

**БЕЗДРОТОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ  
WI-FI, BLUETOOTH ТА ZIGBEE.**

*Макаренко А.Ю., Парфенова А.О., Мозильний С.Б.*

Бездротові технології - інформаційні технології, призначені для бездротової передачі інформації на відстань між двома й більше об'єктами. Для передачі інформації може використовуватися інфрачервоне випромінювання, радіохвилі, оптичне або лазерне випромінювання. На сьогодні існує безліч бездротових технологій, відомих користувачам по їхніх маркетингових назвах, таким як *Wi-Fi*, *WiMAX*, *Bluetooth* та інші. Кожна технологія має певні характеристики, які визначають її область застосування.

**Технологія бездротової передачі даних *Wi-Fi***

Стандарти бездротової технології передачі даних для *Wi-Fi* є досить заплутаними, а тому спочатку варто визначити термінологію.

Стандарт *IEEE 802.11* є базовим стандартом для побудови бездротових локальних мереж (*Wireless Local Network — WLAN*). Стандарт *IEEE 802.11* [1] постійно вдосконалювався, а тому зараз існує сімейство, до якого відносять специфікації *IEEE 802.11* з буквеними індексами *a, b, c, d, e, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, u, v, w*. Однак тільки п'ять з них (*a, b, g, i* та *n*) є основними й користуються найбільшою популярністю у виробників устаткування, інші ж являють собою доповнення, удосконалення або виправлення прийнятих специфікацій. Інститут інженерів по електроніці й електротехніці (*IEEE*) тільки розробляє й приймає специфікації, на перераховані вище стандарти. До обов'язків інституту не входять роботи з тестування приладів різних виробників на сумісність.

Для просування на ринку пристроїв для бездротових локальних мереж (*WLAN*) була створена група, що одержала назву Альянс *Wi-Fi*. Цей альянс здійснює керівництво роботами по сертифікації устаткування різних виробників і видачі дозволу на використання членами Альянсу *Wi-Fi* логотипа торговельної марки *Wi-Fi*. Наявність на устаткуванні логотипа *Wi-Fi* гарантує надійну роботу й сумісність устаткування при побудові бездротової локальної мережі (*WLAN*) навіть при використанні пристроїв різних виробників. На сьогоднішній день *Wi-Fi* сумісним є устаткування, побудоване по стандарту *IEEE 802.11a* [2], *b* [3] і *g* [4] (для забезпечення захищеного з'єднання також може використовуватися стандарт *IEEE 802.11i* [5]). Крім того, наявність на устаткуванні логотипа *Wi-Fi* означає, що робота устаткування здійснюється в діапазоні 2,4 ГГц або 5 ГГц. Отже, під *Wi-Fi* варто розуміти сумісність устаткування різних виробників, призначеного для побудови бездротових локальних мереж, з урахуванням викладених вище обмежень.

Перша специфікація стандарту *IEEE 802.11*, прийнята в 1997 році, установлювала передачу даних на швидкості 1 і 2 Мбіт/с у неліцензійному діапазоні частот 2,4 ГГц, а також спосіб керування доступом до фізичного середовища (радіоканалу), що використовує метод множинного доступу із упізнаванням несучої й усуненням колізій (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA-CA*).

Метод *CSMA-CA* полягає в наступному. Для визначення стану каналу (зайнятий або вільний) використовується алгоритм оцінки рівня сигналу в каналі, відповідно до якого виконується вимірювання потужності сигналів на вході приймача і якість сигналу. Якщо потужність прийнятих сигналів на вході приймача нижче граничного рівня, то канал вважається вільним, якщо ж їхня потужність вище граничного значення, то канал вважається зайнятим.

