

УДК 681.3.06

Подано загальну характеристику та сфери застосування безпроводових комп'ютерних мереж. Дана класифікація безпроводових мереж, мережі на радіо модемах, супутникових мереж, мережі на стільникових модемах, радіо Ethernet IEEE 802.11

Ключові слова: безпроводові комп'ютерні мережі, Ethernet, радіорелейний зв'язок, WAP

Дана основная характеристика и сферы применения беспроводных компьютерных сетей. Дана классификация беспроводных сетей, сети на радиомодемах, спутниковой сети, сети на стельных модемах, радио Ethernet IEEE 802.11

Ключевые слова: беспроводные компьютерные сети, Ethernet, радиорелейная связь, WAP

General characteristic and spheres of use. Types of unwired network. Networks on radio-modems. Satellite's network. Networks on modems. Radio Ethernet IEEE 802.11

Keywords: off-wire computer networks, Ethernet, radio-relay, WAP

## БЕЗПРОВОДОВІ КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ

**В.Є. Караченцев**

Доцент

Кафедра «Комп'ютерна інженерія»\*

Контактний тел.: (0332) 78-04-29

E-mail: limeukraine@itt.net.ua

**О.Ю. Повстяной**

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра «Комп'ютерні науки»\*

Контактний тел.: (0332) 78-04-29

E-mail: povstjanoj@mail.ru

\*Луцький інститут розвитку людини Університету  
«Україна»

вул. Карбишева, 2, м. Луцьк, Україна, 43000

### Вступ

Останніми роками напрям безпроводових комп'ютерних мереж та віддаленого доступу зазнав бурхливого розвитку. Це пов'язано з поширенням блоктотних комп'ютерів, систем пошукового виклику (так званих пейджерів) та появою систем класу «персональний секретар» (Personal Digital Assistant (PDA)), розширенням функціональних можливостей стільникових телефонів. Такі системи повинні забезпечити ділове планування, розрахунок часу, зберігання документів та підтримку зв'язку з віддаленими станціями. Девізом цих систем стало *anytime, anywhere*, тобто надання послуг зв'язку незалежно від місця та часу. Крім того, безпроводові канали зв'язку актуальні там, де неможливе або дороге прокладання кабельних ліній та значні відстані.

Донедавна більшість безпроводових комп'ютерних мереж передавала дані зі швидкістю від 1,2 до 14,0 Кбіт/с, найчастіше тільки короткі повідомлення (передавання файлів великих розмірів чи довгі сеанси інтерактивної роботи з базою даних були недоступні). Нові технології безпроводового передавання оперують зі швидкостями в декілька десятків мегабіт за секунду.

Тому метою даної статті є розгляд загальної характеристики та сфери застосування безпроводових комп'ютерних мереж.

### Основна частина

**Класифікація безпроводових мереж.** Залежно від технологій та передавальних середовищ, які викори-

стовують, можна визначити такі класи безпроводових мереж:

- мережі на радіомодемах;
- мережі на стільникових модемах;
- інфрачервоні системи;
- системи VSAT;
- системи з використанням низькоорбітальних супутників;
- системи з технологією SST;
- радіорелейні системи;
- системи лазерного зв'язку.

Федеральна комісія з електрозв'язку США (FCC) визначила такі категорії PCS (Personal Communication Services) та відповідні смуги частот [2, 9]:

- вузькосмугові PCS (діапазон 900-901, 930-931, 940-941 МГц) для швидкісних пейджерних мереж, двонапрявленого передавання повідомлень, передавання повідомлень мовлення;
- широкосмугові PCS (120, 1850-2200 МГц); стільниковий зв'язок - цифрове передавання мовлення та даних;
- неліцензовані PCS (40 МГц, від 1890 до 1930 МГц)- безпроводові ЛМ та АТС організацій у найближчому радіусі дії - у межах одного будинку або групи будівель. Неліцензовані PCS забезпечують передавання даних зі швидкістю до 10 Мбіт/с.

### Мережі на радіо модемах

Для передавання даних використовують смуги частот радіо- та ультракоткохвильового діапазону. Кожен радіомодем має антену та передавач для на-

прямого передавання сигналів. Найпопулярнішими технологіями безпроводового передавання цього класу є:

- радіо Ethernet (IEEE 802.11);
- HIPERLAN;
- Bluetooth.

