

2. Права осіб, зниклих безвісти за особливих обставин, та членів їхніх сімей / Право в умовах війни. URL: <https://bit.ly/3Tg48w6> (дата звернення: 03.03.2023).
3. Про правовий статус осіб, зниклих безвісти за особливих обставин : Закон України від 12.07.2018 р. № 2505-VIII (зі змін. та допов.). *Відомості Верховної Ради України*. 2018. № 38. Ст. 280.
4. Якщо особа зникла безвісти за особливих обставин: алгоритм дій / Право в умовах війни. URL: <https://bit.ly/3l66f9f> (дата звернення: 03.03.2023).
5. Кримінальний процесуальний кодекс України від 13.04.2012 р. № 4651-VI (зі змін. та допов.). *Відомості Верховної Ради України*. 2013. № 9–10, № 11–12, № 13. Ст. 88.
6. Пошук загиблих та зниклих безвісти за ДНК під час війни — роз'яснення МОЗ / Укрінформ. Мультимедійна платформа іномовлення України. URL: <https://bit.ly/3JA85sd> (дата звернення: 03.03.2023).
7. Криміналістичне дослідження ДНК: технології та можливості : навч. посіб. / Р. Л. Степанюк, С. І. Перлін, В. В. Кікінчук та ін. Вид. 2-ге, переробл. та допов. Харків, 2022. 120 с.

Особливості використання сучасних стандартів технології Wi-Fi

Михайло Ромбовський,

канд. фіз.-мат. наук, Сумський НДЕКЦ, м. Суми, Україна, ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-2296-3452>, e-mail: rombovsky_m@ukr.net

Роботу присвячено аналізу особливостей сучасних стандартів технологій Wi-Fi в межах проведення судових експертиз за експертною спеціальністю «Дослідження телекомунікаційних систем (обладнання) та засобів».

Ключові слова: стандарт Wi-Fi; бездротові пристрої; загасання електромагнітних хвиль; судова експертиза.

The features of using modern standards of Wi-Fi technology

Michael Rombovsky

This work is devoted to the analysis of the features of modern standards of Wi-Fi technology in the framework of forensic examinations in the expert specialty «The study of telecommunication systems (equipment) and methods».

Keywords: Wi-Fi standard; wireless devices; attenuation of electromagnetic waves; forensics.

Під час проведення експертиз за експертною спеціальністю 10.17 «Дослідження телекомунікаційних систем (обладнання) та засобів» виникає потреба оцінити якість сигналу в разі використання сучасних стандартів у наявних мережах Wi-Fi. Ми проаналізували порушене питання, продовжуючи тему оцінки фізичних і технічних особливостей сучасних стандартів, розпочату минулого року [1].

Із жовтня 2018 року стандарти 802.11 отримали більш прості та зрозумілі імена стандартів Wi-Fi [2]. Така спрощена нумерація, на думку Wi-Fi Alliance, дасть змогу користувачам, які мають незначний досвід роботи з обладнанням Wi-Fi, правильно дібрати обладнання для забезпечення максимальної продуктивності в мережі Wi-Fi (наприклад, щоб сучасні гаджети з адаптером 802.11ac не використовувати в мережі стандарту 802.11n). Порівняти номери стандартів тепер

набагато простіше, а послідовна нумерація полегшує визначення новіших стандартів.

Сьогодні активно відбувається перехід побутових бездротових пристроїв (маршрутизатори, точки доступу, бездротові адаптери тощо) на стандарт бездротових мереж п'ятого покоління Wi-Fi 5 (IEEE 802.11ac). Розглянемо основні переваги й недоліки цього стандарту. Водночас основну увагу приділимо ключовим фізичним і технічним особливостям та проведемо порівняння з попереднім стандартом Wi-Fi 4 (IEEE 802.11n).

Маємо зауважити, що сьогодні стандарти та технології Wi-Fi стрімко розвиваються (ідеться про стандарти 802.11ax та 802.11be) [3].

Фінальну версію специфікації IEEE 802.11ac ухвалено в січні 2014 року.

