

## ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ БЕЗДРОТОВИХ ШИРОКОПОЛОСНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ НА БАЗІ СТАНДАРТУ IEEE802.11.

Розглянуто основні переваги і технічні інновації, що використовуються в стандар-  
ті передачі даних в мережах широкополосного бездротового доступу  
IEEE802.11ac

Одним з основних недоліків бездротових комп'ютерних мереж є невелика в порівнянні з дротовими мережами пропускна здатність (менше 300 Мб/с для стандарту IEEE 802.11n, до 600 Мб/с в теорії). Допомогти в вирішенні цієї проблеми призначено стандарту IEEE 802.11ac.

Стандарт IEEE 802.11ac - одна з останніх розробок робочої групи IEEE 802.11. Мета розробки - збільшення пропускної здатності WLAN та надання користувачам більше можливостей порівняно з попередньою версією стандарту - IEEE 802.11n. Розробникам вдалося добитися цього завдяки збільшенню ширини каналу в два і чотири рази, а також суттєвих змін на рівні управління доступом до середовища передачі (MAC), збільшення кількості потоків багатокористувацького MIMO з 4 до 8, застосуванню MU-MIMO, модуляції 256-QAM і "beamforming" (динамічної зміни діаграми спрямованості антен).

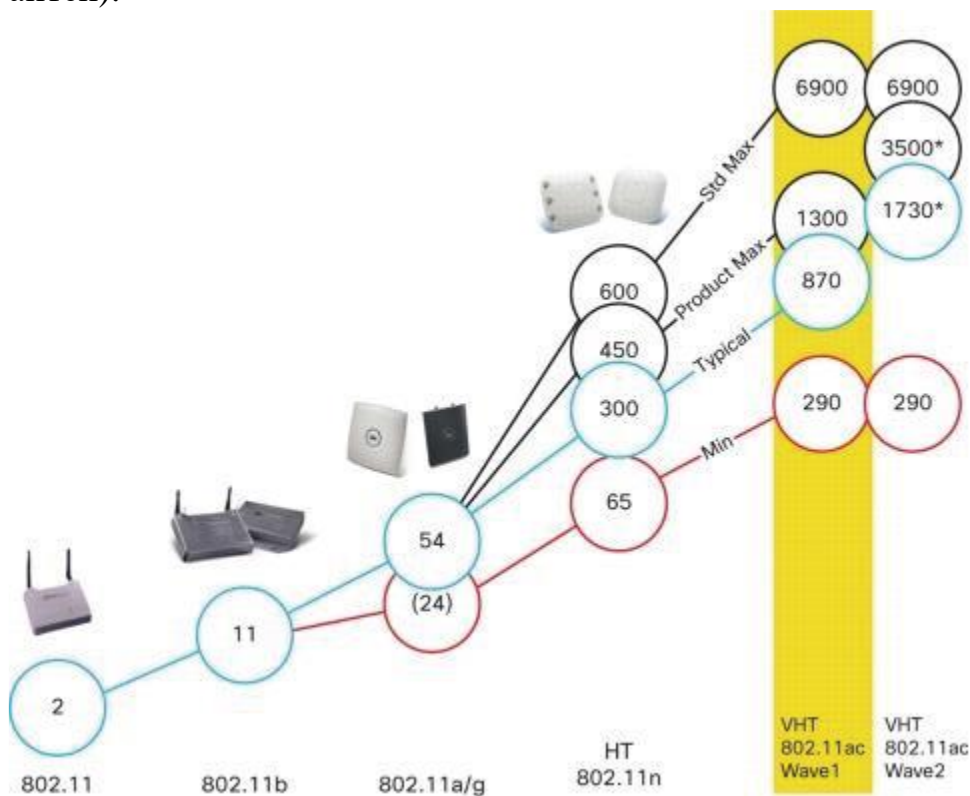


Рис. 1 Еволюція пропускної здатності систем бездротової передачі даних на базі стандарту IEEE 802.11.