**IEEE 802.11** - це родина технологій безпроводового передавання в радіодіапазоні. Сьогодні найпопулярніша технологія стандарту IEEE 802.11b; вона дає змогу передавати дані зі швидкістю 11 Мбіт/с на відстань від кількох до десятків кілометрів. Висхідна швидкість залежить від рівня завад, обладнання. На базі IEEE 802.11b будують безпроводові локальні мережі Wireless LAN (WLAN)).

Група стандартів IEEE 802.11 фактично визначає фізичний та каналний рівень протоколів передавання. Стандарти відрізняються реалізаціями фізичних рівнів передавання, забезпечують різні швидкості [2, 3].

- IEEE 802.11 - це попередня версія стандарту, відома як радіо Ethernet (Wireless Ethernet); сьогодні вже застаріла.

- IEEE 802.11b забезпечує максимальну швидкість передавання 11 Мбіт/с та використовує 14 каналів у діапазоні 2.4 ГГц.

- IEEE 802.11a забезпечує швидкість передавання 54 Мбіт/с. Працює в діапазоні 5 ГГц. Має 12 каналів передавання. У ній використовують два піддіапазони передавання 5.15-5.25, 5.25-5.35 ГГц.

- IEEE 802.11g - забезпечує швидкість передавання 22 Мбіт/с. Працює в діапазоні 2.4 ГГц. Повністю сумісний з IEEE 802.11b, однак пропонує три нові методи кодування, які дають змогу збільшити швидкість [1].

Організація Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) сертифікує обладнання на відповідність IEEE 802.11b і ставить на ньому позначку Wi-Fi compatible (Wireless Fidelity).

**HIPERLAN** (High Performance Radio Local Area Network) розроблена Європейським інститутом стандартів з телекомунікаційних технологій (European Telecommunications Standards Institute). Вона є аналогом IEEE 802.11, який використовують у Європі, і буває таких різновидів:

- HiperLAN/1 - швидкість до 20 Мбіт/с у діапазоні 5 ГГц;

- HiperLAN/2 - швидкість до 54 Мбіт/с у діапазоні 5 ГГц.

**Bluetooth** - це інтерфейсна безпроводова технологія. Діаметр мережі 10-30 м (у перспективі - 100 м). Працює в багатопунктовому режимі, не обов'язково в зоні прямої видимості. Головне призначення - створення побутових мереж, приєднання мультимедійної периферії, пральних машин, холодильників тощо (рис. 1).

Концепцію мережі Bluetooth розробила 1994 р. шведська фірма Ericsson. Назва технології походить від прізвища, що його дали вікінгу Геральду Блатанду, який у X ст. об'єднав розрізнені землі, створивши Данське королівство. В 1997 р. створено перші приймачі передавачі. У 1998 р. сформовано групу SIG, у яку ввійшли Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba. У 1999 р. випущено специфікації на обладнання [2].

Нові технології безпроводового передавання (Ultra Wideband (TJWB)) пропонують швидкості передавання, які перевищують 100 Мбіт/с, та потребують мінімальних витрат енергії [1].

---

### Технологія SST

---

У технології SST (Spread Spectrum Technology) використано розподіл сигналу за спектром частот. Це дає змогу значно підвищити перепускную здатність каналу завдяки більшій завадостійкості. Технологію SST уже тривалий період застосовували для військових потреб.

Є два різновиди мереж SST:

- FH-SS. Приймач та передавач синхронно перескакують з частоти на частоту;

- DH-SS. У кожний момент часу сигнал «розмазано» по широкому діапазону частот. Технологія SST дає змогу не тільки збільшити перепускную здатність мережі, а й ліпше реалізувати захист інформації від прослуховування. Зовнішній спостерігач таку інформацію сприймає як «білий шум».

---

### Супутникові технології. Технологія VSAT. Системи низькоорбітальних супутників

---

Технологія VSAT (Very Small Aperture Terminal) використовує для передавання даних геостационарні супутники, розміщені над екватором Землі на висоті 40 тис. км.

