

## УДК 004.35

*О.А. Суровцев, студент гр. ПГ-41, Павловський О.М. к.т.н., доцент*  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського»

### ПОРІВНЯННЯ СУЧАСНИХ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБМІНУ ІНФОРМАЦІЄЮ

**Анотація.** У роботі був проведений порівняльний аналіз сучасних бездротових технологій, таких як Wi-Fi, ZigBee та Bluetooth. Представлені основні характеристики мереж, побудованих за цими технологіями. Наведені результати експерименту порівняння енергоефективності технологій Bluetooth 4.2/5.0 та ZigBee. Сформовані рекомендації для вибору технології побудови мережі, в залежності від умов експлуатації та призначення.

**Ключові слова:** Бездротові технології, Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee, BLE, IoT.

## ВСТУП

Сучасні інтерфейси для бездротової передачі даних набули широкого вжитку за рахунок їхньої компактності, простоти та загальнодоступності, вони все більше використовуються для заміни провідних комунікацій. Бездротові системи зв'язку легко встановлюються і експлуатуються на різних об'єктах, де використання кабелю неможливо, або економічно та технічно не вигідно. З урахуванням сучасних темпів розвитку бездротових мереж, можна зробити прогноз, що в найближчому часі, бездротові технології замінять дротові мережі не лише на ринку мобільних пристроїв, а й у сфері виробництва та промисловості. Таким чином, метою роботи є проведення порівняльного аналізу сучасних бездротових технологій та формування рекомендацій для їх використання в залежності від вирішуваних задач.

## ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ БЕЗДРОТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБМІНУ

В даний час в побуті та промисловості широко використовують наступні бездротові технології - Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee [1-3]. Основні характеристики цих технологій представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристики мереж бездротового обміну даними

| Технологія передачі даних (стандарт) | Bluetooth (IEEE 802.15.1) |                | Wi-Fi (IEEE 802.11ac) | ZigBee (IEEE 802.15.4) |
|--------------------------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|
|                                      | 3.0                       | 5.0            |                       |                        |
| Частотний діапазон, МГц              | 2400-2483                 |                | 2400-2483             | 2400-2483              |
| Пропускна здатність                  | 24 Мбіт/с                 | 2 Мбіт/с       | 6.93Гбіт/с            | 250 Кбіт/с             |
| Мах кількість вузлів                 | 7                         | Не обмежується | 256                   | 300                    |
| Діапазон дії, м                      | 10                        | 40             | 100                   | 10-30                  |

Розглянемо більш детально особливості і сфери використання кожної із наведених технологій.

Мережа Wi-Fi, що працює за стандартом IEEE 802.11ac, дозволяє об'єд-

нувати абонентів в локальну мережу з великою швидкістю передачі даних до 6.93Гбіт/с [1]. Ця мережа має найбільшу швидкість передачі із існуючих на сьогодні. Із недоліків, варто відзначити високу вартість, велику енергоємність і, як наслідок, неможливість тривалої роботи від автономних джерел живлення, що показує нецільовість застосування Wi-Fi мереж з пристроями, що не мають високої швидкості передачі.

Мережі ZigBee представляють собою невеликі модулі з можливістю побудови мереж за москитною технологією, при цьому пристрої мають ультра низьке споживання енергії, що дозволяє працювати одному модулю від автономного джерела живлення декілька років. Дані мережі доцільно використовувати в областях з пристроями малої швидкості передачі, таких як Home Automation і Smart Energy [2]. Недоліком технології є невисока швидкість передачі даних та недоцільність використання малої кількості модулів для побудови мережі.

Технологія Bluetooth (стандарт IEEE 802.15.1) є проміжною, по характеристикам технологією, що поєднує риси технологій Wi-Fi (швидкодія до 24 Мбіт/с для версії 3.0) та ZigBee (низьке енергоспоживання, версії 4.0-5.0). Bluetooth 5.0 (є розвитком технології Bluetooth 4.0 BLE (Bluetooth low energy)) не має зворотної сумісності з версіями 3.0 і нижче. Основною перевагою даної технології є наднизьке енергоспоживання, що перевищує енергоефективність технології ZigBee [5], при значно вищій швидкості передачі даних. Варто відзначити, що ефективна швидкість обміну залежить не тільки від фізичної пропускної здатності каналу передачі, але і від співвідношення службової та корисної інформації в пакеті даних [3]. Висока енергоефективність досягається завдяки новому алгоритму передачі даних. Передавач сканує усі відомі пристрої в радіусі дії і зберігає їхні ідентифікатори. Після декількох операцій обміну, передавач вираховує послідовність і ймовірність ввімкнення, ймовірність виявлення пакету даних приймачем та швидкість підключення для різної кількості пристроїв. Далі, передавач вмикається лише під час обміну даними. Отримані статистичні дані дозволяють зменшити швидкість підключення до мінімально необхідної і, як наслідок, отримати надвисоку енергоефективність каналу обміну інформацією [3-4].

