

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕВОЛЮЦІЙНОГО РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ БУДІВЛЯМИ ТА ОПИС ЗАГАЛЬНИХ ВИМОГ ДО БЕЗПРОВОДОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АСКІБ

Висвітлено основні поняття та тенденції розвитку автоматизованих систем керування інтелектуальними будівлями (АСКІБ), торкаючись тренду поєднання АСКІБ та мережі «Інтернету речей» (ВІоТ). Наведено практичні приклади застосування новітніх підходів та вирішень у вигляді прийнятих у використанні протоколів і технологій. Розглянуто застосування комірчастих мереж у процесі проєктування АСКІБ. Також надано загальні вимоги до безпроводових технологій автоматизованих систем керування інтелектуальними будівлями.

Ключові слова: розумний будинок; протокол; АСКІБ; Інтернет речей; сенсор; LoRaWAN; автоматизація; комірчаста мережа.

ВСТУП

Вирази «інтелектуальна будівля» або «розумна будівля», які вважають синонімами (хоча це не зовсім так), сьогодні доволі поширені. Але що ж таке інтелектуальна будівля? Це важке питання, оскільки визначення «інтелектуальної будівлі» постійно змінюється.

Тридцять років тому під визначення «розумна будівля» підпадала система керування будівлею (*building management system*, BMS), що складається з розрізнених підсистем, автоматизованих на рівні індивідуального функціонування [1; 2].

Через тридцять років термін «розумна будівля» набуває абсолютно нового значення. BMS стає високоінтегрованою системою з можливістю безпроводового з'єднання з інтернетом. Завдяки вдосконаленому аналітичному програмному забезпеченню власники будівель матимуть доступ до великої кількості інформації, яку вони можуть використовувати для прийняття розумних рішень, підвищуючи продуктивність будівель. Ось чому термін «розумна будівля» поступово стає взаємозамінним терміну «інтелектуальна будівля».

Незважаючи на довгий шлях від перших спроб створити «розумну будівлю», статус «інтелектуальна будівля» — це величезна робота та велике досягнення.

Інтелектуальність будівлі відбувається паралельно з досягненнями в будівельних технологіях, які полегшують інтеграцію різних підсистем у межах однієї будівлі та інформаційне об'єднання групи будівель. Це пояснюється тим, що чим глибші інтегровані системи будівлі, тим більшими є різноманітність, обсяг і швидкість формування даних, тим більший потенціал для розумного прийняття рішень.

Прогрес у цьому напрямку можна розуміти в лнійному форматі: хронологія подій, які перемежуються з проривами та визначальними моментами. Достатньо, для прикладу, пригадати Великий

вибух в еволюції людини або техніку конвеєра Генрі Форда. Те саме стосується еволюції «розумної будівлі», її проривів та визначальних моментів: упровадження відкритих протоколів, перехід до безпроводового зв'язку, а також стрімке наближення Інтернету речей (IoT) майже в кожній точці простору [3].

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Відкриті протоколи

Протоколи зв'язку для BMS. Коли спілкуються дві людини, вони зазвичай розмовляють між собою однією мовою. Чому? Щоб передати повідомлення, обидва учасники мають розуміти один одного. Це досягається завдяки розмові за допомогою спільного діалекту.

Неживі об'єкти також спілкуються. І, як і людям, їм потрібно використовувати мову, яку вони обидва розуміють.

Протоколи краще розуміти як «мови», за допомогою яких об'єкти спілкуються між собою. Технічно вони також дають можливість спілкуватися між серверами різних систем та підсистем у мережі.

Рання BMS складалася з кількох підсистем, які не були пов'язані між собою, оскільки ці системи не «розмовляли» однією мовою. Щоб зрозуміти це, будівельні оператори або менеджери мали збирати та об'єднувати дані з різних систем в одній або в кількох будівлях.

Обмеження ранньої BMS були частково пом'якшені встановленням протоколів зв'язку для будівель.

Ліцензійні (пропріетарні) протоколи. Перші протоколи автоматизації будівель були пропріетарними або закритими. Власний протокол схожий на ексклюзивну мову: для того щоб пристрої та підсистеми в BMS могли спілкуватися та розуміти одна одну, вони мають використовувати один і той самий протокол (або «говорити» однією мовою).

Власні протоколи містять у собі досить великі обмеження:

♦ власники будівель вимушені використовувати єдиний протокол, який обмежує їх у виборі обладнання для автоматизації будівель (обладнання BMS постачальниками було розроблено для передавання інформації за допомогою тільки одного, пропрієтарного, протоколу);

♦ інтеграція окремих підсистем, які працюють за допомогою різних протоколів, обмежена.

