

Отрох С. І., доктор технічних наук, професор,
професор кафедри цифрових технологій в енергетиці
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0000-0001-9008-0902

Кублій Л. І., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0000-0002-1015-3209

Защинська М. О., здобувач вищої освіти
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0009-0007-9853-3348

МОНІТОРИНГ СТАНУ РОЗУМНОГО БУДИНКУ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ІОТ

У статті детально проаналізовано процес розроблення моделі системи моніторингу розумного будинку на основі технологій Інтернету речей (IoT) та розкрито ключові аспекти побудови сучасних інтелектуальних систем автоматизації житла. Розглянуто концептуальні засади функціонування розумного будинку, що передбачають тісну взаємодію сенсорних елементів, мікроконтролерів, шлюзів та виконавчих пристроїв у реальному часі. Саме поєднання цих компонентів забезпечує можливість безперервного збору, аналізу та обробки даних, необхідних для контролю параметрів середовища, підвищення рівня безпеки, комфорту та енергоефективності житлових приміщень.

У роботі проведено ґрунтовне дослідження архітектури IoT-системи та описано принципи її реалізації у віртуальному середовищі Cisco Packet Tracer, яке слугує інструментом для моделювання взаємодії IoT-пристроїв без потреби у фізичному обладнанні. Особливу увагу приділено алгоритмам автоматичного реагування на події. Такий підхід демонструє важливість інтеграції інтелектуальних механізмів керування, які формують основу концепції «розумного» житлового середовища.

Окремо розглянуто технічні та функціональні можливості розробленої моделі. Наведено характеристику використаних типів сенсорів, способів організації передачі даних, особливостей взаємодії компонентів у межах локальної мережі, а також засобів забезпечення стабільності та коректності роботи системи. Здійснено тестування моделі, результати якого підтвердили її надійність, узгодженість роботи окремих IoT-компонентів і здатність системи виконувати основні функції моніторингу безпеки в автоматичному режимі. Отримані результати свідчать про доцільність використання створеної моделі як навчального інструменту для здобуття практичних навичок у галузі технологій IoT, а також як демонстраційного прикладу для дослідження принципів побудови інтегрованих систем розумного дому.

Стаття демонструє підхід до створення IoT-рішень, орієнтованих на забезпечення безпеки та комфорту користувача. Розроблена модель може слугувати основою для подальших експериментів і досліджень у сфері автоматизації житлових приміщень та є актуальним прикладом застосування технологій Інтернету речей у сучасних умовах розвитку цифрової інфраструктури.

Ключові слова: розумний будинок, Інтернет речей, мікроконтролер, Cisco Packet Tracer, сенсори, автоматизація, безпека.

Otrokh S. I., Kublii L. I., Zashchytnska M. O. Monitoring the status of a smart home using IoT technology

The article provides a detailed analysis of the process of developing a smart home monitoring system model based on Internet of Things (IoT) technologies and reveals the key aspects of building modern intelligent home automation systems. It examines the conceptual principles of smart home operation, which involve close interaction between sensors, microcontrollers, gateways, and actuators in real time. It is the combination of these components that enables the continuous collection, analysis and processing of data necessary to control environmental parameters and improve the safety, comfort and energy efficiency of residential premises.

The paper conducts a thorough study of the architecture of the IoT system and describes the principles of its implementation in the Cisco Packet Tracer virtual environment, which serves as a tool for modelling the interaction of IoT devices without the need for physical equipment. Particular attention is paid to algorithms for automatic response to events. This approach demonstrates the importance of integrating intelligent control mechanisms that form the basis of the concept of a 'smart' living environment.



The technical and functional capabilities of the developed model are considered separately. The characteristics of the types of sensors used, methods of data transmission, features of component interaction within a local network, as well as means of ensuring the stability and correct operation of the system are presented. The model was tested, and the results confirmed its reliability, the coordination of individual IoT components, and the system's ability to perform basic security monitoring functions in automatic mode. The results obtained indicate the feasibility of using the created model as a training tool for acquiring practical skills in the field of IoT technologies, as well as a demonstration example for studying the principles of building integrated smart home systems.