*IEEE 802.11n* [6] - новітня версія стандарту 802.11 для мереж *Wi-Fi*. Цей стандарт був затверджений 11 вересня 2009. Стандарт 802.11n підвищує швидкість передачі даних практично вчетверо в порівнянні із пристроями стандартів 802.11g (максимальна швидкість яких дорівнює 54 Мбіт/с), за умови використання в режимі 802.11n з іншими пристроями 802.11n. Теоретично 802.11n здатний забезпечити швидкість передачі даних до 480 Мбіт/с. Пристрої 802.11n працюють у діапазонах 2,4 - 2,483 або 5,0 ГГц. Крім того, пристрої 802.11n можуть працювати в режимах:

- наслідуваному (*Legacy*), у якому забезпечується підтримка пристроїв 802.11b/g і 802.11a
- змішаному (*Mixed*), у якому підтримуються пристрої 802.11b/g, 802.11a і 802.11n
- «чистому» режимі - 802.11n (саме в цьому режимі й можна скористатися перевагами підвищеної швидкості й збільшеною дальністю передачі даних, забезпечуваними стандартом 802.11n).

Чорнову версію стандарту 802.11n підтримують багато сучасних мережних пристроїв. Підсумкова версія стандарту, що була прийнята 11 вересня 2009 року, забезпечує швидкість до 300 Мбіт/с, багатоканальний вхід/вихід, відомий, як *MIMO* і більше покриття.

Пристрої стандарту 802.11n можуть працювати в одному із двох діапазонів - 2,4 або 5 ГГц. Це набагато підвищує гнучкість їхнього застосування. При виборі системи фахівцям варто мати на увазі, що практично всі клієнти 802.11n на основі *CardBus* і *ExpressCard* поки розраховані тільки на діапазон 2,4 ГГц, але деякі зразки вмонтованих адаптерів і плат типу розміру *mini-PCI* здатні підтримувати обидва діапазони.

Специфікація 802.11n передбачає використання як стандартних каналів шириною 20 МГц, так і широкосмугових - на 40 МГц із більш високою пропускну здатністю. Проект версії 2.0 рекомендує застосовувати 40-мегагерцові канали тільки в діапазоні 5 ГГц, однак користувачі багатьох

пристроїв такого типу одержать можливість вручну переходити на широкосмугові канали навіть у діапазоні 2,4 ГГц. Ключовий компонент стандарту 802.11n за назвою MIMO (*Multiple Input, Multiple Output* - багато входів, багато виходів) передбачає застосування просторового мультиплексування з метою одночасної передачі декількох інформаційних потоків по одному каналі, а також багатопроменеве відбиття, що забезпечує доставку кожного біта інформації відповідному одержувачеві з невеликою ймовірністю впливу перешкод і втрат даних. Саме можливість одночасної передачі й прийому даних визначає високу пропускну здатність пристроїв 802.11n.

Таблиця 1. Основні характеристики стандартів IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n.

Стандарт	IEEE 802.11a [2]	IEEE 802.11b [3]	IEEE 802.11g [4]	IEEE 802.11n [6]
Частотний діапазон, ГГц	5.15-5.25 5.67-5.85	2.4-2.483	2.4-2.483	2.4-2.483 5.15-5.25 5.67-5.85
Доступ до радіоканалу	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA
Кількість абонентів на один канал	64	64	64	64
Максимальна швидкість обміну даними	54Мбіт/с	11 Мбіт/с	54 Мбіт/с	480 Мбіт/с
Метод модуляції	OFDM	BPSK, CCK	OFDM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Дальність дії в приміщенні	10-20	20-100	20-50	10-20

У табл. 1 наведені основні технічні характеристики стандартів IEEE 802.11a, b, g і n.

Розроблювачі специфікації 802.11n подбали про те, щоб компоненти на її базі зберігали сумісність із пристроями стандарту 802.11b або 802.11g у діапазоні 2,4 ГГц та з пристроями 802.11a - у діапазоні 5 ГГц. У нових мережах 802.11n ще довгий час буде працювати безліч колишніх бездротових клієнтів, а тому при розгортанні бездротових ЛВМ (локальних високошвидкісних мереж) адміністраторові варто обов'язково передбачити їх підтримку.

### Технологія Bluetooth

Технологія Bluetooth (стандарт IEEE 802.15[7]) стала першою технологією, що дозволяє організувати бездротову персональну мережу передачі даних (WPAN - *Wireless Personal Network*). Вона дозволяє здійснювати передачу даних і голосу по радіоканалу на невеликі відстані ( 10-100 м) у неліцензійному діапазоні частот 2,4 ГГц і з'єднувати ПК, мобільні телефони й інші пристрої при відсутності прямої видимості.

