

РОЗРОБКА ЛЕГКОІНТЕГРОВАНОЇ АРХІТЕКТУРИ ДЛЯ МЕРЕЖІ ОФІСНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Анотація. У статті розглянуто питання цифровізації офісних приміщень задля створення комфортних робочих умов. Описана архітектура легкоінтегрованої бездротової мережі інтелектуальних пристроїв, що використовує технології Інтернету речей. Запропоновано підхід до виконання програмно-апаратного комплексу системи офісної автоматизації на базі платформи Home Assistant.

Ключові слова: *Інтернет речей, інтелектуальні пристрої, бездротові мережі, комп'ютерна система, віддалені обчислення, Zigbee.*

Вступ. Економіка багатьох держав, як розвинених, так, і тих, що ще тільки знаходяться в процесі індустріального розвитку, базується на малому бізнесі. Така позиція є актуальною і для України: за відомостями Державної служби статистики, кожного року в Україні відкривається більше 1000 малих підприємств, на них зайнято майже 50% усього працездатного населення, яке генерує більше 16% валового внутрішнього продукту. Такі мікро- і малі підприємства – зазвичай офісні компанії, які не виробляють товар, але надають певні послуги. Відкриваючи нове офісне приміщення, керівники задумуються, як створити комфортні умови для своїх робітників, як дотриматися усіх Державних санітарних правил і норм влаштування, як привернути увагу людей саме до саме цієї компанії. Відповідь – цифровізувати як роботу, так і приміщення. Комфортне робоче приміщення – це не тільки вдале розташування меблів і кімнат, це ще і оптимальний мікроклімат, якісне і ефективне освітлення, автоматизоване кондиціонування і терморегуляція, а також системи безпеки (протипожежні датчики, датчики руху, комплекти захисту від потопу, охоронні сигналізації тощо). Новітнім подихом у сфері цифровізації приміщень стала технологія Інтернету речей, яка допомагає створити комфортний і ефективний робочий простір для висококваліфікованої і творчої діяльності, яка вимагає зосередження працівників. Однак різноманітність технологій Інтернету речей, їх складність і проблеми під час інтеграції із певними комп'ютерними системами значно сповільнюють перехід малих підприємств до формату цифрових офісів.

Постановка задачі. Знайти легкоінтегроване універсальне архітектурне рішення для мережі офісної автоматизації, розв'язуючи наступні задачі:

– розглянути ринкові пропозиції щодо платформ і пристроїв, на основі яких будуються офісні системи автоматизації і мережі інтелектуальних пристроїв Інтернету речей;

- проаналізувати сумісність обраної системи із комп'ютерними мережами;
- проробити апаратно-програмну архітектуру мережі офісної автоматизації і продемонструвати шляхи взаємодії користувачів із цією мережею;
- визначити архітектурні особливості представленого рішення і встановити, наскільки легко обране рішення інтегрується в існуючі мережеві інфраструктури;
- зробити висновки щодо складності реалізації обраного рішення і універсальності його використання.

Основний зміст роботи. Інтернет речей можна описати як «зв'язок розумних пристроїв». Здебільшого, усі «розумні» пристрої сьогодні пов'язані один з одним через бездротові мережі, і навіть виробництва, у рамках концепції «Індустрія 4.0», трансформуються і переходять на бездротову комунікацію. І тут усім відомі Wi-Fi та Bluetooth – не єдині технології. Велику частину ринку автоматизації в межах одного офісу займають Z-Wave, Thread та Zigbee, а нещодавно IT-гігантами була представлена технологія, яка може стати кульмінацією розвитку «розумних» пристроїв – Matter. І поки Matter знаходиться у розробці, одним з найбільш популярних ринків є ринок Zigbee – надійної, енергоефективної і захищеної технології бездротового зв'язку.

Комунікації Zigbee можуть бути організовані за однією з трьох топологій: «зіркою», «деревом» і за сітчастою топологією. Головна особливість Zigbee – його ж перевага – логічна організація мережі у вигляді сітчастої топології, яку розробники оснастили інноваційними механізмами відмовостійкості і яка здатна підтримувати одночасну роботу 65000 вузлів [1, 2]. Це робить Zigbee найкращим вибором для організації домашніх, комерційних і промислових WPAN-мереж, дані в яких передаються періодично і на низьких швидкостях. При цьому, пристрої мережевого периметру в системах Zigbee розподіляються по ролям [1]:

- координатор – пристрій, який використовується для ініціювання та управління мережею;
- маршрутизатори – пристрої, які перерозподіляють навантаження координатора по розрахункам маршрутів трафіку.