Основні переваги стандарту 802.11ac:

- робота бездротових пристроїв в діапазоні частот 5 ГГц;

- збільшення швидкості та продуктивності бездротової мережі передавання даних;
- збільшення ширини каналів;
- збільшення кількості просторових потоків;
- використання нової технології модуляції сигналу;
- використання технології багатокористувачької *MIMO (Multi-User MIMO)*;
- підтримка технології формування спрямованого сигналу *Beamforming*.

Розглянемо докладніше кожну з переваг стандарту *802.11ac*.

Стандарт бездротових мереж *802.11ac* використовує тільки діапазон частот 5 ГГц (стандарт *802.11n* може працювати як у діапазоні частот 2,4 ГГц, так і 5 ГГц). Сьогодні основна маса бездротових пристроїв працює в діапазоні 2,4 ГГц, тому сигнал у діапазоні 5 ГГц зазнає менше різних перешкод. Використання більш вільного радіо-ефіру сприяє підвищенню стабільності та швидкості з'єднання.

Стандарт *802.11ac* заявляє про максимальну теоретичну швидкість підключення до 7 Гбіт/с. Теоретично це має бути точка доступу або маршрутизатор із вісьмома антенами. У вільному продажу нині можна знайти пристрої зі швидкістю передавання даних до 1,3 Гбіт/с. Домогтися істотного збільшення швидкості передавання даних удалося завдяки збільшенню ширини каналу до 80 МГц і збільшенню кількості просторових потоків та підтримання нової модуляції *256-QAM*.

Відповідно до стандарту *802.11ac* ширину бездротового каналу для передавання сигналу збільшили до 80 МГц. Необхідно зазначити, що опціональне розширення ширини каналу можливо до 160 МГц. Дворазове збільшення ширини каналу (порівняно зі стандартом *802.11n*, який використовує ширину каналу до 40 МГц) призводить до підвищення швидкості передавання даних і поліпшення пропускних можливостей.

Попередній стандарт *802.11n* передбачає можливість використання до 4 просторових потоків, а у стандарті *802.11ac* їхню кількість збільшено до 8. Коли радіосигнал передають одночасно з різних антен, то для уникнення колізії передавання даних слід застосовувати роздільні просторові потоки (*Spatial Streams*).

Технологія *MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)* забезпечує одночасний прийом і передавання кількох потоків даних через кілька антен. Чим більше просторових потоків, тим більше

потрібно антен для їхнього передавання та прийому. Чим більше пристрій використовує антен для одночасної роботи передавання та прийому, тим вища його максимальна швидкість передавання даних.

Застосування у стандарті *802.11ac* нової та більш продуктивної системи модуляції сигналу *256-QAM* забезпечує приріст пропускної здатності в бездротовій мережі. Модуляція *256-QAM* порівняно з *64-QAM* приблизно на 25 % збільшує швидкість передавання даних.

Наприклад, на стандарті *802.11ac* за ширини каналу 40 МГц під час використання одного просторового потоку й модуляції *256-QAM* максимальна швидкість у каналі дорівнює 200 Мбіт/с, а на стандарті *802.11n* за тих самих параметрів, але на модуляції *64-QAM* — 150 Мбіт/с. Знаючи ширину каналу, кількість просторових потоків і тип модуляції, використовуваний пристроєм, можна розрахувати максимально можливу теоретичну швидкість передавання даних у кожному конкретному випадку.

На одному просторовому потоці за ширини каналу 160 МГц і модуляції *256-QAM* теоретично можна отримати швидкість у 867 Мбіт/с. Тоді з урахуванням, що стандарт *802.11ac* підтримує 8 просторових потоків по 867 Мбіт/с теоретично можна отримати значення швидкості передавання даних приблизно 7 Гбіт/с, що значно перевищує максимальну теоретично можливу швидкість на стандарті *802.11n* (вона складає 600 Мбіт/с у разі використання 4 просторових потоків, кожен із яких працює на швидкості 150 Мбіт/с).

Технологія *MIMO*, реалізована у стандарті *802.11n*, забезпечує одночасну роботу передавання / прийому даних між пристроями мережі. Утім, у конкретний момент часу тільки один пристрій може отримувати й відправляти дані, тоді як інші чекають своєї черги. Стандарт *802.11ac* кардинально змінює підхід. У межах стандарту реалізовано технологію багатокористувачької *MIMO — MU-MIMO (Multi-User Multiple-Input, Multiple-Output)*.

