних режимах роботи;
- виведення КА зі складу орбітального угруповання.

Управління космічним угрупованням здійснюють спеціалісти групи управління й аналізу. Передавання службової інформації на КА відбувається через територіально-рознесені основні та резервні станції командно-вимірювальної системи.

Центр запуску КА визначає програму запуску, здійснює збирання ракетноносія, її перевірку, а також установаження корисного навантаження КА і проведення передстартових перевірок і випробувань. Після запуску ракети-носія виконують траекторні вимірювання на активній ділянці польоту, результати яких транслюються в центр управління системою, де для формування проміжної орбіти коригуються розрахункові траекторні дані. Подальше управління КА здійснюється центром управління системою за допомогою командно-вимірювальних станцій за такою програмою: розгортаються сонячні батареї КА; короткочасно вводяться в дію коригувальні двигуни для виведення КА на основну орбіту; знімається телеметрична інформація для контролю стану бортового устаткування КА.

Центр управління зв'язком планує використання ресурсу супутника, координуючи цю операцію з центром управління системою. Центр управління зв'язком здійснює через національні шлюзові станції аналіз і контроль зв'язку, а також його управління.

Зв'язок зі шлюзовими станціями й користувальницькими терміналами здійснюється автономно. У незвичних ситуаціях (під час виведення окремого КА

або угруповання при виході з ладу елементів шлюзової станції) центр управління зв'язком переходить у режим підтримки зв'язку з підвищеним навантаженням, а в особливих випадках передбачається також можливість реконфігурування мережі.

Шлюзові станції складаються з кількох (звичайно не менш як трьох) приймально-передавальних комплексів, у кожному з яких є параболічна відстежувальна антена.

Застосування кількох приймально-передавальних комплексів дає змогу практично без порушення зв'язку переходити послідовно від одного КА до іншого. Приймально-передавальні комплекси функціонують так:

- 1-й комплекс вступає в зв'язок з i -м КА;
- 2-й комплекс вступає в зв'язок з $i + 1$ -м КА;
- потім 1-й комплекс, після відходу із зони видимості i -го КА, вступає в зв'язок з $i + 2$ -м КА;
- 2-й комплекс, після відходу із зони видимості $i+1$ -го КА, вступає в зв'язок з $i + 3$ -м КА і т. д.

Для управління великим потоком інформації до складу шлюзової станції включено швидкодіючі ЕОМ, в яких є банк даних персональних терміналів. Шлюзові станції у своєму складі мають комутаційне обладнання (інтерфейси зв'язку) для з'єднання з різними наземними системами зв'язку. Основним завданням будь-якої шлюзової станції є організація дуплексного телефонного зв'язку, передавання факсимільних повідомлень, а також даних великих обсягів.

9.3.3. Персональний користувальницький сегмент

Системи персонального супутникового зв'язку призначено для надання таких видів послуг (рис. 9.4):

- зв'язок абонентів, які мають персональні супутникові термінали, між собою;

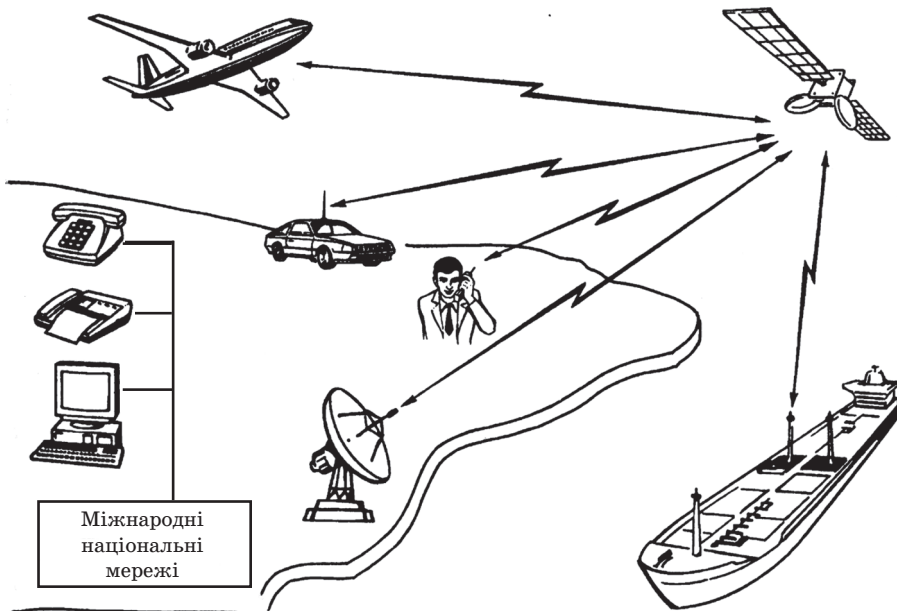


Рис. 9.4. Користувачі супутникової системи персонального зв'язку

● дуплексний зв'язок абонентів, що мають персональні супутникові термінали, з абонентами телефонної мережі загального користування, пейджингових і стільникових мереж, а також окремих каналів зв'язку, якщо зазначені мережі підімкнено до інтерфейсів зв'язку і шлюзових станцій;

● визначення місцезнаходження (координат) абонентів СПСЗ.

Для організації супутникового зв'язку застосовують *переносні персональні супутникові термінали* (масою близько 700 г) і *мобільні термінали* (масою близько 2,5 кг). Ці термінали здатні встановлювати зв'язок між абонентами за 2 с, як і в системі стільникового зв'язку. Нині багато фірм пропонують користувачам такі типи супутникових терміналів: портативні (супутниковий телефон); переносні персональні; мобільні для автотранспортних, авіа- і морських засобів; малогабаритні пейджингові; для колективного користування.

Персональні супутникові термінали рухомого зв'язку працюють у діапазонах частот 137...900 і 1970...2520 МГц, що практично не відрізняються від діапазону частот (450... 1800 МГц) стільникового зв'язку. Середня потужність передавача невелика і ставить, наприклад, для супутникового терміналу системи Iridium 15...400 мВт. Це означає, що власникові терміналу не слід хвилюватися за здоров'я: супутниковий термінал не більш небезпечний, ніж звичайний стільниковий радіотелефон. Особливий інтерес користувачів викликають портативні та персональні супутникові термінали.

Слід зазначити, що сьогодні промислові зразки персональних терміналів не до кінця відпрацьовані. Йде робота щодо їх удосконалення з метою розширення спектра надаваних послуг. Проте основні характеристики таких терміналів уже визначено.

Останнім часом усе більше уваги приділяється створенню супутникових систем зв'язку на основі технології VSAT — системи зв'язку з малими супутниковими терміналами. Ця технологія дає змогу виготовляти супутникові термінали з діаметром антен до 2,5 м.

Практично всі великі банки, виробничі компанії та відомства мають тепер власні корпоративні мережі, в яких супутниковий зв'язок забезпечується за допомогою VSAT-терміналів.

Швидкість передавання інформації — поняття дуже умовне. Навіть при малій (64 кбіт/с) швидкості VSAT-термінал забезпечує одночасне передавання кількох телефонних розмов, підтримує обмін даними й факсимільними повідомленнями. У разі потреби цю швидкість можна збільшити до 512 кбіт/с, а в деяких терміналах і до 2048 кбіт/с, але найголовніше те, що супутниковий термінал, як правило, встановлюється поблизу від робочого місця користувача і є персональним засобом зв'язку. Більшості користувачів супутникових систем зв'язку потрібна зовсім не висока швидкість передавання інформації, а можливість підімкнення терміналу до різної периферійної апаратури.

Усі системи глобального супутникового зв'язку пропонують приблизно однаковий набір послуг:

- передавання мови (телефонний зв'язок);
- передавання факсимільних повідомлень;
- передавання даних;
- персональний радіовиклик (пейджинг);
- визначення місцезнаходження абонента;
- глобальний роумінг.

Ці послуги реалізуються в режимі надання каналу на запит, причому час його надання в супутникових системах не перевищує 2 с. У деяких системах існують певні розбіжності щодо швидкості передавання інформації.

Загалом користувач може розраховувати на більш-менш високоякісний телефонний зв'язок, передавання факсимільних повідомлень і низькошвидкісне передавання даних. При підімкненні ПК до супутникового терміналу можна обмінюватися файлами в реальному масштабі часу зі швидкістю від половини до цілої сторінки тексту за секунду.

Супутникові системи зв'язку забезпечують досить високу точність визначення місцезнаходження (координат) абонента, що становить близько 300 м (незалежно від часу доби, погодних умов тощо). Найближчими роками супутникові системи зв'язку стануть доступні всім, а їхня якість відповідатиме якості послуг стільникових мереж рухомого зв'язку.

9.4. Низькоорбітальні системи супутникового зв'язку

Початок 1990-х років ознаменувався розвитком нових напрямків супутникового зв'язку — систем зв'язку на базі низькоорбітальних КА. До *низькоорбітальних супутників LEO (Low Earth Orbit)* належать КА, висота орбіт яких становить 700...1500 км.

Низькоорбітальне угруповання може містити від одного до кількох десятків малих супутників масою до 500 кг. Для охоплення зв'язком великої території Землі застосовують орбіти (на яких можуть перебувати кілька КА), що лежать у різних площинах.

Підвищена зацікавленість у низькоорбітальних системах супутникового зв'язку пов'язана з можливістю надання послуг персонального зв'язку, зокрема радіотелефонного обміну, завдяки використанню порівняно дешевих малогабаритних супутникових терміналів. Низькоорбітальні системи дають змогу забезпечити безперебійний зв'язок із терміналами, розміщеними в будь-якій точці Землі, і практично не мають альтернативи при організації зв'язку в регіонах зі слаборозвиненою інфраструктурою зв'язку та малою густотою населення.

Однією з головних переваг, що сприяють розвитку низькоорбітальних систем супутникового зв'язку, є біологічний фактор. Так, для забезпечення вимог біологічного захисту людини від рекомендованого випромінювання надвисокої частоти (НВЧ) рівень потужності безперервного випромінювання радіотелефону має не перевищувати 50 мВт. Ефективне приймання сигналу такої потужності, наприклад геостаціонарним супутником, пов'язане зі значним ускладненням КА, розгортанням великих антен і точним їх позиціонуванням. Для низькоорбітальних супутникових систем довжина радіоліній у багато разів менша, і проблема створення багатопроменевих антен менш гостра.

Низькоорбітальні системи розглядалися фахівцями на початку становлення супутникового зв'язку, але не мали широкого попиту. На те були свої причини, серед яких не останнє місце посідає певна інерція поглядів і суджень, коли вважають, що супутник має перебувати в зоні видимості безперервно, а ще краще — бути нерухомим для спостерігача, тобто міститися на геостаціонарній орбіті.

За останнє десятиріччя було створено кілька низькоорбітальних систем, але для обмеженого застосування, пов'язаного, головним чином, із передаванням коротких і порівняно нечастих повідомлень. Цікава ідея глобального персонального зв'язку, що базується на сучасній технології, відродила інтерес до низькоорбітальних супутникових систем.

У проєкті системи Iridium космічний сегмент має складатися з 66 супутників-ретрансляторів, розміщених на орбітах заввишки 780 км. У системі Globalstar передбачається 48 супутників-ретрансляторів, що перебувають на орбітах заввишки близько 1400 км. Така кількість супутників необхідна для підтримання безперервного зв'язку, надаваного будь-якому абоненту в будь-якій частині земної кулі, оскільки кожний із низькоорбітальних супутників-ретрансляторів перебуває в зоні видимості абонента кілька хвилин. Завдяки проходженню супутників одного за одним і розташуванню їхніх орбіт у різних площинах забезпечується повне покриття земної поверхні зонами огляду і безперервна видимість супутників із наземних станцій. При цьому перемикання з одного супутника на інший є справою техніки, а збільшення кількості супутників компенсується зниженням витрат на їх виведення (кілька супутників за один раз) на задану орбіту.

9.5. Середньоорбітальні системи супутникового зв'язку

До *середньоорбітальних супутників зв'язку МЕО (Mean Earth Orbit)* належать КА з висотою орбіти 5...15 тис. км. У середньоорбітальній системі може міститися до 12 супутників, маса яких становить до 1000 кг.

При таких орбітах час видимості одного супутника-ретранслятора доходить до кількох годин, що дає змогу зменшити кількість супутників до 10–12 і, крім того, збільшити кути, під якими їх «спостерігають» абонентські термінали.

Окрім космічного та користувальницького сегментів (орбітального угруповання супутників і абонентських терміналів) архітектура МЕО-систем включає в себе комплекси радіочастотного, лінійного, комутаційного устаткування шлюзових станцій, призначених для з'єднання мобільних або нерухомих абонентів СПСЗ з абонентами телефонної мережі загального користування та інших наземних мереж і служб, у тому числі стільникових систем радіозв'язку.

Серед чинників, які сприяють розвитку середньоорбітальної супутникової системи, слід назвати те, що угруповання КА перебувають між двома різновисотними радіаційними поясами природного походження, а це дає змогу забезпечити великий (до 10 років) термін експлуатації.

Це дуже важливо, оскільки виведення супутника на середньовисотну орбіту дорожче, ніж на низьку. Залежно від висоти розташування угруповання КА затримка поширення сигналу коливається від 40 до 140 м/с, але залишається при цьому непомітною для сприйняття мови на слух. Для забезпечення надійного зв'язку в більшості регіонів Землі достатньо порівняно малої кількості супутників — 9 (зі збільшенням їхньої кількості до 12 забезпечується глобальне обслуговування).

9.6. Системи зв'язку з використанням геостаціонарних супутників

Персональний зв'язок може бути реалізований за допомогою *супутників-ретрансляторів*, які перебувають на геостаціонарній орбіті GEO (*Geostationary Earth Orbit*), «зависаючи» над задалегідь обраними точками Землі. Таке «зависання» забезпечується висотою орбіти (35 875 км), на якій швидкість переміщення КА збігається зі швидкістю обертання Землі. Системи на основі геостаціонарних супутників завдяки сталості їхнього розташування над визначеною точкою поверхні Землі мають при організації глобального зв'язку такі переваги:

- відсутність перерв зв'язку через взаємне переміщення КА і користувальницького терміналу під час сеансу зв'язку;

● охоплення зв'язком 95% поверхні Землі системою, що складається тільки з трьох геостаціонарних супутників;

● відсутність необхідності в організації міжсупутникового зв'язку (на відміну, наприклад, від низькоорбітальних систем).

Відомо, що більшість абонентських супутникових терміналів, які використовують технологію VSAT, обслуговуються супутниками-ретрансляторами, що перебувають на геостаціонарній орбіті. Висота геостаціонарної орбіти досить велика, тому такі супутникові системи мають істотний недолік: тривалу затримку між передаванням і прийманням сигналу. Окрім того, додаткову затримку вносять атмосфера та приймально-передавальна апаратура VSAT-терміналів і супутника-ретранслятора. На практиці поява затримки призводить до того, що під час телефонної розмови двох абонентів постійно виникають дуже небажані паузи. Наявність затримок може бути перешкодою до використання телефонного зв'язку. Адже через це неможлива взаємодія з іншими мережами передавання даних. Справді, оскільки геостаціонарна орбіта перебуває на відстані близько 36 000 км від поверхні Землі, то затримка через скінченність швидкості поширення радіосигналу становить близько 260 мс. Якщо сигнал один раз проходить шлях до супутника-ретранслятора і назад, то затримка становить $2 \cdot 260 = 520$ мс. Інші перелічені джерела затримки не відіграють великої ролі. При передаванні даних затримка зовсім непомітна і може виявлятися тільки в деякому зниженні швидкості обміну. Для усунення цього недоліку застосовують спеціальні протоколи. Що ж стосується телефонного зв'язку, то затримка сигналу відчувається дуже сильно і при високих вимогах до каналу зв'язку може бути неприйнятною.

Останніми роками розроблено кілька проектів застосування супутникових GEO систем для забезпечення персонального зв'язку. Це проекти APMT (*Asia Pacific Mobil Telecommunications*), ASC (*Afro-Asian Satellite Communications*), ACS (*Asia Ceilula Satellite*) тощо. Їхня відмінна риса — застосування супутників-ретрансляторів із великими (діаметром не менш як 12 м) багатопроменевими антенами.

Системи персонального зв'язку на базі геостаціонарних супутників потенційно можуть надавати послуги, порівнянні з послугами низькоорбітальних систем, якщо сформовані на поверхні Землі стільники будуть приблизно однакові. При цьому розміри бортової антени КА, необхідні для формування вузької діаграми спрямованості, мають бути великими, але в межах можливостей сучасних технологій.

Розгортання і геостабілізація такої складної антени в космосі пов'язані з великим технічним ризиком, що є визначальним фактором при оцінюванні економічної ефективності розроблювальних проектів.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть основні етапи розвитку космічних систем зв'язку.
2. На які основні класи залежно від виду надаваних послуг поділяють супутникові системи зв'язку?
3. За якими ознаками класифікують орбіти КА?
4. Перелічіть сегменти, з яких складається супутникова система зв'язку.

ПІСЛЯМОВА ДО РОЗДІЛУ 9

Ви завершили вивчення основних принципів організації супутникового зв'язку.

Тепер ви вже знаєте, що головні завдання супутникових систем зв'язку — це передавання даних, обмін інформацією, забезпечення персонального й супутникового зв'язку.

У космічних системах, що підтримують персональний зв'язок, використовуються супутники, які можуть бути на різних орбітах.

Орбіти КА класифікуються за формою, періодичністю проходження над точками земної поверхні та за нахилом.

За формою розрізняють такі орбіти:

- кругові;
- близькі до кругових;
- еліптичні;
- геостаціонарні;
- параболічні та гіперболічні.

За періодичністю проходження КА над точками земної поверхні розрізняють такі орбіти:

- синхронні;
- несинхронні.

Нахил орбіти — це кут, утворений між площинами екватора Землі та орбіти КА.

За нахилом розрізняють такі орбіти:

- прямі;
- зворотні;
- полярні;
- екваторіальні.

Будь-яка супутникова система зв'язку включає в себе:

- космічний сегмент;
- наземний сегмент;
- користувальницький (абонентський) сегмент;
- наземні мережі зв'язку.

Список рекомендованої літератури

1. *Современные системы телекоммуникаций: учеб. пособие* / [Мазурков М. И., Баранов П. Е., Ерминой И. Н. и др.]; под ред. М. И. Мазуркова. — Одесса: ОПУ, 2001. — 280 с.

2. *Спилкер Дж.* Цифровая спутниковая связь / Спилкер Дж.; пер. с англ. В. В. Маркова. — М.: Связь, 1979. — 592 с.

3. *Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій: підручник для ВНЗ* / [Кривуца В. Г., Стеклов В. К., Беркман Л. Н. та ін.]. — К.: Техніка, 2007. — 384 с.

4. *Стеклов В. К.* Нові інформаційні технології: транспортні мережі телекомунікацій / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. — К.: Техніка, 2004. — 328 с.

РОЗДІЛ 10

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- ВКО** — вузол комутації обробки
ВКП — вузол комутації послуг
ВОЛЗ — волоконно-оптична лінія зв'язку
ВУ — вузол управління
ІС — інформаційна система
МСЕ — Міжнародний союз електрозв'язку
СУ — система управління
ОАУ — об'єкти адміністративного управління рівнями
СУП — система управління повідомленнями

GSM (*Global System for Mobile*) — глобальна система рухомого зв'язку

TMN (*Telecommunications Management Network*) — мережа управління телекомунікаціями

10.1. Мета й завдання системи управління інфокомунікаційними мережами

Побудова інформаційного суспільства супроводжується стрімким підвищенням ролі інфокомунікаційних послуг у всіх сферах людської діяльності. Вочевидь, подальше розширення спектра таких послуг практично неможливе без упровадження сучасних технологічних вирішень і новітнього обладнання, що, у свою чергу, неминуче призводить до зростання обсягу й складності мережної інфраструктури.

З огляду на динамічне розширення мереж і відповідної номенклатури послуг оператори змушені оптимізувати витрати на управління та адміністрування мереж. Як показує практика, одним з ефективних шляхів відчутного зменшення експлуатаційних витрат, а також забезпечення безвідказної роботи обладнання є застосування *автоматизованих мережних інтелектуальних систем управління (СУ)* із застосуванням новітніх технологій.

Зауважимо, що нинішній рівень СУ не повною мірою відповідає сучасним вимогам до них, перешкоджаючи своєчасному отриманню інформації потрібної якості для оперативного ухвалення обґрунтованих управлінських рішень.

Загалом *метою управління інфокомунікаційними мережами* і, зокрема, автоматизації такого управління є *забезпечення оптимального функціонування* цих мереж згідно з їхнім призначенням, коли вони виконують усі необхідні завдання за мінімальних витрат — матеріальних, фінансових, фізичних та інтелектуальних.