Своєму народженню *Bluetooth* зобов'язана фірмі *Ericsson*, що в 1994 році почала розробку нової технології зв'язку. Спочатку основною метою була розробка радіоінтерфейсу з низьким рівнем енергоспоживання й невисокою вартістю, що дозволяв би встановлювати зв'язок між стільниковими телефонами й бездротовими гарнітурами. Однак згодом роботи з розробки радіоінтерфейсу плавно переросли в створення нової технології.

На телекомунікаційному ринку, а також на ринку комп'ютерних засобів успіх нової технології забезпечують провідні фірми-виробники, які ухвалюють рішення щодо доцільності й економічній вигоді від інтеграції нової технології у свої нові розробки. Тому, щоб забезпечити своєму дітищу гідний майбутній і подальший розвиток, в 1998 році фірма *Ericsson* організувала консорціум *Bluetooth SIG (Special Interest Group)*, перед яким ставилися наступні завдання: 1) подальша розробка технології *Bluetooth*; 2) просування нової технології на ринку телекомунікаційних засобів.

Технологія *Bluetooth* підтримує як з'єднання типу «точка - точка», так і «точка – декілька точок». Два або більше пристроїв, що використовують один канал утворюють пікомережу (*piconet*). Один із пристроїв в такій мережі працює як основний (*master*), а інші - як залежні (*slave*). В одній пікомережі може бути до семи активних залежних пристроїв, при цьому інші залежні пристрої перебувають у стані «паркування», залишаючись синхронізованими з основним пристроєм. Взаємодіючі пікомережі утворюють «розгалужену мережу» (*scatternet*).

У кожній пікомережі діє тільки один основний пристрій, однак залежні пристрої можуть входити до різних пікомереж. Крім того, основний пристрій однієї пікомережі може бути залежним в іншій (рис.1). Таке рішення було знайдено, коли фінська фірма, вивчивши ситуацію на ринку, однією з перших запропонувала розроблювачам наступне рішення.

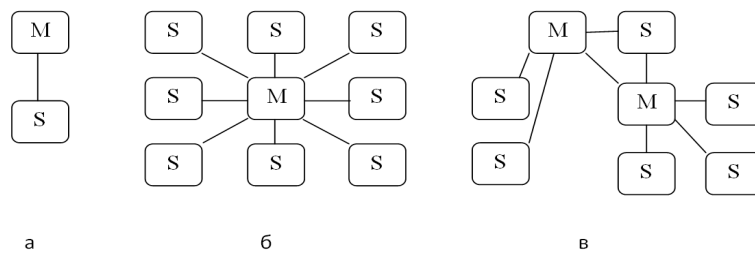


Рис.1 Пікомережі. а - з одним залежним пристроєм;  
б - з кількома залежними пристроями; в - розгалужена мережа

У більшості випадків технологія *Bluetooth* використовується розроблювачами для заміни провідного послідовного з'єднання між двома пристроями на бездротове. Для організації з'єднання й виконання передачі даних розроблювачеві необхідно програмно, за допомогою команд інтерфейсу хост-контролера реалізувати верхні рівні стека протоколу *Bluetooth*, до яких відносять: *L2CAP*, *RFCOMM*, *SDP*, а також профіль взаємодії по послідовному порту - *SPP (Serial Port Profile)* і профіль виявлення послуг *SDP*

(Service Discovery Profile).

У середині 2004 року на зміну специфікації *Bluetooth* версії 1.1 прийнята специфікація *Bluetooth* версії 1.2 [8]. Її основні відмінності: 1) реалізація технології адаптивної зміни частоти каналу (*Adaptive Frequency hopping, AFH*); 2) удосконалення голосового з'єднання; 3) скорочення часу, що використовується на встановлення з'єднання між двома модулями *Bluetooth*.

Відомо, що *Bluetooth* і *Wi-Fi* використовують той самий неліцензійний діапазон 2,4 ГГц. Отже, у тих випадках, коли *Bluetooth* пристрої перебувають у зоні дії пристроїв *Wi-Fi* і здійснюють обмін даними між собою, можуть відбуватися колізії і це може вплинути на працездатність пристроїв. Технологія *AFH* дозволяє уникнути появи колізій: під час обміну інформацією для боротьби з інтерференцією технологія *Bluetooth* використовує стрибкоподібну зміну частоти каналу, при виборі якого не враховуються частотні канали, якими здійснюють обмін даними пристрої *Wi-Fi*. Рис. 2 ілюструється принцип технології *AFH*.