Технологія *MU-MIMO* створює канал передавання, у разі використання якого інші пристрої не чекають своєї черги. Пристрої з підтримкою *MU-MIMO* можуть забезпечувати одночасне передавання чотирьох потоків даних (до чотирьох клієнтів). Це дає змогу більш ефективно використовувати бездротову мережу та скоротити час затримки (очікування на обслуговування),

який виникає за значного збільшення кількості клієнтів у мережі.

Суттєвим недоліком 802.11ac (Wi-Fi 5) є доволі сильне загасання й більша чутливість електромагнітних хвиль до перешкод діапазону 5 ГГц порівняно з діапазоном 2,4 ГГц [1]. З іншого боку, за коректного підходу цей основний недолік можна використати для збільшення кібербезпеки бездротової мережі: без застосування додаткових матеріалів практично до нуля гасити бездротову мережу побутовими матеріалами й перешкодами.

Отже, розглянутий стандарт 802.11ac (Wi-Fi 5) порівняно з 802.11n (Wi-Fi 4) має значні переваги та позитивні тенденції для збільшення швидкості передавання сигналу. Це дасть змогу суттєво розширити сферу застосування стандарту.

Перелік джерел посилання

1. Ромбовський М., Коваль В. Особливості проходження сигналу крізь перешкоди під час використання сучасних стандартів технології Wi-Fi. *Актуальні питання судової експертизи і криміналістики* : зб. мат-лів Міжнар.

наук.-практ. конф.-полілогу (Харків, 15—16.04.2021). Харків, 2021. С. 243—245.

2. Generational Wi-Fi® User Guide. October 2018. URL: https://www.wi-fi.org/download.php?file=/sites/default/files/private/Generational_Wi-Fi_User_Guide_20181003.pdf (дата звернення: 06.03.2023).
3. Lopez-Perez D., Garcia-Rodriguez A., Galati-Giordano L., Kasslin M., Doppler K. IEEE 802.11be Extremely High Throughput: The Next Generation of Wi-Fi Technology Beyond 802.11ax. *IEEE Communications Magazine*. September 2019. Vol. 57, Is. 9. Pp. 113—119. DOI: 10.1109/MCOM.001.1900338 (дата звернення: 06.03.2023).
4. Про схвалення узагальнених умов застосування радіоелектронних засобів та випромінювальних пристроїв : рішення Національної комісії з питань регулювання зв'язку України від 12.01.2012 р. № 18 (зі змін та допов.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/vr018864-12#Text> (дата звернення: 06.03.2023).

Вплив професора М. В. Салтевського на розвиток криміналістики

Альона Рубленко,

Луганський НДЕКЦ, м. Дніпро, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6293-3162>

Альона Ясенюк,

Луганський НДЕКЦ, м. Дніпро, Україна, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0884-2011>,
e-mail: yasenok88@gmail.com

Розглянуто наукову, викладацьку діяльність М. В. Салтевського. Досліджено вплив його наукових ідей на розвиток криміналістики та судової експертизи та вагомий внесок у розвиток загальної теорії криміналістики, теорії криміналістичної ідентифікації, окремих криміналістичних теорій, криміналістичної техніки, криміналістичної тактики та методики розслідування окремих видів злочинів.

Ключові слова: криміналістична наука; судова експертиза; професор М. В. Салтевський, один із засновників наукової школи в криміналістиці; криміналістична одорологія; судова фотографія.

Influence of Professor Saltevskiy M. V on the development of criminology

Alona Rublenko, Alona Yasenok

The paper studies the scientific and teaching activities of Saltevskiy M. V. The author examines the influence of his scientific ideas on the development of criminology and forensic examination, as well as his significant contribution to the development of the general theory of criminology, the theory of forensic identification, individual forensic theories, forensic techniques, forensic tactics and methods of investigation of certain types of crimes.

Keywords: forensic science, forensic examination, professor Saltevskiy M. V., one of the founders of the scientific school in criminology, forensic odorology, court photo.

В науковій літературі існує багато підходів до визначення та класифікації наукових шкіл залежно від способу виникнення та формування школи, основної мети її діяльності тощо.

А. П. Огурцов зазначав, що наукова школа формується двома шляхами. Лідер наукової школи може запропонувати та розробити наукову теорію, яка отримує визнання. У цьому випадку