Управління — багатофункціональний процес, який включає в себе:

- прогнозування (науково обґрунтоване передбачення перспектив розвитку об'єкта управління та можливих його станів до певного моменту);
- планування (визначення мети розвитку об'єкта управління, методів і шляхів її досягнення);
- організацію роботи (вибір і формування структури виробничого об'єкта й організаційної структури управління, а також визначення співвідношення між структурними елементами системи їх взаємодії);
- координацію та регулювання (забезпечення погодженості дій виконавців і забезпечення підтримання або зміни показників, що істотно впливають на функціонування об'єкта управління);
- активізацію та стимулювання (спонукання до продуктивної діяльності людей за рахунок матеріальних і моральних стимулів);
- облік (фіксування стану об'єкта управління);
- контроль (порівняння фактичного та заданого стану об'єкта управління);
- аналіз (виявлення та з'ясування причин відхилень фактичного стану об'єкта управління від заданого).

Завданням управління інфокомунікаціями є забезпечення тривалої високоякісної роботи відповідних засобів і мереж у процесі їх постійного вдосконалення та розвитку за умов різноманітних змінних впливів.

Загалом види управління мережами та послугами інфокомунікацій можна поділити на такі групи: *технічне, функціональне, оперативне й координаційне (адміністративне управління та управління розробками й розвитком)*.

Ці види управління мають на меті:

- запобігання та усунення відказів обладнання, забезпечення безперервної готовності системи до роботи (технічне управління);
- підтримання та узгодження робочих функцій і стимулювання продуктивності (функціональне управління);
- гарантування високої якості обслуговування та адекватної реакції на зміну ситуацій у мережі (оперативне управління);
- запобігання внутрішнім конфліктам та їх залагодження, забезпечення високої продуктивності, безперервного підвищення рівня організації (адміністративне управління);
- висунення нових ідей і визначення шляхів їх технічного та організаційного втілення; оцінювання результатів (управління розробками);
- екстенсивний та інтенсивний розвиток мережі, збільшення кількості користувачів і розширення номенклатури послуг (управління розвитком).

Оскільки наведені види управління взаємозв'язані, то розвиток управління в цілому має здійснюватися через удосконалення процесу виконання кожної з його функцій. При цьому здійснювати управління потрібно комплексно, тобто має існувати система, відповідальна за налагодження та підтримання зазначених функцій.

10.2. Рівні управління інфокомунікаційними мережами

Упорядкувавши функції управління за їхньою ієрархією, можна *систему управління (СУ) інфокомунікаціями* подати у вигляді логічної моделі, що складається з п'яти рівнів (рис. 10.1).

Нижній рівень наведеної моделі складається з мережних ресурсів — елементів мережі, а верхні рівні являють собою рівні управління (знизу вгору) елементами

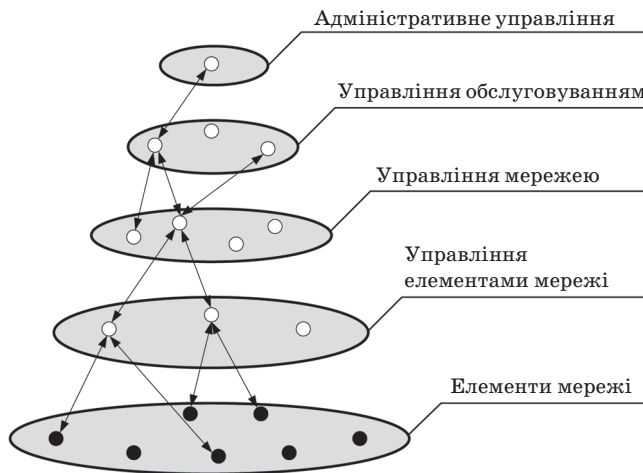


Рис. 10.1. Логічна модель системи управління інфокомунікаціями

мережі, мережею, обслуговуванням та діяльністю (рівні управління послугами та діяльністю — це адміністративне управління).

На рівні управління мережними ресурсами (елементами мережі) здійснюються облік, контроль та аналіз функціонування кожного мережного елемента (або деяких груп таких елементів), а також їх технічне обслуговування.

На рівні управління мережею, тобто мережного управління, здійснюються облік, контроль та аналіз функціонування тих чи інших груп мережних елементів у їх взаємозв'язку, тобто управління всіма мережними ресурсами.

Зауважимо, що під час експлуатації інфокомунікаційної мережі всі процеси, які розгортаються в ній на будь-якому рівні ієрархії, замикаються на мережне управління (рис. 10.2).



Рис. 10.2. Схема експлуатації інфокомунікаційної мережі (бізнес-модель мережного управління)

10.3. Мережа управління телекомунікаціями

Такі надзвичайно складні об'єкти управління, як мережі телекомунікацій, потребують розподільної системи управління. Інтелектуалізація цих мереж, яка відбувається сьогодні, вимагає управління ними за протоколами, незалежними від послуг, що їх можуть надавати різні оператори і/або постачальники в межах усієї тієї чи іншої мережі незалежно від типів застосовуваних у ній технічних засобів. Задовольнити всі ці вимоги можна лише за наявності відповідної СУ.

Для налагодження взаємодії розподілених компонентів управління в єдиній системі, а також для виконання нею функцій управління необхідна мережа, по якій передається інформація управління. З огляду на це було розроблено *концепцію мережі управління телекомунікаціями (Telecommunication Management Network — TMN)*. Докладніше про особливості цієї концепції йдеться в підрозділі 10.6.

Мережа, побудована на базі цієї концепції, забезпечує функції управління мережами й послугами телекомунікацій, підтримує зв'язок між своїми власними складовими, а також між керованими нею телекомунікаційними мережами й послугами та іншими мережами управління телекомунікаціями — іншими TMN.

Принцип логічного відокремлення мережі TMN управління телекомунікаціями від власне мереж і послуг телекомунікацій, якими вона керує, дає змогу розподіляти функції TMN у такий спосіб, щоб реалізовувати централізоване або децентралізоване управління. Тобто мережа управління телекомунікаціями дозволяє операторам із кількох центрів керувати широкою номенклатурою розподіленого обладнання, мереж і послуг.

Згідно з рекомендаціями МСЕ мережу управління телекомунікаціями призначено для виконання завдань керування відповідними мережами та службами операторів у процесі не лише планування мереж, надання послуг, побудови та введення в експлуатацію нових систем і послуг, а й технічного обслуговування та адміністративного управління. При цьому повні функціональні можливості TMN полягають у здатності забезпечувати:

- обмін інформацією управління через інтерфейс TMN із мережами телекомунікацій;
- обмін інформацією управління через інтерфейс між нею самою та іншими мережами управління телекомунікаціями (іншими TMN);
- перетворення інформації управління з одного формату в інший у такий спосіб, аби інформація, що циркулює в її межах, мала однакову природу;
- передавання інформації управління між пунктами в межах TMN;
- аналіз і адекватне реагування на інформацію управління;
- обробку інформації управління та доведення її до форми, зрозумілої користувачеві цієї інформації;
- доставляння інформації управління користувачеві та подання її в належному вигляді;
- унеможливлення доступу до інформації управління користувачів, які не мають на це права.

Концептуально TMN є окремою мережею, що з'єднується з керованою мережею телекомунікацій в окремих точках із метою взаємообміну інформацією. Для своїх цілей TMN може використовувати частини мережі телекомунікацій, як це зображено на рис. 10.3.

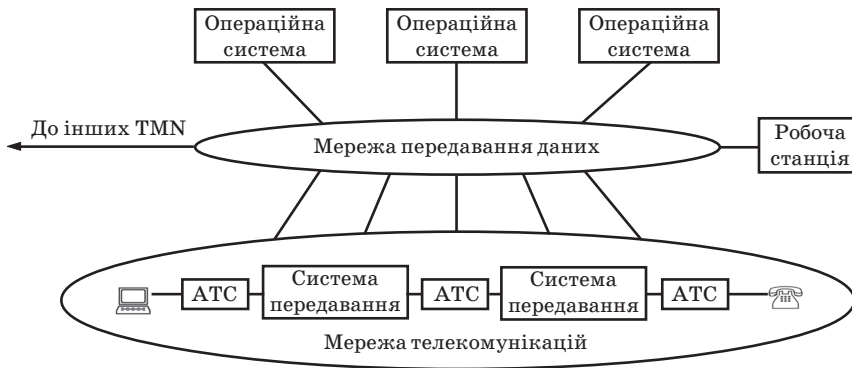


Рис. 10.3. Взаємодія між TMN та керованими мережами телекомунікацій

Тут TMN для своїх потреб залучає канали та системи комутації мережі телекомунікацій. Наведені на рис. 10.3 межі TMN можуть змінюватися таким чином, щоб користувач (абонент) через TMN мав змогу керувати послугами телекомунікацій.

Принагідно зазначимо, що через TMN можна, наприклад, керувати:

- мережами телекомунікацій (загального користування і відомчими), зокрема цифровими мережами з інтегральним обслуговуванням (ISDN), мережами зв'язку з рухомими об'єктами, віртуальними приватними мережами, інтелектуальними мережами;
- власне мережею управління телекомунікаціями;
- кінцевим обладнанням систем передавання (обладнанням групоутворення, волоконно-оптичними, радіорелейними, супутниковими);
- цифровими й аналоговими системами передавання (кабельними, волоконно-оптичними, радіорелейними, супутниковими);
- системами відновлення (резервування);
- операційними системами та їхніми периферійними засобами, кінцевими процесорами, груповими контролерами, серверами файлів тощо;
- глобальними, територіальними та локальними інформаційно-обчислювальними мережами (відповідно WAN — *Wide Area Network*, MAN — *Metropolitan Area Network*, LAN — *Local Area Network*);
- мережами з комутацією каналів і пакетів;
- кінцевим обладнанням і системами телефонної сигналізації, зокрема транзитними пунктами сигналізації та базами даних у реальному часі;
- телематичними службами;
- відомчими АТС, точками доступу відомчих АТС та кінцевим обладнанням (терміналами) користувачів;
- терміналами користувачів цифрових мереж з інтегральним обслуговуванням;
- програмним забезпеченням, що надається телекомунікаційними службами, або зв'язаним із ним програмним забезпеченням систем комутації;
- прикладним програмним забезпеченням у межах центрального процесора, включаючи прикладне програмне забезпечення TMN;
- допоміжними системами — випробувальним обладнанням, системами електроживлення, кондиціонерами, системами пожежної сигналізації тощо.

Логічну рівневу архітектуру управління інфокомунікаційними мережами та її взаємозв'язок із логічною моделлю управління TMN унаочнює рис. 10.4.

Функціональні блоки управління згруповано в такі логічні рівні:

- управління підприємством;
- управління ринком, продуктом і замовником;
- управління послугами NGN;
- управління ресурсами, включаючи управління мережею, а також елементами послуг і транспорту;
- управління взаємовідносинами між постачальниками та партнерами.

Для налагодження зв'язку між функціональними блоками слугують контрольні точки, які в архітектурі управління NGN належать до одного з трьох класів:

1) точки класу q містяться між функціональними блоками операційної системи (OSF) або мережного елемента (NEF). У цій точці надаються функції управління, які потребують наявності іншої OSF чи NEF або таких функцій управління, що їх надають інші блоки OSF чи NEF;

2) точки класу b2b/c2b — контрольні точки, кожна з яких надається OSF одного адміністративного домена для споживання іншою OSF в іншому адміністративному домені. У термінах TMN відповідають інтерфейсу X;

3) точки класу hmi — контрольні точки, кожна з яких надається користувачам.

Контрольна точка, в якій надаються деякі функції, що їх виробляє функціональний блок, називається *контрольною точкою провайдера* і зображається заповненим кружечком (див. рис. 10.4). Відповідно, контрольна точка, в якій споживаються деякі функції, називається *контрольною точкою споживача* і зображається півмісяцем (див. рис. 10.4).

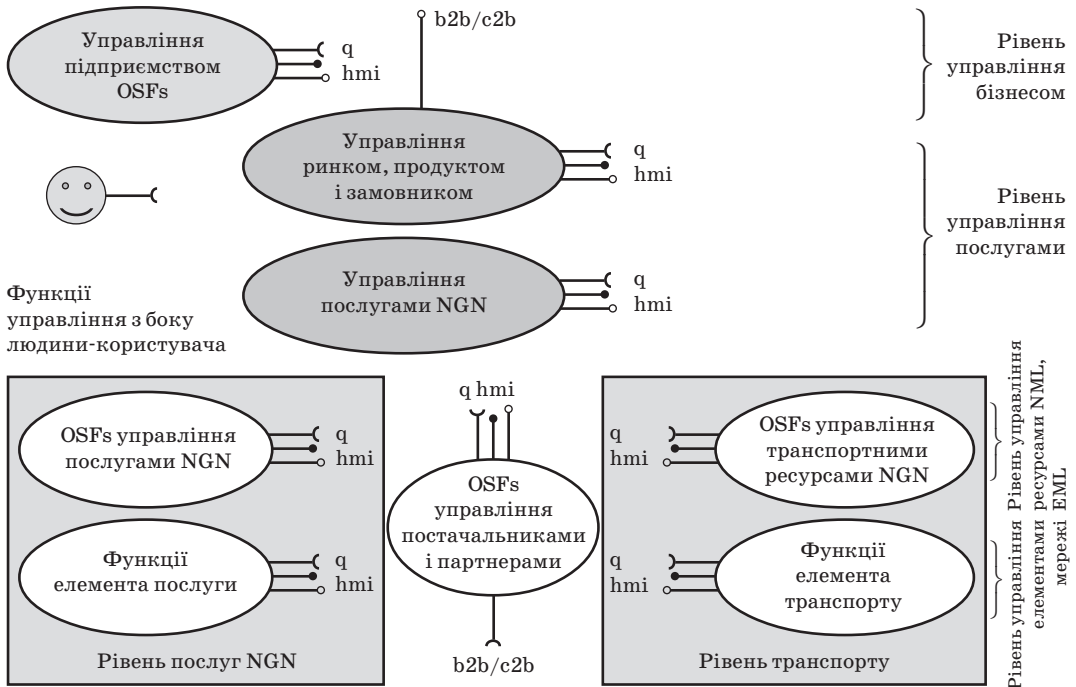


Рис. 10.4. Взаємозв'язок логічної архітектури управління NGN із логічною моделлю управління TMN

10.4. Функціональні сфери мережного управління

Сьогодні вже розроблено СУ, які доходять до рівнів управління елементами або управління мережею, а в окремих випадках — до управління обслуговуванням. Функції, пов'язані з управлінням, можна поділити на дві групи: загальні та прикладні.

Загальні функції забезпечують підтримання прикладних функцій і передбачають, скажімо, переміщення інформації між елементами мережі та СУ, збереження інформації, її відображення, сортування, пошук.

Прикладні функції відповідно до класифікації Міжнародної організації зі стандартизації поділяються на п'ять категорій (рис. 10.5):

- управління робочими характеристиками (*Performance Management*);
- управління усуненням пошкоджень (технічною експлуатацією) (*Fault Management*);
- управління конфігурацією (*Configuration Management*);
- управління безпекою інформації (*Security Management*);
- управління розрахунками (*Accounting Management*).

Управління робочими характеристиками має на меті оптимізувати параметри якості обслуговування користувачів, а також управління трафіком, забезпечуючи:

- оцінювання якості роботи мережі телекомунікацій і розробку рекомендацій щодо поліпшення її експлуатаційних характеристик та розширення діапазону надаваних послуг телекомунікацій;
- аналіз і контроль функціонування СУ з подальшим удосконаленням методів управління мережами телекомунікацій.



Рис. 10.5. Класифікація функціональних сфер мережного управління

Завдання, завдяки виконанню яких забезпечується управління робочими характеристиками, можна залежно від їхнього призначення поділити на такі групи: контроль, регулювання та аналіз робочих характеристик.

Контроль робочих характеристик передбачає безперервне збирання інформації про контрольовані параметри елементів мережі, контроль стану трафіку (безперервне збирання інформації про поточний стан мережі та її елементів, яка надається операторові безпосередньо від елементів мережі або від операційної

системи), контроль робочих характеристик трафіку (оцінювання поточних робочих характеристик мережі й трафіку).

За результатами контролю робочих характеристик виводиться загальна оцінка якості послуги.

Регулювання робочих характеристик включає в себе:

- загальні функції (планування надання даних щодо контролю робочих характеристик і контрольних з'єднань для збору даних про якість послуги, визначення атрибутів контролю робочих характеристик і т. ін.);

- регулювання трафіку (застосування, зміна та відміна ручного або автоматичного регулювання трафіку. Ручне регулювання може виконувати оператор безпосередньо в комутаційній станції або через операційні системи, що зв'язуються з однією чи кількома комутаційними станціями, а автоматичне — комутаційні станції відповідно до робочих параметрів регулювання);

- адміністративне управління трафіком, що забезпечує управління мережею (розробка оператором графіків вимірювання трафіку в комутаційній станції (операційній системі), установлення чи поновлення в комутаційній станції (операційній системі) бази даних, необхідних для управління мережею, і т. ін.).

Аналіз робочих характеристик полягає в додатковому аналізі й обробці даних робочих характеристик для оцінювання їхнього рівня.

Інформація від мережного елемента про якість послуги може збиратися регулярно за певним графіком або в разі відхилення параметра від установлених норм.

Наведемо, наприклад, кілька елементарних функцій управління робочими характеристиками:

- запит про результати контролю параметрів;
- надання результатів контролю параметрів;
- ініціалізація результатів контролю параметрів;
- надання інформації про стан пучка каналів (зайнятий або вільний);
- надання інформації про стан перевантаження мережі сигналізації по спільному каналу;
- надання інформації про пучок каналів і його параметри;
- надання інформації про результати вимірювання навантаження комутаційної станції;
- надання інформації про перевантаження комутаційної станції;
- визначення атрибутів контролю;
- запит атрибутів контролю;
- надання інформації про атрибути контролю;
- установлення граничних значень (порогів) контрольованих параметрів;
- запит про граничні значення контрольованих параметрів;
- формування та поновлення бази даних управління мережею;
- надання на вимогу таблиць маршрутизації.

Значення певних контрольованих параметрів потрібні не тільки для управління робочими характеристиками, а й для здійснення деяких інших видів управління, а саме:

- управління усуненням пошкоджень — для визначення та ідентифікації відказів;
- управління конфігурацією — для визначення моментів початку внесення змін у конфігурацію мережі;
- управління розрахунками — для уточнення даних, наведених у рахунках за надані послуги.

Управління усуненням пошкоджень, або технічне обслуговування (якщо розглядати увесь комплекс робіт, виконуваних при цьому), — це виконання групи функцій, спрямованих на виявлення, локалізацію та усунення пошкоджень елементів мережі телекомунікацій і наслідків цих пошкоджень, а також підтримання в необхідних межах установлених норм для цих елементів.

Функціональна область управління усуненням пошкоджень містить такі основні компоненти:

- аварійний нагляд;
- визначення місцезнаходження пошкодження елемента мережі;
- усунення пошкодження;
- випробування;
- адміністративне управління пошкодженнями.

У процесі управління усуненням пошкоджень доводиться виконувати такі основні функції:

- надання та обмін інформацією про виникнення аварійної ситуації або про зміну стану елементів мережі;
- виявлення та локалізацію відказів, що виникли;
- управління процедурами відновлення елементів мережі після усунення пошкодження;
- погодження та координацію дій при проведенні контрольних вимірювань, планових і позапланових ремонтно-налагоджувальних робіт, а також ремонтно-відновлювальних робіт;
- інформування усіх зацікавлених сторін про перерви в роботі засобів телекомунікацій;
- погодження та координацію спільних дій під час різноманітних ситуацій у мережі.

Несправності мережі можна кваліфікувати за ступенем їхньої вагомості, користуючись поняттями «дефект» та «аномалія».

Дефект (пошкодження) — це обмежена перерва у здатності об'єкта виконувати необхідну функцію, яку за певних умов потрібно усунути у процесі технічної експлуатації. До дефектів належить низка аномалій, які призводять до зниження здатності об'єкта виконувати необхідну функцію.

Аномалія — це розбіжність між поточним і потрібним значеннями параметра об'єкта, яка за певних умов може не впливати на здатність об'єкта виконувати необхідну функцію.

Відказ (аварія) — це втрата здатності об'єкта виконувати необхідну функцію.

У процесі контролю аномалії та дефекти аналізують і на підставі аналізу оцінюють якість функціонування об'єкта управління (нормальна, знижена або неприйнятна).

Як для мережі загалом, так і для окремих її елементів існують свої критерії оцінювання.