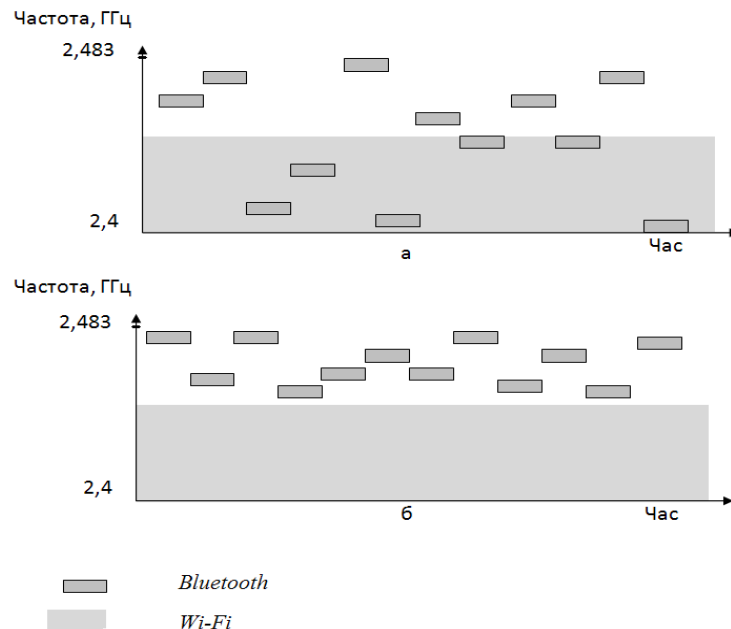


Рис.2. Принцип дії технології *AFH*. а – колізії; б - перехід від колізій за допомогою адаптивної перестройки частоти.

Для обміну даними за технологією *AFH* необхідно від 20 до 30 каналів (для обробки сигналів *Bluetooth* потрібно 79 каналів, кожний канал вимагає смуги частот 1 МГц). Таким чином, скоротивши необхідну кількість каналів можна зменшити використовуваний діапазон частот і уникнути перекривання сигналів від пристроїв *Bluetooth* і *Wi-Fi*.

Зараз на ринку працює велика кількість фірм, які пропонують модулі *Bluetooth*, а також компоненти для самостійної реалізації апаратної частини *Bluetooth* пристрою. Практично всі виробники пропонують модулі, що підтримують специфікації *Bluetooth* версії 1.1 і 1.2 і відповідають класу 2 (діапазон дії 10 м) і класу 1 (діапазон дії 100 м). Однак, незважаючи на те,

що версія 1.1 повністю сумісна з 1.2, всі розглянуті вище вдосконалення, реалізовані у версії 1.2, можуть бути отримані, тільки якщо обидва пристрої відповідають версії 1.2.

У листопаді 2004 року була прийнята специфікація *Bluetooth* версії 2.0[9], що підтримує технологію розширеної передачі даних (*Enhanced Data Rate, EDR*). Специфікація 2.0 з підтримкою *EDR* дозволяє здійснювати обмін даними на швидкості до 3 Мбіт/с. Перші зразки модулів версії 2.0, що виготовляються серійно і підтримують технологію розширеної передачі даних *EDR*, були запропоновані виробниками наприкінці 2005 року. Радіус дії таких модулів становить 10 м при відсутності прямої видимості, що відповідає класу 2, а при наявності прямої видимості він може сягати 30 м.

