



**ЕЛЕКТРОННІ РЕСУРСИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**
**ELECTRONIC RESOURCES AND INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

УДК 004.7:[64.011.22:005.591.6]
DOI: 10.31866/2617-796X.5.1.2022.261300

Галагура Костянтин,
магістрант,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Харків, Україна
kostiantyn.halahura@nure.ua
<https://orcid.org/0000-0003-3846-8437>

Гребеннік Ігор,
доктор технічних наук, професор кафедри системотехніки,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Харків, Україна
igor.grebennik@nure.ua
<https://orcid.org/0000-0003-3716-9638>

Чайковська Олена,
кандидат педагогічних наук, декан факультету дистанційного навчання,
Київський національний університет культури і мистецтва,
Київ, Україна
oachaikovska@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7769-1004>

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДОМАШНІЙ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ЗА КОНЦЕПЦІЄЮ «РОЗУМНИЙ ДІМ»**

Мета дослідження – огляд та виявлення проблем систем автоматизації управління житловою спорудою за концепцією «Розумний дім».

Методологія дослідження базується на системному підході, аналізі джерел, методах побудови комп'ютерних мереж, інформаційних технологіях.

Наукова новизна. Отримали подальший розвиток інформаційні технології реалізації систем автоматизації за концепцією «Розумний дім».

Висновки. У дослідженні проведено огляд галузі домашньої автоматизації за концепцією «Розумний дім», що є важливим напрямом інтернету речей. На основі аналізу відповідних джерел за напрямом дослідження виявлено низку проблем у наявних підходах до створення систем «Розумного дому».

Ключові слова: інтернет речей; домашня автоматизація; розумний дім; топології мереж; бездротові сенсорні мережі.

Вступ. На сьогодні застосування інформаційних технологій стало загальноживаною практикою в усіх сферах життя людини. У сучасному ритмі життя людина прагне досягнути результату за мінімум кроків, підвищити швидкість виконання повсякденних дій або взагалі перекласти контроль за ними на спеціальний прилад. Усе більше завдань, які раніше традиційно вирішувала людина власноруч, піддаються автоматизації, а отже, стають прерогативою обчислювальної техніки, що оперує інформацією. Одним з таких завдань є підмножина інтернету речей, а саме управління житловим будинком: системами освітлення, кондиціонування, безпеки тощо. Це явище отримало назву «домашньої автоматизації» або більш популярна інтерпретація – «розумний дім» (англ. smart house). Концепція являє собою часткове або повне делегування управління спорудою програмно-технічним засобам та завдяки розвитку цифрових технологій останнім часом набуває популярності (Levin, 2015).

Основні функції системи «Розумного дому»:

- підтримка системи охорони та відеонагляду;
- контроль за станом системи водо- та газопостачання;
- автоматична централізована корекція освітлення залежно від часу доби та пересування людей по приміщенню;
- можливість керування побутовими приладами за допомогою телефонної лінії, мобільного зв'язку або мережі Інтернет;
- автоматизація побутових дій за допомогою сценаріїв;
- покращення умов життя та спрощення побутових завдань для людей з особливими потребами й похилого віку;
- енергозбереження.

Незважаючи на високий потенціал і підвищення інтересу споживачів, зазначений підхід є темою для дискусій. У статті розглянуто особливості застосування концепції та запропоновано варіанти розв'язання наявних проблем.

Результати дослідження. Система «Розумний дім» може бути впроваджена у квартири або приватні будинки та залежно від плану мати ту чи ту конфігурацію і розташування складових елементів, до яких зазвичай належать компоненти трьох видів:

- контролер (хаб) – пристрій, що з'єднує всі елементи системи (інтернет-речі) разом та із зовнішнім середовищем;
- датчики (сенсори) – пристрої, що отримують інформацію про навколишнє середовище;

– актуатори – пристрої, що виконують команди. До цієї групи входять автоматичні вимикачі, розетки, клапани для труб, сирени, клімат-контролери тощо.