Управління конфігурацією полягає у виконанні всіх видів робіт, пов'язаних як з логічною організацією ресурсів мережі, так і з фізичним управлінням режимами роботи встановлених на ній технічних засобів (обладнання).

Управління конфігурацією має на меті:

- формування і розвиток мережі;
- планування робіт на мережі та відповідних послуг;
- створення і ведення бази даних.

При цьому має забезпечуватися:

- виконання процедур щодо введення обладнання в експлуатацію (за винятком встановлення обладнання) зі здійснення необхідних для цього перемикань та змін структури мережі, а після підготовки до експлуатації — ініціювання службових програм з управління станом цього обладнання;

- контроль стану та регулювання на вимогу параметрів елементів мережі (наприклад, ініціювання проведення діагностичних випробувань мережного елемента, видалення пошкодженого мережного обладнання, проведення попереднього моделювального аналізу передбачуваної конфігурації мережі).

Залежно від призначення мережі та обладнання, що на ній використовується, управління конфігурацією може передбачати:

- безперервний контроль поточного стану та режимів роботи обладнання мережі;

- розробку пропозицій щодо планування, розвитку й оптимізації мережі;

- розробку пропозицій щодо формування додаткових каналів і трактів;

- уведення в експлуатацію додатково встановлених на мережі технічних засобів;

- виведення з експлуатації пошкоджених технічних засобів та заміну їх на резервні;

- виведення з експлуатації технічних засобів з метою проведення їх профілактичного обслуговування;

- розробку графіків обходів та замінів;

- розробку планів проведення ремонтно-налагоджувальних робіт та контрольних вимірювань параметрів мережі;

- розробку планів щодо усунення перевантажень на мережі;

- складання графіків обходів і замінів в аварійних ситуаціях і контроль за їх виконанням;

- перемаршрутизацію трафіку при перевантаженнях на мережі;

- управління режимами маршрутизації в комутаційних приладах мережі (кросових комутаторів, комутаційних станціях, вузлах);

- формування нової бази даних для елементів мережі, а також внесення змін у базу даних.

Управління безпекою інформації включає в себе такі завдання:

- розробку заходів із забезпечення закритості інформації щодо контролю за їх здійсненням;

- захист баз даних від несанкціонованого доступу;

- дотримання конфіденційності при наданні даних;

- класифікацію рівня безпеки мережі зв'язку.

Існує п'ять видів захисту інформації:

- 1) автентифікація (об'єктів, походження даних);

- 2) управління доступом;

- 3) забезпечення конфіденційності даних (при з'єднанні, без з'єднання, вибраного поля, потоку даних);

- 4) забезпечення цілісності даних;

- 5) забезпечення неможливості відречення від походження, доставляння інформації, включаючи такі елементи механізму її захисту, як шифрування, електронний підпис, списки управління доступом, паролі, списки можливостей, мітки, нотаріальне посвідчення тощо.

Не спиняючись на кожному з наведених видів захисту інформації, коротко розглянемо функції, які потрібно виконувати при управлінні безпекою інформації.

Управління доступом охоплює функції, що забезпечують контрольований доступ уповноважених на це осіб до управління ресурсами мережі, забороняючи такий доступ іншим особам, а також несанкціоновані дії користувача системи управління. Ідеться, скажімо, про такі функції:

- забезпечення санкціонованого доступу до інформації з боку організацій, що експлуатують мережу;
- дотримання конфіденційності даних (надання інформації користувачам, які мають дозвіл на доступ до неї);
- контроль за наданням права доступу до інформації;
- забезпечення кількох рівнів доступу до СУ;
- складання звітів про сеанси робіт із СУ та способи несанкціонованого доступу;
- підтримання в СУ інформації щодо управління доступом.

Ось кілька елементарних функцій управління, які виконуються при управлінні доступом:

- повідомлення про операції перевірки (мережа управління телекомунікаціями просить елемент мережі повідомити про дії щодо розпізнавання, ідентифікації, визначення місцезнаходження користувача);
- запит мандатної інформації (елемент мережі запитує мережу управління телекомунікаціями про мандати і/або супутню інформацію).

Ефективне управління безпекою має здійснюватися як у межах усієї СУ, так і в межах операційної системи сервера та окремої прикладної програми.

Зауважимо, що захист інформації може також здійснюватися через фізичний захист обладнання від несанкціонованого доступу (наприклад, розташування сервера в приміщенні, захищеному від несанкціонованого доступу).

Управління розрахунками передбачає:

- збирання даних про засоби, що надаються або орендуються, і надавані послуги телекомунікацій;
- розробку тарифів на послуги, що надаються;
- проведення взаєморозрахунків між учасниками надання послуг телекомунікацій.

10.5. Сучасний стан послуг інфокомунікацій. Гарантована якість послуг

Застосування пакетної комутації в інфокомунікаційних мережах сприяє розвитку нових послуг, таких як, наприклад:

- оплата за рахунок абонента, що викликається;
- картки попередньої оплати;
- віртуальний телефонний зв'язок;
- універсальні картки та універсальні таксофони;
- обслуговування банкоматів;
- обслуговування пунктів продажу товарів і послуг;
- обслуговування потреб комунального господарства;
- віддалений моніторинг усіляких промислових датчиків;
- контроль перевезень;
- забезпечення функцій охорони;

● забезпечення оперативних потреб органів охорони порядку, служб екстреної допомоги, аварійних служб.

Водночас тенденція до дерегулювання та лібералізації телекомунікаційних ринків змушує постачальників послуг переглядати принципи ведення свого бізнесу. Якщо раніше головні зусилля операторів було спрямовано на надання власне транспортних послуг і на забезпечення достатньої смуги пропускання в опорній мережі, то сьогодні оператори мають потребу в гнучких і високошвидкісних засобах, щоб надавати своїм клієнтам різноманітні види послуг: передавання ІР-трафіку, голосу, трафіку локальних мереж тощо. Ця потреба особливо загострюється в умовах конкуренції, коли численні оператори активно впроваджують новітні послуги.

Сьогодні традиційний підхід до надання телекомунікаційних послуг не дозволяє розгортати новітні послуги, що вимагають управління послугами в масштабах усієї мережі та гарантованої якості послуг (QoS).

До найскладніших і практично нерозв'язуваних питань, що постають при використанні наявних абонентських пристроїв, належать:

- управління трафіком;
- віддалене управління самими пристроями;
- моніторинг з боку оператора параметрів продуктивності;
- кількість інтерфейсів користувачів тощо.

Зрештою застосування стандартного мережного абонентського обладнання як кінцевого на майданчику споживача обертається для оператора практичною неможливістю досягти гарантованої якості послуг (QoS), а отже, призводить до економічних втрат.

Саме цим зумовлена поява нової моделі послуг для мереж NGN, до впровадження якої нині приступають мережні оператори в різних країнах світу. Вона ґрунтується на застосуванні спеціалізованого кінцевого обладнання, що розташовується на площах споживача і є власністю оператора (*Customer-Located Equipment — CLE*).

Проблеми управління та моніторингу такого обладнання вже можуть бути розв'язані централізованою автоматизованою СУ.

10.6. Основні стандарти системи управління мережами інфокомунікацій. Концепція TMN

Нині питаннями стандартизації управління телекомунікаційними мережами опікуються кілька міжнародних організацій. Серед їхніх напрацювань слід згадати:

- модель МСЕ, що базується на концепції TMN;
- модель Форуму управління телекомунікаціями (*TeleManagement Forum — TM Forum*), що відповідає концепції Smart TMN;
- модель ІЕТФ, побудована на стандартних базових засобах мережного управління (*Network Management Framework*) мережі Інтернет;
- модель мережного управління АТМ форуму (на основі моделі ІЕТФ з використанням елементів TMN);
- модель управління фірми ІВМ;
- моделі із застосуванням технологій управління TINA та CORBA.

Зауважимо, що 1988 року Міжнародний консультативний комітет із телеграфії та телефонії (ССІТТ) опублікував набір рекомендацій щодо структури та функцій

телекомунікаційних мереж М.30. Одна з них, а саме М.3010, відома як «Принципи TMN», стала головним документом при реалізації концепції управління такими мережами. До середини 1990-х років МСЕ і TM Forum розробили ще цілу низку аналогічних рекомендацій і стандартів. Утім значна частина зробленого так і залишилася у вигляді пропозицій, не перетворившись на закінчений набір стандартів. Цьому можна знайти безліч пояснень, але факт залишається фактом — підготовку важливих стандартів із технології та методів управління телекомунікаційними мережами й досі не закінчено. Тому на ринку присутні багато компаній, що пропонують окремі реалізації тих чи інших аспектів управління, а розроблені ними СУ часто несумісні одна з одною.

Спинимося докладніше на концепції TMN.

Із погляду МСЕ мережа управління телекомунікаціями TMN — це окрема мережа для управління функціонуванням мереж телекомунікацій. Для організації взаємодії з мережами телекомунікацій TMN використовує один чи кілька інтерфейсів. Вона може являти собою логічну частину мережі телекомунікацій чи бути фізично незалежною, тобто окремою мережею. Усі ресурси, що належать до складу мережі телекомунікацій, незалежно від їхньої фізичної природи та функціонального призначення називаються *мережними елементами* (*Network Element — NE*). За управління елементами відповідає *система підтримки операцій* (*Operations Support System — OSS*). Структуру мережі TMN, загальні принципи побудови та основні операції, функціональні блоки, компоненти й інтерфейси описано у Специфікації МСЕ М.3010.

Мережні елементи забезпечують виконання базових функцій обміну інформацією між оператором і мережею телекомунікацій. Механізм обміну між мережним елементом і зовнішнім середовищем не визначений, у специфікаціях обумовлюються лише загальні принципи взаємодії.

Засоби адаптації, медіатори (*Mediation Device — MD*) регулюють обмін інформацією між функціональними блоками TMN. Вони виконують функції перетворення структури інформації для передавання в різні структурні блоки.

Системи підтримання операцій відповідають за здійснення процедур адміністрування, збір інформації про події в мережі, моніторинг і координацію різних функцій мережі телекомунікацій, зокрема й пов'язаних з управлінням мережею.

Робочі станції (*Workstation — WS*) виконують роль консолі оператора системи.

Адаптери (*Q-Adapters — QA*) організують зв'язок із мережею TMN тих ресурсів (мережних елементів), що не підтримують стандартних механізмів взаємодії в середині TMN.

Функціональні блоки зв'язані між собою за допомогою інтерфейсів різних типів — F, Qx, Q3, X та ін. Інтерфейси типу Qx у загальному випадку призначено для організації взаємодії між блоками MD і NE; інтерфейси Q3 — для зв'язку блоків OSS із функціональними блоками NE, MD, QA; інтерфейс типу F — для спільної роботи консолі оператора та мережі передавання даних.

Система управління згідно з концепцією TMN має багаторівневу структуру і складається з таких рівнів:

- рівня мережних елементів;
- рівня управління елементами мережі (нижній рівень);
- рівня управління мережею;
- рівня управління послугами;
- рівня управління діяльністю (верхній рівень).

Межею між інфраструктурою СУ та зовнішнім стосовно неї середовищем є рівень мережних елементів, що складається з мережних ресурсів і надає для СУ необхідну інформацію від окремих мережних елементів. На цьому рівні перебувають як Q-адаптери, що здійснюють зв'язок із несумісними з TMN елементами, так і самі сумісні з TMN мережні елементи.

На рівні управління мережними елементами відбувається управління кожним мережним елементом за допомогою спеціальних програм управління. У загальному випадку така програма відповідає за управління підмножиною мережних елементів. Логічно на цьому рівні управління розміщуються медіатори (MD), хоча фізично вони можуть бути реалізовані на інших рівнях (мережному або на рівні управління послугами). Медіатор MD взаємодіє з OS рівня управління послугами через інтерфейс Q3. Окрім того, OS рівня управління послугами надає свою інформацію для OS мережного рівня, також використовуючи інтерфейс Q3.

На рівні управління мережею забезпечується видимість усієї мережі на основі інформації, що поставляється мережними елементами через операційні системи рівня управління мережними елементами. Іншими словами, на цьому рівні відбувається координація всіх мережних дій і забезпечується підтримання запитів із рівня управління послугами. Взаємодія OS цього рівня з OS рівня управління послугами здійснюється через інтерфейс Q3.

На рівні управління послугами відбувається управління обговореними послугами наявних і потенційних клієнтів на базі інформації з мережного рівня. Це основна точка архітектури, де відбувається взаємодія з клієнтами з питань розрахунків, якості обслуговування, управління усуненням несправностей. Цей рівень є також ключовою точкою для взаємодії з постачальниками послуг та іншими адміністративними доменами. Тут провадиться збір статистичних даних для підтримання якості обслуговування. Операційні системи OS на рівні управління послугами взаємодіють з аналогічними OS інших адміністративних доменів через інтерфейс типу X. Взаємодія OS цього рівня з OS бізнес-рівня налагоджується через інтерфейс Q3.

Бізнес-рівень управління — це найвищий рівень планування, постановки завдань, директивних рішень, ділових угод тощо.

10.7. Перспективні напрямки розвитку систем управління інфокомунікаціями

Однозначної відповіді на запитання, про те, який зі стандартів щодо побудови СУ є найкращим і на яку технологію орієнтуватись у найближчому майбутньому, дати неможливо. Єдине, що можна стверджувати: управління мережами телекомунікацій можливе за допомогою кожної з цих технологій і практично є однаково ефективною. Усі вони використовують перспективний компонентний підхід, а також приблизно однаковий механізм віддаленого виклику процедур і роботи з віддаленими об'єктами.

Отже, перевага буде на боці тієї технології, яка відзначатиметься вищою динамікою розвитку й знайде підтримку більшості компаній — розробників обладнання і програмного забезпечення.

Утім базовими концепціями щодо побудови СУ телекомунікаційними мережами різних типів є *концепція TMN*, запропонована МСЕ наприкінці 1980-х років, і *модель Smart TMN* Форуму управління телекомунікаціями (*TeleManagement Forum — TM Forum*).

Тому, безумовно, СУ мережами інфокомунікацій наступного покоління має повною мірою відповідати вимогам цих концепцій, а саме:

- будуватися за ієрархічною структурою (рівні елементів мережі, управління елементами мережі, управління мережею) згідно з концепцією TMN на нижчих рівнях ієрархії управління;

- забезпечувати виконання всієї функціональності управління, визначеної в Рекомендації МСЕ М.3400;

- на вищих рівнях ієрархії управління (рівні управління послугами та управління бізнесом) підтримувати автоматизацію процесів управління діяльністю оператора згідно з моделлю ТОМ (*Telecom Operation Map*) ТМ Форуму. Цією моделлю передбачено, що основні бізнес-процеси оператора (підприємства) телекомунікацій (постачальника телекомунікаційних послуг) мають бути організовані відповідно до чотирирівневої ієрархії, де на верхньому рівні перебуває споживач послуг — клієнт, а на нижньому — мережна інфраструктура. СУ телекомунікаційними мережами оператора має бути органічною складовою єдиної автоматизованої СУ діяльністю оператора;

- реалізовувати наскрізне управління від краю до краю, тобто забезпечувати можливість контролю за діяльністю всіх компонентів бізнес-процесу (включаючи програмне забезпечення та операційну систему, базу даних, сервери та елементи локальної і глобальної мережі) як єдиного цілого.

10.8. Номенклатура показників рівня розвитку систем управління

Рівень розвитку систем управління мережами телекомунікацій характеризується показниками, які визначають рівень автоматизації таких систем і технічної експлуатації мереж телекомунікацій, а також завданнями, що їх розв'язують автоматизовані системи технічної експлуатації та управління.

Такими показниками можуть бути:

- наявність єдиної централізованої системи технічної експлуатації мережі;
- наявність автоматизованої СУ мережі;
- рівень автоматизації управління та технічного обслуговування;
- номенклатура служб СУ та технічної експлуатації;
- перелік функцій СУ;
- наявність рівнів управління TMN згідно з Рекомендацією МСЕ М.3010;
- частка охоплення автоматизованою СУ технічних засобів мережі;
- наявність центру автоматизованої системи технічної експлуатації мережі;
- наявність центру автоматизованої СУ мережею;
- можливість взаємодії СУ окремими мережами з центром управління всіма мережами.

10.9. Тенденції розвитку систем управління інфокомунікаційними мережами в Україні

Основа телекомунікаційних мереж України становлять загальнодержавні мережі: первинна мережа (що складається з магістральної, зонових і місцевих ділянок), телефонна мережа загального користування (яка також складається з магістральної, зонових і місцевих ділянок), телеграфні.

Друга велика частина телекомунікаційних мереж — це різні відомчі мережі, які або перебувають у державній власності (наприклад, мережа телекомунікацій Міненерго), або приватизовані (наприклад, мережа Укррічфлоту).

Третя частина телекомунікаційних мереж України припадає на мережі незалежних операторів. Частина цих операторів — приватні підприємства різного типу і з різною часткою іноземного капіталу, частина — акціонерні товариства чи спільні підприємства.

Нині в Україні спостерігається активне будівництво мереж операторів телекомунікацій. Наприклад, за кілька років було розгорнуто оптоволоконну транспортну мережу Укртелекому, побудовано нові вузли доступу в регіонах компаніями «Інфоком», «Датаком» і «Голден Телеком», уведено в експлуатацію міські транспортні SDH-кільця в Києві, Харкові та інших містах.

Таким чином, останнім часом у статусі операторів телекомунікаційних мереж відбуваються зміни, що призводять до змін у відносинах між операторами і, напевне, спричиняться до змін структури СУ телекомунікаційними мережами.

В умовах жорсткої конкуренції в телекомунікаційній галузі успішною бізнес-стратегією операторів є розширення спектра надаваних послуг. Проте надання додаткових послуг неможливе без упровадження сучасних технологічних рішень і нового обладнання, що, у свою чергу, зумовлює зростання та ускладнення мережної інфраструктури. Із розширенням мереж оператори стикаються з гострою необхідністю оптимізувати витрати на управління та адміністрування.

Одним з ефективних рішень, що дозволяють керувати телекомунікаційними мережами, а також забезпечувати безвідказність обладнання є розвиток системи управління із застосуванням автоматизованих мережних СУ.

Наявність у кожного оператора СУ своїми мережами та ієрархічний принцип побудови структури СУ не виключає можливості (якщо в цьому буде потреба) централізованого управління мережами або деякими частинами об'єктів управління безпосередньо з центру управління системи. Саме необхідність централізованого управління є особливо актуальною у кризових надзвичайних ситуаціях.

У системі управління з ієрархічною структурою, якою є СУ телекомунікаційними мережами, інформація про технологічний процес, стан керованого об'єкта й окремих його частин узагальнюється та систематизується з просуванням від систем управління мережами оператора — підсистем більш низького рангу, до Національного центру управління (НЦУ) — підсистем найвищого рангу.

Найбільш докладну інформацію про технологічний процес і стан окремих пристроїв об'єктів управління отримує СУ цими пристроями. Центр управління оператора переробляє вже загальнішу інформацію. Центр управління мережами телекомунікацій оператора отримує лише найбільш загальну інформацію про об'єкт, яка має порівняно невеликий обсяг, а тому її можна швидко й ефективно переробити для передавання в необхідному обсязі й у потрібний час до НЦУ.

Теперішній стан розвитку СУ характеризується явно недостатнім рівнем автоматизації процесів управління мережами. Існуючі СУ було розраховано на управління аналоговими мережами, побудованими на обладнанні старих типів, яке принципово не підлягало автоматизованому керуванню.

Поки що на багатьох мережах використовуються напівавтоматизовані процеси управління та окремі автоматизовані СУ, що розв'язують деякі завдання управління на рівні елементів мережі і, частково, на рівні управління мережею.

Лише на деяких нових цифрових мережах упроваджуються автоматизовані СУ.

Установлене останніми роками на мережах телекомунікацій сучасне обладнання функціонує під управлінням власних вбудованих СУ на рівні автоматизованого управління мережними елементами.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте характеристику основних функцій системи управління інфокомунікаційними мережами.
2. Які основні завдання системи управління мережами інфокомунікацій?
3. Які функції управління реалізовано на п'яти рівнях багаторівневої структури TMN?
4. Схарактеризуйте основні показники, які визначають рівень автоматизації систем управління та технічної експлуатації мереж інфокомунікацій.

ПІСЛЯМОВА ДО РОЗДІЛУ 10

Ви вивчили матеріал присвячений системі управління інфокомунікаційними мережами.