Як відзначалося раніше, основне призначення технології *Bluetooth* - заміна провідного послідовного з'єднання. При цьому профіль *SPP*, використовуваний для організації з'єднання, звичайно ж, не єдиний профіль, що може використовуватися розроблювачами у своїх пристроях. Технологією *Bluetooth* визначені наступні профілі: профіль загального доступу (*Generic Access Profile*), профіль виявлення послуг (*Service Discovery Profile*), профіль взаємодії з бездротовими телефонами (*Cordless Telephony Profile*), профіль інтерком (*Intercom Profile*), профіль бездротових гарнітур для мобільних телефонів (*Headset Profile*), профіль віддаленого доступу (*Dial-up Networking Profile*), профіль факсимільного зв'язку (*Fax Profile*), профіль локальної мережі (*Lan Access Profile*), профіль обміну даними (*Generic Object Exchange*), профіль передачі даних (*Profile Object Push Profile*), профіль обміну файлами (*File Transfer Profile*), профіль синхронізації (*Synchronization Profile*).

### Технологія бездротової передачі даних *ZigBee*

Технологія бездротової передачі даних *ZigBee* була представлена на ринку вже після появи технологій бездротової передачі даних *Bluetooth* і *Wi-Fi*. Поява технології *ZigBee* обумовлено, насамперед, тим, що для деяких операцій (наприклад, для віддаленого керування освітленням або гаражними воротами, або зчитування інформації з датчиків) основними критеріями при виборі технології бездротової передачі є низьке енергоспоживання апаратної частини і її низька вартість. Цим обумовлена низька пропускна спроможність, тому що в більшості випадків живлення датчиків здійснюється від умонтованої батареї, час роботи від якої повинен перевищувати кілька місяців і навіть років. Інакше щомісячна заміна батареї для датчика відкривання-закривання гаражних воріт кардинально змінить ставлення користувача до бездротових технологій. Існуючі на той момент часу технології бездротової передачі даних *Bluetooth* і *Wi-Fi* не відповідали цим критеріям, забезпечуючи передачу даних на високих швидкостях, з високим рівнем енергоспоживання й вартості апаратної частини. В 2001 році робочою групою № 4 *IEEE* 802.15 були розпочаті роботи зі створення но-

вого стандарту, який би відповідав наступним вимогам: низький рівень енергоспоживання апаратної частини, що реалізує технологію бездротової передачі даних (час роботи від батареї повинен становити від декількох місяців до декількох років); передача інформації повинна здійснюватися на не високій швидкості; низька вартість апаратної частини. Результатом стала розробка стандарту *IEEE 802.15.4* [10]. У багатьох публікаціях під стандартом *IEEE 802.15.4* розуміють технологію *ZigBee* і навпаки під *ZigBee* — стандарт *IEEE 802.15.4*. Однак це не так. Стандарт *IEEE 802.15.4* визначає взаємодію тільки двох нижчих рівнів моделі взаємодії: фізичного рівня (*PHY*) і рівня керування доступом до радіоканалу для трьох неліцензійних діапазонів частот: 2,4 ГГц, 868 МГц і 915 МГц. У табл. 2 наведені основні характеристики встаткування, що функціонує в цих діапазонах частот. Рівень *MAC* відповідає за керування доступом до радіоканалу з використанням методу множинного доступу з упізнанням несучої частоти й усуненням колізій (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA-CA*), а також за керування підключенням і відключенням від мережі передачі даних і забезпечення захисту переданої інформації симетричним ключем ( *AES-128*).

Таблиця 2

Діапазон частот	Кількість каналів	Швидкість передачі даних	Тип модуляції
868 - 870 МГц	1	20Кбіт/с	<i>BPSK</i>
902 - 928 МГц	10	40Кбіт/с	<i>BPSK</i>
2.4 - 2.4835 ГГц	16	250Кбіт/с	<i>0-Q PSK</i>

У свою чергу, технологія бездротової передачі даних *ZigBee*, запропонована альянсом *ZigBee*, визначає інші рівні моделі взаємодії, до яких відносять мережійний рівень, рівень безпеки, рівень структури додатка й рівень

профілю додатка. Мережійний рівень, технології бездротової передачі даних *ZigBee*, відповідає за виявлення пристроїв і конфігурацію мережі й підтримує три варіанти топології мережі, наведені на рис. 3. Передача даних у мережах з деревоподібною топологією використовує ієрархічну стратегію вибору маршруту й може проходити під централізованим керуванням, для чого на фізичному рівні потрібно використовувати періодичні сигнали маяків від координаторів. Тому в таких мережах може бути використаний режим синхронізованого доступу й «сну» мережійних пристроїв, що дозволяє зменшити енергоспоживання. Цей режим підтримують мережійні протоколи *ZigBee*. У таких мережах (рис.3а) мережійні пристрої «слухають» ефір і «говорять» в ефір у моменти часу, «прив'язані» до сигналів маяків. В інший час пристрої «сплять». Може «спати» і пристрій, що випромінює сигнали маяків. Цю ситуацію можна трактувати як гомогенний (однорідний) розподіл потужності між всіма мережійними пристроями.