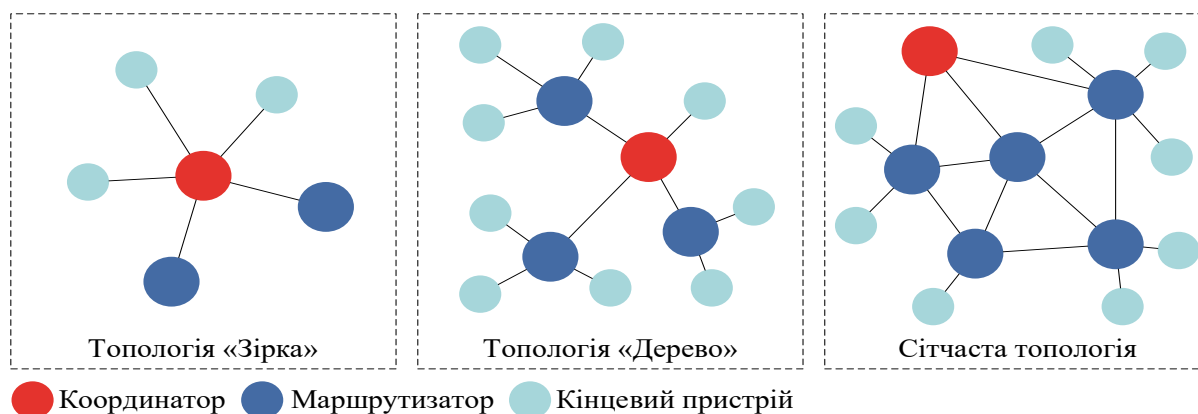


Рис. 1. Топології мереж Zigbee

Запроваджуючи в приміщенні офісів бездротові мережі Zigbee, слід переконатися в їх сумісності із мережами Wi-Fi, оскільки обидві технології працюють в одному неліцензованому радіочастотному діапазоні 2.4 ГГц [3], а тому при розгортанні цих мереж необхідно ретельно спланувати їх конфігурацію з метою запобігання інтерференції електромагнітних хвиль. Наразі в Україні в частотному діапазоні 2400-2483,5 МГц дозволено використання 13 радіоканалів (пронумеровані від 1 до 13) шириною в 20 МГц для бездротових комунікацій за стандартом 802.11, до числа яких входять і мережі Wi-Fi, а також 16 радіоканалів (пронумеровані від 11 до 26) шириною 2 МГц для комунікацій за стандартом 802.15.4, на якому оснований протокол Zigbee.

Проаналізувавши діаграми розподілу опорних частот бездротових технологій, можна дійти висновку, що для мінімізації інтерференції сигналів слід використовувати радіоканали, крайні частоти яких не накладаються: з цих міркувань точки доступу Wi-Fi рекомендують встановлювати на каналах 1, 6 та 11, а більшість пристроїв Zigbee за замовчуванням використовує канали 15, 20 і 25.

В рамках системи Інтернету речей обробка повідомлень від датчиків відбувається за одним з трьох методів: дані обробляються на самому пристрої із датчиком (граничні обчислення), дані обробляються віддалено на сервері, що знаходиться в тому ж офісному приміщенні (туманні системи), чи в Інтернеті (хмарні системи) [4]. Як правило, за методом граничних обчислень обробляються лише службові дані. Хмарні системи цілком і повністю обслуговуються компаніями, які їх і розробляють, а користувачі платформ зобов'язані самостійно налагоджувати і підтримувати супутню інфраструктуру.