Тепер ви вже ознайомлені із загальними питаннями системи управління інфокомунікаційними мережами. Ви знаєте, що управління — це багатофункціональний процес, головні функції якого такі:

- прогнозування (науково обґрунтоване передбачення перспектив розвитку об'єкта управління та можливих його станів до певного моменту);

- планування (визначення мети розвитку об'єкта управління, методів і шляхів її досягнення);

- організація роботи (вибір і формування структури виробничого об'єкта та організаційної структури управління, визначення співвідношення між структурними елементами системи їх взаємодії);

- координація та регулювання (забезпечення погодженості дій виконавців і забезпечення підтримання або зміни показників, істотних для функціонування об'єкта управління);

- активізація та стимулювання (спонування до дії людей за рахунок матеріальних і моральних стимулів);

- облік (фіксування стану об'єкта управління);

- контроль (порівняння фактичного та заданого стану об'єкта управління);

- аналіз (виявлення та аналіз причин відхилень фактичного стану об'єкта управління від заданого).

Можете визначити логічну модель системи управління телекомунікаціями. Вам відомо, що TMN (*Telecommunication Management Network*) — це окрема мережа, яка керує функціонуванням мереж телекомунікацій. Для організації взаємодії з мережами інфокомунікацій система управління має згідно з концепцією TMN багаторівневу структуру і складається з таких рівнів:

- рівня мережних елементів;

- рівня управління елементами мережі (нижній рівень);

- рівня управління мережею;

- рівня управління послугами;

- рівня управління діяльністю (верхній рівень).

Через мережу управління телекомунікаціями TMN можна, наприклад, керувати:

- мережами телекомунікацій (загального користування і відомчими), у тому числі цифровими мережами з інтегральним обслуговуванням, мережами зв'язку з рухомими об'єктами, віртуальними приватними мережами, інтелектуальними мережами;

- власне мережею управління телекомунікаціями;

- кінцевим обладнанням систем передавання (обладнанням групоутворення, волоконно-оптичних, радіорелейних, супутникових систем);

- цифровими та аналоговими системами передавання (кабельними, волоконно-оптичними, радіорелейними, супутниковими);

- системами відновлення (резервування);

- операційними системами та їх периферійними засобами, кінцевими процесорами, груповими контролерами, серверами файлів тощо;
- глобальними, територіальними та локальними інформаційно-обчислювальними мережами (відповідно *WAN — Wide Area Network*, *MAN — Metropolitan Area Network*, *LAN — Local Area Network*);
- мережами з комутацією каналів і пакетів;
- кінцевим обладнанням і системами телефонної сигналізації, зокрема транзитними пунктами сигналізації та базами даних у реальному часі;
- телематичними службами;
- відомчими АТС, точками доступу відомчих АТС та кінцевим обладнанням (терміналами) користувачів;
- терміналами користувачів цифрових мереж з інтегральним обслуговуванням (ISDN);
- програмним забезпеченням, що надається телекомунікаційними службами, або пов'язаним із ним (наприклад, програмним забезпеченням систем комутації);
- прикладним програмним забезпеченням у межах центрального процесора, включаючи прикладне програмне забезпечення мережі управління телекомунікаціями TMN;
- допоміжними системами — випробувальним обладнанням, системами електроживлення, кондиціонерами, системами пожежної сигналізації тощо.

Список рекомендованої літератури

1. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами / [Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.]. — К.: ДУІКТ, 2009. — 352 с.
2. Кривуца В. Г. Сучасні цифрові системи комутації: підручник / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Стеклов В. К. — К.: ДУІКТ, 2010. — 389 с.
3. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій: підручник для ВНЗ/[Кривуца В. Г., Стеклов В. К., Беркман Л. Н. та ін.]. — К.: Техніка, 2007. — 384 с.
4. Кривуца В. Г. Математичне моделювання телекомунікаційних систем / Кривуца В. Г., Барковський В. В., Беркман Л. Н. — К.: Зв'язок, 2007. — 270 с.
5. Стеклов В. К. Проектування телекомунікаційних мереж: підручник для ВНЗ/В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. — К.: Техніка, 2002. — 792 с.
6. Стеклов В. К. Нові інформаційні технології: транспортні мережі телекомунікацій/В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. — К.: Техніка, 2004. — 328 с.

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

Т е м а: ПЕРШІ КРОКИ В ІНФОКОМУНІКАЦІЯХ. ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ. ФУНКЦІЇ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

МЕТА РОБОТИ. Вивчення структурної схеми системи передавання дискретних повідомлень.

1. Теоретичні відомості*

Призначення будь-якої системи зв'язку — передавання інформації від джерела до споживача. Інформація в систему зв'язку надходить у вигляді повідомлень, які перетворюються в електричні сигнали.

Найпростішу структурну схему системи зв'язку зображено на рис. 1, де 1 — джерело повідомлень; 2 — перетворювач повідомлення в сигнал; 3 — передавач; 4 — канал зв'язку; 5 — приймач; 6 — перетворювач сигналу в повідомлення; 7 — споживач повідомлення; 8 — джерело завад.

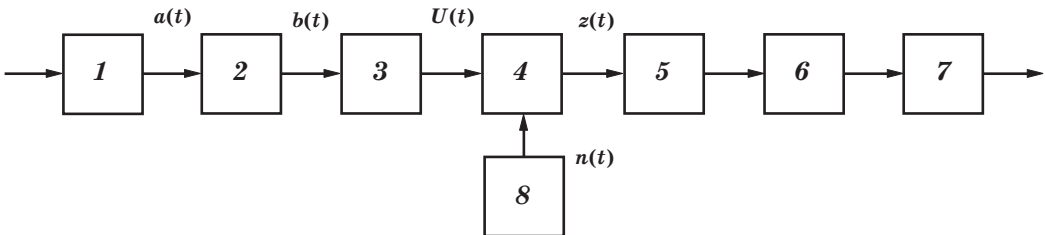


Рис. 1. Принцип перетворення інформації в системі електрозв'язку

Результат перетворення повідомлення $a(t)$ в електричний сигнал називається *первинним сигналом* $b(t)$, який здебільшого пропорційний до повідомлення, тобто виконується рівність $b(t) = ka(t)$ (k — деякий коефіцієнт пропорційності), і є неперервним, набуваючи нескінченної множини значень.

Для передавання сигналу від передавача до приймача використовується фізичне коло або середовище — *лінія зв'язку*.

Найчастіше лінія зв'язку є лінійно-смуговою системою, яка добре пропускає частоти від f_{\min} до f_{\max} . Для узгодження сигналу з такою лінією первинний сигнал перетворюють у вторинний, спектр якого зосереджено у смузі частот від f_{\min} до f_{\max} , або займає частину цієї смуги.

* Див. розд. 1.— С. 19–38.

Нехай маємо сигнал (рис. 2, а)

$$S(t) = A \sin \omega_0 t, \quad 0 < t < T_c,$$

де T_c — тривалість сигналу.

Смуга частот цього сигналу (рис. 2, б) має потрапляти у смугу пропускання лінії зв'язку — у цьому полягає узгодження сигналу зі смугопрпускаральною лінією зв'язку.

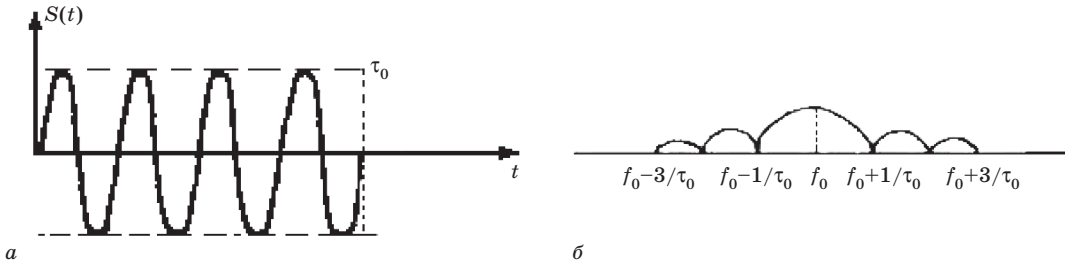


Рис. 2. Графічне подання сигналу та смуги його частот

Перетворення первинного сигналу у вторинний виконується за допомогою *модуляції*, загальний принцип якої полягає в зміні одного чи кількох параметрів носійного колювання (носія) відповідно до переданого повідомлення. Так, якщо носієм є гармонічне колювання $f(t) = U \cos(\omega_0 t + \varphi)$, то можливі три види модуляції: *амплітудна, частотна і фазова*.

При передаванні сигналу по лінії зв'язку на нього накладається завада $n(t)$, а отже, на виході каналу зв'язку сигнал набирає вигляду

$$z(t) = KU(t - t_3) + n(t),$$

де K — коефіцієнт передавання лінії зв'язку, який характеризує послаблення сигналу; t_3 — затримка сигналу, яку можна не враховувати. У приймачі за допомогою демодуляції модульованого сигналу $z(t)$ із завадою відновлюється первинний сигнал $b(t)$.

Відновлений первинний сигнал надходить до споживача повідомлень, де перетворюється в повідомлення відповідної фізичної природи.

2. Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення понять «інформація», «повідомлення», «сигнал».
2. Назвіть види сигналів.
3. Дайте визначення гармонічного сигналу.
4. Поясніть роль кодування в системі передавання дискретних повідомлень.
5. Поясніть роль модуляції. У чому полягає процес модуляції носія сигналу?
6. Поясніть, що таке лінія зв'язку.
7. Як впливають завади на корисний сигнал? Наведіть приклади.

3. Зміст протоколу

1. Структурна схема системи електрозв'язку.
2. Опис функцій основних елементів цієї схеми.

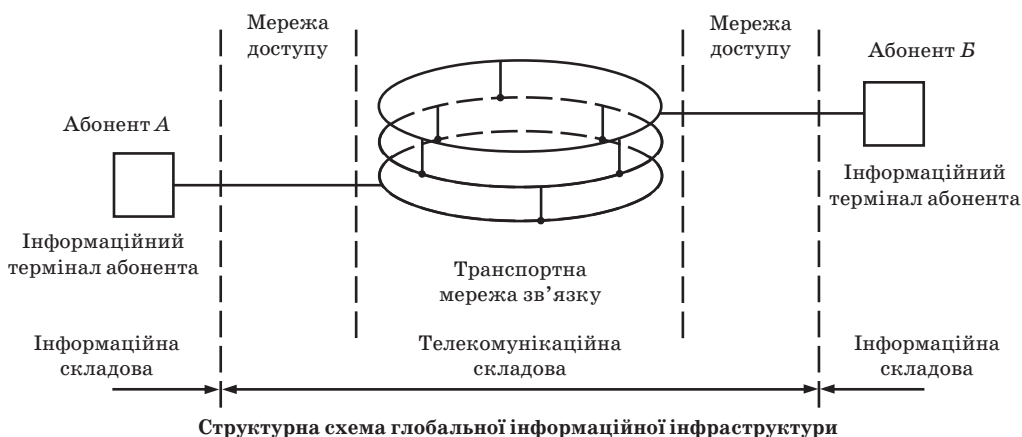
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

Тема: СТРУКТУРНА СХЕМА ГЛОБАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

МЕТА РОБОТИ. Вивчення структурної схеми ГІІ та функцій основних її елементів.

1. Теоретичні відомості*

Сучасний етап розвитку світової цивілізації характеризується переходом від індустріального до інформаційного суспільства. Технологічною основою інформаційного суспільства є глобальна інформаційна інфраструктура (ГІІ), яка має забезпечити можливість вільного доступу до інформаційних ресурсів кожному жителю нашої планети (див. рисунок).



2. Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте принципи і мету створення ГІІ.
2. Перелічіть основні характеристики (атрибути) ГІІ.
3. Дайте визначення понять *інформація*, *інформатизація*, *інфокомунікаційна мережа (послуга)*, *телеінформаційна служба*.
4. Назвіть особливості інфокомунікаційної мережі.
5. Що розуміють під економічністю та надійністю мереж?
6. Сформулюйте основні вимоги до мереж інфокомунікацій.
7. Дайте визначення поняття структури системи.

3. Зміст протоколу

1. Структурна схема ГІІ.
2. Опис функцій основних елементів цієї схеми.

* Див. розд. 2. — С. 39–63.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

Тема:

ПРОЦЕДУРИ ПЕРЕВІРКИ ПОМИЛОК НА КОЖНОМУ РІВНІ СЕМИРІВНЕВОЇ ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ

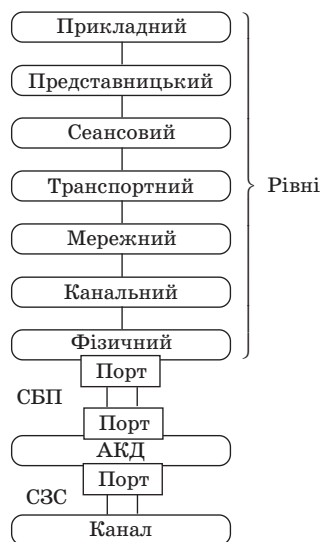
МЕТА РОБОТИ. Вивчення рівневих протоколів семирівневої еталонної моделі взаємодії відкритих систем (ВВС).

1. Теоретичні відомості*

Еталонна модель взаємодії відкритих систем (ВВС) включає в себе сім рівнів (див. рисунок).

Фізичний рівень (найнижчий) забезпечує активізацію, підтримку та дезактивізацію фізичного ланцюжка між кінцевим устаткуванням даних (КУД) і апаратурою каналу даних (АКД).

Канальний рівень (рівень ланки даних) відповідає за передавання даних по каналу. Він забезпечує, зокрема, виявлення помилок передавання та відновлення даних у разі їх втрати.



Модель ВВС, запропонована Міжнародною організацією зі стандартизації (СБП — стик блока приєднання; СЗС — стик, що залежить від середовища)

Мережний рівень визначає інтерфейс КУД користувача з мережею пакетної комутації, інтерфейс двох пристроїв КУД одного з одним у такій мережі, а також маршрутизацію в мережі і зв'язок між мережами (інтермережний протокол).

Транспортний рівень забезпечує інтерфейс між мережею передавання даних і верхніми трьома рівнями.

Сеансовий рівень слугує інтерфейсом користувача з рівнем транспортних послуг.

Представницький рівень визначає лише синтаксис (не семантику) даних у моделі.

Прикладний рівень, на відміну від рівня подання даних, має справу із семантикою даних.

2. Питання для самоперевірки

1. Поясніть призначення рівневих протоколів.
2. Яка головна мета моделі ВВС?
3. Які послуги надає кожний рівень семирівневої моделі ВВС?
4. Дайте визначення понять протоколу та інтерфейсу в інформаційних мережах.
5. Які функції рівневих протоколів?

*Див. розд. 3.— С. 64–95.

6. Назвіть основні компоненти інформаційних мереж з погляду взаємодії відкритих систем.

7. Поясніть функції шлюзу та маршрутизатора.

3. Аналіз помилок, які можуть трапитися на кожному з рівнів семирівневої моделі ВВС

Завдання 1. Назвіть рівні, на яких може трапитися кожна з наведених далі помилок.

1. Поява в тому чи іншому розряді одиниці замість нуля, що відбувається через наявність шумів.

2. Пакет (блок даних мережного протоколу) спрямовується в неправильний пункт призначення.

3. Кадр (блок даних протоколу каналу) приймається з порушенням установленної послідовності (черги).

4. Мережа з комутацією пакетів доставляє блок даних у підімкнений до неї термінал із порушенням установленної послідовності.

5. Принтер, що не додрукував рядка до кінця, раптово отримує помилкову команду повернутися на початок рядка.

6. Під час напівдуплексного сеансу користувач, який передає інформацію, несподівано починає приймати дані від користувача, якому передавалася інформація.

Завдання 2. Назвіть одну або кілька помилок, які можуть трапитися на кожному з рівнів семирівневої моделі ВВС.

Приклад виконання завдання 1.

1. Завади (шуми) сприяють виникненню помилок **на фізичному рівні**.

2. Повідомлення у вигляді кадрів передається **на каналному рівні**.

3. Блоки даних згідно з установленною послідовністю (чергою) передаються **на транспортному рівні**.

4. Інформація, яку бачимо на екрані комп'ютера чи принтера, формується за допомогою **представницького рівня**.

5. Управління діалогом користувачів здійснюється **на сеансовому рівні**.

6. Управління маршрутом пакетів здійснюється **на мережному рівні**.

4. Зміст протоколу

1. Структурна схема еталонної моделі ВВС.

2. Опис функцій кожного з рівнів еталонної моделі ВВС.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

Тема:

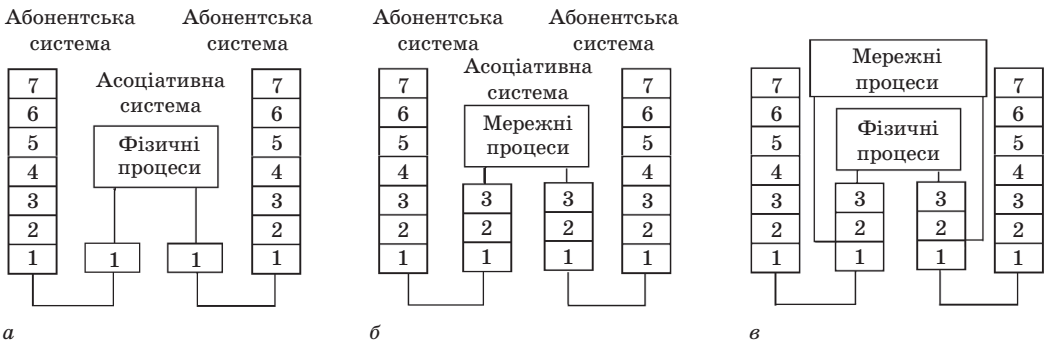
СПОСОБИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ З КОМУТАЦІЄЮ КАНАЛІВ, ПАКЕТІВ ТА ПОВІДОМЛЕНЬ

МЕТА РОБОТИ. Вивчення способів комутації в інфокомунікаційних мережах.

1. Теоретичні відомості*

Для передавання дискретних повідомлень (ПДП) мережею можливе встановлення з'єднань двох видів — *довгострокових* і *оперативних*. Відповідно до цього розрізняють два види мереж ПДП — із *довгостроковою*, або *кросовою*, та *оперативною* комутацією.

Здебільшого в мережах ПДП застосовується *оперативна* комутація, при якій між двома точками мережі організовується тимчасове з'єднання. Розрізняють чотири види оперативної комутації: каналів (КК), повідомлень (Кп), пакетів (КП) і мішану (див. рисунок).



Схеми комутації: *a* — каналів; *b* — пакетів; *v* — мішана
(цифрами 1–7 позначено рівні семирівневої моделі взаємодії відкритих систем)

Під час роботи в режимі *комутації каналів* (див. рисунок, зображення *a*) перед початком взаємодії потрібно виконати низку попередніх процедур, пов'язаних зі створенням тракту, тобто необхідної послідовності каналів. Для цього абонентська система — ініціатор взаємодії має сформулювати й надіслати найближчому комутаторові запит на прокладання через комунікаційну підмережу необхідного тракту. Після утворення тракту дві абонентські системи (тільки дві) використовують його протягом усього сеансу взаємодії для передавання один одному послідовностей блоків даних.

Як показує досвід, під час сеансу послідовність каналів використовується порівняно недовго, більшу частину часу канали простоюють, особливо, коли від-

*Див. розд. 4. — С. 96–111.

бувається діалог користувача з прикладними процесами, коли він обмірковує отримані результати й повільно (за допомогою клавіатури) передає черговий запит.

Іншим недоліком комутації каналів є значна тривалість створення тракту, бо для цього необхідно дочекатися моменту, коли в комунікаційній підмережі буде вільна вся необхідна послідовність каналів. У разі коротких сеансів час створення тракту нерідко перевищує тривалість передавання блоків даних. Усе це призводить до того, що комутація каналів виявляється найменш ефективним способом комутації інформації. Тому КК найчастіше використовується для передавання великих масивів інформації або в тих випадках, коли потрібне передавання блоків даних із заданим терміном їх доставляння, наприклад для передавання мови або в технологічних процесах.

Особливістю методу *комутації пакетів* є одночасне колективне використання каналів значною кількістю абонентських систем. Тут фізичні тракти не створюються і жодний канал не віддається в монопольне володіння парі абонентських систем. Кожним із каналів передаються (мірою їх надходження) блоки даних, що надсилаються різними абонентськими системами. Оскільки всі канали комутаційної підмережі функціонують автономно, то кожний із них описується двома рівнями протоколів (див. рисунок, зображення б). Фізичний рівень 1 характеризує канал, а каналний рівень 2 забезпечує керування передаванням блоків даних по цьому каналу.