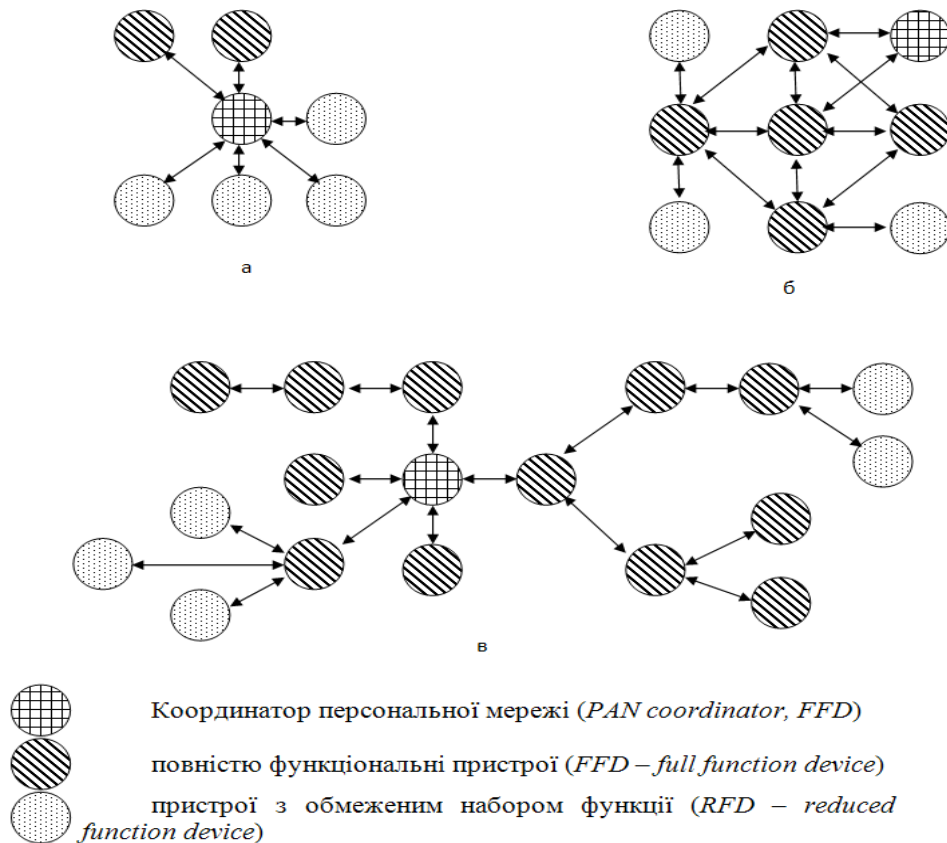


Рис.3. Варіанти топології мережі *ZigBee*

Мережі з топологією *Mesh* (рис.3 б,в) принципово орієнтовані на асинхронну передачу даних, приміром, команд включення і вимикання в мережах керування або даних від «прокинувшисься» або «не сплячих» сенсорів у сенсорних мережах. Вся мережа повинна «не спати» і бути завжди готова передати ці дані адресатові, приміром, приладам або центру збору інформації. У таких мережах розподіл споживаної потужності між мережійними пристроями може бути асиметричний. У той час як одні пристрою постійно працюють, інші пристрої майже завжди «сплять». Вихід зі «сну» цих пристроїв повинен бути обумовлений якоюсь серйозною зовнішньою причиною. Наприклад, необхідністю передати по мережі команду. Подібні мережі іноді називають гетерогенними [11].