The article demonstrates an approach to creating IoT solutions focused on ensuring user safety and comfort. The developed model can serve as a basis for further experiments and research in the field of residential automation and is a relevant example of the application of Internet of Things technologies in the current conditions of digital infrastructure development.

Key words: smart home, Internet of Things, microcontroller, Cisco Packet Tracer, sensors, automation, security.

Постановка проблеми. Розвиток цифрових технологій сприяє активному впровадженню концепції розумного будинку, що передбачає автоматизацію управління житловими процесами з метою підвищення безпеки, комфорту та енергоефективності. Одним із ключових напрямів такого розвитку є моніторинг стану середовища з використанням технології Інтернету речей (IoT), яка забезпечує взаємодію пристроїв у режимі реального часу та відкриває нові можливості для побудови інтегрованих, адаптивних систем керування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних дослідженнях, присвячених моделюванню систем «розумного будинку» засобами технологій IoT, значну увагу приділено використанню симуляторів, зокрема Cisco Packet Tracer. У роботі [1] показано, що даний симулятор дозволяє ефективно відтворювати структуру та логіку взаємодії сенсорів і мережевих пристроїв, забезпечуючи реалістичну модель роботи IoT-системи у домашньому середовищі. Автор підкреслює можливість побудови сценаріїв автоматизації, моніторингу параметрів середовища та тестування поведінки пристроїв без потреби у фізичному обладнанні.

Інше дослідження [2], присвячене створенню «розумного і безпечного будинку» за допомогою Cisco Packet Tracer, демонструє, що симуляційні моделі є корисним інструментом для аналізу безпеки IoT-архітектур. Автори наголошують на важливості коректної конфігурації датчиків руху, диму, камер спостереження та системи сповіщення. Особливу увагу вони приділяють доступності інструментів для студентів та розробників, оскільки Cisco Packet Tracer дозволяє відтворювати складні взаємодії між пристроями з мінімальним порогом входу.

У публікації [3] розглянуто ширший підхід до створення IoT-систем розумного будинку, включаючи моделі зв'язку, принципи під'єднання сенсорних модулів і питання масштабованості. Автори зазначають, що симуляційні середовища відіграють ключову роль на етапах тестування, оскільки дають змогу дослідникам проводити експерименти з різними конфігураціями мережі, оптимізувати обмін даними та оцінювати реакцію системи на події в режимі реального часу.

Загалом проаналізовані публікації підкреслюють, що симуляція «розумного будинку» в Cisco Packet Tracer є ефективною дослідницькою методологією. Вона забезпечує можливість моделювання IoT-архітектур, відтворення логіки автоматизації, аналізу безпеки та навчання принципам побудови інтелектуальних систем без необхідності у дорогому обладнанні. Водночас у роботах зазначається, що питання інтеграції хмарних сервісів, машинного навчання та реальних протоколів IoT залишаються перспективними напрямками подальших досліджень.

Мета статті – розробка та дослідження програмної моделі системи моніторингу безпеки розумного будинку на основі технології IoT у середовищі Cisco Packet Tracer. У межах цієї мети передбачено створення функціональної архітектури системи, що об'єднує сенсори руху й диму, мікроконтролер MCU, шлюз і виконавчі пристрої, а також розробку логіки автоматичного реагування на події. Реалізація такого підходу дозволяє продемонструвати практичні можливості IoT для забезпечення безпеки житлових приміщень, виявлення потенційних загроз і підвищення ефективності взаємодії між елементами розумного середовища.