Крім того, для підтримки функцій аналізу даних, наприклад, таких як розпізнавання голосових команд або створення звітів зі статистикою за відповідними показниками, використовуються хмарні технології, що дають змогу провести необхідні обчислення, застосовуючи можливості мережі Інтернет.

У такий спосіб відбувається обмін даними між компонентами системи, а також із хмарою. Структуру системи «Розумний дім» зображено на рис. 1.

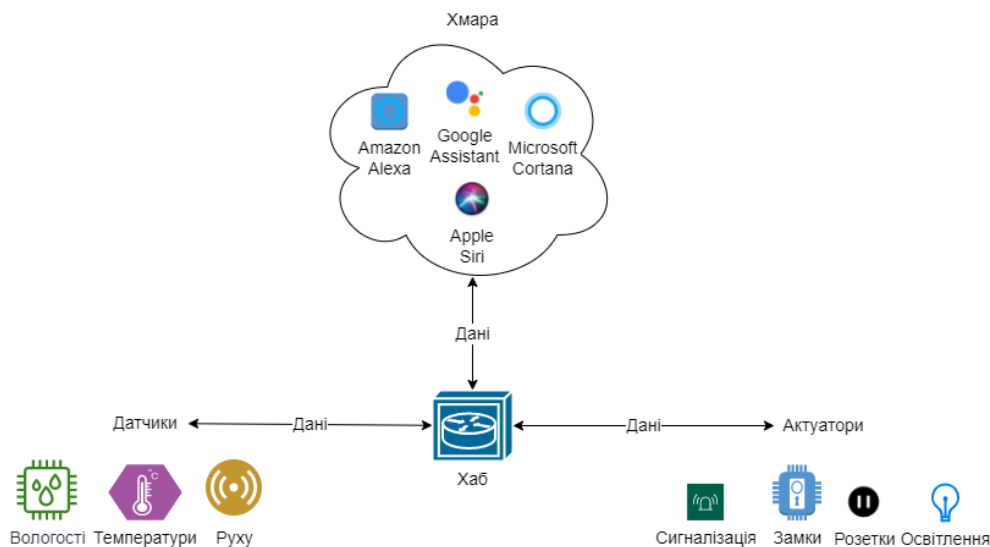


Рис. 1. Загальна структура системи «Розумний дім»

Для взаємодії з інтернет-речами використовують 3 способи:

1. Прямий доступ. У такому разі для зв'язку між пристроями необхідна наявність ідентифікатора – IP-адреси або псевдоніма. Крім того, кожен вузол мережі має підтримувати функції сервера та інтерфейс RESTful API для доступу до пристрою через інтернет. Якщо з'єднати в такий спосіб «речі», то є можливість отримати вебсервіс, що надає функціонал, непридатний пристроям, якщо вони працюють самостійно. Недоліками цього способу є необхідність мати постійну IP-адресу в мережі, залежну від постачальника послуг, та обмеження кількості підключень до пристрою, який, як правило, не є досить продуктивним з погляду обчислювальної потужності.

2. Доступ через шлюз. Часто речі не підтримують протоколи IP та HTTP, а працюють з використанням Bluetooth, ZigBee, Z-Wave і т. ін. Тоді для організації взаємодії застосовують шлюз – пристрій, що виступає в ролі вебсервера та перетворює запити від вузлів мережі у запит до спеціального API-пристрою, підключеного до цього шлюзу. Перевага описаного способу – незалежність від типів пристроїв, які використовують власні протоколи для зв'язку. Підхід є більш доцільним, коли необхідно з'єднати бездротове обладнання та забезпечити йому вихід в інтернет.

Проте, незважаючи на очевидну перевагу над методом прямого доступу, доступ через шлюз усе ще має ті ж самі недоліки.

