

УДК 321.396

О. С. ІВАНИЧЕНКО;

Є. В. ГАВРИЛКО, доктор техн. наук, ст. наук. співробітник,  
Державний університет телекомунікацій, Київ

## Технологія Wi-Fi та її основні характеристики

*Розглянуто головні характеристики безпроводової технології Wi-Fi та її компоненти.*

**Ключові слова:** Wi-Fi; адаптер; точка доступу; Wi-Fi мережа; WEP-ключ; IEEE; інтернет.

### ВСТУП

Безпроводові мережі Wi-Fi відіграють важливу роль у сучасному технологічному світі: до цих мереж під'єднано мільярди мобільних пристроїв. При цьому більшість підімкнень до інтернету здійснюється з використанням безпроводових мереж. За даними Juniper Research, до 2019 року через них проходить понад 60% мобільного трафіку. Глобальний ринок Wi-Fi, що 2015 року становив \$14,8 млрд, зросте до \$33,6 млрд уже на початку 2020 року. Із поширенням інтернету речей і автономних хот-спотів мережі Wi-Fi стануть основною сполучною ланкою інформаційного простору. Більшість користувачів слово Wi-Fi тлумачать як засіб підімкнення до інтернету. Але насправді Wi-Fi є стандартом безпроводового під'єднання до локальної мережі. Простіше кажучи, Wi-Fi — це система, здатна об'єднувати безліч пристроїв і оснащена маршрутизатором (роутером), який може бути підімкнений до інтернету. При цьому немає потреби використовувати проводи, завдяки чому підімкнення можливе «на льоту», скажимо під час пішохідної прогулянки або їзди на велосипеді.

Мережі Wi-Fi здобули визнання індустрії, демонструючи переваги щодо кабельних мереж за багатьма параметрами.

По-перше, вони зручніші в модифікації: зробити перестановку в кабінеті, додати або прибрати робоче місце — усе це не вимагає додаткових витрат на зміну топології мережі.

По-друге, мережі Wi-Fi, у супереч зусталеній думці, гарантують достатньо високий рівень безпеки. Адже зняти інформацію набагато легше з кабелю, ніж із зашифрованого радіоканалу, який до того ж змінює частоту передавання даних. Єдине, що призводить до уразливості мереж Wi-Fi, — хибне налаштування. Отже, головне — правильно настроювати механізми шифрування та інші захисні засоби. Інакше ви полегшуєте зловмисникам життя, надаючи їм дуже простий спосіб проникнення у вашу мережу.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

Wi-Fi — це сучасна безпроводова технологія, що найшвидше розвивається і уможлиблює доступ до інтернету за допомогою спеціальних радіоточок доступу.

Ядром безпроводової мережі Wi-Fi слугує *точка доступу* (AP), що підмикається до деякої наземної мережної інфраструктури (каналів інтернет-провайдера), забезпечуючи передавання радіосигналу. Точка доступу — це «прозорий» міст, що сполучає станції, які обладнано безпроводовими мережними картами, із комп'ютерами, об'єднаними в мережу за допомогою проводів. Завдяки точкам доступу безпроводові робочі станції можуть, у свою чергу, бути швидко об'єднані в мережу.

Точка доступу складається із приймача, передавача, інтерфейсу для підімкнення до проводової мережі та програмного забезпечення з обробки даних. Навколо точки доступу формується територія радіусом 50...100 м, котру називають *хот-спотом*, або *зоною Wi-Fi*, у межах якої можна користуватися зазначеною мережею.

У разі кількох підімкнень до однієї і тієї самої точки смуга пропускання (наприклад, 11 Мбіт/с — стандарт 802.11b) поділяється на частини, кількість яких дорівнює кількості під'єднаних користувачів. Так, троє користувачів, підімкнених до DWL-1000AP, отримають по 3,67 Мбіт/с ( $11/3 = 3,67$ ). Теоретично обмежень щодо кількості підімкнень немає, але на практиці є сенс під'єднувати не більш як 10–15 користувачів.

