

С.О. Кравчук<sup>1</sup>, Д.А. Міночкін<sup>1</sup>, М.М. Кайденко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Київ

<sup>2</sup> Науково-дослідний інститут телекомунікацій НТУУ «КПІ», Київ

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СТРУКТУРІ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

*Інженерне обладнання сучасної будівлі являє собою комплекс складних інженерно-технічних систем безпеки - життєзабезпечення - інформатизації (КСБЖІ) з відповідними системами управління. Важливою частиною КСБЖІ є автоматизовані системи управління, які і складають суть інтелектуальної будівлі. Всі слабкострумів системи контролю об'єднуються на основі структурованої кабельної системи в систему диспетчеризації інженерного устаткування будівлі з єдиним центром моніторингу систем. Ефективність роботи досягається чіткою взаємодією окремих систем, їх інтеграцією. В роботі проведено аналіз системи автоматизації будівель, яку можна розглядати як окремий випадок автоматизації процесів. Представлена трьохрівнева функціональна ієрархічна модель автоматизації будівлі. Проаналізовані структура та основні функціональні особливості інтегрованої телекомунікаційної системи «розумного будинку».*

**Ключові слова:** «розумний будинок», автоматизація, інтегрована телекомунікаційна система.

### Вступ

«Розумний будинок» (англ. smart home) або «інтелектуальний будинок» (англ. "intelligent building") – будинок сучасного типу, організований для проживання людей за допомогою автоматизації і високотехнологічних пристроїв. Під «розумним» будинком слід розуміти систему, яка забезпечує безпеку, комфорт і ресурсозбереження для всіх користувачів. У найпростішому випадку вона повинна вміти розпізнавати конкретні ситуації, що відбуваються в будинку, і відповідним чином на них реагувати: одна з систем може управляти поведінкою інших за заздалегідь виробленим алгоритмом. Іншими словами, це будівля, інженерні системи якої здатні забезпечити адаптацію до можливих змін в майбутньому [1].

Інженерне обладнання сучасної будівлі являє собою комплекс складних інженерно-технічних систем безпеки - життєзабезпечення - інформатизації (КСБЖІ) з відповідними системами управління.

Важливою частиною КСБЖІ є автоматизовані системи управління, які і складають суть інтелектуальної будівлі. Всі слабкострумів системи контролю об'єднуються на основі структурованої кабельної системи в систему диспетчеризації інженерного устаткування будівлі з єдиним центром моніторингу систем. Ефективність роботи досягається чіткою взаємодією окремих систем, їх інтеграцією.

**Постановка задачі.** Інтеграція систем забезпечує: підвищений рівень безпеки будівлі в цілому (запобігання аварій, забезпечення безперервності процесів та ін.); чітку взаємодію роботи всіх інженерних систем з пріоритетом системи пожежної безпеки; організацію мережевої структури управ-

ління з реалізацією функцій автоматичного контролю, обробки та зберігання інформації про стан систем з єдиного диспетчерського пульта управління; поєднання автоматичного і ручного режимів управління, що забезпечує оперативний контроль чергового персоналу за станом кожного елемента інженерних систем з диспетчерського пульта; високий рівень управління середовищем проживання (в рамках розумного будинку). Тому, для побудови ефективною системи управління та автоматизації необхідно провести аналіз принципів побудови таких систем, і необхідних для цього технологій.

### Виклад

#### основного матеріалу дослідження

Систему автоматизації будівель (building automation systems, BAS) можна розглядати як окремий випадок автоматизації процесів, причому процес – це внутрішнє середовище будівлі (і прилеглих до нього територій).

Цей процес складається з численних підпроцесів, як дискретних, так і безперервних. Більшість складних процесів на даний момент знаходяться в області систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (heating, ventilation, and air-conditioning, HVAC) [2]. У зв'язку з тим, що HVAC-процеси пов'язані з великими (термальними) ємностями, зміни системних параметрів можуть відбуватися тільки плавно. Швидкі переходи найчастіше потрібно визначати тільки при оптимізації поведінки системи. Оскільки поведінка процесу повільна, вимоги щодо часу відгуку контролерів менші порівняно з промисловими застосуваннями з управління. Не дивлячись на загальну відсутність високошвид-

кісних керуючих ланцюгів, управління HVAC має справу з порушеннями, які змінюються з часом, як функції від навантаження, погодних умов, і розміщення будівлі. Ці фактори мають стохастичний характер, і є не передбачувані [3].