3. Доступ через сервер. У такому разі централізований сервер підтримує приймання та передавання повідомлень між пристроями, зберігає й оброблює інформацію, забезпечує зручний інтерфейс взаємодії та двосторонній обмін між вузлами. Перевагами цього доступу є розвантаження каналу зв'язку інтернет-речей, підтримка надійних засобів зберігання та обробки інформації, можливість використовувати хмарні обчислення.

Оскільки «Розумний дім» – це комп'ютерна мережа, питання її організації, вибору топології та відповідність необхідним вимогам є першочерговими. Тобто для мережі притаманні такі характеристики:

- підтримка великої кількості неоднорідних елементів;
- надійність;
- висока відмовостійкість;
- передавання даних у режимі реального часу з мінімальними затримками;
- самоорганізована Ad-hoc архітектура;
- невелике енергоспоживання вузлів;
- низька вартість пристроїв і комутаційних елементів.

Додаткові особливості мереж цього типу:

- підтримка програмно-визначуваних мереж та віртуалізації мережевих функцій;
- аналіз та обробка даних у реальному часі (Протоколи и системы передачи данных IoT, 2022).

Типовими топологіями для побудови «розумної» мережі є:

1. Кільце. Кожен комп'ютер з'єднаний лініями зв'язку лише з двома іншими: від одного він лише отримує інформацію, а іншому передає. На кожній лінії зв'язку працює тільки один передавач та приймач. Робота в мережі кільця полягає в тому, що кожен комп'ютер ретранслює (відновлює) сигнал, тобто виступає в ролі повторювача, а тому загасання сигналу в усьому кільці не має жодного значення, важливо лише загасання між сусідніми комп'ютерами кільця. Чітко виділеного центру в цьому разі немає – усі вузли можуть бути однаковими. Проте досить часто в кільці виділяється спеціальний абонент, який керує обміном або контролює обмін. Таке рішення впливає на надійність мережі, бо присутня вірогідність виходу його з ладу. До того ж небезпечним є розрив кабелю в будь-якому місці, що призведе до неможливості передавання даних далі за каналом.

2. Шина – загальний кабель, до якого приєднані всі робочі станції. Кожен пристрій незалежно підключається до загального каналу – лінійного мережевого середовища передавання даних. У такому разі одночасно сильним та слабким є саме загальний канал.

3. Зірка – базова топологія комп'ютерної мережі, де всі робочі станції приєднані до центрального вузла, утворюючи фізичний сегмент мережі. Подібний сегмент може функціонувати як окремо, так і в складі мережевої топології (як правило, «дерево»). Увесь обмін інформацією відбувається виключно через центральний комп'ютер, на який у такий спосіб покладається дуже велике на-

вантаження, тому його відповідальність обмежується лише підтримкою обміну. Перевагою топології є відсутність виникнення конфліктів через повністю централизоване управління. Окремим випадком зірки є топологія «дерево» – випадок, коли деякі вузли мережі можуть виконувати як роль кінцевого вузла, так і концентратора, а також маршрутизатора (Топологии сетей – Компьютерные технологии).

4. Mesh-мережа – це телекомунікаційна мережа з децентралізованим управлінням, в якій бездротові пристрої об'єднуються численними з'єднаннями, що утворюють топологію з комірок. Мережа будується як сукупність кластерів, на які поділяється територія покриття, кількість кластерів теоретично не обмежена. В одному кластері розміщується від 8 до 16 вузлових точок доступу. Одна з таких точок є шлюзом і підключається до магістрального інформаційного каналу за допомогою оптичного або електричного кабелю, або по радіоканалу з використанням систем широкосмугового доступу. Відмінною особливістю mesh-мережі є архітектура, що самоорганізується. Це дає змогу реалізувати такі можливості, що підтверджують надійність описуваного підходу:

1) створення зон суцільного інформаційного покриття великої площі; масштабування мережі, тобто збільшення площі зони покриття та щільності інформаційних потоків в автоматичному режимі;