Аби під'єднатися до точки доступу, власникові ноутбука або мобільного пристрою із Wi-Fi адаптером достатньо просто опинитися в радіусі її дії. Усі функції з визначення пристрою та налаштування мережі більшість операційних систем комп'ютерів і мобільних пристроїв виконують автоматично. Якщо користувач одночасно потрапляє в кілька Wi-Fi зон, то підімкнення здійснюється до точки доступу, що забезпечує найсильніший сигнал.

Під'єднатися до мережі Wi-Fi можна за допомогою ноутбуків і кишенькових комп'ютерів, бо практично всі новітні пристрої такого типу є Wi-Fi сумісні. Утім і власники далеко не нових мобільних ПК також можуть легко використати цю зручну технологію, уставивши в PCMCIA слоти своїх комп'ютерів спеціальні Wi-Fi картки або здійснивши під'єднання зовнішнього Wi-Fi пристрою через USB-порт.

### Основні елементи мережі Wi-Fi

Для побудови безпроводової мережі використовуються *Wi-Fi адаптери*, а також згадувані вже *точки доступу*.

*Адаптер* — це пристрій, який підмикається через слот розширення PCI, PCMCIA, CompactFlash. Існують також адаптери з підмікненням через порт USB 2.0. При цьому Wi-Fi адаптер виконує ту саму функцію, що й мережна карта в проводовій мережі, уможливаючи під'єднання комп'ютера користувача до безпроводової мережі. Завдяки платформі Centrino всі сучасні ноутбуки мають вбудовані адаптери Wi-Fi, сумісні з багатьма сучасними стандартами. Wi-Fi адаптерами, як правило, забезпечені й кишенькові персональні комп'ютери — КПК, що дозволяє під'єднувати їх до безпроводових мереж.

Для доступу до безпроводової мережі адаптер може встановлювати зв'язок безпосередньо з іншими адаптерами. Така мережа називається одноранговою мережею, або Ad-Hoc («до випадку»). Адаптер може встановлювати зв'язок і через точку доступу. Тоді йдеться про інфраструктурний режим.

При виборі способу підмікнення адаптер має бути налаштований на використання або Ad-Hoc, або інфраструктурного режиму.

*Точка доступу* — це, по суті, автономний модуль із вбудованим мікрокомп'ютером і прийнятно-передавальним пристроєм.

Через точку доступу здійснюється взаємодія і обмін інформацією між безпроводовими адаптерами, а також забезпечується зв'язок із проводовим сегментом мережі. Таким чином, точка доступу відіграє роль комутатора.

Точка доступу має мережний інтерфейс (urlink port), за допомогою якого вона може бути під'єднана до звичайної проводової мережі. Через цей самий інтерфейс може здійснюватися і налаштування точки.

Точка доступу може використовуватися як для підмікнення до неї клієнтів (базовий режим точки доступу), так і для взаємодії з іншими точками доступу з метою побудови розподіленої мережі (*Wireless Distributed System* — **WDS**). Це режими безпроводового моста «точка–точка» і «точка–багато точок», безпроводового клієнта і повторувача.

Доступ до мережі забезпечується передаванням ширококутових сигналів через ефір. Приймальна станція може отримувати сигнали в діапазоні роботи кількох передавальних станцій. Станція-приймач використовує ідентифікатор зони обслуговування (*Service Set Identifier* — **SSID**) для фільтрації отримуваних сигналів і виділення того, який їй потрібний.

### Захищеність Wi-Fi мережі

Безпроводову мережу вважають захищеною, якщо в ній функціонують три основні складові системи безпеки: *автентифікація* користувача, *конфіденційність* і *цілісність* передавання даних. Для досягнення достатнього рівня безпеки необхідно скористатися низкою правил при організації і налаштуванні приватної Wi-Fi мережі:

1) шифрувати дані з використанням різних систем. Максимальний рівень безпеки забезпечить застосування VPN;

2) використовувати протокол 802.1X;

3) заборонити проникнення в налаштування точки доступу за допомогою безпроводового підмікнення;

4) управляти доступом клієнтів за MAC-адресами;

5) заборонити трансляцію в ефір ідентифікатора SSID;

6) розташовувати антени якомога далі від вікон і зовнішніх стін будівлі, а також обмежувати потужність радіовипромінювання;

7) використовувати максимально довгі ключі;

8) змінювати статичні ключі та паролі;

9) використовувати метод WEP автентифікації Shared Key оскільки клієнтові для входу в мережу необхідно буде знати WEP ключ;

10) користуватися складним паролем для проникнення в налаштування точки доступу.