Функціонування устаткування, що підтримує стандарт IEEE 802.11ac, передбачається всередині приміщень (режим "indoor"), в діапазоні частот 5 ГГц. Оскільки в даний час в цих діапазонах вже працюють системи широкосмугового радіодоступу стандарту IEEE 802.11, в тому числі попередня версія "n", виникає необхідність визначення умов спільної роботи вже існуючих і нової систем "Wi-Fi". У діапазоні 5 ГГц на первинній основі розподілені смуги частот для служби радіовизначення (погодних радарів, що забезпечують безпеку польотів авіації) і станцій радіорелейних ліній прямої видимості. Між цими системами та обладнанням IEEE 802.11ac можуть виникати взаємні перешкоди, і завдання забезпечення взаємодії та сумісності всіх цих технологій в діапазоні частот 5 ГГц набуває важливого значення. Стандарт 802.11ac використовує OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) так само як і 802.11a та 802.11n. OFDM використовує для передачі даних піднесуці, розділені між собою на однакову частоту 802.11ac використовує такі технології для збільшення пропускної здатності:

Канали шириною 80Mhz і 160Mhz, що дозволяє відразу подвоїти/почетверити результати 802.11n. Це було однією з причин для переходу на діапазон 5 ГГц, оскільки в діапазоні 2,4 ГГц неможливо розмістити достатню кількість каналів шириною 80-160 МГц. Максимальне число Spatial Streams збільшили до 8, що дозволяє ще раз подвоїти швидкості.

Оптимізація модуляції і методів передачі пакетів дозволяє добитися того, що високі швидкості будуть доступні не тільки в радіусі 4м від точки доступу.

Разом, склавши всі фактори, ми можемо отримати швидкість, в теорії, у більш ніж вісім разів більшу, ніж показники 802.11n - порядку 5Gbps. На практиці, ж, така швидкість практично недосяжна через обмежуючі фактори. Крім швидкостей, 802.11ac пропонує два ключових покращення:

1. Beamforming (формування діаграми спрямованості)- можливість динамічно змінювати діаграму спрямованості антен. В ідеалі, це означає, що зона покриття точки доступу оптимально підлаштовується під поточне розташування клієнтів. За допомогою beamforming точки доступу можуть сфокусувати радіохвилі саме на клієнтському обладнанні. Це досягається підсиленням та фазуванням сигналів(в контролері Wi-Fi) або фізичним спрямуванням діаграми направленості з використанням антенної решітки. Формування діаграми направленості електронним способом(в контролері Wi-Fi) потребує підтримки такого способу в клієнтському обладнанні. Існує три методи формування такої діаграми. :

- застаріле формування – використовує технологію обробки сигналу і декілька шляхів передачі сигналу до застарілих приладів 802.11 a/g/b в сторону клієнта.

- неявне формування - використовує деяку інформацію від клієнтського пристрою при первинному з'єднанні, щоб визначити, як краще сформувані Wi-Fi діаграми в напрямку клієнтів. Тим не менш, без явного зворотного зв'язку з клієнтами, точки доступу не мають можливості

дізнатися, чи сформовані діаграми працюють належним чином і є оптимальними.

- Явне формування діаграми спрямованості вимагає підтримки в клієнті таких же можливостей, що й в точці доступу, і точки доступу мають можливість збирати інформацію про клієнтське середовище, необхідне для динамічної зміни діаграми спрямованості і покращення обслуговування клієнтів.

На відміну від електронного формування діаграми направленості, фізичне формування відбувається з використанням спеціальної багато-елементної антенної решітки і спеціального програмного забезпечення і працює на РНУ і МАС рівнях. Цей спосіб потребує підтримки лише на точці доступу і може підтримувати як сучасні так і застарілі стандарти 802.11(a,b,g,n). Зміна діаграми направленості виконується в динамічному режимі і адаптується до зміни середовища і розміщення клієнтів.