2) використання бездротових транспортних каналів для зв'язку точок доступу в режимі «кожен з кожним»;

3) стійкість мережі до втрат окремих елементів;

4) менша за традиційні дротові мережі вартість розгортання через відсутність необхідності прокладання кабелю;

5) підтримка динамічної маршрутизації, що дає змогу кожній точці доступу надсилати дані оптимальним маршрутом між сусідніми пристроями, що гарантує мінімальний час доставки;

6) контроль стану транспортного каналу протоколами на основі створення таблиці абонентів мережі;

7) автоматичне перенаправлення трафіку по іншому маршруту в разі відмови однієї з точок.

Недоліком mesh-архітектури є можливість великої затримки під час використання проміжних вузлових точок і, як наслідок, зниження якості передавання даних у реальному часі (Бублик та Штих, 2017).

Найбільш поширеним типом організації взаємодії з погляду середовища передачі є бездротові мережі. Щодо інтернету речей використовують поняття «бездротової сенсорної мережі» (БСМ, Wireless Sensor Network – WSN) – розподіленої самоорганізованої мережі датчиків (сенсорів) і виконавчих пристроїв, з'єднаних між собою за допомогою радіоканалу. До складу сенсорів зазвичай входять автономні мікрокомп'ютери (контролери) із живленням від батареї та приймачі, що дає змогу датчикам самостійно утворювати спеціальні мережі через зв'язок один з одним та обмін даними за допомогою радіотехнологій. У такому разі сенсори є компонентами бездротових сенсорних мереж. Дані від окремих вузлів передаються мережею від вузла до вузла, до шлюзу, так зазвичай опиняються на «супервузлі», або більш продуктивному сервері (Зеленин та Власова, 2013).

Перевагами БСМ є:

- здатність до самовідновлення та самоорганізації;
- здатність передавати інформацію на значні відстані за умови невеликої потужності приймачів (за допомогою ретрансляції);
- низька вартість вузлів та їх малий розмір;
- низьке електроспоживання та можливість живлення від автономних джерел;
- простота установки через відсутність кабелів;
- можливість інтеграції до об'єкта, що перебуває в експлуатації, без додаткових робіт;
- низька вартість технічного обладнання.

Однак треба зауважити, що, незважаючи на свою привабливість, БСМ не мають широкого розповсюдження через специфіку розгортання таких мереж (питання живлення, конфігурування, вимоги до самоорганізації та ін.), відсутність чіткої стандартизації та індивідуальності кожного випадку їх застосування.

Широкому впровадженню домашньої автоматизації перешкоджають складні технічні й організаційні проблеми, зокрема, пов'язані зі стандартизацією. Інтеграцію запропонованих на ринку пристроїв і технологій ускладнює відсутність єдиних стандартів для інтернету речей. Наразі немає відчутних незручностей з технологічною частиною концепції, у той час як проблеми юридичного та психологічного характеру є. Крім того, відкритими залишаються питання захисту даних у мережах, рівня входу автоматизації в приватне життя, автономності «речей» (проблема живлення пристроїв), складності переходу інтернету на 6 версію мережевого протоколу IP через необхідність вкладення великих фінансових витрат з боку телекомунікаційних операторів і провайдерів послуг на модернізацію мережевого обладнання (Росляков, Ваняшин та Гребешков, 2015). Основні драйвери та проблеми впровадження інтернету речей наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Драйвери та бар'єри ринку інтернету речей
(Росляков, Ваняшин та Гребешков, 2015)

Драйвери	Бар'єри
Стрімкий розвиток інфокомунікаційних технологій	Необхідність прийняття загальних стандартів
Мода на смартфони, планшетні комп'ютери та інші мобільні пристрої	Повільний перехід до протоколу IPv6
Логістика та управління постачаннями	Ризик закритості приватних мереж
Підвищення безпеки та зручності автотранспорту	Несумісність низки компонентів
Необхідність збереження навколишнього середовища та зниження енерговитрат	Проблема захисту персональних даних та безпеки
Розвиток сфери контролю за контрафактною продукцією та захисту від крадіжок	Порівняно висока вартість упровадження