Для послідовного передавання блоків від однієї абонентської системи до іншої потрібно було ввести в асоціативних системах рівень 4. Тому в підмережі замість однорівневих комутаторів стали використовувати трирівневі маршрутизатори. Завданням мережних процесів є виконання операцій комутації інформації та прокладання маршрутів руху послідовностей блоків даних. Завдяки цим процесам по кожному каналу передаються будь-які комбінації та послідовності блоків даних, що належать різним парам абонентських систем, які одночасно взаємодіють між собою. Завантаження каналів різко підвищується.

Проте комутація пакетів не забезпечує доставляння послідовностей блоків даних у точно визначений час. Тому використання цього способу в тому разі, коли цей час потрібно гарантувати, виявилось неможливим або дуже складним.

Мішана комутація (див. рисунок, зображення в) передбачає використання рівнів і процесів, застосовуваних як у комутації каналів, так і в комутації пакетів. Існуючі канали віддають насамперед для створення трактів, що з'єднують абонентські системи. Вільні канали не простоюють і використовуються для комутації пакетів. Природно, що в такому разі в підмережі встановлюються комбіновані вузли. Вони виконують роль як комутаторів каналів, так і комутаторів пакетів.

Мішана комутація починає широко використовуватися для одночасного передавання по одних і тих самих групах каналів і даних, і мови.

2. Питання для самоперевірки

1. Схарактеризуйте види оперативної комутації — комутацію каналів, повідомлень, пакетів.
2. Назвіть найвідоміші види мереж, в яких використовується комутація каналів, повідомлень, пакетів.
3. У чому полягає принцип швидкої комутації пакетів?

3. Зміст протоколу

1. Приклади схем комутації каналів, пакетів, повідомлень та мішаної комутації.
2. Характеристика мереж із різними способами комутації.
3. Опис недоліків і переваг способів комутації каналів, пакетів і повідомлень.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

Тема: АРХІТЕКТУРА МЕРЕЖІ NGN

МЕТА РОБОТИ. Вивчення архітектури мережі наступного покоління NGN та її основних рівнів.

1. Теоретичні відомості*

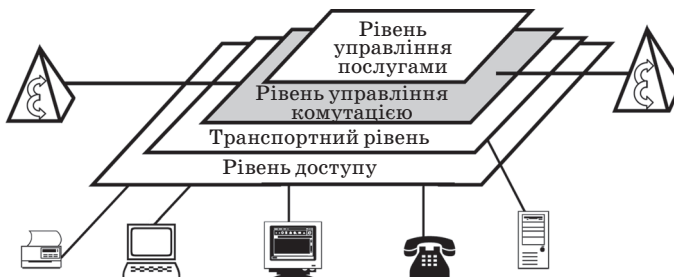
У рекомендації МСЕ-Т Y.2001 дано загальне визначення мережі зв'язку наступного покоління NGN (*Next Generation Network*): «NGN — мережа з комутацією на базі пакетів, здатна надавати телекомунікаційні послуги і можливість використовувати кілька широкосмугових транспортних технологій, що забезпечують якість обслуговування, в якій функції надання послуг не залежать від технологій, що стосуються транспортування. Вона гарантує вільний доступ для споживачів (за їхнім вибором) до мереж і постачальників служб, які конкурують між собою, і/або до служб/послуг. Вона підтримує узагальнену рухливість, яка гарантуватиме можливість постійного і повсюдного забезпечення служб для споживачів».

Визначення терміна NGN можна спростити, якщо скористатися поняттям мережі, яка підтримує обслуговування «Triple Play services», а саме: NGN — це мережа, здатна забезпечити обслуговування «Triple Play services» за рахунок використання устаткування передавання та комутації, яке базується на пакетних технологіях.

Нині найбільшого поширення набула модель NGN, яка включає в себе чотири рівні: управління послугами; управління комутацією; транспорту та доступу (див. рисунок).

Рівень управління послугами містить функції управління логікою послуг і додатків, являє собою розподілене обчислювальне середовище, що забезпечує:

- ◆ надання інфокомунікаційних послуг;
- ◆ управління послугами;



Архітектура мережі наступного покоління NGN

* Див. розд. 5.— С. 112–129.

● створення і впровадження нових послуг;

● взаємодію різних послуг.

Рівень управління комутацією забезпечує обробку інформації сигналізації, маршрутизацію викликів і управління потоками.

3. Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення мережі зв'язку наступного покоління NGN і розкрийте її базові принципи.
2. Назвіть рівні, якими може характеризуватись архітектура мережі NGN.
3. Які головні функції покладаються на кожний рівень мережі NGN?

4. Зміст протоколу

1. Схема, що унаочнює архітектуру мережі наступного покоління.
2. Опис функцій рівнів мережі NGN.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 6

Тема:

ЕЛЕКТРОННА ПОШТА ТА ПРОГРАМИ ДЛЯ РОБОТИ З НЕЮ

МЕТА РОБОТИ. Використання електронної пошти. Ознайомлення з програмами поштові клієнти — *Outlook Express* і *Microsoft Outlook*. Електронне листування за допомогою поштового клієнта.

1. Теоретичні відомості*

Однією з перших служб, розроблених для Інтернету та найбільш використовуваних сьогодні, є *електронна пошта* (інша назва E-mail, від англ. electronic — електронна, mail — пошта). Вона забезпечує отримання та пересилання повідомлень користувачів за допомогою комп'ютерної мережі (рис. 1).

Для використання електронної пошти достатньо послуг поштового сервера, на якому перебуває програмне забезпечення (ПЗ) для роботи з листами. Це ПЗ виконано у вигляді веб-сторінки або сайту. Кожний поштовий сервер оснащено своїм ПЗ, до якого необхідно призвичаюватись, хоча ПЗ усіх серверів має багато спільного.

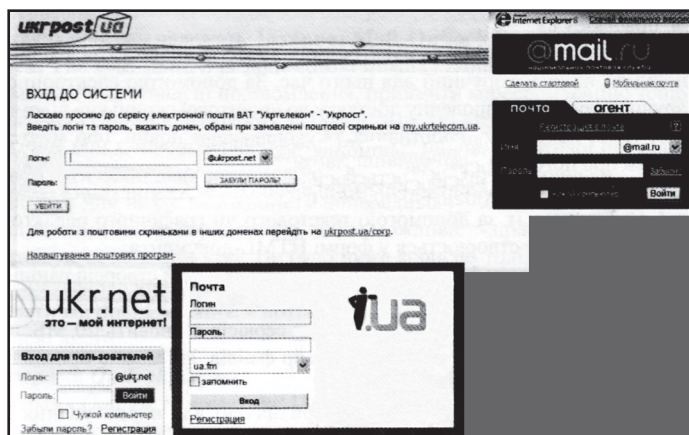


Рис. 1. Форми входу до деяких поштових систем, популярних в Україні

Роботу електронної пошти можна порівняти з роботою звичайної пошти — вона забезпечує передавання листів-повідомлень з одного пункту до іншого, але електронні листи потрапляють до адресата значно швидше, ніж звичайні.

Сьогодні існує багато серверів Інтернету, які надають різноманітні послуги, зокрема й пошти (безкоштовні).

Кожний користувач електронної пошти має власну «поштову скриньку», в якій зберігаються повідомлення, що надходять на його ім'я. Запис, який визна-

*Див. розд. 6.— С. 130–145.

чає шлях до цієї скриньки, називають *електронною адресою*. Вона складається з двох частин, відокремлених знаком @ («ет»), в яких розміщено ім'я_поштової_скриньки_користувача@поштової_служби.

Електронна адреса визначає сервер, який обслуговує комп'ютер користувача (рис. 2).

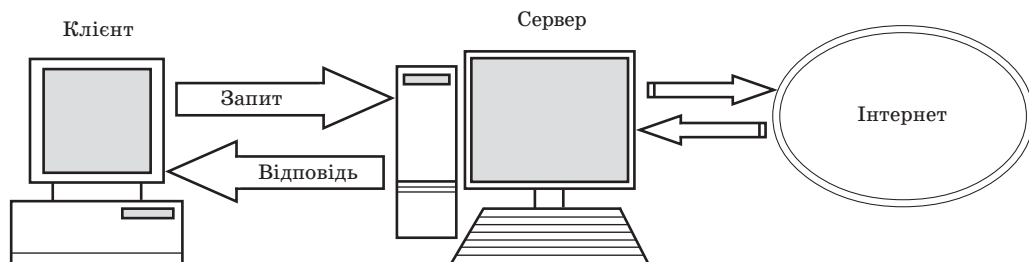


Рис. 2. Схема взаємодії «клієнт-сервер»

Для визначення певної поштової скриньки ліва частина імені (до знака @) має бути оригінальною в межах поштового сервера, наприклад комбінація імені та прізвища користувача.

Адреса комп'ютера користувача може містити відокремлені крапкою назви організації, де перебуває комп'ютер, відповідного міста чи регіону, а також країни. Адреси країн у мережі чітко визначені. Інші частини адреси добираються довільно, але припускається використання тільки літер латинського алфавіту, цифр, знаків «-» «_».

Наприклад в електронній адресі velichko@kom.kiev.ua, ua — назва країни, kom.kiev.ua — адреса сервера, де зберігаються повідомлення, velichko — ім'я власника поштової скриньки. Наведемо інші приклади: Anna@ukrsat.com, kpi08@polytech.lviv.ua, olia@kiev.ua.

Користувач може мати кілька електронних адрес та ознайомлюватися з листами і відповідати на них у зручний для нього час. За допомогою електронної пошти можна отримувати щоденне поповнення «поштової скриньки» відомостями з певної теми, наприклад спортивних чи економічних новин, про мистецтво, погоду тощо.

Електронний лист може містити текст, графічні зображення, звукові повідомлення. Створюють їх за допомогою текстового чи графічного редактора. У такому разі лист створюється у формі HTML-документа.

До листа можна додати файли (англ. to add files), створені раніше (наприклад, фотографії), але вони повинні мати певні розміри. Обмеження на розмір приєднаних файлів для більшості поштових сервісів становить 20 Мбайт, але ці обмеження поступово зникають, тобто розмір файлів, які можна приєднати до листа, збільшується.

Поштові програми, тобто програми, призначені для користування електронною поштою, зберігання та опрацювання повідомлень, встановлюють на комп'ютері-сервері, а їх виконання покладають як на комп'ютер-сервер, так і на комп'ютер-клієнт. Незважаючи на те, що таких програм досить багато, опанувати їх нескладно, оскільки кожна поштова програма містить *Адресну книгу*, а також розділи для зберігання листів — *Отриманих*, *Надісланих*, *Чернеток*.

Більшість сучасних поштових програм мають вбудовані засоби боротьби з вірусами та небажаними листами. Небажані листи, які містять рекламний характер, називають *спамом*. Такі листи більшість програм пересилає у спеціальне сховище, доступне користувачеві. Його слід іноді переглядати, оскільки нерідко до нього можуть потрапляти і потрібні листи, зокрема від кореспондентів, адрес яких немає в адресній книзі.

Поштова програма зазвичай містить вбудований текстовий редактор, серед послуг якого введення текстів із клавіатури, використання шаблонів для оформлення листів, приєднання до електронного повідомлення файлів довільного формату, друкування листів тощо.

Використання електронної пошти. Програми — поштові клієнти

Для того щоб використовувати однаковий (незалежний від того, з використанням якого поштового сервера відбувається пересилання електронних листів) інтерфейс роботи з електронною поштою, застосовують програми — *поштові клієнти*.

Робота електронної пошти підтримується роботою та взаємодією двох програм. Програма *поштовий сервер* встановлюється на сервері та забезпечує роботу служби з мережі Інтернет. Програма *поштовий клієнт* уміщується на комп'ютері користувача, за її допомогою здійснюється взаємодія з поштовим сервером.

До таких програм належать *Internet Mail, Outlook Express, Exchange Mail, Eudora, The Bat!* і т. ін. За їх допомогою можна створювати електронні листи, відправляти підготовлені повідомлення, приймати кореспонденцію тощо.

Програма і сервер взаємодіють за правилами, які визначаються протоколами електронної пошти, тому для використання будь-якої поштової програми необхідно мати деякі дані поштового сервера та поштової скриньки.

Спільним для них є необхідність попереднього налагодження та зберігання листів на комп'ютері користувача, тобто можливість працювати з листами, не завантажуючи каналу зв'язку. Це було дуже корисно тоді, коли переважно використовувались повільні з'єднання з мережею (dial up), оскільки можна було прийняти всі повідомлення, а потім їх переглядати, писати відповіді, створювати нові листи.

Програма Outlook Express

Ця програма (рис. 3) є однією з найпоширеніших, оскільки входить до складу операційних систем сім'ї *Windows*. Вона забезпечує перегляд пошти в автономному режимі, зручний перегляд повідомлень, використання бланків для оформлення листів чи списків розсилання.

Після запуску *Outlook Express* на екрані з'являється вікно програми, яке поділене на три частини. В одній відображається дерево каталогів, куди заносяться листи залежно від їхнього статусу (вхідні, вихідні, відправлені, вилучені, чернетки), друга частина — це список контактів (адресна книга), третя — статистика щодо дерева каталогів.

Під час роботи з програмою *Outlook Express* у мережі Інтернет усі поштові повідомлення користувача зберігаються в п'яти папках (див. рис. 3).

Із поштового сервера лист надходить до папки *Вхідні*, де зберігаються всі отримані повідомлення. Після читання лист залишається в тій самій папці, але позначається як прочитаний. У папці *Вихідні* тимчасово зберігаються повідомлення, які користувач створив для відправлення, але ще не відіслав. *Відіслані*

повідомлення автоматично переміщуються до папки *Надіслані*. У папці *Вилучені* тимчасово зберігаються повідомлення, що їх вилучили користувачі (аналогічно до папки *Кошик*). Папку слід періодично очищати. У папці *Чернетки* зберігаються невідправлені або неадресовані повідомлення та інші робочі матеріали.

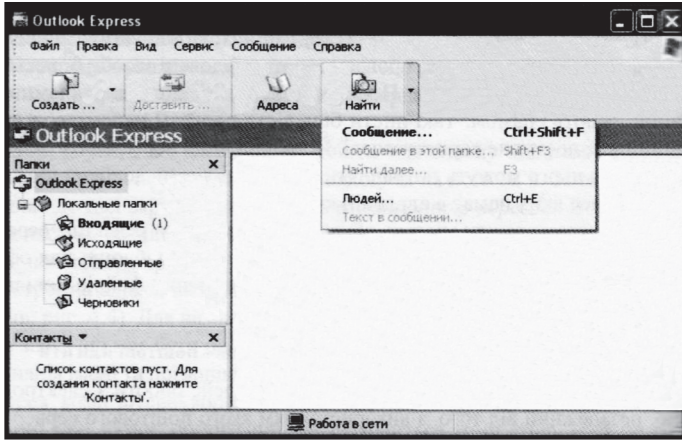


Рис. 3. Вікно програми Outlook Express

Перелік послуг програми *Outlook Express* такий: *Створити повідомлення*, *Доставити пошту*, *Адресна книга*, *Знайти*. Із поштовим повідомленням можна виконати такі дії: створити, відправити, отримати, переадресувати, переглянути, роздрукувати, зберегти, вилучити, створити відповіді.

Для створення нового повідомлення необхідно обрати послугу *Створити* в меню *Повідомлення* або скористатися відповідною піктограмою. Далі у діалоговому вікні потрібно заповнити заголовок повідомлення:

- у рядку *Кому* зазначити електронну адресу, на яку слід відіслати повідомлення;
- у рядку *Копія* вказати електронні адреси, на які слід надіслати копії повідомлення (якщо є така необхідність);
- у рядку *Тема* назвати тему чи подати коротку анотацію повідомлення для кращого орієнтування під час роботи з повідомленнями (можна не заповнювати, але це вважається поганим тоном і може викликати спрацювання систем захисту від небажаної пошти).

Під заголовком повідомлення міститься робоче поле вбудованого в поштову програму текстового редактора, за допомогою якого готується основний текст листа (рис. 4).

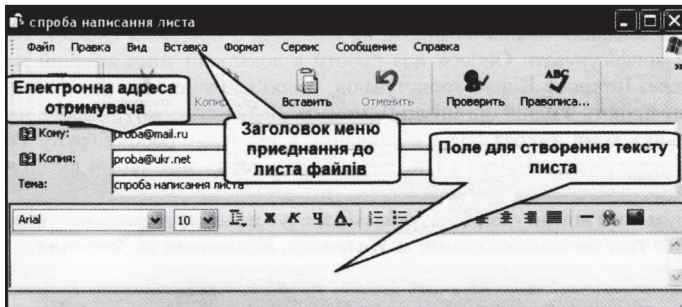


Рис. 4. Створення електронного листа у програми Outlook Express

Користувач під час роботи з програмою може задати такі додаткові параметри: підтвердити факт отримання листа адресатом; підтвердити факт прочитання листа адресатом; приєднати до листа окремий файл; вибрати адресу з адресної книги; перевірити граматику і т. ін.

Програма Microsoft Outlook

Найбільш поширеними і, за свідченням більшості фахівців та користувачів, найбільш досконалими є сьогодні програмні засоби офісного призначення, розроблені фірмою Microsoft®, зокрема пакет Microsoft Office™. Програмний засіб *Microsoft Outlook*, який є складовою цього пакета, призначено для організації електронного документообігу, планування роботи та підтримання багатьох інших видів діяльності офісного працівника.

Завдяки Microsoft Outlook користувач отримує повний контроль над засобами ділового спілкування та планування діяльності. При цьому забезпечуються можливості:

- відстежувати завдання та пам'ятки, записані в календарі;
- записувати й класифікувати ділову та особисту інформацію;
- стежити за деталями ділових і особистих контактів, зокрема зберігати та опрацьовувати адреси електронної пошти й Web-сторінок, а також нотатки про зустрічі;
- надсилати повідомлення електронної пошти та електронні візитні картки;
- організовувати файли даних у структури;
- створювати адресну книгу та керувати нею;
- упорядковувати та архівувати дані;
- безпосередньо з Outlook здійснювати доступ до файлів інших програм Microsoft, таких як документи Microsoft Word або електронні таблиці Microsoft Excel.

Усі ці завдання можна виконувати, не виходячи з програми Outlook. Можна також конфігурувати Outlook для роботи в локальній комп'ютерній мережі або через Інтернет. Кілька користувачів, об'єднаних спільними завданням (або таких, що працюють в одній організації), можуть використовувати Outlook на персональних комп'ютерах (ПК), об'єднаних у так звану робочу групу. Робочу групу може бути створено з ПК, передавання даних між якими виконується засобами локальної мережі або мережі Інтернет.

За будь-якої конфігурації Outlook забезпечує повну інтеграцію електронної пошти з такими компонентами, як *Календар*, *Контакти* та *Завдання*.

Після першого запуску програма Outlook 2007 виведе послідовність меню, куди потрібно ввести дані, необхідні для створення облікового запису пошти (рис. 5 і 6).

Обліковий запис використовується програмою — поштовим клієнтом з метою авторизації доступу до поштової скриньки та до листів, що зберігаються на комп'ютері.

Після цього виконується налагодження з'єднання з мережею Інтернет. Якщо це модемне з'єднання (рис. 7), то потрібно ввести налагодження, надані провайдером для встановлення з'єднання на фізичному рівні (номер телефону, тип сигналу виклику, рядок ініціалізації модема тощо) та на рівні протоколів мережі (тип поштового сервера, логін або назву поштової скриньки, пароль доступу тощо). Деякі поштові сервери допускають автоматичне виконання цієї процедури.