Виклад основного матеріалу. Системи розумного будинку – це багаторівневі комплекси, які поєднують апаратні (сенсори, контролери, шлюзи) та програмні компоненти (логіка, інтерфейси, мережа) для автоматизації житлового простору [4]. Архітектура таких систем часто базується на ієрархічній структурі «сенсор → контролер → актор → користувач», що забезпечує послідовну обробку даних від вимірювання до дії та взаємодії з людиною. Наприклад, у дослідженні підкреслюється, що сенсори та актори становлять базовий рівень IoT-архітектури, тоді як контролери і шлюзи виступають як проміжні вузли обробки та керування.

Сенсори відіграють важливу роль на початковому етапі: вони збирають інформацію про стан середовища, зокрема про рух, дим, температуру та вологість, і передають ці дані до контролера або шлюза. У стандартних IoT-системах сенсорний компонент служить основною «точкою входу» для автоматизації та аналітики.

Контролер (наприклад, мікроконтролер MCU або локальний шлюз) обробляє отримані сигнали, реалізує задану логіку реагування (наприклад «якщо дим > порогова значення, то активувати сирену») і підключає виконавчі пристрої – актори. Контролер часто розглядається як частина «ядра» системи розумного будинку, яке координує взаємодію між сенсорами, шлюзом і виконавчими елементами [5].

Виконавчі пристрої (актори) виконують конкретні дії: увімкнення лампи, активація сирени чи відеокамери, зміну режиму роботи кліматичної системи тощо. Цей рівень забезпечує фізичну реакцію на подію,

зафіксовану сенсором і оброблену контролером. Водночас шлюз (Home Gateway) виступає зв'язковим елементом між локальною системою автоматизації та користувачем або мережею Інтернет: він може передавати дані в хмару, надавати доступ через мобільний додаток, координувати підключення зовнішніх сервісів.

Ключовою особливістю сучасних систем розумного будинку є їхня автономність і адаптивність – здатність реагувати на події без участі користувача, оптимізуючи споживання енергії та підвищуючи безпеку [6]. Наприклад, система може автоматично знижувати температуру чи вимикати світло, коли нікого немає в кімнаті, або активувати сигналізацію при виявленні диму чи руху. Ця адаптивна логіка, яка полягає у взаємодії сенсорів-контролерів-акторів, є характерною рисою IoT-рішень для житлових середовищ.

Технологія Internet of Things (IoT)

Технологія IoT дозволяє поєднувати фізичні пристрої – сенсори, датчики, шлюзи – у єдину мережеву екосистему, яка забезпечує обмін даними між пристроями у режимі реального часу [7]. Вона створює можливість не просто підключення «речей» до Інтернету, а взаємодії між ними з метою автоматизації та моніторингу. Наприклад, сенсор руху може передавати сигнал до контролера, який через шлюз – передає інформацію у хмару чи локальний сервіс – і тоді актор (лампа чи сирена) виконує дію. Таким чином IoT-система стає розподіленою екосистемою даних, а не просто набором автономних пристроїв.

У контексті «розумного будинку» ця технологія дозволяє ефективно здійснювати безперервний обмін інформацією між сенсорами, мікроконтролерами й виконавчими пристроями. Сенсори збирають дані – наприклад, температура, рух, дим – контролер обробляє інформацію й приймає рішення, виконавчі пристрої реалізують ці рішення, а шлюз чи контролер взаємодіє із зовнішнім інтерфейсом (мобільним додатком або хмарию). Така архітектура забезпечує автоматизацію житлового процесу: наприклад, якщо сенсор диму зафіксує небезпечну ситуацію, система може миттєво активувати сирену або надсилати сповіщення на телефон.

Комунікація між пристроями у IoT-системах здійснюється за допомогою специфічних протоколів, таких як MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), CoAP (Constrained Application Protocol) або стандартного HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Кожний із цих протоколів має свої переваги й обмеження: MQTT використовує модель «publish-subscribe» і є ефективним для сценаріїв із великою кількістю пристроїв та надійною доставкою повідомлень; CoAP оптимізований для пристроїв із обмеженими ресурсами (пам'ять, обробка, енергія), працює на UDP та підтримує REST-подібні інтерфейси; HTTP є більш загальним, але менш оптимізованим для енергообмежених IoT-пристроїв [8].