Основні функції автоматизованих систем, які необхідно вимірювати і контролювати, це необхідні надійність і доступність (визначається як ступінь готовності системи функціонувати в будь-який момент часу). Вимоги до часових обмежень є помірними, оскільки наслідки при невиконанні в більшості випадків не є критичними. Але звісно існують застосування з дуже обмеженим часом відпрацювання, насамперед, у промисловому HVAC (наприклад, холодильні установки) і медичному обслуговуванні.

Надійна робота також потрібна, коли бажана інтеграція систем безпеки та охорони.

Одна з ключових проблем в BAS полягає в тому, що повинні обслуговуватись великі площі, особливо у висотних будівлях, або великих будівельних комплексах. Також системи повинні бути довговічні, що зазвичай означає використання перевірених, технологічно консервативних підходів. Отже, в даній сфері дуже повільно приймаються і затверджуються нові технічні розробки.

Загальна модель системи розрахована на всі види BAS описані в [4]. Основні елементи показані на рис. 1. У цій моделі аспекти системної функціональності розбиті на три рівні, представляючи втілення автоматизованої піраміди для BAS.

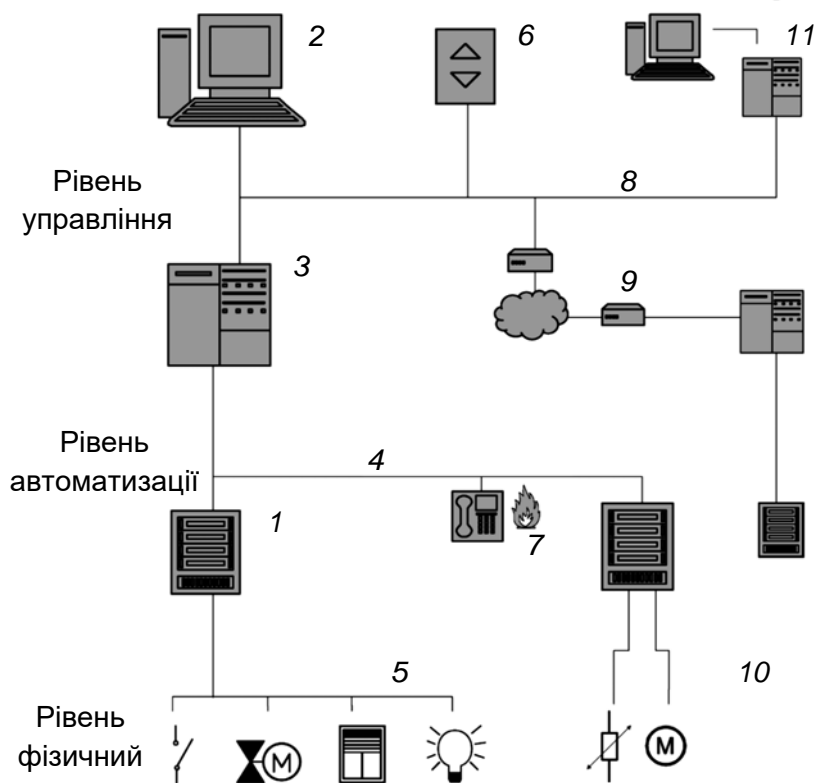


Рис. 1. Трьохрівнева функціональна ієрархія автоматизації будівлі:

- 1 – станції прямого цифрового управління DDC (direct digital control) (модулі контролерів);
- 2 – робоча станція оператора;
- 3 – серверна станція / контролер спостереження;
- 4 – мережа автоматизації;
- 5 – мережа фізичного рівня;
- 6 – система спеціального призначення DSS (dedicated special systems) ліфту;
- 7 – система DSS панелі проти пожежної тривоги;
- 8 – мережа управління;
- 9 – безпроводовий тунель до інших комунікаційних систем;
- 10 – безпосередні з'єднання;
- 11 – комп'ютерний центр управління системою CAFM (computer aided facility management)

На фізичному рівні відбувається взаємодія із оточуючим світом. Дані про навколишнє середовище збираються (вимірюються, обраховуються) і перетворюються у вигляд, прийнятний для обробки та передачі. Так само параметри навколишнього середовища (в середині будинку) фізично контролюються і управляються (перемикання, установка, позиціонування) у відповідь на команди, отримані від системи управління будинку.

Автоматичне управління, в тому числі всіх видів автономно виконуваних послідовностей, прирівнюється до рівня автоматизації. Воно працює на основі даних, що підготовлені на фізичному рівні, встановлюючи логічні зв'язки і контури управління.