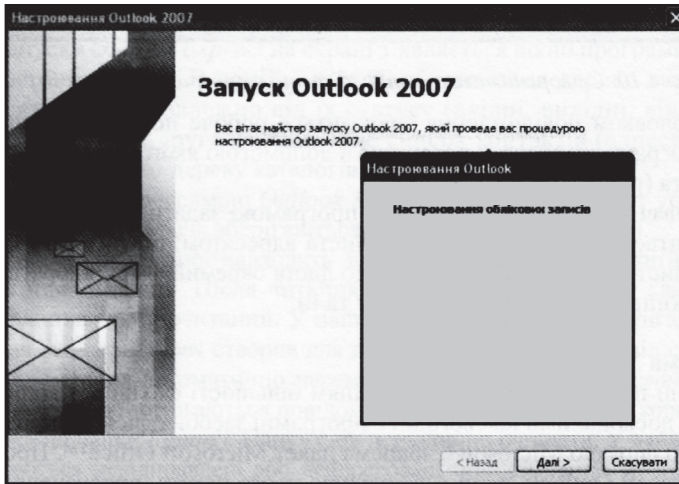


Рис. 5. Перший запуск програми Outlook 2007

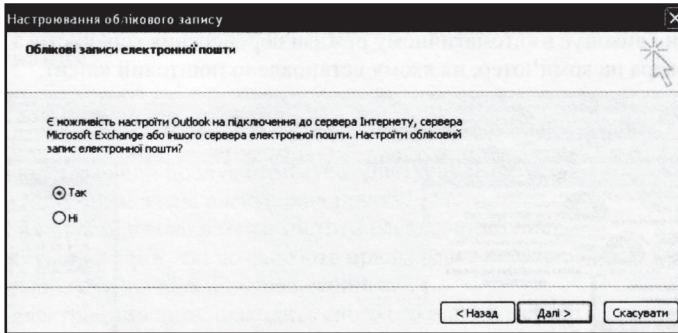


Рис. 6. Налаштування облікового запису

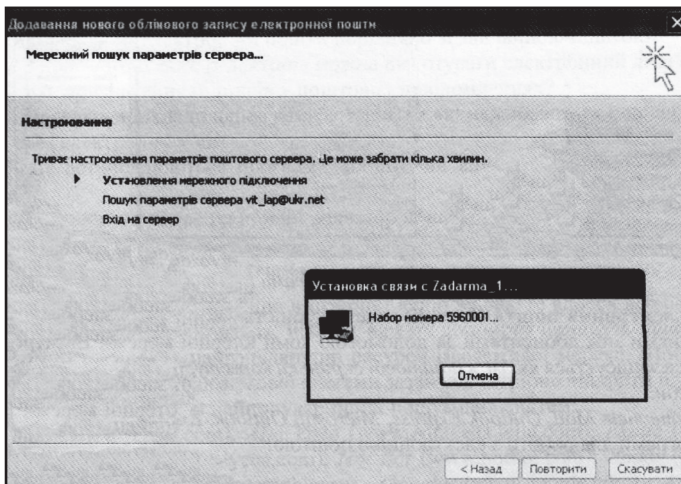


Рис. 7. Підключення до мережі з використанням модемного з'єднання

Після завершення налаштувань поштовий клієнт звертається до поштової скриньки і виконує в автоматичному режимі перенесення всіх листів із поштового сервера на той комп'ютер, де встановлено поштовий клієнт.

Електронне листування за допомогою поштового клієнта

Завдання

● Створити власну поштову скриньку на безкоштовному поштовому сервері. Занотувати назву скриньки, логін і пароль. Занотувати дані, необхідні для створення облікового запису (акаунту) у програмах типу *Microsoft Outlook*.

● Написати і відіслати листа, в якому повідомити товаришеві про те, що ви створили власну електронну поштову скриньку.

● Перевірити наявність пошти.

● Використовувати створену поштову скриньку для подальшого спілкування.

Пошукові системи Інтернету

Найлегше знайти інформацію в Інтернеті, якщо ви знаєте адреси веб-сайтів, де ця інформація зберігається. Інакше вам на допомогу прийдуть пошукові системи Інтернету — найпопулярніші ресурси цієї Всесвітньої мережі. Щоб скористатися послугами пошукової системи, зазвичай потрібно відкрити її у браузері. Наведемо адреси найпопулярніших пошукових систем:

Yahoo (www.yahoo.com), *Alta Vista* (www.altavista.tella.com), *Excite* (www.excite.com), *Lycos* (www.lycos.com), *Hot Bot* (www.hotbot.com), *Yandex* (www.yandex.ru), *Rambler* (www.rambler.ru), *Google* (www.google.com), *Anopm!* (www.aoprt.ru), *Ay* (www.au.ru).

Ці системи відкриваються набором *URL* у рядку *Адреси браузера*.

Проте Internet Explorer дає змогу шукати інформацію через популярні пошукові системи прямо на спеціальній панелі *Поиск*.

Щоб відкрити її, натисніть на кнопку *Поиск* на панелі інструментів або скористайтесь комбінацією клавіш [Ctrl]+[E]. Потім введіть у поле *Поиск* слово або речення і натисніть *Enter*. Браузер відправить запит одній з найпопулярніших пошукових систем, і вже через кілька секунд на цій панелі з'являться посилання на сторінки за цією тематикою. Якщо результати пошуку вас не задовольняють, повторіть спробу, але вже з іншою пошуковою системою, натиснувши для цього на кнопку *Следующий* або вибравши її зі списку, що з'являється після натискання на стрілку поряд із кнопкою *Следующий*. Для пошуку потрібної інформації можна вводити доволі складні конструкції зі слів.

Часто в пошукових системах застосовується спеціальний механізм для побудови логічних запитів із використанням таких логічних операторів, як AND, OR, NOT. За допомогою цих операторів можна задати близькість чи віддаленість термінів запиту в тексті документа:

AND — «і». Цей оператор означає, що в шуканому документі мають бути всі слова, розділені цим оператором у запиті. Наприклад: *electronic AND music*. Еквівалент — знак «+»;

OR — «або». Цей оператор означає, що в документі має бути принаймні одне слово з тих, які відокремлено цим оператором. Наприклад: *тварина OR собака*. Еквівалент — знак «|»;

NOT — «без». Цей оператор означає, що в шуканому документі має бути ключове слово, розміщене перед цим оператором, за неодмінної відсутності слова після нього. Наприклад: *тварина NOT собака*. Еквівалент — знак «-».

Файлові ресурси

Загалом користувачі Інтернету шукають гіпертекстові документи, використовуючи вимоги до їхнього змісту. Але часто потрібно знайти файл з конкретною назвою. Це можуть бути бібліотеки програм, архіви, компоненти операційної системи тощо. Для пошуку таких файлів використовується FTP-сервер, який містить каталоги з файлами (програмами, текстами, графікою тощо), і забезпечує доступ користувачів до цих каталогів за протоколом FTP. Відповідні сервери ще називають *файловими архівами мережі Інтернет*, оскільки обсяг інформації, яку вони надають, дуже великий.

Щоб отримати доступ до FTP-архівів, на комп'ютері потрібно встановити програму FTP-клієнт. Більшість FTP-серверів доступні для всіх. Із метою пошуку файла необхідно вказати лише його назву та тип наповнення — відео, файл/каталог тощо.

Методи пошуку

У сучасних пошукових системах передбачено два основні способи пошуку — за ключовими словами і за допомогою Web-каталогів.

Ключові слова. У текстове поле пошукової системи, розташоване у верхній частині сторінки, потрібно ввести ключові слова, які максимально відбивають сутність вашого запитання.

Для кожної пошукової системи є свій синтаксис запитів. Сформулюємо, наприклад, основні правила запису ключових слів, що застосовуються в російськомовних системах Rambler і Яндекс.

У запитах намагайтесь використовувати малі літери, а з великої набирайте лише власні імена (прізвища, імена, географічні назви тощо).

Пробіл між словами означає, що вони обидва мають міститися в шуканому документі.

Якщо потрібно знайти документи з будь-яким із зазначених слів, застосовується знак «|».

Цитати в ключових словах беруться в лапки.

Взагалі з правилами пошуку можна ознайомитися з файлів довідки, клацнувши по кнопці *Поміть*. Спеціальні правила пошуку потрібно застосовувати, якщо звичайні методи не дають бажаних результатів.

Web-каталоги. Пошук можна здійснювати не за ключовими словами, а за Web-каталогом, який є в більшості сучасних пошукових систем. Web-каталог — це вузол, де зосереджено посилання на Web-сторінки, класифіковані за певною ієрархічною системою, схожою на системний каталог у звичайній бібліотеці. Користувач клацає мишею по потрібній темі, і перед ним розкривається подальший докладніший рівень каталогу. Рухаючись углиб його, можна дістатись посилань на потрібні Web-сторінки.

Google

Сайт Google (www.google.com) сьогодні є одним із найпопулярніших засобів пошуку потрібної інформації в Інтернеті (рис. 8). Більш того, пошукова технологія Google використовується не тільки в цій інформаційно-пошуковій системі, а й у багатьох інших ресурсах (ще зовсім недавно Google обслуговувала пошукові запити на Yahoo!).

До основних переваг Google належить величезна кількість (понад чотири мільярди) проіндексованих Інтернет-сторінок, а також висока швидкість пошуку.

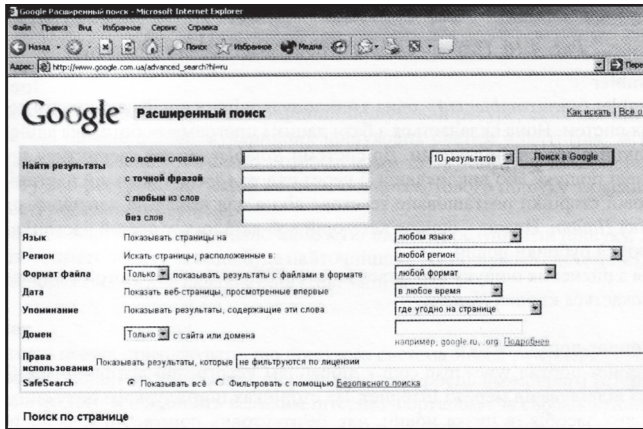


Рис. 8. Одна з найпопулярніших пошукових систем Google

Використання системи розширеного пошуку дає змогу отримати точніші результати. У спеціальних полях можна зазначити слова та фрази, за якими здійснюватиметься пошук, визначити мову й формат шуканого документа, час його останньої зміни тощо. Додатковим сервісом Google є пошук інформації в новинах (<http://news.google.com>), а також пошук товарів, виставлених на продаж у мережі (www.firoogle.com).

Rambler

Rambler (www.rambler.ru) — одна з найпопулярніших російськомовних пошукових систем (рис. 9). Вона складається з бази даних і програми-робота, яка здійснює швидкий пошук за індексами.

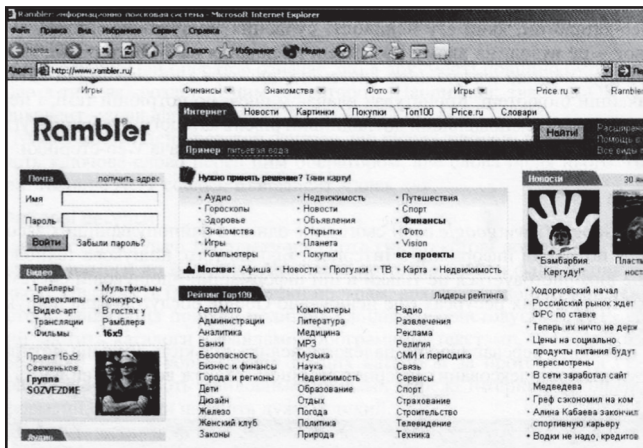


Рис. 9. Початкова сторінка пошукової системи Rambler

До системи *Rambler* можна звернутися прямо з панелі пошуку або викликавши її через рядок *Адрес*. У верхній частині початкової сторінки (див. рис. 9) розташовано текстове вікно для введення ключових слів і кнопка *Найти*. Нижче — список категорій веб-каталогу, у правій частині вікна містяться рубрики новин.

Для здійснення пошуку вводяться ключові слова до текстового поля, а потім натискається кнопка *Найти*.

Інтернет-портал MSN

Інтернет-портал www.msn.com є зібранням усього, що потрібно для більшості відвідувачів мережі Інтернет (рис. 10). На сторінках порталу, поряд із потужними пошуковими засобами є низка новин, чат, безкоштовна пошта. Окрім звичайного рядка пошуку та каталогу Інтернет-ресурсів, що складається з набору 10 стандартних рубрик, портал надає й інші можливості. Це пошук компаній і людей, пошук вакансій та багато іншого. Спеціальний розділ сайту Shopping Search присвячено пошуку товарів в онлайн-вих магазинах. На порталі MSN існує власне сховище різноманітної інформації, наприклад онлайн-ва версія популярної електронної енциклопедії *Microsoft Encarta*. Тут можна знайти вичерпну інформацію багатьох галузей знань.



Рис. 10. Інтернет-портал www.msn.com

Yahoo!

Yahoo! (www.yahoo.com) — найдавніший пошуковий ресурс, який донині залишається однією з найпопулярніших пошукових систем у світі (рис. 11). Цим він зобов'язаний детально розробленому та зручному у використанні каталогу веб-ресурсів, потужній системі повнотекстового пошуку та багатьом додатковим сервісам.

Yahoo! не вирізняється великою кількістю наданих результатів пошуку, але їх відповідність запити завжди буде найточнішою. Ця пошукова система надає можливість створювати складні пошукові запити.

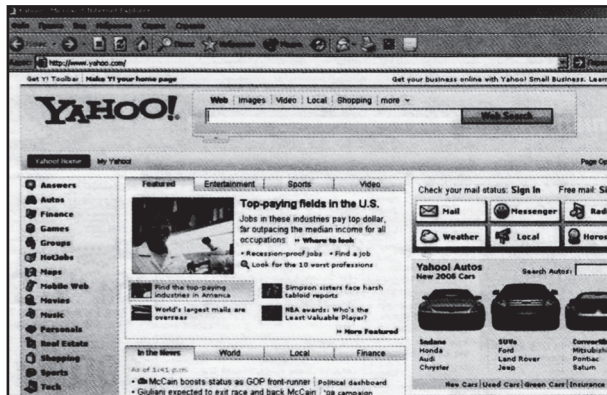


Рис. 11. Головна сторінка пошукового сервера Yahoo!

Яndex

Сьогодні можна стверджувати, що пошукова система Яndex (www.yandex.ru) — найпопулярніша інформаційно-пошукова система російськомовного Інтернету. Вона до того ж є й досить великим інтернет-порталом і за своїми функціональними можливостями не поступається знаменитим іншомовним аналогам.

На головній сторінці ресурсу розміщено посилання на всі служби пошукової системи Яndex, а також поділений на рубрики каталог зареєстрованих ресурсів.

Система формування пошукових запитів у Яndex має багато спільного з іншими пошуковими системами. Відмітною властивістю є можливість використання стандартних мовних конструкцій російської мови.

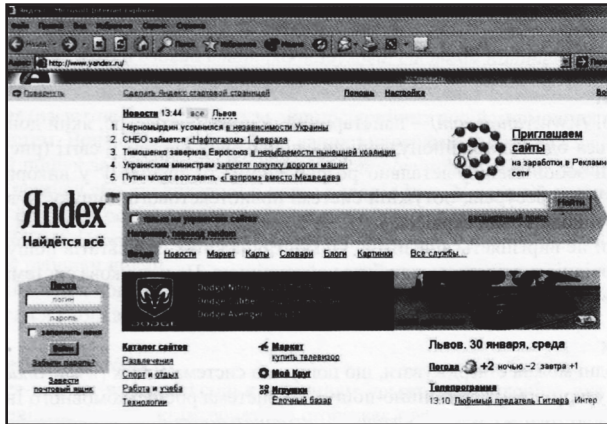


Рис. 12. Головна сторінка пошукової системи Яndex

Інтернет-ресурс Мета

Інтернет-ресурс *Мета-Україна* (www.meta.ua) — це пошукова система, що дає змогу здійснювати пошук українською мовою (рис. 13).

Для пошуку інформації за допомогою *Мети* можна скористатися тематичним і алфавітним каталогами веб-ресурсів, а також рядком пошуку, котрий дозволить здійснювати пошук як серед сайтів, зареєстрованих у каталозі, так і серед сторінок, попередньо проіндексованих роботом *Мети*.

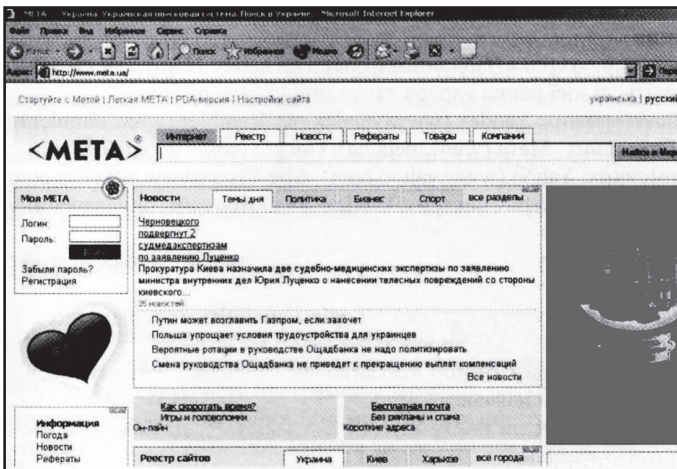


Рис. 13. Головна сторінка пошукової системи Мета

2. Питання для самоперевірки

1. Які основні види послуг отримує користувач Інтернету?
2. Для чого призначено електронну пошту?
3. Які види повідомлень може містити електронний лист?
4. Назвіть програми, які дозволяють працювати з електронною поштою. Де встановлюється кожна з них?
5. Для чого призначено поштову скриньку?
6. Як електронний лист знаходить свого адресата в мережі?
7. Що називають електронною адресою? Яка її структура?
8. Які переваги електронної пошти порівняно зі звичайною поштою?
9. Яке призначення підписів у поштових повідомленнях?
10. Які послуги надає текстовий редактор поштової програми?
11. Що таке інформаційно-пошукова система?
12. Як викликати пошукову систему?
13. Як здійснювати розширений пошук?
14. Що таке FTP-вузол?

3. Практичні завдання

Переваги та недоліки відомих пошукових систем.

1. У запропонованих електронних адресах вкажіть ім'я поштової скриньки користувача, назву сервера: vita@school02.ua.net, group@kiev.com.ua.

2. Виконайте пошук виразу «Електронний засіб навчального призначення» з використанням кількох пошукових сервісів.

3. Знайдіть у мережі засіб навчання для вивчення англійської (німецької, іспанської, французької) мови, яким можна було б користуватись безпосередньо в мережі. Подайте переклад англійською (німецькою, іспанською, французькою) мовою такого визначення: «Термін *інфокомунікації* означає нерозривний зв'язок інформаційних та телекомунікаційних елементів інформаційного обміну, які розвиваються в процесі конвергенції. Інфокомунікації — це результат еволюції, взаємопроникнення телекомунікацій та інформаційних технологій та послуг. Передавання інформації за допомогою мови, листів, газет, книг, телеграфу, телефону, радіо, кіно, телебачення, а також численних інших способів є одним із найважливіших аспектів повсякденного життя сучасної людини».

4. Знайдіть у мережі сайт за його тематикою. Наприклад, «герої України». Як найкраще виконувати такий і подібні запити?

5. Знайдіть у мережі антивірусну програму CureIt, не називаючи її, але використовуючи опис її призначення. (Описувати так: «антивірусна утиліта»; «для очистки системи от вирусов», використовуючи послідовне уточнення).

4. Зміст протоколу

1. Перелік редакторів, за допомогою яких можна підготувати електронний лист.

2. Приклади адрес комп'ютерів, на які надсилаються повідомлення через електронну пошту.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 7

Тема:

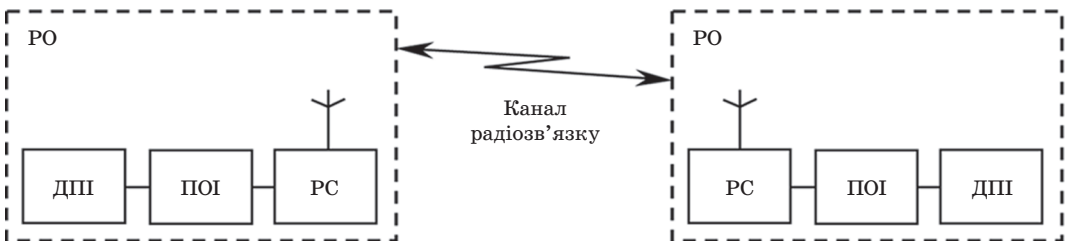
ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ СТІЛЬНИКОВОГО (МОБІЛЬНОГО) РАДІОЗВ'ЯЗКУ

МЕТА РОБОТИ. Вивчення стандартів мобільного радіозв'язку; основних характеристик наземних стільникових систем; принципів побудови мережі мобільного зв'язку; методів розподілу радіоканалів; загальної характеристики стандарту 2-го покоління; принципів побудови мереж 3-го покоління; принципів побудови мереж 4-го покоління (LTE); інтеграції елементів інтелектуальної мережі в системах стільникового радіозв'язку.

1. Теоретичні відомості*

Дотепер розроблено три стандарти систем зі стільниковою топологією мережі та радіусом чарунки до 35 км: загальноєвропейський стандарт GSM, ухвалений Європейським інститутом зі стандартизації в галузі зв'язку; американський стандарт ADC (D-AMPS), розроблений Промисловою асоціацією в галузі зв'язку; японський стандарт JDC, затверджений Міністерством пошти та зв'язку Японії. Ці стандарти різняться своїми характеристиками, хоча побудовані за єдиними принципами й концепціями та відповідають вимогам сучасних інформаційних технологій.

