

УДК 004.8

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.033840

О. В. ПОЛОНЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент;  
А. Р. КОВТУН, студент;  
О. В. ЗІНЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент,  
Державний університет телекомунікацій, Київ

## РОЗРОБЛЕННЯ МЕРЕЖНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» З ВИКОРИСТАННЯМ Z-Wave ТЕХНОЛОГІЇ

**Проаналізовано готові вирішення для побудови мережної інфраструктури системи «Розумний будинок», виявлено їх переваги та недоліки. Детально розглянуто використання Z-Wave технології під час побудови мережі для «Розумного будинку». Сформульовано план побудови нової мережної інфраструктури. З огляду на проведений аналіз було розроблено мережну інфраструктуру для системи «Розумний будинок» із використанням Z-Wave технології.**

**Ключові слова:** «Розумний будинок»; IoT; Z-Wave; мережна інфраструктура; технологія; інтелектуальна система.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Сьогодні, коли інтелектуальні системи керування мережами набувають у світі все більшого поширення, багато виробників мережного та комп'ютерного обладнання активізуються на цьому ринку, намагаючись надати широкий вибір послуг та технологій. На сьогоднішній день ми не завжди можемо отримати готове вирішення для власної реалізації системи «Розумний будинок». Застосування даної системи потребує використання мережної інфраструктури, яка зможе забезпечити відповідний рівень безпеки та надійності для своїх споживачів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Огляд публікацій із наявними мережними інфраструктурами «Розумного будинку» свідчить, що дослідженню даної теми було присвячено праці таких вітчизняних вчених, як Євген Саранцов, Олександр Лазуткін та ін. Проте проблеми покращення інфраструктури у процесі розроблення системи «Розумний будинок» потребують більш поглибленого вивчення.

**Мета дослідження** — проаналізувати готові вирішення для імплементації мережної інфраструктури системи «Розумний будинок» із метою розроблення власної інфраструктури, що дасть можливість задовольнити всі потреби кінцевого користувача.

### Основна частина

Основою «Розумного будинку» є мережа пов'язаних речей, яка автоматично визначає та захоплює величезну кількість цінної інформації щодо фізичного середовища та його мешканців, зокрема температури, світла, заселеності і навіть біометрії. Ці дані долучаються до інших систем, аналізуються та використовуються для більш обґрунтованих дій та вирішень. До них належать автоматичні дії, як-от проактивні сповіщення, коли обладнання ризикує зазнати невдачі, а також кра-

щі вирішення щодо використання ресурсів, простору тощо.

Завдяки зближенню технологічних інновацій та попиту на ринку, площа «розумних будинків» швидко зростає. За оцінками Gartner, до 2020 року в комерційних будівлях буде більше одного мільярда пов'язаних вирішень. Завдяки вирішенням IoT, будинки можуть витягувати дані з широкого кола пристроїв, щоб реалізувати різні переваги від рівня інфраструктури до мешканців.

Проаналізувавши готові мережні моделі, дійшли згоди стосовно розгляду однієї з провідних технологій домашньої автоматизації минулого десятиліття Z-Wave, розробленої спеціально для додатків домашньої автоматизації. Це протокол безпроводового зв'язку з низькою потужністю для забезпечення кінцевих користувачів ефективним та надійним методом дистанційного керування широким спектром пристроїв та систем. Для виробників Z-Wave пропонує економічно вигідне та просте у виконанні вирішення для того, щоб зробити свою продукцію розумною та підімкненою.

Z-Wave було репрезентовано на ринку в 2003 році компанією Zensys, придбаною через п'ять років компанією Sigma Designs, яка зараз ліцензує технологію і залишається основним постачальником мікросхем Z-Wave. Розв'язуючи всі найважливіші потреби сегмента розумного будинку, що розвивається, Z-Wave став провідним міжнародним безпроводовим стандартом для керування та автоматизації в житлових умовах. Сьогодні на ринку представлено понад 1300 сертифікованих пристроїв і близько 35 млн сумісних одиниць, що знаходяться в обігу, тобто це зріла і перевірена технологія.

Простий Z-Wave охоплює всі шари основної моделі OSI для мережних комунікацій, від фізичного рівня до рівня додатків. На відміну від переважної більшості провідних вирішень для безпроводового зв'язку, протокол забезпечує повну сумісність

© О. В. Полоневич, А. Р. Ковтун, 2020

між різними брендовими продуктами, заснованими на ньому. Це було б неможливо без визначення рівня додатків, а також без чітких стандартних та сертифікаційних програм, встановлених Z-Wave Alliance. Z-Wave було розроблено так, щоб дати можливість окремим вузлам пересилати повідомлення, поки вони не досягнуть свого кінцевого пункту призначення. Значно розширюючи діапазон безпроводової мережі, навіть сьогодні мережі розглядаються як важливі для забезпечення надійного покриття в автоматизації будівель.