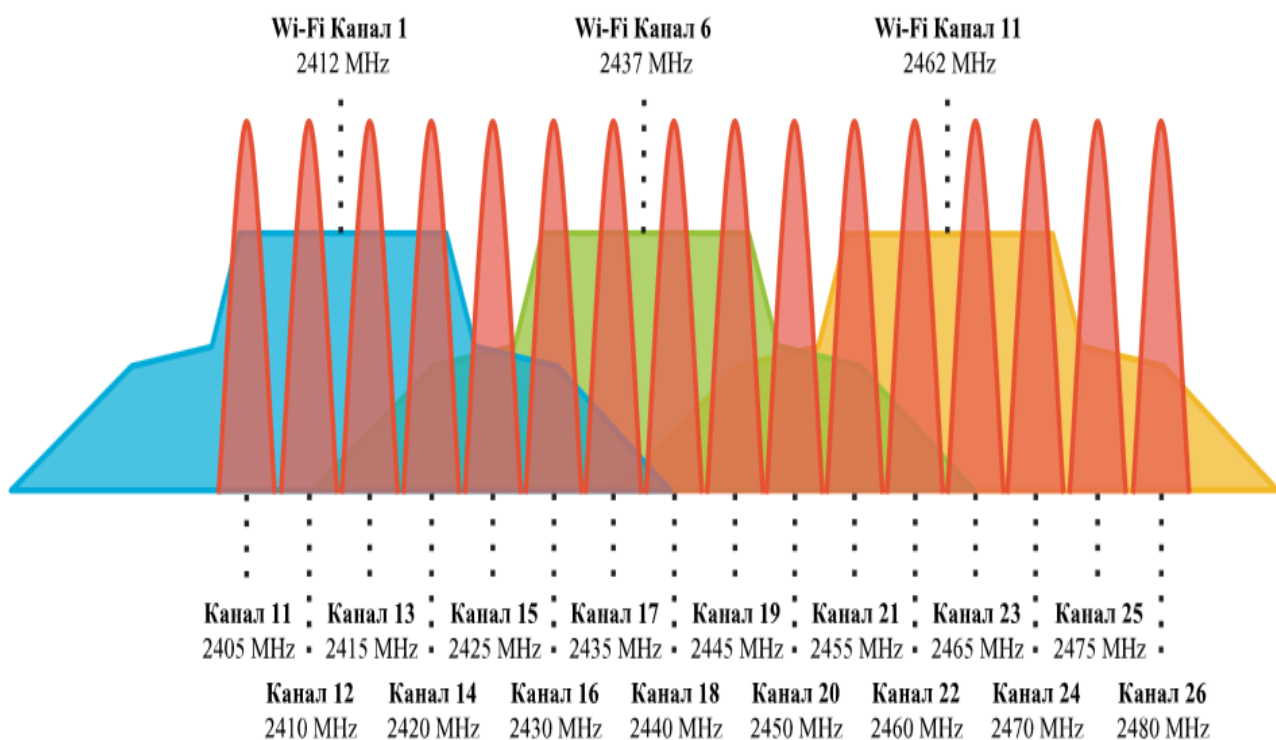


Рис. 2. Заповнення радіочастотного діапазону 2.4 ГГц каналами 802.11 та 802.15.4 [5]

Незважаючи на додаткове обслуговування, яке вимагають туманні системи інтернету речей, такі як Home Assistant чи OpenHAB, це більш універсальні рішення для цифровізації офісних приміщень. Це платформи з відкритим початковим кодом, які здатні керувати пристроями від багатьох вендорів, вони більш гнучкі і можуть бути налаштовані під специфічні вимоги того чи іншого підприємства.

За рахунок user-friendly підходу при взаємодії із користувачем, платформа Home Assistant стала домінуючою відкритою IoT-платформою, і все більше і більше розробників постачають свої API та застосунки для інтеграції власних пристроїв із цією платформою.

Керування мережами Zigbee через Home Assistant здійснюється двома способами: через застосунок Zigbee2MQTT або за допомогою менш гнучкого, але більш зручного застосунку Zigbee Home Automation. Zigbee2MQTT – це програмний шлюз, який поєднує мережі Zigbee та MQTT і виконує конвертацію повідомлень одного протоколу в інший. MQTT – протокол прикладного рівня, який працює поверх стеку TCP/IP і призначений для обміну повідомленнями у M2M- та IoT-мережах; протокол MQTT визнаний консорціумом OASIS як стандарт комунікацій Інтернету речей. Пристрої у мережах MQTT взаємодіють через виділені сервери, які називаються «брокерами», тому, щоб під'єднати систему автоматизації Home Assistant до мережі MQTT, необхідно встановити програму-брокер, а також інтеграцію MQTT для Home Assistant.

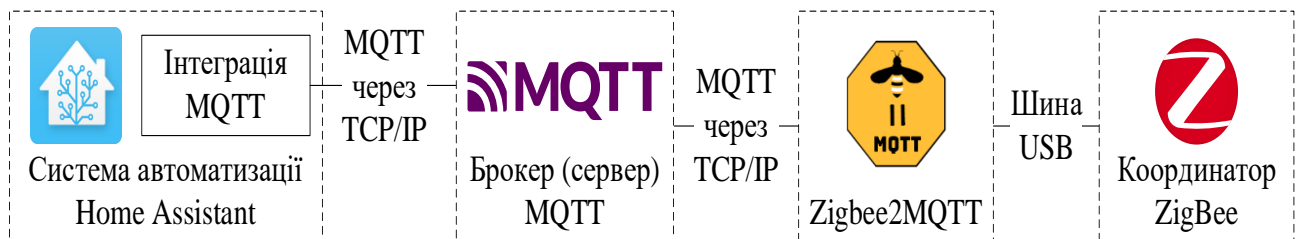


Рис. 3. Архітектура взаємодії компонентів мережі Zigbee із Zigbee2MQTT

Інтеграція Zigbee Home Automation (ZHA) використовує власну відкриту реалізацію апаратно-незалежного стеку Zigbee. Оскільки ZHA взаємодіє із координатором Zigbee напряму, архітектура з її використанням значно простіша, аніж для Zigbee2MQTT.