Принцип побудови найпростішого варіанта організації мобільного радіозв'язку унаочнює рисунок. Для здійснення зв'язку рухомий об'єкт (РО) повинен мати радіостанцію (РС), обладнану пристроєм оброблення інформації (ПОІ), який є інтерфейсом між радіостанцією та джерелом і приймачем інформації (ДПІ). За джерело і приймач інформації використовують мікрофон і телефон, але можна брати також пристрої передавання даних чи факсимільних зображень. Функції та побудова ПОІ залежать від типу ДПІ й способу утворення каналу радіозв'язку.



Найпростіший варіант побудови мережі мобільного радіозв'язку

Канал радіозв'язку, ДПІ, ПОІ та РС разом утворюють *тракт передавання інформації*. Якщо повідомлення користувачів передаються трактом в аналоговій формі, то він називається *аналоговим*, якщо в цифровій — то *цифровим*, або *диск-*

* Див. розд. 7.— С. 146–181.

ретним. На елементи тракту впливають кліматичні, атмосферні та механічні зміни зовнішнього середовища, різноманітні внутрішні завади від кіл енергоживлення та керування, а також акустичні шуми. Цифрові тракти порівняно з аналоговими мають набагато вищу завадостійкість.

Класифікація наземних систем мобільного зв'язку відповідає їхнім основним характеристикам, таким як призначення систем, спосіб зв'язку з ТфЗК, ємність, вид передаваної інформації, діапазон частот, спрямованість зв'язку, тип зони обслуговування, вид модуляції, метод розподілу каналів, спосіб керування РТС і т. ін.

2. Питання для самоперевірки

1. Які стандарти є найпоширенішими серед стільникових систем із макро-стільниковою топологією мережі та радіусом чарунки до 35 км?
2. Які основні характеристики наземних стільникових систем?
3. Розкрийте сутність найпростішого варіанта побудови мережі мобільного радіозв'язку.
4. Яку РТС називають системою з множинним доступом?
5. Які існують принципи формування групового сигналу?
6. Яка РТС називається контролюючою?
7. Які РТС називають некоординуючими та координуючими?
8. Що називають чарунками мережі?
9. Від чого залежить радіус чарунки?

3. Зміст протоколу

1. Структурна схема найпростішого варіанта побудови мережі мобільного радіозв'язку.
2. Опис функцій основних елементів структурної схеми.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 8

Тема: СПІЛКУВАННЯ ЗАСОБАМИ ІНТЕРНЕТ-ТЕЛЕФОНІЇ (ПРОГРАМА SKYPE)

МЕТА РОБОТИ. Ознайомлення з пошуковими системами. Інтерактивне спілкування. Обмін повідомленнями в режимі on-line (служба IRC; служба IMS). Вивчення Skype — найпоширенішого у світі месенджера.

1. Теоретичні відомості*

Інтерактивне спілкування — це спілкування в реальному режимі часу (on-line). У процесі такого спілкування користувач відправляє запит (лист, голосове повідомлення або відео) і майже миттєво отримує на нього відповідь. Для того щоб надіслати комусь голосове повідомлення, потрібно мати мікрофон і навушники, а для відео-повідомлення потрібна відеокамера.

Обмін повідомленнями — один із найдоступніших і найчастіше використовуваних засобів спілкування в Інтернеті, у корпоративних і локальних мережах. Служби обміну повідомленнями поділяються на служби обміну інформацією в режимі off-line (поштові сервери E-mail) та служби миттєвих повідомлень *Inernet Relay Chat, Instant Messaging Service* у режимі on-line. Система обміну повідомленнями має свої комунікаційні мережі, більшість з яких побудовано за принципом клієнт — сервер.

Служба IRC

Служба IRC (*Inernet Relay Chat*) — Інтернет-розмова в реальному часі — надає великий вибір каналів (тем) для проведення дискусій з однодумцями (чат — це текстовий діалог у реальному режимі часу).

Ця служба базується на мережній архітектурі клієнт — сервер, тому для он-лайнного спілкування в Інтернеті потрібно встановити на ПК клієнтський додаток (IRC-клієнт). Після запуску програми-клієнта вона встановлює з'єднання з обраним IRC-сервером. Оскільки IRC-сервери мережі об'єднані між собою, то для спілкування достатньо підімкнутися до одного з її серверів. Унаслідок підімкнення до сервера IRC користувач бачить список доступних тем (каналів), в яких він може спілкуватись.

Спочатку служба IRC мала одну мережу IRC, яка потім розділилась на кілька IRC-мереж. Ці IRC-мережі не пов'язані одна з одною і мають свої імена (DALnet, IRCnet, UNDERnet, Rusnet, WeNet, IrcNet.ru). Усередині кожної IRC-мережі є свої тематичні області чи канали.

Служба IMS

Результатом розвитку чатів стала служба миттєвих повідомлень (*Instant Messaging Service* — IMS). IMS — це одна з технологій, що забезпечує комуні-

* Див. розд. 8. — С. 182–199.

кації в мережі Інтернет. У службі миттєвих повідомлень можна крім текстових повідомлень передавати звукові сигнали, картинки, відео, файли, а також малювати й грати в ігри.

Ця служба має свої мережі. Мережа IMS побудована за принципом клієнт — сервер. Клієнтська програма IMS, призначена для бесіди та миттєвого обміну повідомленнями в режимі он-лайн за допомогою служби миттєвих повідомлень, називається *месенджером* (від англ. messenger — кур'єр). Більшість ІМ (*Instant Messengers*)-клієнтів дозволяють бачити, чи було підімкнено в певний момент абонентів, імена яких занесено до списку контактів. У ранніх версіях програм усе, що друкував користувач, відразу передавалося. Якщо він припускався помилки і виправляв її, то це також було видно. У такому режимі спілкування нагадувало телефонну розмову. У сучасних програмах повідомлення з'являються на моніторі співрозмовника вже після завершення редагування та відправлення повідомлення.

Для кожної з мереж є свій месенджер, розроблений тією самою командою розробників. Розробники пропонують програми з назвами ICQ, MSN Messenger, Yahoo! Messenger. Таким чином, якщо один з адресатів користується тільки мережею ICQ, а інший — тільки мережею MSN, то можна спілкуватися з ними одночасно, встановивши на своєму комп'ютері ICQ та MSN Messenger, зареєструвавшись в обох мережах.

Як правило, мережі обміну мають окремий сервер (деякі мережі є децентралізованими), до якого підмикаються месенджери, і свої протоколи взаємодії. Більшість мереж служби миттєвих повідомлень використовують закриті або пропрієтарні (власні протоколи, що належать тільки одній мережі) протоколи обміну інформацією. Загалом у кожній із таких мереж використовується свій месенджер.

Існують і альтернативні месенджери для служб миттєвих повідомлень, які можуть одночасно працювати в кількох мережах. Наприклад, безкоштовний відкритий мультипротокольний модульний клієнт (месенджер) Miranda IM (або Trillian, Pidgin) уможливило підімкнення одночасно до кількох мереж, завдяки чому немає потреби встановлювати окремий месенджер для кожної мережі.

Як альтернатива пропрієтарним протоколам для ІМ було розроблено відкритий протокол Jabber, однойменний із сім'єю протоколів і технологій, використовуваних у багатьох месенджерах (Jabber-клієнти — Psi, Miranda IM, Tkabber, JAJS, Pandion і т. ін).

Сучасні месенджери надають користувачеві багато корисних функцій, таких як ІР-телефонія, відеочат, індикація про мережний статус користувачів тощо.

Список основних функцій, що їх надають сучасні месенджери служб миттєвих повідомлень:

- чат (відео, текстовий і голосовий);
- VoIP-сервіси: дзвінки на комп'ютер, дзвінки на стаціонарні та мобільні телефони;
- можливість надіслати SMS;
- передавання файлів;
- інструменти для спільної роботи в режимі реального часу;
- можливість спілкуватися в чаті безпосередньо на веб-сторінці;
- нагадування та сповіщення;
- збереження історії спілкування щодо кожного контакту;
- індикація про мережний статус користувачів (у мережі, немає на місці тощо), занесених до списку контактів.

Найпопулярніші месенджери

ICQ

Програма ICQ (*I Seek You — Я шукаю тебе*) набула популярності для спілкування в режимі реального часу. Оскільки ICQ — це застаріла централізована мережа із закритим протоколом, то нині фахівці рекомендують користувачам переходити із системи ICQ на Jabber. Програму 1996 року створили чотири програмісти із компанії Mirabilis (Ізраїль). ICQ була першою програмою, яка забезпечувала можливість визначення присутності певних осіб, наприклад друзів чи колег, на певний момент в Інтернеті і давала змогу спілкуватися з ними за допомогою мережі в режимі реального часу, передавати файли тощо. Програму ICQ можна безкоштовно завантажити, наприклад із сайтів www.icq.com, www.mirabilis.com.

Після встановлення та запуску програми ICQ користувачі реєструються та отримують унікальний ідентифікаційний номер користувача (*Universal Identification Number — UIN*). При цьому вони мають можливість протягом кількох секунд зв'язатися з людиною в будь-якій точці світу. Програма дозволяє надсилати повідомлення користувачеві, що в певний момент перебуває в режимі оф-лайн. За допомогою ICQ можна також обмінюватися файлами.

Отже, ICQ, на відміну від IRC, дає змогу:

- одночасно перебувати в режимі он-лайн будь-якій кількості користувачів з однаковими іменами;

- у будь-який момент бачити, чи є ваші друзі в мережі;

- з'єднувати комп'ютери користувачів напряду, без використання проміжних серверів (це означає, що спілкування відбувається в реальному часі і так швидко, що не встигаєш натиснути Send, як уже отримуєш відповідь);

- вести пошук серед користувачів за будь-якою з основних або за сукупністю додаткових ознак;

- відсилати повідомлення неактивному користувачеві і бути впевненим, що той його побачить, як тільки ввімкне ICQ;

- звільнитися від необхідності «сидіти» на каналі, адже користувач може перемовлятися з друзями час від часу або в паузах, фактично не відволікаючись від основних справ;

- спілкуватися тільки з певними користувачами (навіть серед загального списку друзів) або зберігати повну конфіденційність;

- організувати міні-чат з одним чи кількома користувачами за вибором.

Користувач системи використовує програму-клієнт (запущену на пристрої, що має вихід у мережу Інтернет), яка підмикається до серверів, обслуговуваних компанією ICQ. У такому разі за допомогою протоколу OSCAR здійснюється передавання службових даних, обмін повідомленнями між користувачами.

Щоб скористатися сервісом, потрібно зареєструвати акаунт (account — рахунок). Це можна зробити через інтерфейс клієнта або Інтернет-портал. Для ідентифікації користувачів у системі використовується унікальний для кожного акаунту номер, що складається з 4–9 арабських цифр. Цей номер присвоюється акаунту під час початкової реєстрації користувача в системі, а далі він разом із паролем може використовуватися для входу в систему.

Для кожного акаунту сервіс зберігає такі дані:

- нікнейм — відображуване ім'я користувача, яке, на відміну від UIN, можна змінювати і яке не є унікальним, тобто може збігатися для різних акаунтів;

- адресу електронної пошти, що уможливиліює поновлення доступу до акаунту в разі втрати паролю (цю адресу можна використати для входу в систему замість складного для запам'ятовування UIN);

- публічну інформацію, яку ввів користувач (наприклад, прізвище, коло інтересів, географічне місцезнаходження, знання мов тощо).

Ініціювати листування з іншим користувачем і додати його до списку контактів можна, знаючи його UIN. У свою чергу, для пошуку користувачів у системі є внутрішня функція пошуку, доступна через інтерфейс клієнта, що дає змогу отримувати списки користувачів, які відповідають зазначеним у пошуковому запиті критеріям (нікнейм, а також додаткова інформація користувачів).

Зауважимо, що акаунт не можна вилучити із системи.

Після успішної авторизації клієнт ICQ завантажує із сервера список контактів користувача. Контакти в цьому списку користувач може в певний спосіб згрупувати, змінюючи їхню кількість. У разі додавання контакту може знадобитися авторизація — дозвіл бачити його статус та надсилати йому файли.

Приватні списки. Для забезпечення необхідного рівня конфіденційності в ICQ існує кілька списків, що виконують певну функцію. У ці списки кожний користувач може додавати будь-які контакти, повідомляючи останні про це. Можливі три види списків.

Список ігнорованих. Від користувачів із цього списку не надходять жодні повідомлення, вони не бачать жодного статусу в разі додавання до цього списку, окрім «Не в мережі». Додана до цього списку особа вилучається зі списку контактів, а вилучена — автоматично поповнює список контактів. Якщо контакт вимагає авторизації, то доводиться робити запит знову.

Список тих, хто бачить. Користувачам цього списку показують статус «Невидимий», якщо він вибраний, за винятком опції «Невидимий для всіх», можливої в деяких альтернативних клієнтах.

Список тих, хто не бачить. Користувачам цього списку завжди показують статус «Не в мережі», за винятком опції «Видимий для всіх», можливої в деяких альтернативних клієнтах.

Максимальна кількість контактів у кожному списку обмежена.

Особисте листування. Із кожним із контактів можна вести особисте листування — для цього потрібно відкрити вікно діалогу. Вікно поділено на дві частини: поле для введення і вікно чату. У полі для введення користувач друкує своє повідомлення, після чого відправляє його іншому. Усе листування відображається у вікні чату із зазначенням нікнейму відправника і часу відправлення повідомлення. Якщо відправник не виключив цієї можливості, то, залежно від клієнта, адресат отримує повідомлення про набір.

Статуси. У списку контактів та у вікні діалогу відображується також статус користувача. Основний статус користувача є індикатором його присутності в системі й готовності відповідати на повідомлення. Традиційно існує перелік основних статусів, як правило, зображуваних піктограмою у вигляді квітки, що змінює свій колір від червоного до зеленого. Якщо користувача взагалі немає в системі в певний момент (не авторизований), то йому надається статус «Не в мережі» або «Оф-лайн», що позначається червоною квіткою; якщо він у мережі (авторизований), то йому надається статус «У мережі» або «Он-лайн», який позначається зеленою квіткою. Існує також кілька проміжних статусів.

Відійшов (*Away*) — зазвичай статус зображується зеленою квіткою з білим папірцем, де написано «Away» або не написано нічого. Свідчить про те, що користувач протягом певного часу не був активним (не рухав мишею і не натискав клавіш). Статус можна поставити і вручну для повідомлення про невеликий період відсутності за комп'ютером.

Недоступний (*N/A — Not Available*) — найчастіше статус зображується у вигляді зеленої квітки з великим білим папірцем поперек, де написано «N/A».

Свідчить про те, що користувач одержав статус «Відійшов» і з цього моменту протягом певного часу залишався неактивним. Також статус може бути виставлений примусово.

Як правило, автоперехід у ці статуси (*Away* і *N/A*) можна відімкнути в налаштуваннях клієнта.

Невидимий (*Invisible*) — статус, який дає користувачеві можливість бути в мережі таким чином, щоб про це було відомо лише тим, хто входить до списку «Ті, хто бачить» (*Visible list*). Є також «Невидимий для всіх» (*Invisible for all*) — коли навіть користувачі списку «Ті, хто бачить» також не можуть бачити статусу.

Утім існують способи перевірки на «невидимість», які обходять контроль системи ICQ. Незважаючи на те, що захист протоколу вдосконалюється, модифікуються й методи визначення невидимості.

Існують також статуси «Вільний для розмови» (*Free for chat*), «Не турбувати» (*Do not disturb*) і «Зайнятий» (*Occupied*).

Надсилання файлів. В ICQ реалізовано надсилання файлів за технологією Peer-to-peer, тобто в разі безпосереднього Інтернет-з'єднання двох комп'ютерів, в обхід сервера. Передавання файлів можливе лише тоді, коли наш статус отримувача «У мережі».

Skype

Створили Skype Ніклас Зеннстрем (Niklas Zennstrom) і Янус Фріїс (Janus Friis). Перший реліз програми і сайт з'явилися у вересні 2003 року. Штаб-квартиру компанії розташовано в Люксембурзі, а філії — у Лондоні, Празі, Сан-Хосе й Таллінні.

Програма одночасно підтримувала 10 мов і мала простий інтерфейс, із самого початку адаптований під голосовий зв'язок. На відміну від месенджерів ICQ та MSN Messenger, Skype під час інсталяції сам обирав мову локалізації Windows і мав простішу й швидшу процедуру реєстрації, ніж у програмах-конкурентах. Саме простота встановлення, освоєння та використання програми швидко привернули до неї увагу численних користувачів.

У версії 1.2 уперше з'явився автовідповідач (*Voicemail*), а починаючи з версії 1.3 будь-який його власник міг залишити повідомлення іншим особам, навіть якщо вони не використовували цієї послуги. У версії 1.2 з'явилася функція *SkypeIn*, що пов'язувала заліковий запис Skype з телефонним номером.

Починаючи з версії 1.4 можна спрямовувати дзвінки на інші залікові записи Skype, а також на звичайні телефони.

У версії 2.0 вперше стали можливими відеозв'язки, а потім і відправлення SMS, організація *Skypecasts* (цю технологію офіційно відімкнуто з 1 вересня 2008 року) та інтеграція з Microsoft Outlook.

У версії 3.0 з'явився сервіс *SkypeFind*, який дає змогу користувачам створювати список фірм і наводити їх опис. Зараз він здебільшого заповнений спамом.



Рис. 1. Логотип програми Skype

Програма Skype

Skype — найбільш поширений у світі месенджер із закритим протоколом. Програму розроблено компанією Skype Limited (рис. 1).

Надає можливість дзвонити на стаціонарні (рис. 2) та мобільні телефони, приймати відповідні дзвінки. В останніх версіях цього месенджера реалізовано функцію «Відеодзвінок», за допомогою якої можна розмовляти й обмінюватися повноекранним відео з Web-камер, установлених у користувачів. Отже, за допомогою Skype користувач може:

- вести індивідуальне листування, обмінюватися повідомленнями з колегами по роботі так само, як і в програмах ICQ, QIP або Jabber;

- якщо має мікрофон і навушники, за телефонувати до друга з сусіднього міста і просто спілкуватися так, начебто розмовляє по звичайному телефону;

- якщо має веб-камеру, мікрофон і навушники, проводити відеоконференцію, бачити співрозмовника, чути його і відповідати йому. Це щось на зразок відеотелефону, хоча насправді інформація передається мережею Інтернет, і оплата здійснюється не за хвилини, а за кількість відправлених та отриманих мегабайтів.

За допомогою Skype можна додзвонитися в будь-яку точку планети, при цьому дзвінки зі Skype на Skype будуть безкоштовними. У разі, якщо ви в терміновому відраженні і маєте змогу відкрити програму Skype, то можете здійснити переадресування дзвінків і текстових повідомлень.

Відмінність Skype від інших програм полягає в тому, що ви можете розмовляти в чаті як з однією людиною, так і відразу з кількома, що дає змогу організувати міні-конференції, наради.

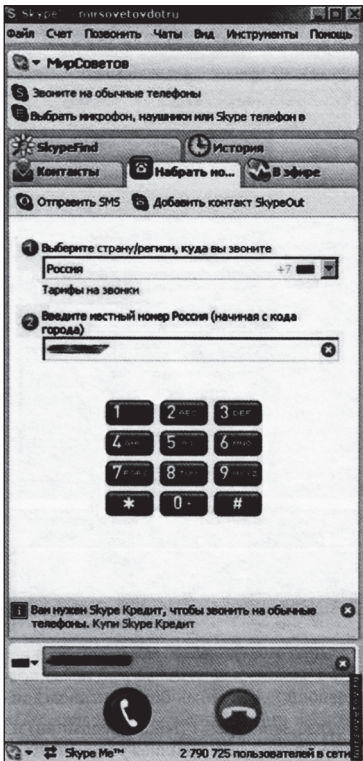


Рис. 2. Панель для здійснення дзвінків на стаціонарні телефони

Так само, як і інші програми, Skype дає змогу пересилати файли, вести записник, отримувати новини, заходити на конференції, тема яких вас цікавить, а також здійснювати пошук інформації, не закриваючи програми, за допомогою панелі інструментів Google (налаштування панелі здійснюється під час встановлення програми).

Skype, на відміну від інших програм IP-телефонії, використовує для передавання даних P2P-архітектуру. Каталог користувачів Skype розподілено за комп'ютерами мережі Skype, завдяки чому мережа може легко розширюватися до дуже великих розмірів без дорогої інфраструктури централізованих серверів.

Єдиним центральним елементом для Skype є сервер ідентифікації, на якому зберігаються залікові записи користувачів і резервні копії їхніх списків контактів. Центральний сервер потрібний тільки для встановлення зв'язку. Після того як зв'язок встановлено, комп'ютери пересилають голосові дані безпосередньо один одному (якщо між ними є прямий зв'язок) або через Skype-посередника, тобто супервузол — комп'ютер, який має зовнішню IP-адресу і відкритий TCP-порт для Skype.