Кожен протокол має свої переваги та прихильників, а змішування протоколів — це ефективний спосіб оптимізувати системи будівлі та задовольнити конкретні потреби і бюджети власників будівель. Тому звичайною практикою для BMS є використання більш ніж одного відкритого протоколу. Прикладами таких відкритих комунікаційних протоколів є доволі поширені Modbus та Profibus [4].

Тенденція до безпроводового зв'язку

Користувачі BMS все частіше впроваджують технологію безпроводового зв'язку. Перехід до безпроводового зв'язку означає меншу кількість кабелів, проводів, кабельних трас, а як наслідок, менше технологічних отворів у стінах. Протоколи безпроводового зв'язку пом'якшують обмеження традиційних проводових схем, особливо у сфері інфраструктурних проблем.

Можливість установлення сенсорів у більшій кількості місць. Потреба у фізичному прокладенні кабелю до контролера або сенсора стане завадою для підімкнення в певних ситуаціях. Наприклад, університетський кампус розкинувся на великій географічній території. Фізичне прокладання між будівлями та через кілька кампусів є неефективним, не кажучи вже про недоцільність такої реалізації. А отже, безпроводова технологія буде прийнятною альтернативою.

Так само використання технології безпроводового зв'язку доцільне для пристроїв, які не є стаціонарними, зокрема автомобілі та мобільне обладнання.

Гарними прикладами технологій, які швидко розвиваються на тлі впровадження безпроводових технологій та слугують для збору даних і комунікації, є такі: Mesh Connex від Motorola реалізує технологію Wi-Fi multi-hop mesh-мережі, LoRaWAN — протокол зв'язку і системна архітектура мережі, а фізичний рівень LoRa — це модуляція, яка забезпечує зв'язок на великих відстанях.

Саме LoRaWAN і NB-IoT є яскравими прикладами новітніх безпроводових технологій для енергоефективних мереж, які використовують під час побудови систем «інтелектуальної будівлі» та «Інтернету речей», оскільки вимоги до низького споживання енергії та подолання великих відстаней

для передавання даних між сенсором та вузлом є найбільш істотними в таких системах.

Порівняльні характеристики основних безпроводових протоколів, які застосовують у процесі побудови АСКІБ, наведено в таблиці.

Порівняння характерних властивостей різних протоколів зв'язку в АСКІБ

Назва протоколу	Потужність	Радіус дії	Швидкість
Bluetooth	Середня	1..100 м	1...3 Мбіт
Bluetooth LE	Низька	Понад 100 м	125 кбіт...2 Мбіт
LoRaWAN	Низька	Не більш як 10 км	0,3...50 кбіт
NB-IoT	Низька	Менш ніж 35 км	20 кбіт...5 Мбіт
NFC	Низька	Менш ніж 10 см	106...424 кбіт
SigFox	Низька	3...50 км	100...600 біт
6LowPAN	Низька	100	250 кбіт
Wi-Fi	Середня	100 м...10 км	10...100 Мбіт
Zigbee	Низька	10...100	20...250 кбіт
Z-Wave	Низька	15...150	9,6...40 кбіт

Підвищена гнучкість та адаптивність систем. Проводові системи в самій своїй суті не є гнучкими: вони захоплюють власників будівель та управлінців у полон застарілих систем, яким притаманні вчорашні технології. Такі системи потребують багато ресурсів для розгортання, а згодом, під час модернізації або масштабування, створюють великі труднощі в реалізації запланованих змін. На противагу — упровадження безпроводових пристроїв значно покращує переналаштування системи. Такі пристрої особливо ефективні в будівлях, де просторове використання та конфігурації змінюються, наприклад: виставкові комплекси, open-space офісні приміщення тощо.

Дистанційне використання. Безпроводові мережі забезпечують віддалене використання та доступ до BMS. Створюється можливість під'єднувати мобільні пристрої, зокрема смартфони, планшети та пульти дистанційного керування, до BMS. Це дає змогу користувачам переглядати, отримувати доступ та керувати BMS у будь-який час і в будь-якому місці, незалежно від їх місцезнаходження.

Нині обладнання та пристрої для автоматизації будівель доступні як за допомогою проводового, так і безпроводового зв'язку. І оскільки безпроводове з'єднання неминуче витіснить проводове в будівельній сфері, феномен Інтернету речей є наступним значним проривом у зв'язку з BMS [5; 6].

Також у розрізі керування «інтелектуальною будівлею» стрімко розвивається напрямок «хмарних» SCADA-систем.