Наземні станції для зв'язку зі супутником застосовують еліптичні антени діаметром 3 м. Канал VSAT

- забезпечує швидкість передавання даних до 2 Мбіт/с;

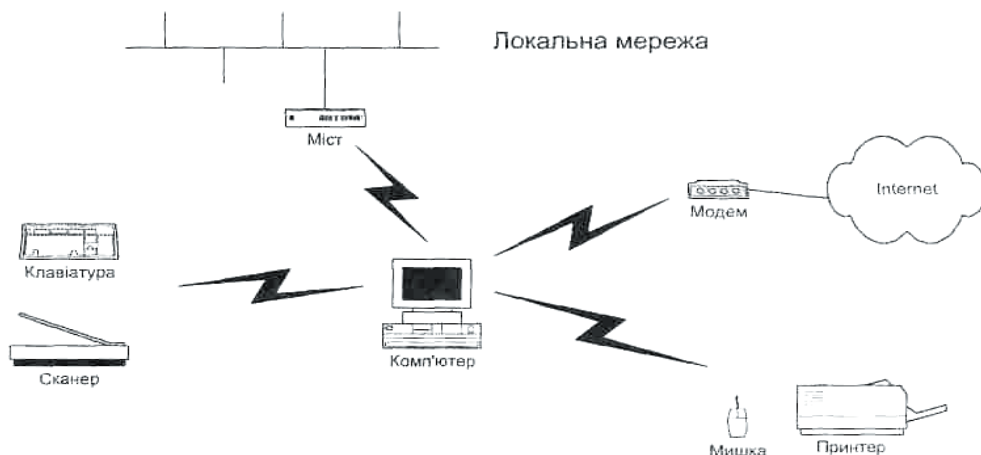


Рис. 1. Топологія мережі Bluetooth

- дає змогу реалізувати сполучення на великі відстані з переходом державних кордонів;
- сумірний за ціною з кабельними каналами такої ж пропускну здатності.

Водночас цей канал відрізняється значними затримками передавання даних, зумовленими великою відстанню до супутника (затримка становить приблизно 250 мкс, тоді як для кабельних мереж - 15 мкс). Тому канал VSAT не можна використовувати у системах реального часу та оперативного зв'язку [2, 9].

Оскільки вартість супутникового каналу велика, то постачальник послуг купує у власника супутника канал зв'язку великої ємності і продає частини пропускну здатності каналу. Отже, мережа з використанням ланок VSAT має зіркову структуру (рис. 2).

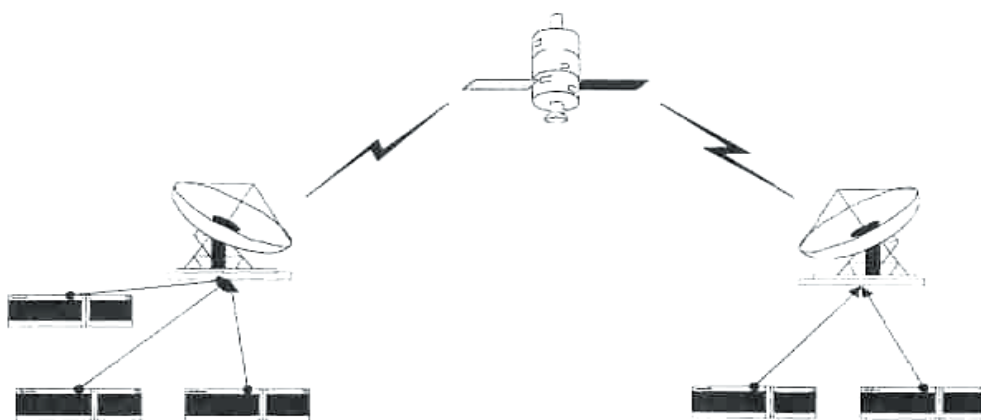


Рис. 2. Структура мережі VSAT

Системи на базі низькоорбітальних супутників **LEO** (Low Earth Orbit), як і системи VSAT, для передавання використовують супутник. Супутник розміщено на висоті близько 100 км на звичайній, а не геостаціонарній орбіті. У цьому випадку зменшується затримка в передаванні даних. Крім того, вивести такий супутник на орбіту значно дешевше, ніж геостаціонарний.