У середовищі симуляції, наприклад Cisco Packet Tracer, ці процеси моделюються програмно: створюється віртуальна мережа сенсорів, мікроконтролера і виконавчих пристроїв, налаштовуються протоколи обміну даними, імітуються події та їх обробка [4]. Це дає змогу навчальним або демонстраційним проектам працювати без реального фізичного обладнання, що зручно для освітніх цілей, швидкої перевірки архітектури системи, тестування логіки реагування та моделювання «розумного будинку». Подібні підходи дозволяють майбутнім фахівцям опанувати принципи IoT-автоматизації в безпечному віртуальному середовищі.

Архітектура розробленої системи

Архітектура створеної системи базується на принципах технології Інтернету речей (IoT), де всі пристрої об'єднані у єдину локальну мережу та взаємодіють між собою через шлюз Home Gateway. Основними компонентами системи є сенсори руху та диму, мікроконтролер MCU, виконавчі пристрої (сирена, лампа та відеокамера), шлюз Home Gateway і смартфон із додатком IoT Monitor.

Система побудована за принципом «сенсор – контролер – актор». Сенсори виступають джерелом даних, MCU виконує функцію обробки сигналів і керування, а виконавчі пристрої реалізують фізичну дію у відповідь на подію. Home Gateway забезпечує мережеву взаємодію між усіма компонентами та дозволяє керувати системою дистанційно через IoT Monitor.

У створеній моделі (рисунок 1) реалізовано два основні сценарії реагування:

- сценарій безпеки при русі: коли сенсор руху фіксує об'єкт, MCU активує сирену, лампу та відеокамеру;
- сценарій пожежної безпеки: при спрацьовуванні датчика диму система формує сигнал тривоги, який може бути переданий у монітор чи хмарний застосунок.

Така архітектура демонструє основні принципи функціонування розумного будинку: взаємозв'язок пристроїв, автоматичне реагування на зміни в середовищі та можливість централізованого контролю.

Логіка роботи системи та програмування MCU

Основна логіка роботи системи реалізована на рівні мікроконтролера MCU. Саме він виконує роль «мозку» системи, зчитуючи дані з сенсорів і подаючи команди на виконавчі пристрої.

У середовищі Cisco Packet Tracer програмування MCU здійснюється за допомогою вбудованих мов, таких як JavaScript, Python або Visual Basic. Для створення моделі в даній роботі використано JavaScript і Python, які дозволяють легко реалізувати логіку умовного керування.

Приклад коду для реалізації автоматичної реакції на спрацьовування сенсора руху наведено на рисунку 2.

У наведеному коді реалізовано логіку автоматичного керування сиреною та відеокамерою на основі сигналу від сенсора руху. Мікроконтролер зчитує стан вхідного порту (датчика руху), і якщо фіксується рух (`digitalRead(0) == HIGH`), система виводить повідомлення «Motion detected!» та активує підключені пристрої – сирену й камеру. Якщо рух не виявлено, вихідні порти вимикаються, забезпечуючи