Загальні вимоги до безпроводових технологій в АСКІБ

Енергоспоживання. Останніми роками з'явився широкий спектр технологій з організації без-

проводового зв'язку між сенсорами. Переважно вони мають відповідати вкрай жорстким вимогам до енергоспоживання та пропускну здатності. Ці два фактори значно збільшують час роботи від батареї і дають змогу використовувати значну кількість сенсорів в обмеженому просторі інтелектуальної будівлі. Оскільки доступний для систем АСКІБ радіочастотний діапазон лімітований, тому для одночасної роботи великої кількості сенсорів дуже важливо оптимізувати його використання кожним таким сенсором.

Отже, «ідеальний» сенсор для «розумного будинку» має використовувати безпроводовий приймач і передавач, які споживають мінімальну кількість енергії, щоб пристрій міг працювати протягом багатьох місяців або навіть років без потреби в заміні батареї. Сам елемент живлення також має бути мініатюрним, оскільки його розмір часто безпосередньо впливає на остаточний розмір самого сенсора. А тому вимоги до стандарту безпроводового протоколу зв'язку між сенсорами АСКІБ мають бути дуже жорсткими.

Радіус дії та безпека. Сигнал від будь-якого сенсора повинен стабільно та з мінімальною затримкою досягати будь-якого іншого розумного пристрою, встановленого на віддаленій ділянці будівлі. Лампочки, які вмикаються із затримкою в кілька секунд, або елементи СКУД, які не відразу дозволяють прохід — це не те, з чим асоціюється сучасна АСКІБ. Не кажучи вже про давачі задимленості, протікання газу або вібрації, які мають спрацьовувати чітко та швидко. Тому сигнали від будь-якого сенсора повинні долати будь-які завади, зокрема поширюватися через стіни та перекриття будівлі. Усі сенсори, незалежно від їх кількості, мають працювати як єдиний злагоджений механізм. І, звичайно, завади від інших безпроводових мереж або інших пристроїв, які працюють на тій самій частоті, мають бути усунені або хоча б зведені до мінімуму.

Будь-які повідомлення сенсора, які передаються на шлюз, потрібно захищати шифруванням, а додавання нового сенсора в мережу має відбуватися легко, швидко та водночас безпечно. Але при цьому процедури безпеки не повинні ускладнювати під'єднання [6].

Можливість роботи за розкладом та без нього. Програмний функціонал, реалізований і доступний для деяких популярних безпроводових технологій автоматизації, дає можливість установити розклад для таких подій, як, наприклад, відкриття жалюзі, увімкнення світла або опалення. Але багато подій, котрі відбуваються в інтелектуальній будівлі, не можна спланувати заздалегідь. Протікання води, витік газу або появу диму неможливо передбачити. А сенсори температури, вимикачі, димери, шатери не завжди мож-

на запрограмувати на виконання автоматичних сценаріїв. Тому також важливо, щоб кожен IoT-пристрій у «розумному будинку» міг відправити або отримати команду на виконання тих чи тих дій не за сценарієм, а залежно від ситуації [7].

Відмовостійкість. Топологія безпроводової мережі, яку підтримує той чи той протокол АСКІБ, має вирішальне значення для такого важливого фактора, як стійкість до відмови. Крім того, вона прямо впливає на вже згадані раніше енергозбереження та радіус дії сенсора. Сучасний погляд на побудову безпроводових мереж автоматизації передбачає децентралізований підхід, який використовує комірчасту топологію мережі (mesh-мережа). Кожен сенсор у такій мережі може безпосередньо зв'язуватися з будь-яким іншим пристроєм у радіусі своєї дії. Якщо два сенсори розміщено далеко один від одного, то сигнали можуть передаватися через проміжні пристрої цієї мережі, значно збільшуючи зону дії.

Водночас нові сенсори можуть додаватися, а старі видалятися без негативного впливу на надійність мережі. Однак для більшості мереж також потрібний «основний» пристрій, який слугуватиме мережним контролером для координації спільної роботи десятків або навіть сотень сенсорів в одній мережі. Якщо основний пристрій виходить із ладу, інший пристрій повинен вміти автоматично перебирати керування мережею на себе. Ця властивість mesh-мереж має вирішальне значення для забезпечення постійної безперебійної роботи всієї системи [8].

Інтернет речей (IoT)

Хоча «розумні» та «інтелектуальні» будівлі — це популярні слова сьогодення, Інтернет речей (IoT) є надзвичайно актуальною темою.