На рівні управління доступна інформація про всю систему. Оператору для ручного втручання надано спеціальний уніфікований інтерфейс. При цьому надається вертикальний доступ до значень

рівня автоматизації, включаючи право на зміну параметрів моніторингу. Попередження генеруються у виняткових ситуаціях при технічних несправностях або критичних ситуаціях. Тривале зберігання та накопичення даних з можливістю генерації звітів і статистики, також вважається частиною цього рівня.

Структуру BAS можна вибрати так, щоб фактично розподілити описані вище функції по окремих пристроях, як показано на рис. 1: датчики і приводи або приєднані до контролерів за стандартними інтерфейсам (паяні контакти, 0...10 В, або 4...20 мА) або за допомогою місцевої мережі фізичного рівня. Управління процесами виконується за допомогою станцій прямого цифрового управління, або DDC-станцій (direct digital control, DDC) (набору контролерів блоків). Серверна станція виконує наглядовий контроль (наприклад, в центральній приладовій кімнаті, або в крилі будинку). Наглядні блоки та контролери пов'язані між собою за допомогою своєї мережі автоматизації. Якщо необхідний обмін даними, то дистанційні станції об'єднуються в мережу управління через модемне з'єднання (або безпроводовий тунель). Попереджувальні повідомлення можуть бути передані оператору через стільникові шлюзи коротких повідомлень або електронну пошту.

Системна архітектура сучасних BAS, однак, рідко повністю збігається з функціональною архітектурою, описуваною трьохрівневою ієрархією [4].

Основними критеріями, які відповідають за підтримання необхідної якості обслуговування QoS, є пропускна здатність, своєчасність, надійність і безпека. Що стосується необхідної пропускної здатності, то застосування BAS на фізичному рівні в цілому не потребує високого навантаження трафіку у зв'язку з відсутністю високошвидкісних керуючих ланцюгів. Однак, необхідність забезпечення високошвидкісного доступу до зовнішніх інформаційних джерел вимагає від телекомунікаційної системи наявності каналів зв'язку з високою пропускною здатністю.

До складу інтегрованої телекомунікаційної системи (ІТС) «розумного будинку» відносяться: сенсорні та промислові мережі, мережа доступу та сервісів, базова мережа агрегації, яка включає мережу автоматизації (рис. 2).

Апаратно до складу ІТС, згідно рис. 2, входять:

- сервер "розумного будинку" (сервер локальної IP-мережі);
- шлюзи підсистем (островів), в тому числі шлюзи взаємодії (interconnection) з не IP-підсистемами;
- маршрутизатор домашньої мережі (проводової і безпроводової);
- сервер доступу до зовнішніх мереж, включаючи "firewall" і M2M рішення;