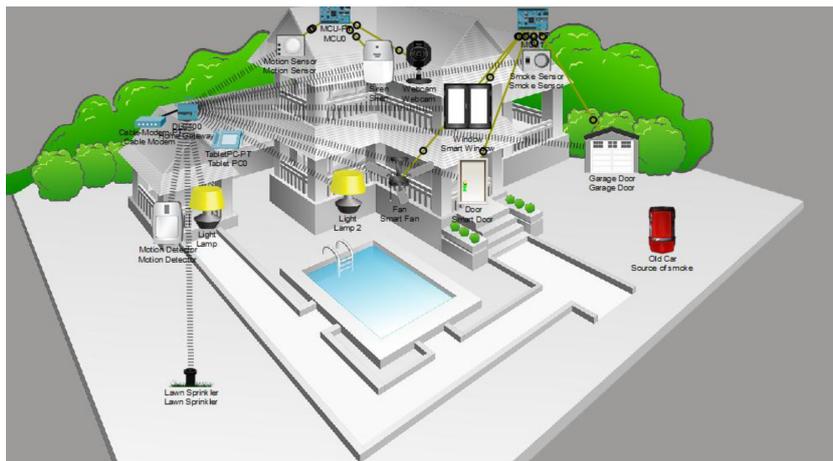


Рис. 1. Модель розумного будинку

```

1 from gpio import *
2 from time import sleep
3
4 def main():
5     pinMode(0, IN)
6     pinMode(1, OUT)
7     pinMode(2, OUT)
8
9     while True:
10        if digitalRead(0) == HIGH:
11            print("Motion detected!")
12            customWrite(1, HIGH)
13            customWrite(2, HIGH)
14        else:
15            customWrite(1, LOW)
16            customWrite(2, LOW)
17            sleep(1)
18
19 if __name__ == "__main__":
20     main()
21

```

Рис. 2. Реалізація автоматичної реакції на спрацювання сенсора руху

енергоєфективність системи. Цей алгоритм демонструє базову структуру IoT-автоматизації: постійне опитування сенсорів, логічне прийняття рішень і керування виконавчими елементами в реальному часі.

Висновки. У результаті проведеного дослідження було розроблено інтелектуальну модель системи моніторингу розумного будинку на основі технології Internet of Things (IoT), яка забезпечує автоматичний контроль параметрів середовища та оперативне реагування на події в реальному часі. Реалізована система дозволяє інтегрувати сенсорні пристрої, контролери, виконавчі механізми та шлюз у єдину мережеву архітектуру, здатну забезпечити безпечне й ефективне функціонування житлового простору.

Запропонована архітектура базується на принципі умовної логіки (if-then), що дозволяє системі реагувати на вхідні сигнали без прямого втручання користувача. Наприклад, спрацювання сенсора руху автоматично активує освітлення та відеокамеру, а при виявленні диму система вмикає сирену й надсилає сповіщення через шлюз IoT Monitor. Частина взаємодій реалізована за допомогою власноруч написаних програмних фрагментів, що забезпечують подієво-орієнтовану логіку поведінки пристроїв. Такий підхід продемонстрував високу стабільність роботи симуляційної моделі у середовищі Cisco Packet Tracer та відтворюваність результатів при різних сценаріях навколишнього середовища.

Експериментальне тестування системи підтвердило її коректну роботу й ефективність у виконанні ключових завдань – моніторингу, оповіщення та автоматичної реакції. Структура моделі дозволяє масштабувати її під більшу кількість сенсорів, пристроїв чи додаткових сценаріїв реагування, зберігаючи при цьому стійкість до збоїв та зрозумілу логіку взаємодії.

Практична цінність створеної системи полягає у можливості її застосування як навчальної та демонстраційної моделі для опанування основ побудови інтегрованих IoT-рішень. Вона може бути використана у навчальних курсах з комп'ютерних мереж, кіберфізичних систем, основ автоматизації та «розумних» технологій. Крім того, розробка демонструє потенціал використання програмного симулятора Cisco Packet Tracer для моделювання комплексних IoT-інфраструктур без потреби у фізичних пристроях.

Подальший розвиток проєкту передбачає розширення функціональності за рахунок інтеграції хмарних сервісів для зберігання даних моніторингу, мобільних сповіщень через застосунки Android/iOS, а також елементів штучного інтелекту для прогнозування подій і самонавчання системи на основі історичних даних. Перспективним напрямом є впровадження технологій машинного навчання для автоматичного визначення нетипових ситуацій (наприклад, аномальної активності сенсорів), використання нейронних мереж для оптимізації сценаріїв керування енергоспоживанням, а також розширення архітектури для інтеграції з іншими IoT-платформами.

Результати роботи доводять доцільність застосування IoT-підходів для побудови безпечних, енергоефективних і зручних систем управління житловими середовищами. Запропонована модель є базовим прикладом практичної реалізації концепції «розумного будинку» й може стати основою для подальших наукових та прикладних досліджень у сфері автоматизації, комп'ютерних мереж та кіберфізичних систем.