Зокрема, якщо два комп'ютери, що перебувають усередині однієї локальної мережі, встановили між собою Skype-з'єднання, то зв'язок з Інтернетом можна перервати, і розмова триватиме стільки, скільки потрібно користувачам.

Здебільшого якість звуку вища за якість звичайного телефонного зв'язку. Під час встановлення зв'язку між ПК дані шифруються. Відкриті ключі користувачів сертифікуються центральним сервером Skype.

Skype є закритою системою і використовується тільки з оригінальним програмним забезпеченням Skype. Офіційно підтверджених розробником випадків розшифрування і/або перехоплення даних у Skype не зафіксовано.

Skype дає змогу користувачам спілкуватися за допомогою голосу та більш традиційним способом — за допомогою текстових повідомлень (ІМ-чату).

Голосовий чат дає можливість розмовляти як з одним користувачем, так і з багатьма, налагоджуючи конференц-зв'язок, завдяки використанню власних кодеків (алгоритмів стиснення даних). Можна також влаштовувати групові чати, надсилати «смайлики», зберігати історію. При цьому надаються звичайні для ІМ-чатів можливості — профілі користувача, індикатори стану (статус) тощо.

Розробники програми Skype подбали про більшість користувачів, адже програма працює в операційних системах Windows, Linux, Mac OS X, Pocket PC.

Як стати користувачем Skype?

Спочатку потрібно переписати програму для вашої платформи із сайту виробника програми (<http://www.skype.com/intl/ru/>). Запустити файл встановлення `skypesetup.exe`, потім обрати мову та поставити «галочку» на знак погодження з умовами ліцензійної угоди (рис. 3).

У вікні клацніть на кнопку «Налаштування», перегляньте директорію, де буде встановлено програму, і визначте, чи потрібно в разі кожного запуску операційної системи виконувати автозавантаження Skype (рис. 4).

Далі, натиснувши кнопкою «Установити», вирішіть, чи встановлювати панель інструментів Google (для пошуку інформації).

Натисненням кнопки «Дальше» відбувається інсталювання програми, після завершення якого на робочому столі з'являється значок Skype (рис. 5 і 6).

Перш ніж розпочати працювати з програмою, перевірте, чи встановили ви мікрофон, веб-камери та чи є навушники. Наявність навушників і мікрофона вже є достатньою умовою, щоб розпочати роботу. Двічі клацнувши на значку Skype, запускаєте програму, реєструєтеся, обираєте свій «нік», встановлюєте свою фотографію, надаєте ті особові дані, які вважаєте доцільним оприлюднити.

Відкривається нове вікно. Панель головного меню має вигляд: «Файлы», «Счет», «Позвонить», «Чаты», «Вид», «Инструменты», «Помощь».

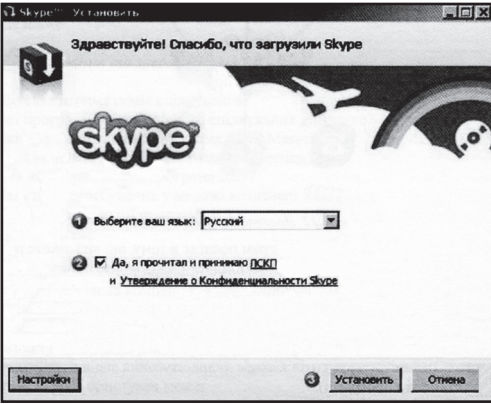


Рис. 3. Перші кроки встановлення програми Skype

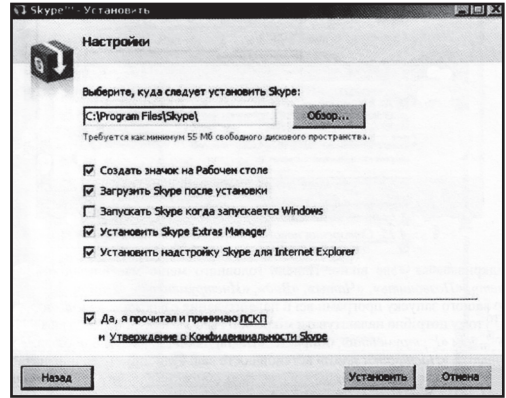


Рис. 4. Налаштування програми під час встановлення

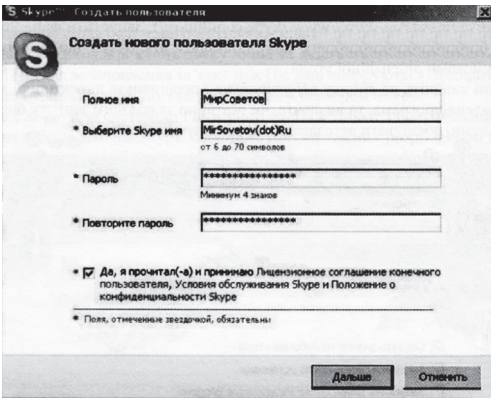


Рис. 5. Створення нового користувача системи Skype

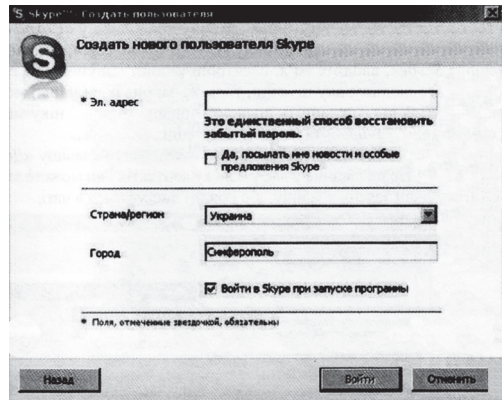


Рис. 6. Реєстрацію закінчено

До вашого запуску програми всі її налаштування є в режимі «за замовчуванням», тому потрібно налаштувати мікрофон і веб-камеру. Для цього ви заходите у розділ «Інструменти», обираєте «Налаштування», у вікні, що відкрилося, у підрозділі «Налаштування звука» встановлюєте ваш аудіопристрій: призначаєте інструмент для входу, виходу, дзвінка, далі обираєте клавішу «Зберегти» (рис. 7).

Так само в розділі «Налаштування відео» встановлюєте вашу веб-камеру, проводите її тестування та зберігаєте налаштування, натиснувши клавішу «Зберегти».

Щоб знайти друзів (рис. 8), заходите до розділу меню «Контакти», обираєте «Поиск абонентов Skype», вводите ім'я, електронну пошту, «нік» та здійснюєте пошук. Знайшовши людину, яку ви шукали, можете, не закриваючи вікна, зателефонувати їй. Для цього клацніть правою кнопкою миші на «ніку» знайденої людини, оберіть «Позвонить» та чекайте відповіді.

Можна також обрати «нік» знайденої людини та натиснути клавішу «Добавить Skype контакт». Тепер ця людина у вас у списку контактів, і ви можете зателефонувати їй, натиснувши зелену клавішу, або почати листуватися в чаті (рис. 9).

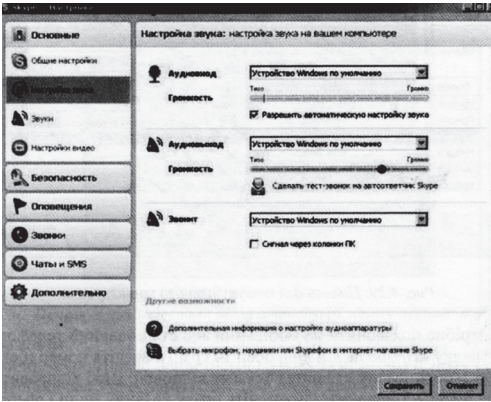


Рис. 7. Налаштування звуку та відео

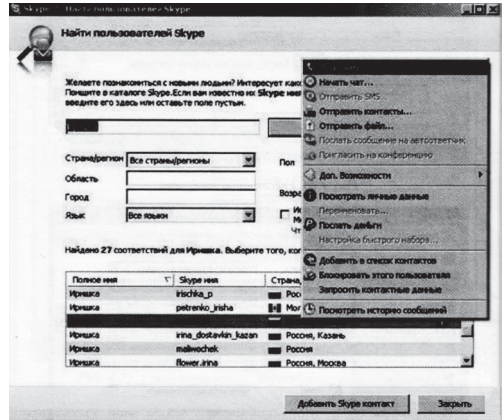


Рис. 8. Панель для пошуку певного користувача

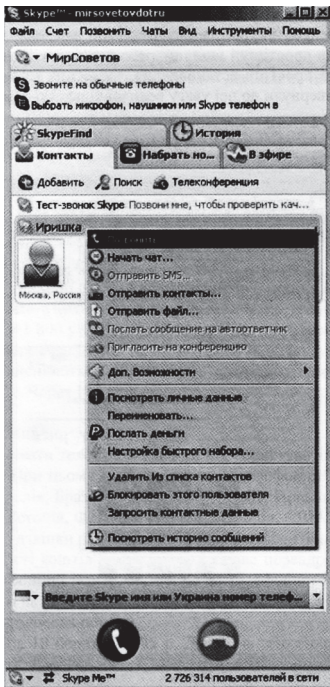


Рис. 9. Панель, яка з'являється після активізації запису певного користувача

Якщо потрібно подзвонити на мобільний або стаціонарний телефон, то оберіть вкладку «Набрати номер», оберіть країну, введіть номер (без коду країни), натисніть зелену клавшу і чекайте відповіді. Щоб відправити SMS людині зі списку «Контакты», натисніть праву клавшу миші і оберіть «Отправить sms».

Платні послуги SkypeOut (дзвінки на телефони)

Уможлиблює вихідні дзвінки на стаціонарні та мобільні телефони в більшості країн світу. Плата похвилинна, диференційована. Дзвінки на безкоштовні номери (такі як +1 800 у США) безкоштовні, до того ж скористатися ними можуть навіть ті користувачі, які не сплачували за послугу SkypeOut. Також через SkypeOut здійснюються вхідні Skype-дзвінки на телефон із мобільним додатком Skype Lite. Через 180 днів після останнього дзвінка SkypeOut-баланс вичерпується.

SkypeIn (он-лайнний номер)

Дає змогу отримувати телефонні дзвінки від користувачів традиційних телефонних мереж.

При цьому учасник отримує телефонний номер в одній із таких країн, як Австралія, Бразилія, Німеччина, Данія, Польща, Швеція, Швейцарія, Фінляндія, Естонія, Франція, Велика Британія, США, Японія, Гонконг (Китай). Усі вхідні дзвінки на цей номер надходять на заліковий запис Skype, а за наявності коштів на рахунку можливе переадресування дзвінків на будь-який телефонний номер. Як бонус до телефонного номера компанія Skype безкоштовно надає автовідповідач на весь час користування.

Skype Voicemail (голосова пошта)

Послуга з'явилась 10 березня 2005 року. Дозволяє записувати вхідні повідомлення, коли користувач не в мережі, і працює як автовідповідач.

Номер Skype To Go

Це спеціальний номер доступу, на який можна подзвонити з будь-якого телефону (стаціонарного чи мобільного) для того, щоб зв'язатися з іншим номером за вигідними тарифами. Гроші в цьому разі беруться з рахунку Skype.

Відправлення SMS

Можливість відправляти SMS-повідомлення з програми Skype на мобільні телефони.

Безкоштовні послуги

SkypeCast — вид голосового спілкування між групою (до 150 осіб) користувачів програми Skype. Зовнішньо схожий на конференц-дзвінок, але, на відміну від нього, установлюється через центральний сервер, а тому не висуває високих вимог до пропускної здатності каналу користувача, що ініціював розмову.

2. Питання для самоперевірки

1. Що таке інтерактивне спілкування?
2. Назвіть відомі вам програми інтерактивного спілкування.
3. Які можливості надає програма MSN Messenger?
4. Які можливості надає програма NetMeeting?
5. Для чого призначена програма ICQ?
6. Які стани перебування у мережі визначені в ICQ?
7. Перелічіть головні функції програми ICQ.
8. Що таке Skype?
9. Розкажіть, хто, коли і де створив Skype.
10. Опишіть панель головного меню Skype.
11. Як зателефонувати на мобільний телефон за допомогою Skype?

4. Зміст протоколу

1. Відповіді на такі запитання:
 - 1) Які можливості надає Skype?
 - 2) Чим відрізняється Skype від інших месенджерів?
 - 3) Як здійснити запуск Skype?

2. Результати виконання таких завдань:

1. Створіть у розділі «Избранное» браузера папку *Пошукові системи*. Занесіть до цієї папки адреси таких пошукових систем: російськомовних *Yandex* (www.yandex.ru) і *Rambler* (www.rambler.ru); україномовних *Meta* (www.meta.ua) і *Google* (www.google.com.ua); англomовних *Yahoo!* (www.yahoo.com) і *Alta Vista* (www.altavista.com).

2. Зайдіть на пошукову систему *Yandex*. Знайдіть сайт, присвячений музеям Росії. Запишіть його адресу в зошит.

3. Зайдіть на пошукову систему *Meta*. Знайдіть сайт, присвячений музеям Києва. Запишіть його адресу в зошит.

4. Зайдіть на пошукову систему *Google*.

1) Знайдіть матеріал, що допоможе вам відповісти на запитання про те, де і коли народився Віктор Михайлович Глушков; в якому інституті і на якому факультеті він навчався.

2) Назвіть основні етапи життя і діяльності А. Д. Сахарова. Чому його ім'я ввійшло в історію?

3) Знайдіть і збережіть на жорсткому диску фото Дж. фон Неймана.

4) Знайдіть офіційний сайт Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій (ДУІКТ).

Відшукайте сторінку, де міститься інформація для абітурієнта. Ознайомтесь із нею. Яка спеціальність для вас є найбільш цікавою і чому?

Коли в ДУІКТ відбуваються Дні відкритих дверей?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 9

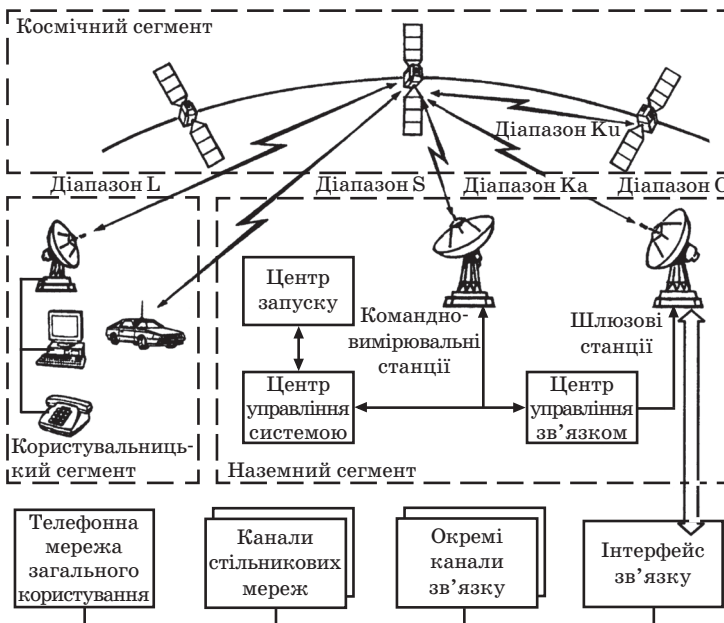
Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ ПЕРСОНАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

МЕТА РОБОТИ. Вивчення структури системи персонального супутникового зв'язку та з'ясування функцій основних її елементів.

1. Теоретичні відомості*

Структура супутникових систем персонального зв'язку включає в себе (див. рисунок):

- космічний сегмент, який складається із кількох супутників-ретрансляторів;
- наземний сегмент, який складається з центру управління системою, центру запуску космічних апаратів, командно-вимірювальних станцій, центру управління зв'язком і шлюзових станцій;
- користувальницький (абонентський) сегмент, який здійснює зв'язок за допомогою персональних супутникових терміналів;
- наземні мережі зв'язку, з якими через інтерфейс зв'язку сполучаються шлюзові станції космічного зв'язку.



Структура супутникових систем персонального зв'язку

* Див. розд. 9. — С. 200–217.

2. Питання для самоперевірки

1. Назвіть основні етапи розвитку космічних систем зв'язку.
2. На які головні класи залежно від виду надаваних послуг поділяють супутникові системи зв'язку?
3. За якими ознаками класифікують орбіти космічних апаратів?
4. З яких сегментів складається супутникова система зв'язку?

3. Зміст протоколу

1. Структурна схема супутникових систем персонального зв'язку.
2. Опис функцій основних елементів структурної схеми.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 10

Тема:

ВИВЧЕННЯ ЛОГІЧНОЇ РІВНЕВОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЯМИ. СКЛАДАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ МЕРЕЖІ УПРАВЛІННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЯМИ

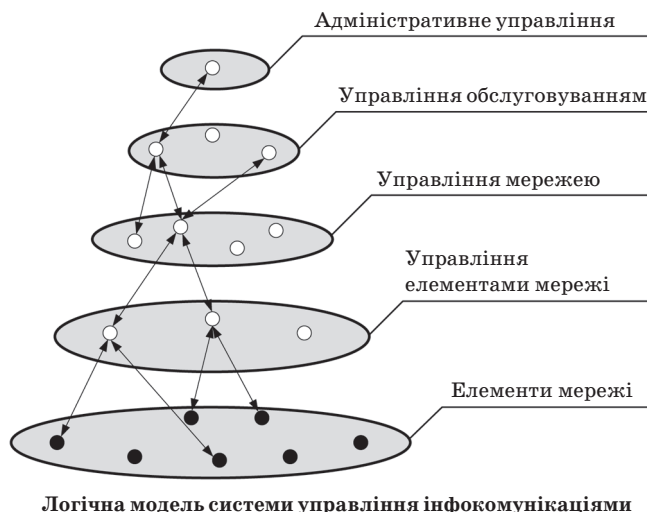
МЕТА РОБОТИ. Вивчення загальних питань моделі управління: рівнів управління мережами зв'язку; функціональної сфери управління; системи управління інфокомунікаційними мережами на логічних рівнях; управління усуненням пошкоджень; управління конфігурацією; управління безпекою інформації.

1. Теоретичні відомості*

Автоматизація управління полягає в забезпеченні оптимального функціонування мереж телекомунікацій відповідно до їхнього призначення.

Завдання управління телекомунікаціями — забезпечення тривалої та високоякісної роботи відповідних засобів і мереж у процесі їх постійного вдосконалення та розвитку за умов різноманітних змінних впливів.

Багаторівневу будову системи управління інфокомунікаціями ілюструє рисунок.



Логічна модель системи управління інфокомунікаціями

Нижній рівень складається з мережних ресурсів (елементів мережі), а верхні рівні — це рівні управління (знизу вгору) елементами мережі, мережею, послугами та діяльністю (управління послугами та діяльністю — це адміністративне управління).

*Див. розд. 10.— С. 218–236.

На рівні управління мережними ресурсами здійснюються облік, контроль та аналіз функціонування кожного мережного елемента або деяких груп, а також їх технічне обслуговування, а на рівні управління мережею — облік, контроль та аналіз функціонування груп мережних елементів у їх взаємозв'язку, тобто управління всіма мережними ресурсами.

2. Питання для самоперевірки

1. У чому полягають основні функції системи управління інфокомунікаційними мережами?
2. Які головні завдання покладаються на кожний із рівнів логічної моделі системи управління інфокомунікаціями?
3. Що таке TMN?
4. Назвіть найважливіші показники, що визначають рівень автоматизації систем управління інфокомунікаціями.

3. Зміст протоколу

1. Логічна модель системи управління інфокомунікаціями.
2. Опис функцій основних елементів логічної моделі.

Навчальне видання

Володимир Георгійович КРИВУЦА
Любов Наумівна БЕРКМАН
Віталій Васильович ЛАПІНСЬКИЙ

ОСНОВИ ІНФОКОМУНІКАЦІЙ

*Навчальний посібник
для загальноосвітніх навчальних закладів
11-й клас*

Редакційна обробка та коректура
О. П. Бондаренко, Т. В. Ількевич

Комп'ютерна верстка та дизайн
В. В. Бельський, Г. С. Тимченко

Підписано до друку 27.07.2011 р. Формат 70x100/16. Друк офсетний. Папір
друкарський. Гарнітура SchoolBookC.
Умовн. друк. арк. 11,5. Наклад 300 примірників.



Видавничий центр Державного університету
інформаційно-комунікаційних технологій
03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7
Тел./факс: (044) 249 25 75
E-mail: zviaz-ok@ukr.net

Друкарня _____