### Який стандарт Wi-Fi для смартфона найкращий

Усі сучасні смартфони обладнано модулем Wi-Fi, розрахованим на роботу з кількома версіями 802.11. Як правило, підтримуються всі взаємно сумісні стандарти: b, g і n. Утім робота з останнім нерідко може відбуватись тільки на частоті 2,4 ГГц. Пристрої, здатні працювати в мережах 802.11n 5 ГГц, також забезпечують підтримку 802.11a.

Зростання частоти сприяє збільшенню швидкості обміну даними, хоча при цьому зменшується довжина хвилі та ускладнюється проходження через перешкоди. Саме тому теоретична дальність зв'язку 2,4 ГГц буде вища, ніж у разі 5 ГГц. Проте на практиці ситуація дещо інша. Діапазон 5 ГГц ширший (від 5170 до 5905 МГц) і менш завантажений. Тому хвилі гірше долають перешкоди (стіни, меблі, тіло людини), зате в умовах прямої видимості забезпечують більш стійкий зв'язок.

З огляду на це смартфони з підтримкою IEEE 802.11ac у діапазоні 5 ГГц забезпечують високу швидкість передавання та якість сигналу, достатню для покриття квартири, а мережа менш потерпає від впливу перешкод. А оскільки всі смартфони з підтримкою 802.11ac працюють і з більш ранніми версіями стандарту, то за наявності перешкод пристрій автоматично підмикатиметься до будь-якої точки доступу.

### Огляд стандартів технології Wi-Fi

Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE*) — міжнародна організація інженерів у галузі електротехніки, радіоелектроніки та радіоелектронної промисловості, світовий лідер у сфері розроблення стандартів з електроніки та електротехніки. Штаб-квартиру організації розташовано в США, штат Нью-Джерсі.

Існує низка стандартів сімейства IEEE 802.11, зокрема 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11c, 802.11d, 802.11e і багато інших. Але на практиці здебільшого використовуються всього три, що їх визначив IEEE: 802.11b, 802.11g і 802.11a.

**IEEE802.11** — початковий стандарт безпроводових локальних мереж на базі передавання даних у діапазоні 2,4 ГГц. Підтримує обмін даними зі швидкістю до 1-2 Мбіт/с. Прийнятий 1997 року.

**IEEE802.11a** — стандарт безпроводових локальних мереж на базі безпроводового передавання даних у діапазоні 5 ГГц. Діапазон поділено на три неперетинні піддіапазони. Максимальна швидкість обміну даними становить 54 Мбіт/с, при цьому доступні також швидкості 48, 36, 24, 18, 12, 9 і 6 Мбіт/с.

**IEEE802.11b** — стандарт безпроводових локальних мереж на базі передавання даних у діапазоні 2,4 ГГц. Він був прийнятий 1999 року в розвиток прийнятого раніше стандарту IEEE 802.11. У всьому діапазоні існують три неперетинні канали, тобто на одній території, не впливаючи одна на одну, можуть працювати три різні безпроводові мережі. Передбачено два типи модуляції — DSSS і FHSS. Максимальна швидкість роботи становить 11 Мбіт/с; доступні також швидкості 5,5; 2 і 1 Мбіт/с; автоматичне зниження швидкості при погіршенні якості сигналу [3]. Продукти стандарту IEEE 802.11b, що їх поставляють різні виробники, тестуються на сумісність і сертифікуються організацією *Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA)*, відомою під назвою *Wi-Fi Alliance*.