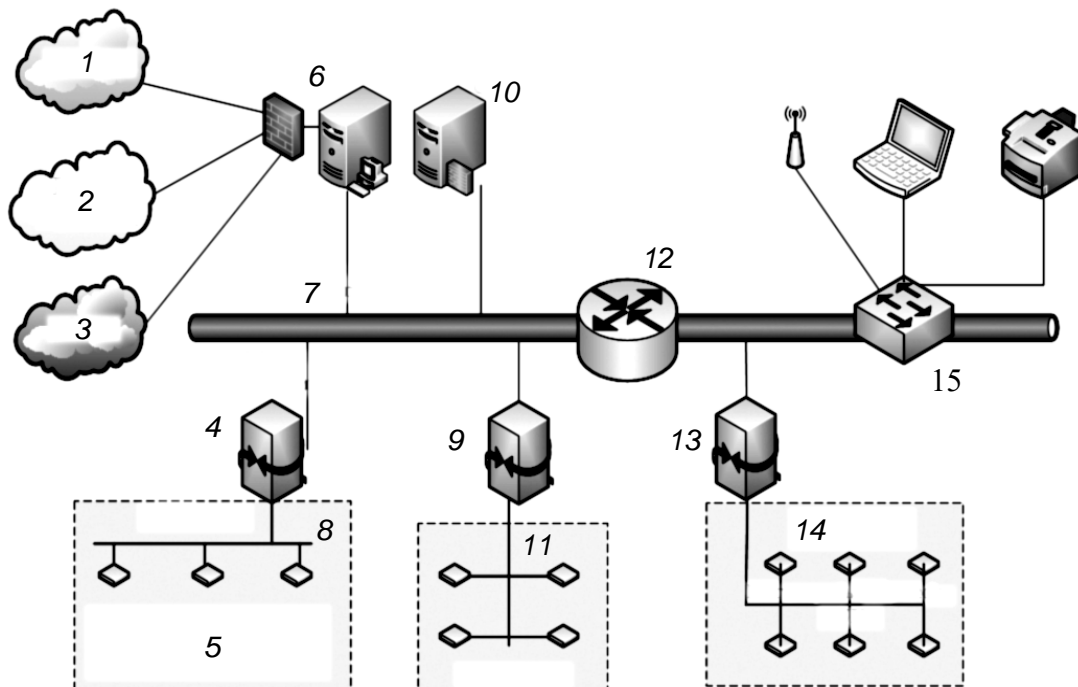


Рис. 2. Узагальнена архітектура телекомунікаційної системи "розумний будинок":

- 1 – мережа Інтернет; 2 – мережа мобільного оператора; 3 – мережа зв'язку загального користування; 4, 9, 13 – шлюзи підсистем; 5 – сенсори та управляючі пристрої; 6 – сервер доступу; 7 – Ethernet-IP-магістраль; 8 – кластер-1; 10 – сервер управління системою "розумний будинок"; 11 – кластер-2; 12 – маршрутизатор домашньої мережі (проводової і безпроводової); 14 – кластер-N; 15 – комутатор локальної мережі

- комутатори домашньої (локальної L2 level) мережі;
- Ethernet-IP-магістраль;
- безпроводові точки доступу;
- розетки проводової частини ІТС;

термінали відображення інформації (мобільні та стаціонарні).

Базові принципи, покладені в основу архітектури ІТС, ґрунтуються на наступних концептуальних особливостях "розумного будинку":

- «розумний будинок» є системою автоматизації, контролю, візуалізації та надання телекомунікаційних і інформаційних сервісів. Виходячи з цього, ієрархія системи повинна бути тривірневою (рис. 2): рівень управління та надання сервісів, рівень автоматизації і фізичний рівень доступу (місцевий рівень – fieldlevel);

- у мережі "розумний будинок" в силу різноплановості і різноманітності виконуваних функцій можуть використовуватися різні середовища передачі і протоколи передачі даних.

Загалом протоколи передачі даних умовно можна поділити на IP-орієнтовані протоколи, які використовуються переважно для формування базової мережі, і спеціалізовані промислові протоколи для автоматизації та контролю.

IP орієнтовані протоколи використовуються для передачі великих потоків інформації: голоси, відео, відеоконференції, доступу до зовнішніх мереж, роботи з різними периферійними мережевими пристроями, онлайн ігор, доступу до соціальних мереж.

Спеціалізовані промислові протоколи орієнтовані на забезпечення роботи засобів і систем автоматизації та контролю: управління освітленням, системами кондиціонування, систем опалення, системами фізичного доступу і безпеки та ін., при цьому обсяг переданої інформації відносно не високий.

Виходячи з цього, для створення єдиної телекомунікаційної мережі «Розумний будинок» пропонується як основну вибрати мережу на основі IP. Це дозволить створити єдину інтегровану телекомунікаційну мережу з єдиною системою управління. Підключення та взаємодію з іншими мережами на рівні fieldlevel буде здійснюватися за допомогою шлюзів (Gateway), що підключаються до загальної опорної мережі (Backbone). Функціональність шлюзів визначається функціональністю конкретної системи автоматизації та контролю.

В якості єдиної системи адресації передбачається використовувати IP адресацію: перетворення адрес здійснюватиметься на рівні шлюзів з повною відповідністю адресації, прийнятої в конкретній системі автоматизації і контролю; окремих системах

і відповідно пристроям будуть виділені пули IP-адрес, при цьому адреси сенсорів/датчиків і виконавчих пристроїв матимуть взаємну відповідність; пули IP-адрес буду розподілені також за територіальним принципом (закріплені за приміщенням, кімнатою).