Список використаних джерел:

1. Ghaliya Alfarsi. Using Cisco Packet Tracer to simulate Smart Home. *International Journal of Engineering Research and*. 2020. Т. V8, № 12. <https://doi.org/10.17577/ijertv8is120211>
2. Sinaga D. C. P., Tampubolon G. J., Ndruru I. Implementation of a smart home based on internet of things using Cisco Packet Tracer. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*. 2024. Т. 6, № 1. С. 407–418. <https://doi.org/10.47709/cnahpc.v6i1.3518>
3. Smart and secure home using IOT Simulations with Cisco Packet Tracer / R. R. Chaudhari та ін. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. 2020. С. 88–93. <https://doi.org/10.32628/cseit206311>
4. Smart Home: Architecture, Technologies and Systems / M. Li та ін. *Procedia Computer Science*. 2018. Т. 131. С. 393–400. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.219>
5. Lee K.-M., Teng W.-G., Hou T.-W. Point-n-Press: An Intelligent Universal Remote Control System for Home Appliances. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. 2016. Vol. 13, no. 3. P. 1308–1317. <https://doi.org/10.1109/tase.2016.2539381>
6. An overview of IoT architectures, technologies, and existing open-source projects / T. Domínguez-Bolaño et al. *Internet of Things*. 2022. P. 100626. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100626>
7. Puthiyidam J. J. IoT Smart Home: Protocols and Architectures. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2017. Vol. V, no. XI. P. 2031–2038. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.11293>
8. From MQTT to CoAP: An Introduction to IoT Communication Protocol Selection. *IOT Module Shop Manufacturer Factory*. URL: <https://ebyteiot.com/it/blogs/ebyte-iot-blog/from-mqtt-to-coap-an-introduction-to-iot-communication-protocol-selection>

References:

1. Ghaliya Alfarsi. (2020). Using Cisco Packet Tracer to simulate Smart Home. *International Journal of Engineering Research and*, V8(12). <https://doi.org/10.17577/ijertv8is120211>
2. Sinaga, D. C. P., Tampubolon, G. J., & Ndruru, I. (2024). Implementation of a smart home based on internet of things using Cisco Packet Tracer. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, 6(1), 407–418. <https://doi.org/10.47709/cnahpc.v6i1.3518>
3. Chaudhari, R. R., Joshi, K. K., Joshi, N., & Kumar, M. (2020). Smart and secure home using IOT Simulations with Cisco Packet Tracer. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 88–93. <https://doi.org/10.32628/cseit206311>
4. Li, M., Gu, W., Chen, W., He, Y., Wu, Y., & Zhang, Y. (2018). Smart Home: Architecture, Technologies and Systems. *Procedia Computer Science*, 131, 393–400. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.219>
5. Lee, K.-M., Teng, W.-G., & Hou, T.-W. (2016). Point-n-Press: An Intelligent Universal Remote Control System for Home Appliances. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 13(3), 1308–1317. <https://doi.org/10.1109/tase.2016.2539381>
6. Domínguez-Bolaño, T., Campos, O., Barral, V., Escudero, C. J., & García-Naya, J. A. (2022). An overview of IoT architectures, technologies, and existing open-source projects. *Internet of Things*, 100626. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100626>
7. Puthiyidam, J. J. (2017). IoT Smart Home: Protocols and Architectures. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, V(XI), 2031–2038. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.11293>
8. *From MQTT to CoAP: An Introduction to IoT Communication Protocol Selection*. (2025). IOT Module Shop Manufacturer Factory. Retrieved from: <https://ebyteiot.com/it/blogs/ebyte-iot-blog/from-mqtt-to-coap-an-introduction-to-iot-communication-protocol-selection>

Дата першого надходження статті до видання: 24.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.12.2025

Опубліковано: 00.00.2025