Простіше кажучи, IoT належить до гіперпов'язаної мережі «речей», які можуть збирати та передавати дані за допомогою Інтернет-протоколу (IP) — це машини, котрі спілкуються з машинами (M2M-інтерфейси) та з користувачами (НМІ-інтерфейси).

Провідний технолог компанії Inmarsat Мішель Франсі прогнозує, що «технології міжмашинної взаємодії» вийдуть за межі промисловості, наприклад інженерно-технічного забезпечення, і поширяться на сільське господарство, медицину, облік даних і екодослідження.

Водночас Піт Бакстер, британський регіональний директор фірми-розробника програмного забезпечення Autodesk, вважає, що домашня побутова техніка оновлюватиме свої програми автоматично, а компанії пропонуватимуть нові послуги з облаштування «розумної будівлі».

Інтернет речей уже поширений у нашому повсякденному житті: уся домашня електроніка без

винятку — смартфони та ноутбуки, включно з холодильниками та телевізорами, підімкненими до інтернету. Вони обмінюються даними між собою і передають дані користувачам або приймають їх від користувачів.

Тож не дивно, що IoT проникає у сектор автоматизації будівель та піднімає інтеграцію та зв'язок на нові висоти.

Тенденцію перспективи розвитку IoT за кількістю підімкнених пристроїв (млрд шт.) зображено на рисунку.



Порівняння оцінок перспективи Інтернету речей за кількістю підімкнених пристроїв у світі, млрд шт. (джерело SigFox, 2016)

Як IoT перетворює «розумні будівлі» на «інтелектуальні будівлі». У будівельному світі IoT можна визначити як велику кількість точок збору даних у будівлі, які через інтернет обмінюються інформацією між собою та передають її до «хмарного» сховища. У ньому аналітичні інструменти та програми використовують ці дані для генерування дійсної інформації, яка підвищує продуктивність будівлі. Користувачі та персонал закладу можуть віддалено отримувати доступ до системи з метою моніторингу, обмінюватися даними та керувати системою [9].

Збільшення кількості точок даних у всій BMS. Перевага будівель із підтримкою Інтернету речей (коротко BIoT) полягає в тому, що вони збільшують кількість точок даних усередині будівлі. Це розширює різноманітність та обсяг інформації, яку можна збирати та передавати.

Ще однією захопливою перевагою BIoT є те, що точки даних, які існують незалежно від середовища будівлі та розміщені поза ним, також можуть бути доступні, опитані та проаналізовані для подальшого впливу на контроль над будівлею та прийняття рішень.

Наприклад, дані про короткостроковий прогноз погоди збираються та аналізуються разом із даними, здобутими за допомогою BMS. BMS автоматично оптимізує середовище будівлі, змінюючи температурний контроль (так зване «погодне регулювання» за допомогою ПІД-регулятора) для підвищення енергоефективності, підвищення комфорту та продуктивності мешканців і, зрештою, економії коштів.

Аналітика big data. «Хмара» — це контейнер для зберігання величезних обсягів даних, які генеруються будівлею. Такі дані надходять із різних джерел і за тривалі часові періоди (місяці нагромадження і навіть роки). Це має величезну цінність для власників і менеджерів будівель, але лише за умови, що ці дані дійсно використовуються. Ось чому «хмара» також є платформою оброблення для аналізу великих даних.

Аналіз великих даних належить до провідного аналітичного програмного забезпечення, яке працює на великих, складних наборах даних для створення вагомої, дієвої інформації.

У контексті автоматизації будівель аналітика великих даних може шукати дані, щоб виявити тенденції, взаємозв'язки, кореляції та закономірності. Це автоматизований процес, який надає користувачеві ніколи раніше небачений рівень видимості та контролю над пристроями, системами та спорудами будівлі і створює основу для прийняття розумних рішень [10].

Традиційні системи BMS побудовано для реактивного прийняття рішень. Значущою особливістю технології великих даних є розширена здатність для прийняття активних рішень. Наприклад, система опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC), підімкнена до Інтернету речей, не тільки відправлятиме попередження про технічне обслуговування, коли термін придатності компонентів наближається до закінчення, вона також замовлятиме запасні частини в інтернеті та запрошуватиме інженера для обслуговування, перш ніж компонент вийде з ладу.

ВИСНОВКИ

Сучасний інженерний підхід для побудови автоматизованої системи керування інтелектуальною будівлею (АСКІВ) націлений на захист будівлі від майбутніх ризиків проблем масштабування та переналадження, розв'язуючи питання комунікації та інтеграції заздалегідь. Усе це робиться з використанням найновітніших технологій безпроводового зв'язку, відкритих протоколів та готових до інтернету продуктів, доступних на ринку. Паралельно впроваджуються стандарти щодо зберігання та архівування даних, щоб закласти основи для галузі, багатой даними, яку можна використати для підвищення продуктивності будівель.