Виходячи з вище зазначеного, основні функції ІТС наступні:

- надання багатосервісних послуг, при цьому через розроблені програмні інтерфейси об'єднувати усі підсистеми, необхідні для роботи «розумного будинку», та функціонально інтегрує функції управління, контролю, доступу до інформаційних ресурсів;

- підтримка єдиної системи адресації в мережі (закрита, частково відкрита, відкрита – уточнюється в процесі розробки для кожного будинку);

- забезпечення взаємодії з окремими мережами автоматизованих систем та їх інкапсуляція до єдиної мережі, в тому числі роботизованих;

- підтримка різноманітних технологій передачі даних всередині мережі: безпроводових (мережі на основі IEEE 802.15, IEEE 802.11, IEEE 802.16), проводових технологій (xDSL, PLC, Ethernet) та технологій передачі даних в промислових мережах (інтерфейси RS-485, RS-232, RS-422, CAN (Control Area Network), HART (Highway Addressable Remote Transducer – "магістральний адресований віддалений перетворювач"), AS (Actuator-Sensor));

- виконання функцій шлюзів між мережами автоматизованих систем та зовнішніми спеціалізованими мережами (підтримка необхідних протоколів та їх конвертація);

- забезпечення доступу до зовнішніх мереж загального користування (мережа Інтернет, телефонні мережі, мережі операторів мобільного та фіксованого зв'язку) – виконання функції універсального серверу доступу;

- забезпечення захищеного зв'язку;

- сервер системи «розумний будинок» є невід'ємною частиною телекомунікаційної мережі.

## Висновок

Таким чином, в роботі представлена загальна модель системи управління, яка розрахована на використання у «розумному будинку». У цій моделі аспекти системної функціональності розбиті на три рівні, представляючи втілення автоматизованої піраміди для BAS.

Розглянута інтегрована телекомунікаційна система «розумного будинку», що функціонально виконує об'єднання різномірних мереж та систем автоматизації будівлі з системами високошвидкісного

доступу до інформаційних ресурсів, формує комунікаційні інтерфейси між підмережами, в тому числі із користувачем будівлі чи оператором послуг, що дозволяє за допомогою телекомунікаційних технологій створити єдину інтегровану мережу електронних комунікацій будинку, зв'язану через захищені канали із зовнішніми (віддаленими) сервіс-провайдерами та джерелами інформації.

### Список літератури

1. Robles R.J. *Applications, Systems and Methods in Smart Home Technology: A Review* / Robles R.J., Kim T.H. // *International Journal of Advanced Science and Technology*. – Vol. 15. – February 2010.

2. Underwood C.P. *HVAC Control Systems: Modeling, Analysis and Design* / C.P. Underwood. – London, U.K.: Routledge, 1999. – 346 p.

3. Дужак І.О. Розумний будинок / І.О. Дужак // *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*. – 2013. – № 13,14. – С. 31-33.

4. *Communication Systems for Building Automation and Control* / W. Kastner, G. Neugschwandtner, S. Soucek, H.M. Newman // *Proc. of the IEEE*. – 2005. – Vol. 93, No. 6. – P. 1178-1203.

Надійшла до редколегії 7.11.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Ленков, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ.

### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРУКТУРЕ «УМНОГО ДОМА»

С.А. Кравчук, Д.А. Миночкин, Н.Н. Кайденко

*Инженерное оборудование современного здания представляет собой комплекс сложных инженерно-технических систем безопасности - жизнеобеспечения - информатизации (КСБЖИ) с соответствующими системами управления. Важной частью КСБЖИ являются автоматизированные системы управления, которые и составляют суть интеллектуального здания. Все слаботочные системы контроля объединяются на основе структурированной кабельной системы в систему диспетчеризации инженерного оборудования здания с единым центром мониторинга систем. Эффективность работы достигается четким взаимодействием отдельных систем, их интеграцией. В работе проведен анализ системы автоматизации зданий, которую можно рассматривать как частный случай автоматизации процессов. Представлена трехуровневая функциональная иерархическая модель автоматизации здания. Проанализированы структура и основные функциональные особенности интегрированной телекоммуникационной системы «умного дома».*

**Ключевые слова:** «умный дом», автоматизация, интегрированная телекоммуникационная система.

### APPLICATION OF TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGIES IN THE STRUCTURE OF "SMART HOME"

S.O. Kravchuk, D.A. Minochkin, M.M. Kaidenko

*Engineering equipment in a modern building is a combination of complex technical security systems – life support – information systems with appropriate management systems. It is an important part of automated control systems, which make up these sense of intelligent building. Allow-current control system based on integrated structured cabling system are connected to the monitoring system. The effectiveness is achieved through interaction of individual systems and their integration. The paper analyzes the building automation system, which can be considered as a special case of process automation. Three-layer hierarchical functional model of building automation is presented. The structure and basic functional features of integrated telecommunication system of the "smart home" are discussed.*

**Keywords:** "smart home", automation, integrated telecommunication system.