**IEEE802.11b+** — поліпшена версія стандарту 802.11b у виконанні окремих виробників, що забезпечує підвищення швидкості обміну даними. В інтерпретації компанії *Texas Instruments* відрізняється від оригінального варіанта модуляцією **PBCC** (*Packet Binary Convolutional Coding*), подвоєною (до 22 Мбіт/с) максимальною швидкістю. Також анонсувалися рішення з продуктивністю, збільшеною до 44 Мбіт/с.

**IEEE802.11e** — стандарт, головне призначення якого пов'язане з використанням засобів мультимедіа. Він обумовлює механізм призначення пріоритетів різним видам трафіку, таким як аудіо-і відеододатки. Вимога щодо якості запиту така сама, як для всіх радіоінтерфейсів IEEE WLAN.

**IEEE802.11g** — стандарт безпроводових локальних мереж на основі передавання даних у діапазоні 2,4 ГГц. Він новіший за стандарт 802.11b. Максимальна швидкість передавання даних становить 54 Мбіт/с. Діапазон поділено на три неперетинні канали, тобто на одній території без взаємозвпливу можуть працювати три різні мережі. Для збільшення швидкості обміну даними при ширині каналу, як у стандарті 802.11b, розроблено метод модуляції з ортогональним частотним мультиплексуванням (**OFDM** — *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), а також метод двійкового пакетного згорткового кодування **PBCC** (*Packet Binary Convolutional Coding*). Серед переваг 802.11g слід відзначити низьку споживану потужність, велику дальність дії та високу проникаючу здатність сигналу. Можна сподіватися й на розумну вартість обладнання, оскільки низькочастотні пристрої простіші у виготовленні.

**IEEE802.11i** — стандарт, що усуває недоліки у сфері безпеки попередніх стандартів. Він розв'язує проблеми захисту даних канального рівня, дозволяючи створювати безпечні безпроводові мережі практично будь-якого масштабу.

**IEEE802.11e** — додатковий стандарт, що дозволяє забезпечити гарантовану якість обміну даними (**QoS** — *Quality of service*) завдяки представленню пріоритетів різних пакетів; необхідний для роботи таких потокових сервісів, як VoIP або IP-TV.

**IEEE802.11n** — стандарт останнього покоління на базі передавання даних у діапазоні 2,4 ГГц. Цей стандарт значно перевищує за швидкістю обміну даними попередні стандарти 802.11b і 802.11g, забезпечуючи швидкість на рівні Fast Ethernet; зворотнo сумісний із 802.11b і 802.11g. Основна відмінність від попередніх версій Wi-Fi — додавання до фізичного рівня (PHY) підтримки протоколу **MIMO** — *Multiple-Input Multiple-Output*.

### ВИСНОВКИ

Конвергенція обчислювальної, комунікаційної та мобільної технологій стимулює в усьому світі попит на безпроводові вирішення, що дозволяють незмінно залишатися на зв'язку — в будь-який час і в будь-якому місці. Із поширенням безпроводових технологій кінцеві користувачі прагнуть отримати для роботи та розваг такі вирішення, які мають відповідати їх мобільному стилю життя. Зручність використання та висока захищеність дозволяють застосовувати зазначені технології і в домашніх умовах.

Таким чином, Wi-Fi розв'язує три важливі завдання:

1) спростити спілкування з мобільним комп'ютером;

2) забезпечити комфортні умови для роботи діловим партнерам, які завітали в офіс зі своїм ноутбуком;

3) створити локальну мережу в приміщеннях, де прокладання кабелю неможливе або надто витратне.

Завдяки технології Wi-Fi є змога встановлювати бюджетні варіанти безпроводових мостів, виконання та налаштування яких не вимагає жодних специфічних знань і навичок з програмування, (у web-інтерфейсі точок доступу можуть розібратися практично всі). Безпроводові мости Wi-Fi можуть працювати на відстанях до 15–20 км за умови прямої видимості.