Більш детально проблеми «Розумного дому» як представника інтернету речей розкрито в попередніх працях (Галагура, 2022). Коротко зміст виявлених недоліків концепції можемо представити у вигляді такого списку:

- несумісність пристроїв через використання різних стандартів передавання даних;
- ускладнений процес оновлення, заміни та додавання нових пристроїв до наявної системи;
- складність налаштування сценаріїв залежно від кількості пристроїв;
- проблема безпеки персональних даних мешканців будинку;
- залежність від з'єднання з інтернетом і хмарними сервісами;
- здебільшого пропріетарний характер програмного забезпечення для управління розумним будинком, що не дає змоги проводити точне індивідуалізоване налаштування системи;
- технічні відмови та нестабільність взаємодії з інтерфейсами будинку;
- недостатня універсальність системи та нечітке розуміння господаря та мешканців будинку;
- складність інсталяції після завершення основних ремонтно-будівельних робіт;
- залежність від електроенергії та проблема енергозбереження як усього комплексу, так і його елементів;
- висока вартість і період окупності системи.

Висновки. У роботі розглянуто предметну галузь домашньої автоматизації, що є важливим напрямом концепції інтернету речей. На основі аналізу відповідних джерел виявлено низку проблем наявних рішень під час проєктування систем «Розумного дому». Зважаючи на це, можемо надати такі рекомендації щодо створення сучасної системи, яка вирішить зазначені проблеми:

- створення архітектури, що відповідає вимогам безпеки, модульності, самодостатності та гнучкості;
- використання доступу до пристроїв через централізований локальний сервер, а зв'язок з хмарою тільки з позиції безпеки, для збереження резервної копії даних системи;
- вибір мережевої топології типу «Зірка» («Дерево») або «Mesh»;
- орієнтація більшою мірою на бездротові сенсорні мережі за умови забезпечення ефективної реалізації з урахуванням їхньої специфіки;
- використання виключно відкритого програмного забезпечення;
- застосування технологій і методів штучного інтелекту для забезпечення більш індивідуалізованого розпізнавання команд мешканців будинку;
- завчасне проєктування розумної системи управління перед будівництвом будинку;
- у разі можливості вибір енергонезалежних елементів для автоматизації будинку;
- застосування джерел безперебійного або альтернативного живлення в разі відсутності електроенергії, а також передбачення аварійного механічного управління пристроями;

– керування принципом найменших привілеїв у процесі вибору пристроїв, тобто кожен елемент системи має виконувати тільки одне специфічне завдання.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Бублик, К.С. та Штих, І.А., 2017. Позиціонування датчиків бездротової сенсорної мережі. В: *Радіоелектроніка і молодь в XXI столітті*. Матеріали 21-го Міжнародного молодіжного форуму. Харків: ХНУРЕ. Т.3, с.128-129.
- Галагура, К.А., 2022. Проблеми домашньої автоматизації за концепцією «Розумний дім». В: *Пріоритети сучасної науки*. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. Київ, Україна, 30-31 січня 2022 р. Київ, с.36-38.
- Зеленин, А.Н. и Власова, В.А., 2013. Беспроводные сенсорные сети как часть инфокommunikационной структуры. В: В.М. Безрука и В.В. Баранника, ред. *Наукоемкие технологии в инфокommunikациях: обработка и защита информации*. Харьков: Компания СМІТ, с.184-193.
- Протоколи и системы передачи данных IoT*, 2022. [online] Доступно: <<https://moodle.taltech.ee/mod/book/tool/print/index.php?id=233071#ch6722>> [Дата звернення 2 квітня 2022].
- Росляков, А.В., Ваняшин, С.В. та Гребешков, А.Ю., 2015. *Интернет вещей*. Самара: ПГУТИ. Топологии сетей – Компьютерные технологии. *Википедия*. [online] Доступно: <<https://www.sites.google.com/site/informtexxim/home/5>> [Дата звернення 2 квітня 2022].
- Levin, M.S., 2015. *Modular System Design and Evaluation*. New York: Springer.