Для забезпечення низької вартості інтеграції технології бездротової передачі *ZigBee* у різні сфери фізична реалізація апаратної частини стандарту *IEEE 802.15.4* виконується у двох виконаннях: пристрої з обмеженим набором функції (*RFD*) і повністю функціональні пристрої (*FFD*). При реалізації однієї з топологій мережі, наведеної на рис. 3, потрібна наявність, принаймні, одного *FFD* пристрою, що виконує роль мережійного координатора (МК). У табл. 3 наведений перелік функцій, виконуваних пристроями *FFD* і *RFD*.



Таблиця 3. Перелік функцій для *RFD* та *FFD* пристроїв.

Пристрої з обмеженим набором функцій ( <i>RFD – reduced function device</i> )	Повністю функціональні пристрої ( <i>FFD – full function device</i> )
При об'єднанні <i>RFD</i> пристроїв може використовуватися тільки топологія «зірка»	При об'єднанні <i>FFD</i> пристроїв можуть використовуватися усі можливі топології: «зірка», «кожен з кожним», «кластерне дерево».
Не можуть виступати в ролі МК	Можуть виступати в ролі МК, забезпечуючи при цьому маршрутизацію повідомлень всередині мережі
Для обміну даними можуть встановлювати зв'язок тільки з МК ( <i>FFD</i> пристроєм)	Обмін даними може проводитись з МК, іншим <i>FFD</i> пристроєм, чи <i>RFD</i> пристроєм.
Живляться, переважно, від вбудованої батареї	Живляться, переважно, від зовнішнього джерела

Низька вартість апаратної частини *RFD* пристроїв забезпечується за рахунок обмеження набору функцій при організації взаємодії з МК або *FFD*-Пристроєм. Це у свою чергу, відбивається на неповній реалізації моделі взаємодії, а також висуває мінімальні вимоги до ресурсів пам'яті.

Крім розподілу пристроїв на *RFD* і *FFD*, альянсом *ZigBee* визначені три типи логічних пристроїв: *ZigBee* координатор (узгоджуючий пристрій), *ZigBee* маршрутизатор і кінцевий пристрій *ZigBee*. Координатор здійснює ініціалізацію мережі, керування вузлами, а також зберігає інформацію про налаштування кожного вузла, приєднаного до мережі. *ZigBee* маршрутизатор відповідає за маршрутизацію повідомлень, переданих по мережі від одного вузла до іншого. Під кінцевим пристроєм розуміють будь-який кінцевий пристрій, що приєднаний до мережі. Розглянуті вище пристрої *RFD* і *FFD* є кінцевими пристроями. Тип логічного пристрою при побудові мережі визначає кінцевий користувач за допомогою вибору певного профілю, запропонованого альянсом *ZigBee*. При побудові мережі з топологією «кожний з кожним» передача повідомлень від одного вузла мережі до іншого може здійснюватися по різних маршрутах, що дозволяє будувати розподілені мережі ( мережі, що поєднують кілька невеликих мереж в одну більшу - кластерне дерево). В таких мережах є можливість встановлення вузлів на досить великій відстані й забезпечення надійної доставки повідомлень.

Технологія *ZigBee* може бути інтегрована у системи автоматизації життєзабезпечення будинків і будов (вилучене керування мережними розетками, вимикачами, реостатами й т.д.); системи керування побутовою електронікою; системи автоматичного зняття показань із різних лічильників (газу, води, електрики й т.д.); системи безпеки (датчики задимлення, датчики доступу й охорони, датчики витоку газу, води, датчики руху й т.д.); системи моніторингу навколишнього середовища (датчики температури, тиску, вологості, вібрації й т.д.); системи промислової автоматизації.

Наведений у статті огляд технологій бездротової передачі даних *Bluetooth*, *Wi-Fi* і *ZigBee* показує, що навіть для досвідчених розроблювачів, буває важко однозначно віддати перевагу тій або іншій технології тільки на підставі технічної документації.

Тому підхід до вибору повинен ґрунтуватися на комплексному аналізі декількох параметрів. Порівняльні характеристики технологій *Bluetooth*, *Wi-Fi* і *ZigBee* наведені в табл. 4. Ця інформація допоможе прийняти правильне рішення при виборі технології бездротової передачі даних. Від використаної технології передачі даних залежить і галузь застосування пристроїв.