#### Список використаної літератури

1. **Безпроводна мережа Wi-Fi** [Електронний ресурс].— URL:

<http://www.bestreferat.ru/referat-184480.html>

2. **Wi-Fi** [Електронний ресурс].— URL:

[http://ua.gecid.com/netlan/wi-fi\\_-\\_razvitie\\_i\\_osnovnyee\\_prinjipy\\_samogo\\_rasprostranennogo\\_standarta\\_besprovodnyeh\\_seteyi/?s=all](http://ua.gecid.com/netlan/wi-fi_-_razvitie_i_osnovnyee_prinjipy_samogo_rasprostranennogo_standarta_besprovodnyeh_seteyi/?s=all)

**Рецензент:** доктор техн. наук, професор **Л. Н. Беркман**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

*А. С. Іваніченко, Е. В. Гаврилко*

#### ТЕХНОЛОГИЯ Wi-Fi И ЕЕ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

*Рассмотрены главные характеристики беспроводной технологии Wi-Fi и ее компоненты.*

**Ключевые слова:** Wi-Fi; адаптер; точка доступа; Wi-Fi сеть; WEP ключ; IEEE; интернет.

*O. S. Ivanichenko, E. V. Havrylko*

#### Wi-Fi TECHNOLOGY AND ITS MAIN FEATURES

*The article describes the main features wireless technology Wi-Fi and its components.*

**Keywords:** Wi-Fi adapter; access point; Wi-Fi network; WEP key; IEEE; Internet.

УДК 681.883

**М. П. ТРЕМБОВЕЦЬКИЙ**, доктор техн. наук, ст. наук. співробітник;

**Є. В. ІВАНІЧЕНКО**, аспірант;

**А. П. БОНДАРЧУК**, канд. техн. наук, доцент,

Державний університет телекомунікацій, Київ

## Розв'язання задач цифрової обробки даних за допомогою операторів з унітарною нелінійністю

**Стрімкий розвиток техніки й технологій у сфері цифрової обробки сигналів (ЦОС) дає поштовх до поліпшення відомих і розробки нових алгоритмів, що мають високу прикладну цінність. Скажімо, для аналогової фільтрації сигналів хоча й існувала математична модель, вона, утім, через недосконалість технічної бази не піддавалась реалізації. Натомість завдяки використанню ЦОС є змога формувати спектр сигналу в будь-якому базисі, виконуючи всілякі перетворення — як лінійні, так і нелінійні. Саме ці переваги ЦОС і становлять головний предмет пропонованої статті.**

**Ключові слова:** цифрова обробка сигналів (ЦОС); нелінійні ортогональні перетворення; завадозахищеність каналу зв'язку; нелінійне рівняння Шредінгера.

#### Вступ. Постановка проблеми

Один із методів, широко застосовуваних у ЦОС, — це метод подавлення зосереджених завад (ЗЗ) у каналах зв'язку. Базується він на вибіркового стисненні спектра завади без спотворення спектра сигналу. Досягти такого результату вдається лише з використанням нелінійних ортогональних перетворень (НОП).

Цю ідею вперше висловили та втілили в життя такі вчені, як С. М. Широков і А. В. Петров. Загалом результати їхніх досліджень стосуються оптимального вибору параметрів нелінійних перетворень сигналів. Далі наведено приклади ефективного використання цього методу на практиці.

#### Основна частина

Виконуючи теоретичний аналіз сигналів і спектрів, їх інтерпретують як функції неперервних аргументів. При цьому нелінійне перетворення спектра здійснюється, здебільшого, за допомогою операторів з унітарною нелінійністю, які подаються нелінійним рівнянням Шредінгера (НРШ)

$$i \frac{\partial \psi}{\partial \eta} + \alpha \frac{\partial^2 \psi}{\partial \omega^2} + f(\psi) \psi = 0, \quad (1)$$

де  $\psi(\eta, \omega)$  — нормована спектральна функція, залежна від частоти  $\omega$  та допоміжної змінної  $\eta$ .

Зауважимо, що математична модель (1) дозволяє розглядати спектр як функцію частоти з певними значеннями в гільбертовому просторі.

© М. П. Трембовецький, Є. В. Іваніченко, А. П. Бондарчук, 2017