REFERENCES

- Bublyk, K.S. and Shtykh, I.A., 2017. Pozytionuvannya datchykyv bezdrotovoi sensornoi merezhi [Positioning of wireless sensor network sensors]. In: *Radioelektronika i molod v XXI stolitti* [Radio Electronics and Youth in the XXI Century]. Proceedings of the 21st International Youth Forum. Kharkiv: KhNURE. Ch.3, pp.128-129.
- Halahura, K.A., 2022. Problemy domashnoi avtomatyzatsii za kontseptsiiieu “Rozumnyi dim” [Problems of home automation according to the concept of “Smart Home”]. In: *Priorytety suchasnoi nauky* [Priorities of modern science]. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference, Kyiv, Ukraine, January 30-31, 2022. Kyiv, pp.36-38.
- Levin, M.S., 2015. *Modular System Design and Evaluation*. New York: Springer.
- Protokoly i sistemy peredachi dannykh IoT* [IoT protocols and data transmission systems], 2022. [online] Available at: <<https://moodle.taltech.ee/mod/book/tool/print/index.php?id=233071#ch6722>> [Accessed 2 April 2022].
- Rosliakov, A.V., Vaniashin, S.V. and Grebeshkov, A.Iu., 2015. *Internet veshchei* [Internet of things]. Samara: PGUTI.
- Topologii setei – Kompiuternye tekhnologii [Topologies of networks – Computer technologies]. *Wikipedia*. [online] Available at: <<https://www.sites.google.com/site/informtexxim/home/5>> [Accessed 2 April 2022].
- Zelenin, A.N. and Vlasova, V.A., 2013. Besprovodnye sensornye seti kak chast infokommunikacionnoi struktury [Wireless sensor networks as part of an infokommunication structure]. In: V.M. Bezruka and V.V. Barannika, eds. *Naukoemkie tekhnologii v infokommunikatciakh: obra-*

botka i zashchita informacii [High technologies in infocommunications: processing and protection of information]. Kharkiv: Kompaniia SMIT, pp.184-193.

UDC 004.7:[64.011.22:005.591.6]

Halahura Kostiantyn,

Master's Student,

Kharkiv National University of Radio Elecrtonics,

Kharkiv, Ukraine

kostiantyn.halahura@nure.ua

<https://orcid.org/0000-0003-3846-8437>

Hrebennik Ihor,

Doctor of Technical Sciences,

Professor at the System Engineering Department,

Kharkiv National University of Radio Elecrtonics,

Kharkiv, Ukraine

igor.grebennik@nure.ua

<https://orcid.org/0000-0003-3716-9638>

Chaikovska Olena,

PhD in Pedagogy,

Dean of Distance Learning Faculty,

Kyiv National University of Culture and Arts,

Kyiv, Ukraine

oachaikovska@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7769-1004>

INFORMATION TECHNOLOGIES IN HOME AUTOMATION ACCORDING TO THE SMART HOME CONCEPT

The purpose of the study is to review and identify problems with automation systems for housing construction according to the concept of a Smart Home.

The research methodology is based on a systems approach, sources analysis, computer network building methods and information technology.

Scientific novelty. Information technologies for implementing automation systems according to the Smart Home concept were further developed.

Conclusions. The study reviews the area of the Smart Home concept, which is an example of home automation, an important area of the Internet of Things. Based on the analysis of relevant sources in the field of research, a number of problems have been identified in the existing approaches to the creation of Smart Home systems.

Keywords: internet of things; home automation; smart home; network topologies; wireless sensor networks.

10.06.2022

169