Технологія домашньої автоматизації Z-Wave складається з чотирьох шарів.

**Фізичний рівень** визначає спосіб обміну сигналом між мережею та фізичним обладнанням. Сюди входить частота, кодування, апаратний доступ тощо.

**Мережний рівень** визначає спосіб обміну даними керування між двома пристроями або вузлами. Сюди входить адресація, організація мережі, маршрутизація тощо. Мережний рівень Z-Wave контролює обмін даними між різними пристроями (вузлами) в мережі, він складається з трьох підрівнів. Рівень доступу до медіа (MAC): керує основним використанням безпроводового обладнання — ці функції невидимі для кінцевого користувача. Z-Wave — одна з найнадійніших безпроводових технологій, кожна відправлена команда підтверджується одержувачем, який надсилає зворотну квитанцію відправнику. Це не гарантує правильність доставлення повідомлення, проте відправник отримує вказівку на те, що ситуація змінилася або сталася помилка.

**Транспортний рівень** керує передаванням повідомлень, забезпечуючи безперешкодне спілкування між двома безпроводовими вузлами. Кінцевий користувач не може впливати на функції цього шару, але результати цього шару помітні. Рівень маршрутизації: керує можливостями «Mesh» Z-Wave, щоб максимально розширити мережний діапазон і забезпечити потрапляння повідомлень до вузла призначення. Цей рівень використовуватиме додаткові вузли для повторного надсилання повідомлення, якщо призначення перебуває поза «прямого» діапазону передавального вузла.

**Прикладний рівень** визначає, з якими повідомленнями потрібно обробляти конкретні програми для виконання конкретних завдань, зокрема перемикання світла або зміна температури нагрівального приладу.

Мережа Z-Wave здатна направляти повідомлення через до чотирьох повторюваних вузлів. Лише це одне обмежує потенційні програми в середовищі розумного будинку, оскільки комерційні та офісні приміщення часто потребують більш широкого охоплення мережі. Із типовим внутрішнім діапазоном модулів Z-Wave, що наближаються до

40 м, сітчаста мережа з обмеженням чотирьох завд дозволяє передавати дані на розумні відстані, забезпечуючи покриття, достатнє лише для середньої квартири, але набагато нижче за потреби цілої офісної будівлі або величезного промислового об'єкта. Окрім того, мережа Z-Wave може мати до 232 вузлів, хоча для запобігання насичення рекомендується менша кількість. Принаймні для пересічного прихильника «Розумного будинку» це здається більш ніж достатньо, проте є серйозним бар'єром для зв'язаного офісного середовища, де незліченна кількість пристроїв, давачів та контролерів мають співпрацювати, аби забезпечити реальні переваги, особливо стосовно керування енергією.

Але навіть у житлових умовах зазначена межа може виявитись недостатньою. Gartner прогнозує, що протягом кількох років у типовому будинку може бути більш як 500 розумних пристроїв — кількість, яку Zensys не міг передбачити під час розробки архітектури Z-Wave понад десять років тому. Z-Wave використовує маршрутизацію на основі джерела, тобто пристрій, який ініціює повідомлення, генерує повний маршрут через сітчасту мережу до одержувача. Перш ніж це може статися, потрібно створити таблиці маршрутизації. Це здійснюється за допомогою пристрою під назвою первинний контролер, який аналізує всю мережу, аби сформував оптимальні маршрути між її вузлами. Ця топологія, орієнтована на джерела, є ефективною та надійною доти, поки мережне розташування залишається незмінним. Але якщо один із вузлів виходить з ладу, наприклад вигорає лампа або мобільний пристрій виходить за межі діапазону, топологію мережі потрібно повторно розкрити, а таблиці маршрутів оновити.

Загалом, усі провідні рішення для безпроводового під'єднання для IoT забезпечують аналогічний рівень безпеки. Але Z-Wave довелося докласти чимало зусиль стосовно ефективності та досвіду користувачів, щоб досягти цього рівня. Спільне у Z-Wave і переважної більшості технологій безпроводового зв'язку є те, що центральний концентратор має бути розгорнуто в мережі Z-Wave, щоб кінцевий користувач міг керувати ним за допомогою смартфона, оскільки протокол не підтримується безпосередньо смартфонами або планшетами, функція яких залишається ексклюзивним привілеєм Bluetooth та Wi-Fi.

