

*Токарєв В.В., канд. тех. наук, доцент, Сапарбаєв Тозебай, студент*

*Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків*

*Кафедра електронних обчислювальних машин, доцент*

## **МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ У МЕРЕЖАХ WI-FI НА БАЗІ СТАНДАРТУ 802.11AX**

Стандарт нового покоління Wi-Fi 802.11ax, також відомий як Wi-Fi 6, - це черговий крок на шляху безперервного впровадження інновацій. Спираючись на можливості стандарту 802.11ac, стандарт 802.11ax дозволяє підвищити швидкість передачі даних і пропускну здатність як нових, так і вже існуючих мереж при роботі з додатками нового покоління за рахунок збільшення ефективності, гнучкості і масштабованості.

За рахунок застосування всіх розглянутих механізмів в комбінації, новітній стандарт 802.11ax зможе вийти на фізичні швидкості - 10Gbps, гарантувати повноцінне паралельне функціонування значної кількості абонентського обладнання і користуватися повним обсягом всього доступного «неліцензованому» діапазону частот.

Перерахуємо головні відмінні характеристики стандарту 802.11ax: 802.11ax забезпечує роботу в діапазонах частот 2.4 і 5 ГГц; підтримує базові частотні смуги 20/40/80/160 МГц; підтримує роботу MIMO 8x8 і забезпечує одночасну передачу до 8 просторових потоків; підтримує роботу MU-MIMO в двох напрямках (DL і UL); підтримка MU-MIMO забезпечує взаємодію з точкою доступу 802.11ax одночасно в двох напрямках; підтримка модуляції типів 512 і 1024QAM; оновлена схема передачі преамбули і повторної перевідправки.

У стандарті 802.11ax застосовується технологія MU MIMO і для передачі у висхідному каналі (Uplink Multi-user Multiple Input Multiple Output, UL MU MIMO), тобто від користувачів до точки доступу [1].

Стандарт IEEE 802.11ax спрямований на підвищення ефективності роботи мереж Wi-Fi в різних умовах. Особливо це важливо при створенні бездротових

мереж для стадіонів, аеропортів, вокзалів, виставкових залів, торгових центрів, де сотні точок доступу Wi-Fi працюють в порівняно невеликій обмеженій області простору.

Однією з основних цілей розробників стандарту 802.11ax є збільшення пропускної спроможності для користувачів в 4 рази в місцях з щільним розміщенням точок доступу. З цією метою всі пристрої 802.11ax підтримують роботу по низхідній лінії зв'язку Uplink MU-MIMO і MUOFDMA для збільшення числа одночасно підключених користувачів [1,3].

Для підвищення продуктивності мереж Wi-Fi з щільним розміщенням точок доступу стандарт 802.11ax містить ряд методів, які підвищують ефективність використання каналних ресурсів мережами з перекриваються областями радіовидимості (Overlapped BSS - OBSS).

У стандартах Wi-Fi введено поняття віртуальної зайнятості середовища (механізм NAV - Network Allocation Vector). NAV можна уявити як лічильник, значення коду в якому зменшується в часі від деякого значення до нуля. Якщо значення коду дорівнює нулю, то канал вільний, інакше - зайнятий. Значення коду лічильника змінюється при отриманні кадрів [2].

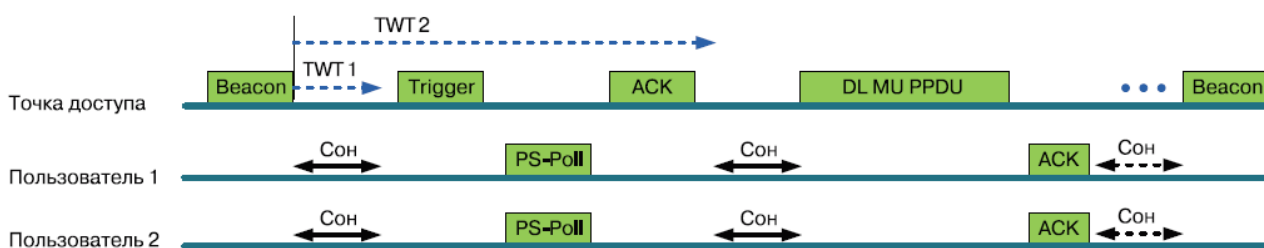
Одна з ключових особливостей стандарту 802.11ax - враховувати при детектуванні зайнятості середовища, чи ведеться передача всередині своєї власної мережі або ж всередині чужої мережі. Залежно від цього пристрій може використовувати різні пороги чутливості, підлаштовувати потужність передавача, змінювати значення NAV. Крім того пристрій може зберігати кілька значень NAV, отриманих від різних мереж, і запобігає некоректне скидання віртуальної зайнятості середовища, встановлене через передачу пакета всередині однієї мережі, при отриманні кадру CF-End від іншої мережі.