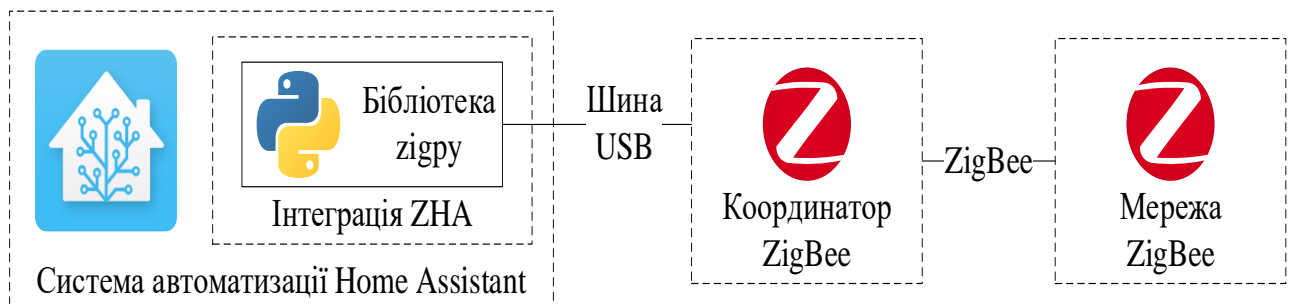


Рис. 4. Архітектура взаємодії компонентів мережі Zigbee із ZHA

У якості обладнання для проведення туманних обчислень все частіше обираються міні-комп'ютери на кшталт Raspberry Pi, що поєднують у собі достатні обчислювальні потужності, невеликі розміри та енергоефективність, що є ідеальним рішенням для будь-якого офісу. Таким чином, для інтеграції системи офісної автоматизації в існуючу комп'ютерну мережу, достатніми будуть наступні дії:

- аналіз дії електромагнітних хвиль від точок доступу Wi-Fi (що можна зробити за допомогою звичайного мобільного застосунку, як-то Wi-Fi Analyzer);

- (за необхідністю) виділення окремої IP-адреси для серверу туманних обчислень або створення нового мережевого маршруту до програмного забезпечення системи автоматизації;

- (за необхідністю) додаткова конфігурація мережі Zigbee в залежності від впливу радіосигналів Wi-Fi. У Home Assistant такі налаштування можна виконати через графічний інтерфейс або файли конфігурації.

Наукова новизна полягає у представленні універсальної архітектури офісної мережі розумних пристроїв, яка легко інтегрується у будь-яку існуючу комп'ютерну мережу, і відрізняється найбільшими можливостями з-поміж конкуруючих платформ.

Висновки. За результатами аналізу сумісності радіочастотних діапазонів бездротових комп'ютерних мереж і мереж Інтернету речей визначена складність інтеграції мереж Zigbee в існуючі комп'ютерні мережі, запропонований підхід до виконання програмно-апаратного комплексу системи офісної автоматизації на базі платформи Home Assistant.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Protocols and Applications for the Industrial Internet of Things / Cristian Gonzalez Garcia, Vicente Garcia-Diaz, B. Cristina Pelayo Garcia-Bustelo, Juan Manuel Cueva Lovelle – IGI Global, 2018. – 356 с.

2. Enterprise IoT: Strategies and Best Practices for Connected Products and Services / Jim Morrish, Frank Puhlmann, Rishi M. Bhatnagar, Dirk Slama – O'Reilly Media, 2015. – 492 с.

3. IEEE standard for local and metropolitan area networks – part 15.4: low-rate wireless personal area networks (LR-WPANs) // IEEE Std 802.15.4-2011 (Revision of IEEE Std 802.15.4-2006) – IEEE, 2011. – 314 с.

4. Lea P. Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security / Perry Lea – Packt Publishing Ltd, 2018. – 524 с.

5. J. Crane. Zigbee and WiFi Coexistence [Електронний ресурс] / Joel Crane // MetaGeek. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.metageek.com/training/resources/Zigbee-wifi-coexistence.html> (дата звернення: 22.05.21).