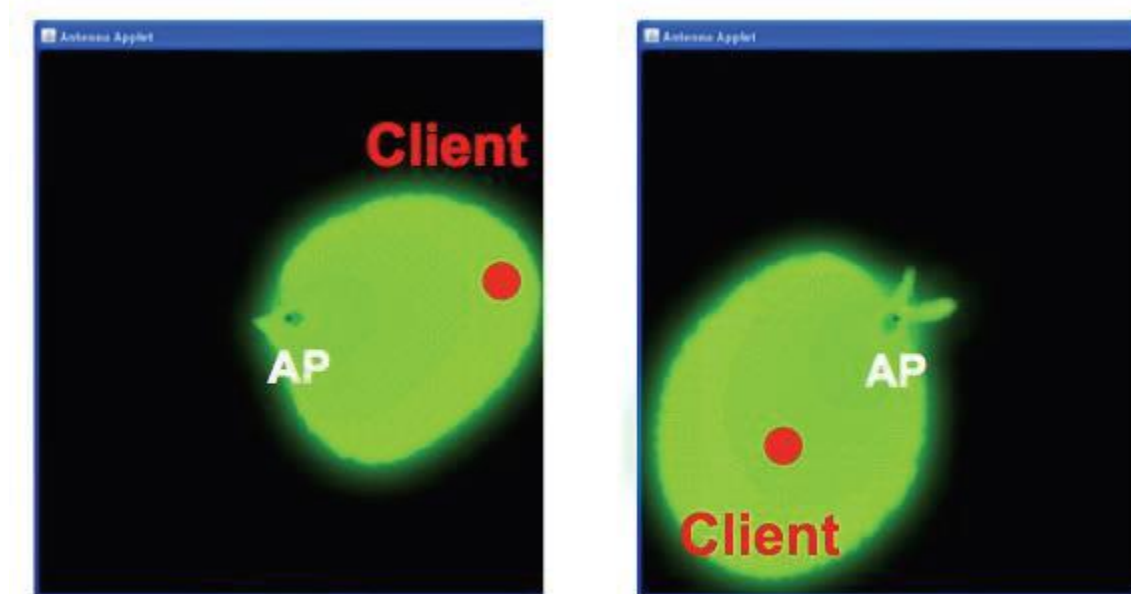


Рис. 2. Приклад діаграми спрямування при формуванні з використанням антенної решітки.

**2. MU-MIMO.** Мережі Wi-Fi - напівдуплексні: поки один передає - інші слухають. Пакети передаються послідовно - в один момент часу передається один пакет. Якщо у «трубі» в 450Mbps (802.11n 3x3: 3 MIMO) йде потік в 1Mbps - використовується 1/450 смуги пропускання. Якщо при цьому прибувають дані для іншого клієнта - використовувати незадіяну смугу пропускання не вдасться. У підсумку в мережах 802.11n з великою кількістю нешвидких клієнтів (тобто корпоративних) переваги стандарту 802.11n виявляються незадіяними. MU-MIMO дозволяє розбити «трубу» на кілька «трубок меншого діаметру» і передавати дані по ним паралельно. Поки що, говорять про два варіанти реалізації MU-MIMO в 802.11ac: SDMA (Space Division Multiple Access) дозволяє передавати дані різним клієнтам за різними Spatial Streams (для цього використовується Beamforming), Downlink MIMO дозволяє розбити піднесущі OFDM на групи, і динамічно виділяти кожного клієнта потрібну кількість піднесущих. Таким чином, навіть якщо до точки

доступу будуть під'єднані клієнти 2x2:2 MIMO - все одно можна буде використовувати весь потенціал «труби».

### **Висновки**

Сучасні технології, що використовуються для роботи систем WLAN стандарту 802.11ac дозволяють досягти високих швидкостей передачі даних, приблизних до швидкостей передачі даних в дротових мережах.

### **Список літератури**

1. 802.11ac Technology Introduction. Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG Munchen 2012, 29с.
2. *R. Watson*. Understanding the IEEE 802.11 ac Wi-Fi Standard . 2012, 10с
3. 802.11ac: The Fifth Generation of Wi-Fi. Cisco Systems. 2012, 25с.