З огляду на наведене можна з впевненістю стверджувати — системи АСКІВ та BIoT є дуже перспективними напрямками, особливо в контексті розвитку концепції «Індустрії 4.0».

Список використаної літератури

1. Автоматизация и диспетчеризация инженерных систем / П. А. Дворцов, И. Н. Комаров, Д. Р. Вафина, С. В. Уразайкин // *Електрон. версія*

журн. Молодой ученый. 2016. №27. С. 61–64. URL:

<https://moluch.ru/archive/131/36322/>

2. Проблемы интеграции СКУД в системы автоматизации здания. [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.parsec.ru/articles/esli-gora-ne-idet-k-magometu-problemy-integratsii-skud-v-sistemy-avtomatizatsii-zdaniya/>

3. Федоров И. Сколько этажей у интеллектуального здания? // Бизнес: Организация, Стратегия, Системы. 1999. № 10.

4. Гольдштейн Б. С. Протоколы сети доступа. Москва: Радио и связь, 2002. Т. 2. 2-е изд.

5. Архипов В. Системы для «интеллектуального» здания — «СтройМаркет» А. Авдудевский «Крыша для интеллекта» // Журнал сетевых решений LAN. 1998. №12.

6. Побат С. В., Тихонов А. Ф. Автоматизация инженерных систем теплоснабжения жилых и промышленных зданий.

7. Калмаков А. А., Романова С. С., Шелкунов С. А. Автоматика и автоматизация систем теплоснабжения и вентиляции. Москва: Стройиздат, 1986.

8. Кокорев П. В. Системы диспетчеризации зданий: решения без проблем // Автоматизация в промышленности. 2007. № 10. С. 37–39.

9. Шойхет Б. М. Концепция энергоэффективного здания. Европейский опыт // Энергосбережение. 2007. № 7. С. 62–65.1.

10. Шмалько А. В. Цифровые сети связи: основы планирования. Москва: Эко-Трендз, 2001. 278 с.

Д. В. Кращенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ЗДАНИЯМИ И ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К БЕСПРОВОДНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ В АСУИЗ

Освещены основные понятия и тенденции развития автоматизированных систем управления интеллектуальными зданиями (АСУИЗ), затрагивая тренд объединения АСУИЗ и сети Интернета вещей (IoT). Приведены практические примеры применения новейших подходов и решений посредством принятых в использование протоколов и технологий. Рассмотрено применение ячеистых сетей при проектировании АСУИЗ. Также предьявлены общие требования к беспроводным технологиям автоматизированных систем управления интеллектуальными зданиями.

Ключевые слова: умный дом; протокол; АСУИЗ; Интернет вещей; сенсор; LoRaWAN; автоматизация; ячеистая сеть.

D. Krashchenko

STUDY OF THE EVOLUTIONARY DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR INTELLIGENT BUILDINGS AND A DESCRIPTION OF THE MAIN REQUIREMENTS FOR WIRELESS TECHNOLOGIES IN ACSIB

The intelligence of a building goes hand in hand with advances in building technology that facilitate the integration of different sub-systems within a single building and the information integration of a group of buildings. This is because the deeper the building systems are integrated, the greater the diversity, scope, and speed of data generation, the greater the potential for smart decision making.

A modern engineering approach to building an Automated Intelligent Building Management System (ACSIB) aims to protect the building from future risks of scaling and reconfiguration problems by addressing communication and integration issues in advance. All this is done using the latest wireless technologies, open protocols, and ready-to-use Internet products available on the market. In parallel, data storage and archiving standards are being introduced to lay the foundations for a data-rich industry that can be used to increase building productivity.

The most important trends in the development of automated building management systems are the miniaturization of sensors to increase their use and installation locations, reduce energy consumption, and ideally — the use of sensors not only wireless but also battery-free. Such sensors are powered by natural effects such as solar energy, Peltier effect, etc.

As part of the review article, the author highlights the basic concepts and trends in the development of automated control systems for intelligent buildings (ACSIB), touches on the trend of combining ACSIB and the Internet of Things (IoT) network. The article provides practical examples of the application of the latest approaches and solutions through protocols and technologies adopted in use. Also, the article presents general requirements for wireless technologies for automated control systems for intelligent buildings.

Keywords: smart home; protocol; ACSIB; Internet of Things; sensor; LoRaWAN; automation; mesh network.