Водночас для підтримання постійного зв'язку треба використовувати велику кількість таких низькоорбітальних супутників.

Серед наявних проєктів LEO можна виділити систему **Iridium**, яка використовує 66 супутників.

У першому варіанті передбачали, що в системі буде 77 супутників. Саме стільки електронів містить атом іридію.

Пізніше виявилось, що достатньо 66. Однак назву вирішили залишити (назва елемента з 66 електронами диспрозію походить від латинського *disprosium* - важкодосяжний).

Корпорація Teledesic, власниками якої є Bill Gates та Greg MacCaw, планує створити всесвітню систему передавання мультимедійної інформації на основі LEO-технологій. Планують, що така мережа використовуватиме 840 супутників і надаватиме користувачам канали пропускну здатності від 62 Кбіт/с до 2 Мбіт/с [2].

## Мережі на стільникових модемах

Мережі на стільникових модемах використовують наявну інфраструктуру стільникової телефонії. Вони працюють в особливо важких умовах великих заводів, періодичного зникнення сигналу.

Стільникові технології пройшли декілька етапів розвитку:

- **1Г-технології**. Початок 80-х. Перше покоління стільникових мереж використовувало аналогові технології. В таких мережах передавали тільки телефонні розмови;
- **2С-технології**. Середина 90-х. Цифрове кодування та передавання мовлення і коротких текстових повідомлень;
- **2.5G-технології**. 2001 рік (США). Цифрові мережі з передаванням мовлення, тексту, приєднання до Internet;

- **3G-технології**. Технології наступного покоління. Швидкість передавання до 2 Мбіт/с. Передавання мультимедійних даних. Окремі технології доступні в Японії [2].

Стільникові технології можна розглядати згідно з протокольними рівнями. На фізичному та каналному рівнях визначають різні методи доступу, які відображені у різноманітних технологіях.

Серед методів доступу виділяють аналогові, які використовують для передавання аналоговий сигнал. Це класичні методи доступу у стільникових мережах **FDMA** (Frequency Division Multiple Access), **TACS** (Total Access Communication System).

Головний ресурс стільникової мережі - це призначений для неї діапазон частот. Аналогові методи доступу виділяють для кожного передавання окремий канал - смугу частот у призначеному для мережі діапазоні. У цьому випадку сусідні стільникові комірки не можуть працювати в одному й тому ж діапазоні частот (інакше передавання в сусідніх комірках заважали б одне одному). Частотний діапазон поділяють на сім частин (рис. 3).

Серед методів доступу, які використовують цифрове передавання, популярні різні модифікації **TDMA** (Time Division Multiple Access). Вони застосовують відомий принцип розподілу часу передавання на окремі часові слоти [2]. До цієї групи методів належать **AMPS** (Advanced Mobile Phone Service) (частотні канали завширшки 30 кГц поділяють на три часові слоти), **NAMPS** (Narrowband AMPS), **PDC** (канали по 25 кГц, три слоти), **GSM** (діапазон 200 кГц, вісім слотів).

Найпередовішою сьогодні є технологія **CDMA** (Code Division Multiple Access), що використовує цифрове передавання. В основі CDMA є техноло-

гія передавання SST (DH-SS Direct Sequence Spread Spectrum), коли інформація ніби «розмазується» по широкому спектру частот. Послідовність інформаційних бітів множать на псевдовипадкову послідовність коротких імпульсів. Одержують сигнал, що є в ширшому частотному спектрі й має значно меншу інтенсивність.

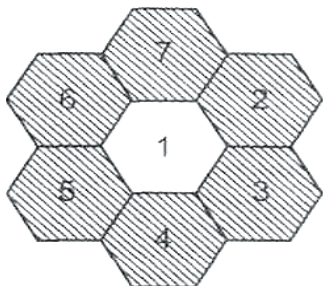


Рис. 3. Комірки стільникової мережі

Для декодування такої послідовності треба знати псевдовипадкову послідовність, яку використовували під час передавання. Цей механізм кодування забезпечує таке:

- сигнал захищений від підслуховування. Треба знати псевдовипадкову послідовність-ключ. Цим пояснюють широке використання цього підходу військовими;
- сигнал захищений від завад. Широкопasmовість сигналу дає змогу просто поновлювати сигнал, особливо якщо завади вузько смугові. Так само сигнал захищений і від тимчасового зникнення на окремих частотах (фейдинг (fading)) (рис. 4);
- широкопasmове передавання та ліпший захист від завад дають змогу зменшити потужність передавачів, збільшити час дії акумуляторів та дещо зменшити безперечно шкідливий вплив цієї технології на здоров'я людини;
- дві абонентські станції, які працюють у межах однієї стільникової комірки на однаковій частоті з використанням різних кодувальних послідовностей, практично не створюють завад одна одній.

Тому для станцій, які працюють у межах однієї комірки, відведено спільний частотний діапазон завширшки 1,25 МГц, а також фрагменти спільної псевдовипадкової кодувальної послідовності (зі своїм зсувом від початку).

У мережі CDMA параметри розміру комірки, якості передавання та кількості каналів взаємозалежні. Наприклад, чим більше каналів у комірці, тим більше взаємних завад через неповну незалежність кодувальних послідовностей і тим гірша якість передавання. Чим більший розмір комірки, тим слабший корисний сигнал і тим меншим повинен бути рівень завад. Емпіричним шляхом визначено, що сьогодні в одному частотному діапазоні 1,25 МГц можна розмістити до 18 каналів для мобільних та 30 каналів для стаціонарних користувачів. Це майже у дев'ять разів більше, ніж у мережах AMPS.

Ще однією перевагою CDMA є змога використання у сусідніх комірках одного й того ж частотного діапазону, що полегшує планування мережі та збільшує кількість каналів.

Особливістю, яка поліпшує якість передавання у CDMA- мережах, є механізм відпрацювання переходу абонента з однієї комірки в іншу. В інших технологіях під час такого переходу спочатку розривається зв'язок з однією базовою станцією, а потім налагоджується з іншою (hard handoff, break before make). Це знижує якість передавання. У технології CDMA завдяки збереженню однієї частоти-носія у сусідніх комірках можна спочатку налагодити сполучення з новою станцією, а вже потім розірвати з попередньою. Це поліпшує якість переходу і дає змогу коректно опрацювати передавання у «прикордонній зоні», коли передавач може багато разів переходити зі сфери діяльності однієї базової станції у сферу діяльності іншої та навпаки.

Мережі технології CDMA сьогодні активно впроваджують не тільки у традиційній сфері стільникового передавання, а й у частотному діапазоні PCS, виділеному для роботи як телефонів, так і іншого обладнання персонального зв'язку. Вони перевищують інші технології за якістю передавання та кількістю каналів. Наприклад, для CDMA потрібно на 30-40% менше базових станцій, ніж для аналогічних мереж GSM та у два-три рази менше станцій, ніж для мереж AMPS. Водночас вартість обладнання CDMA внаслідок його складності сьогодні вища, ніж аналогічного обладнання інших мереж.

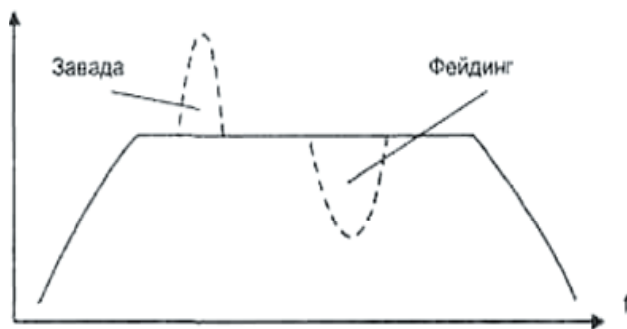


Рис. 4. Дія завад та фейдингів на широкопasmовий сигнал

На вищих рівнях протоколу мережі передавання даних використовують спеціальні протоколи, орієнтовані на стільникову мережу.

Технологія **CDPD** (Cellular Digital Packet Data) реалізує як пакетне передавання (протокол TCP/IP), так і модемний інтерфейс (AT-команди). На відміну від радіомодемів, стільникові модеми використовують не спеціальні антени та приймачі-передавачі, а відповідні пристрої стільникового телефону.