Таблиця 4. Порівняльні характеристики технологій Wi-Fi, Bluetooth і ZigBee

Технологія (стандарт)	<i>Wi-Fi</i> (IEEE 802.11n) [6]	<i>Bluetooth</i> (IEEE 802.15.3) [9]	<i>ZigBee</i> (IEEE 802.15.4) [10]
Частотний діапазон, ГГц	2.4-2.483 5.15-5.25 5.67-5.85	2,4 – 2,483	2,4 – 2,483
Пропускна здатність	300 Мбіт/с	3 Мбіт/с	250Кбіт/с
Розмір стеку протоколу, Кбайт	Більше 1000	Більше 250	32 – 64
Час роботи від батареї, год.	12 – 120	24 – 240	2400 – 24000
Максим. кількість елементів мережі	100	7	65536
Дальність дії, м	20 - 50	10 – 100	10 – 100

Технологія *Wi-Fi* застосовується для побудови бездротових локальних мереж, доступу до Інтернету, передачі файлів великих розмірів, передача мультимедійних об'єктів, відео, тощо. Крім того, по одній з гіпотез, мобільний зв'язок четвертого покоління буде побудовано на базі технологій *Wi-Fi* та *WiMax*. Технологія *Bluetooth* застосовується у галузі телекомунікацій для передачі файлів невеликого об'єму, аудіо потоків, з'єднання двох або більше пристроїв між собою а також замість дротового з'єднання інформаційних каналів. Області застосування технології *ZigBee* - це бездротові мережі датчиків, автоматизація житлових і споруджуваних приміщень, створення індивідуального діагностичного медичного встаткування, промисловий моніторинг і керування, побутова електроніка й периферія персональних комп'ютерів.

#### Література

1. IEEE Std 802.11, 1999 Edition (Reaff 2003), Information technology—Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements—Specifications.
2. IEEE Std 802.11a-1999 (Reaff 2003), Supplement to IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks— Specific requirements.
3. IEEE Std 802.11b-1999, Supplement to IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan

area networks— Specific requirements.

4. IEEE Std 802.11g-2004, IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements— Specifications.

5. IEEE Std 802.11i-2004, IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements.

6. IEEE Std 802.11n-2009, IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks.

7. IEEE Std 802.15.1-2002, IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements.

8. IEEE Std 802.15.2-2003, IEEE Recommended Practice for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks— Specific requirements.

9. IEEE Std 802.15.3-2003, IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements— Part 15.3: Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks.

10. IEEE 802.15.4. Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), 2003

11. Варгаузин В. Радиосети для сбора данных от сенсоров, мониторинга и управления на основе стандарта IEEE 802.15.4 // ТелеМультиМедиа №6, 2005.

12. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Системы и сети Радиодоступа М.,: «Экотрендз», 2005.

13. Вишневский и др. Широкополосные беспроводные сети передачи данных. — М.: Техносфера, 2005. — 592 с.

14. B. Neili «ZigBee Alliance Tutorial», September-November 2005, [www.zigbee.org](http://www.zigbee.org)

*Макаренко А.Ю., Парфенова А.А., Могильный С.Б. **Беспроводные технологии передачи данных Wi-Fi, Bluetooth и ZigBee.** В статье рассматриваются беспроводные технологии передачи данных: Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee. Проводится сравнительная характеристика этих технологий, а также показываются возможные области их применения.*

**Ключевые слова:** Беспроводные технологии передачи данных, беспроводная сеть.

*Макаренко А.Ю., Парфенова А.О., Могильный С.Б. **Бездротові технології передачі даних Wi-Fi, Bluetooth та ZigBee.** У статті розглядаються бездротові технології передачі даних: Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee. Проводиться порівняльна характеристика цих технологій та приводяться можливі області їх застосування.*

**Ключові слова:** Бездротові технології передачі даних, бездротова мережа.

*Макаренко А. Парфенова А. Могильный С. **Wireless technologies of data transfer Wi-Fi, Bluetooth and ZigBee.** This paper describes Wireless technologies of data transfer: Wi-Fi, Bluetooth and ZigBee. There are comparison characteristics of these technologies and possible application area for these technologies.*

**Key words:** Wireless technologies of data transfer, wireless network.