Z-Wave — це протокол, що використовує восьмибітову контрольну суму з відносно простим алгоритмом для перевірки цілісності даних, що обмінюються між окремими вузлами. Це часто розглядають як одне з основних слабких місць цього стандарту зв'язку. Оскільки величезна кількість пакетів даних працює над більш мережними мережами, слабка контрольна сума не

завжди здатна запобігти випадковому помилковому передаванню, що призводить до абсолютно несподіваної поведінки розумного пристрою. На практиці це означає, що лампочка може вмикатися будь-коли, або клапан води може відкритися без потреби. Для розв'язання цього питання нещодавно було здобуто сильнішу контрольну суму для підвищення надійності мережі в деяких більш чутливих додатках, але ринок все ще залишається переповненим пристроями, які мають не надто привабливу щільність непередбачуваності.

### Висновок

Результати аналізу дають підстави для подальшого розроблення мережної інфраструктури з використанням технології Z-Wave, яка, безумовно, не є ідеальною комунікаційною технологією для додатків, що потребують 100% надійності та ефективності. Протокол Z-Wave також не здається готовим вирішувати виклики майбутнього. Однак він все ще залишається ідеально пристойним вирішенням для користувачів «Розумного будинку»,

незважаючи на деякі зазначені недоліки, оскільки в основу Z-Wave покладено mesh-топологію, в якій кожний вузол або пристрій може приймати і передавати керуючі сигнали іншим пристроям мережі, використовуючи проміжні сусідні вузли, що є ключовою вимогою для побудови мережної інфраструктури системи «Розумний будинок».

Подальший напрямок роботи полягає у покращенні даної мережної інфраструктури відповідно до вимог кінцевого користувача.

### Список використаної літератури

1. *Wireless protocols showdown: Riding the Z-Wave* [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. URL: <https://silvair.com/blog/wireless-protocols-showdown-riding-z-wave/>
2. *Domb M. Smart Home Systems Based on Internet of Things*. 2018. 117 p.
3. *Internet of Things Applications in Building & Houses* [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. URL: <https://data-flair.training/blogs/internet-of-things-applications-in-building/>

О. В. Полоневич, А. Р. Ковтун

### РАЗРАБОТКА СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Z-WAVE ТЕХНОЛОГИИ

Проанализированы готовые решения для построения сетевой инфраструктуры системы «Умный дом», выявлены их преимущества и недостатки. Подробно рассмотрено использование Z-Wave технологии при построении сети для «Умного дома». Сформулирован план построения новой сетевой инфраструктуры. Исходя из проведенного анализа, было разработано сетевую инфраструктуру для системы «Умный дом» с использованием Z-Wave технологии.

**Ключевые слова:** «Умный дом»; IoT; Z-Wave; сетевая инфраструктура; технология; интеллектуальная система.

O. V. Polonevich, A. R. Kovtun

### NETWORK INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT FOR THE «SMART HOME» SYSTEM USING Z-WAVE TECHNOLOGY

Ready-made solutions for building the network infrastructure of the «Smart Home» system are analyzed, their advantages and disadvantages are revealed. The article discusses in detail the use of Z-Wave technology in building a network for «Smart Home». The plan of building a new network infrastructure is formulated. Based on the analysis, a network infrastructure was developed for the Smart Home system using Z-Wave technology.

Z-Wave was introduced to the market in 2003 by Zensys, acquired five years later by Sigma Designs, which now licenses the technology and remains a major supplier of Z-Wave chips. Addressing all the critical needs of the emerging smart home segment, it has become a leading international wireless standard for residential automation management and automation. To date, there are more than 1300 certified devices on the market and around 35 million compatible units are mature and proven technology.

Simple Z-Wave covers all layers of the core OSI model for network communications, from the physical layer to the application layer. Unlike the vast majority of the leading wireless solutions, the protocol provides full compatibility between the various branded products based on it. This would be impossible without determining the level of applications, but also without the clear standard and certification programs installed by Z-Wave Alliance. Z-Wave was designed to allow individual nodes to send messages until they reach their final destination. Extending the range of the wireless network significantly, even today, networks are considered essential to providing reliable coverage in building automation.

First of all, the Z-Wave network is capable of sending messages through up to 4 repetitive nodes. This alone limits potential applications in a smart home environment, as commercial and office space often require wider network coverage.

**Keywords:** «Smart Home»; IoT; Z-Wave; network infrastructure; technology; intelligent system.