Під час передавання даних застосовують протоколи MNP-10 або ETC. Протокол MNP-10 динамічно оптимізує швидкість передавання даних та рівень сигналу, має розвинуті засоби опрацювання помилок.

Протокол ETC запропонувала 1993 р. фірма AT&T Paradyne. Він ґрунтується на стандарті V.32bis (14,4 Кбіт/с) і дає змогу підтримувати зв'язок з іншими модемами стандарту ETC та іншими протоколами. Порівняно з MNP-10 досконаліший технічно.

Розвиток технологій на вищих рівнях протоколу виражений в організації доступу до Internet. Цей доступ можливий завдяки використанню WAP- технологій [2].

---

### Системи на базі інфрачервоних каналів

---

Системи на базі інфрачервоних каналів відрізняються невеликою вартістю приймачів та передавачів (від 1,5 до 4,5 дол. США), високими швидкостями передавання. Однак інфрачервоні канали працюють тільки в умовах прямої видимості. Асоціація Infrared Data Communications розробила стандарт передавання інфрачервоним каналом зі швидкістю 115,2 Кбіт/с [2, 9].

---

### Радіорелейний зв'язок

---

Радіорелейні станції (РРС) використовують для передавання аналогового сигналу в телебаченні та цифрового в послідовному коді за стандартом ITU G.703 в телефонії. Канал G.703 має пропускну здатність 2 Мбіт/с. Його можна використати, наприклад, для сполучення сегментів Ethernet.

Сучасні цифрові РРС мають смугу пропускання 2-34 Мбіт/с. Тому часто її розділяють на декілька каналів. Максимальна відстань для зв'язку РРС - 60-80 км.

Для наземних РРС використовують частотні діапазони 1, 5, 7, 15, 23, 34 ГГц. Взаємодії маршрутизатора та РРС досягають за допомогою конвертера V.35/G.703 [2, 10].

---

### Висновок

---

У даній статті розглянуто загальну характеристику та сферу застосування безпроводових комп'ютерних мереж. Безпроводові канали зв'язку актуальні там, де неможливе або дороге прокладання кабельних ліній на значні відстані.

Безпроводова технологія також використовується для створення побутових мереж.

Безпроводові комп'ютерні мережі надають послуги зв'язку незалежно від місця і часу та забезпечують планування, розрахунок часу, зберігання документів і підтримку зв'язку з віддаленими станціями.

Для глобальних мереж радіоканал (інформація передається радіохвилями) є єдиною можливою рішечкою, тому що дає можливість за допомогою супутників-ретрансляторів забезпечити зв'язок з усім світом.

---

### Література

1. Бродски И. Будущее систем беспроводной связи / Бродски И. // Сети. – 1995. - №4. – С.34-39.
2. Комп'ютерні мережі: навч. посібн. / Буров Є. – 2-ге оновлене і доповнений вид. – Львів: БаК, 2003. – 584 с.
3. Йенсен Е. Услуги распределенных сетей беспроводной связи / Йенсен Е. // Сети. – 1994. - №4. – С.54-60.
4. Крейнс А. Код с правом передачи / Крейнс А. // Сети. – 1997. - №7. – С.78-80.
5. Комп'ютерні мережі: підруч. / під ред. Ю. С. Ковпанюка. – К.: Видавництво «Юніор», 2005. – 400 с. - (Techbook). – 12БК 2-133-00159-1.
6. Невдяев Н. Bluetooth – королевская технология / Невдяев Н. // Сети. – 2000. №10. – С.123-127.
7. Патий Е. Беспроводные технологии: 3G / Патий Е. // Computer World Украина. – 2002. - №20. – С.211-217.
8. Райсевич П. Азбука персональных коммуникационных услуг / Райсевич П. // Сети. – 1995. - №3. – С.32-39.
9. Сатовский Б. Использование радиорелейных систем связи в корпоративных сетях / Сатовский Б. // Сети. – 1995. - №4. – С.99-102.
10. Wireless Application Protocol WAP 2.0. [Электронный ресурс] / Technical white paper.- Режим доступа : \www/ URL: <http://www.wapforum.org>. - 10.10.2002 г. - Загл. с экрана.