Для швидкого визначення приналежності прийнятого пакета до певної мережі без декодування пакета цілком, преамбула 802.11ax містить поле "колір мережі" (BSS color), в якому передається не унікальний ідентифікатор мережі.

Значення "кольору" вибирається точкою доступу випадковим чином в момент ініціалізації мережі. Вперше поле "колір мережі" з'явилося в доповненні

стандарту 802.11ah, і його довжина становила всього 3 біта [4]. У версії стандарту 802.11ah розмір поля збільшений до 6 біт для зменшення ймовірності збігу "кольору" у двох мереж, що знаходяться в області радіовидимості.

Ще однією особливістю стандарту є режим роботи енергозбереження з цільовим часом пробудження. Точка доступу 802.11ah може погоджувати з користувачами використання функції цільового часу пробудження (TWT), щоб встановити тривалість доступу до середовища. Користувачі і точка доступу обмінюються інформацією, яка включає очікувану тривалість активності. Таким чином, точка доступу контролює рівень конкуренції і перекриття часу між користувачами, які потребують доступу до середовища. 802.11ah. Користувачі можуть використовувати TWT для зниження споживання енергії, переходячи в стан очікування до тих пір, поки не надійде їх TWT (рис. 1).



Мал. 1. Приклад передачі даних в режимі зниження споживання енергії

Для того щоб потужність сигналу, що приходить від різних користувачів в режимі багато режиму роботи до точки доступу, була приблизно однаковою, точка доступу управляє потужністю передавача кожного користувача за допомогою критичного кадру [5].

Впровадження стандарту 802.11ah дозволить в чотири рази розширити ємність мереж Wi-Fi, одночасно збільшуючи час автономної роботи мобільних пристроїв.

Завдяки стандарту 802.11ah точки доступу зможуть підтримувати більшу кількість клієнтів в середовищах з високою щільністю, а робота в стандартних бездротових локальних мережах стане простіше. Крім того, він дозволить прогнозувати продуктивність додатків з розширеними можливостями,

наприклад: відео додатки 4К і 8К, додатків для спільної роботи з високою щільністю і високим дозволом, безпроводного доступу в офісах та Інтернету речей (IoT). Оскільки бездротові технології розповсюджуються все ширше, саме стандарт 802.11ax визначить майбутнє мереж Wi-Fi.

#### Література

1. Макаренко В.В. 802.11ax – новая версия стандарта высокоскоростной системы связи WI-FI/ Электронные компоненты и системы, №2, 2017. с. 42-51.

2. Кирьянов А.Г., Ляхов А. И., Д. А. Михлина, Хоров Е. М., Щелкина И.А. Проблемы создания IEEE 802.11ax - нового поколения сетей Wi-Fi / Информационные процессы, Том 16, № 1, 2016, стр. 1–12.

3. Макаренко В.В. Особенности стандарта беспроводной связи IEEE 802.11ac (Wi-Fi) / Электронные компоненты и системы, №7, 2012. с. 28-35.

4. Радченко В.А. Мобильная подсистема "мультикоптер–сенсорная сеть" в компьютерной системе хранения Big Data / В.А. Радченко, Д.А. Руденко, В. Н. Ткачев, В.В. Токарев // Системи управління, навігації та зв'язку. - 2017. - Вип. 4. - С. 102-105. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz\\_2017\\_4\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2017_4_21).

5. Ткачов В.М. Проблема передачі даних типу big data у мобільній системі "мультикоптер – сенсорна мережа" / В.М. Ткачов, В.В. Токарев, В.О. Радченко, В.О. Лебедєв // Системи управління, навігації та зв'язку. - 2017. - Вип. 2. - С. 154-157. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz\\_2017\\_2\\_40](http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2017_2_40).