У роботі [5] був проведений експериментальний замір споживання енергії від автономного джерела живлення CR2032 із номінальною напругою 3В. Було проведено порівняння однотипних модулів, що використовують технології Bluetooth 5.0, Bluetooth 4.2 і ZigBee. Час проведення експерименту - 5 годин неперервної роботи приладу. Відстань між модулями прийому-передачі змінювалась від 1м до максимально можливого за умови стійкого зв'язку у замкнутому приміщенні та на відкритому просторі. Для передачі обирався один пакет даних, що циклічно передавався на максимально можливий швидкості. Результати експерименту приведені у таблиці 2.

Результати експерименту показали, що при використанні зв'язку за технологією ZigBee, джерело живлення втратило свій заряд і пристрій вимкнувся. Для технологій Bluetooth 4.2/5, відбулася втрата ємності у середньому на 35% від номінальної, що підтвердило ефективність використання нових про-

токолів технологій Bluetooth, у порівнянні із ZigBee.

Таблиця 2. Порівняння рівня заряду батареї у закритому та відкритому просторі мереж малої енерговитратності.

| <i>Технологія передачі</i> |                        | <i>Напруга на батареї, В</i> | <i>Ступінь розряду батареї, %</i> |
|----------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Bluetooth 5.0              | В приміщенні           | 2.7                          | 31                                |
| Bluetooth 4.2              |                        | 1.89                         | 37                                |
| ZigBee                     |                        | 0                            | 100                               |
| Bluetooth 5.0              | На відкритому просторі | 2.12                         | 29                                |
| Bluetooth 4.2              |                        | 1.77                         | 41                                |
| ZigBee                     |                        | 0                            | 100                               |

## ВИСНОВОК

У роботі було проведено огляд існуючих сучасних технологій бездротової передачі даних, таких як Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth. У результаті порівняння, можна сформулювати рекомендації для вибору технології для бездротової передачі даних в залежності від умов.

Для реалізації високошвидкісних мереж зі швидкістю обміну інформацією до 6.93Гбіт/с, при віддаленості вузлів зв'язку на відстань до 100м і при наявності мережевого живлення, необхідно використовувати технологію Wi-Fi.

Для побудови мереж, де швидкість передачі даних несуттєва, мереж із високою енергоефективністю, або для побудови масиву автономних модулів зв'язку запропоновано використовувати технології ZigBee та Bluetooth.

Проте, як показали наведені у [5] результати експерименту, енергоефективність мережі побудованої за технологією Bluetooth 5.0 набагато вища, ніж у ZigBee. Це свідчить про можливе повне заміщення ZigBee технологіями стандарту IEEE 802.15.1.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. IEEE 802.11ax: Challenges and Requirements for Future High Efficiency WiFi [Електронний ресурс] – «IEEExplore». Режим доступу : <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7792393/> - вільний доступ.
2. Беспроводные сети ZigBee и Thread [Електронний ресурс] – «Всё для разработчика». Режим доступу : <http://www.wless.ru/technology/?tech=1> - вільний доступ.
3. Все, что вы хотели знать о Bluetooth 5.0 25/10/2017 | Texas Instruments [Електронний ресурс] – «Терра Електроника». Режим доступу : <https://www.terraelectronica.ru/news/4966> - вільний доступ.
4. Proposal and Evaluation of BLE Discovery Process Based on New Features of Bluetooth 5.0 [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.mdpi.com/1424-8220/17/9/1988/htm> - вільний доступ.
5. Bluetooth 5: a concrete step forward towards the IoT [Електронний ресурс] – «arXiv:1711.00257v1 [cs.NI] 1 Nov 2017». Режим доступу : <https://arxiv.org/pdf/1711.00257.pdf> - вільний доступ.