

**Р.М. Минайленко**, доц., канд. техн. наук, **О.М. Дреєв**, доц., канд. техн. наук,  
**О.К. Коноплицька-Слободенюк**, викл., **В.А. Резніченко**, викл.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*  
e-mail: [aron70@ukr.net](mailto:aron70@ukr.net)

## Застосування мікроконтролера Raspberry Pi для управління та моніторингу IoT систем

В статті розглядається питання застосування мікроконтролера Raspberry Pi для управління та моніторингу елементів системи Інтернету речей (IoT). Показано, що на теперішній час на ринку існує достатньо велика кількість об'єктів, які можна автоматизувати та багато фірм, які пропонують різні варіанти автоматизованих систем для задоволення потреб клієнта. Також у світі існує попит на віддалене керування різними об'єктами. Метою даної статті є дослідження засобів для побудови IoT і визначення методів управління та моніторингу елементів IoT на прикладі використання мікроконтролера Raspberry Pi.

**інтернет речей, мікроконтролер, мережа, система керування**

**Постановка проблеми.** Широкому поширенню Інтернету речей (IoT) сприяє масова поява пристроїв, оснащених електронікою, програмним забезпеченням (ПЗ) і комунікаційними системами, призначеними для збору та передачі даних [1, 2, 3, 4].

Через деякий час технології та системи на основі IoT будуть широко впроваджені практично на всіх виробничих підприємствах. Інтернет речей є актуальною темою, оскільки з'являється велика кількість пристроїв, здатних обмінюватися даними без втручання людини, як у повсякденному житті, так і в промисловості [2,5].

У зв'язку зі стрімким розвитком технологій відбувається злиття великих компаній з метою розробки єдиних стандартів і протоколів для роботи пристроїв IoT. Вся галузь рухається в напрямку розробки автоматизованих систем з мінімальним втручанням людини. Але повинні існувати способи контролю цими пристроями, оскільки вони можуть містити програмні чи апаратні помилки, які необхідно усунути за короткий час. Також повинні бути інтерфейси для керування та моніторингу пристроїв IoT для зручності використання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сьогодні Інтернет речей почав суттєво впливати на розвиток промислового та споживчого ринку. Робототехніка, автономні транспортні засоби, цифрові помічники та штучний інтелект — це технології, які виводять розробників і користувачів на новий рівень створення електронних додатків [4-8].

Інтернет речей є наступним кроком на шляху до оцифрування сучасного суспільства, де об'єкти та люди пов'язані між собою через комунікаційні мережі. При цьому виникає потреба стеження за станом об'єктів та станом навколишнього середовища. А розробники таких систем намагаються максимально вдосконалити свої продукти. Інтернет речей надає підприємствам нові можливості та конкурентні переваги як на існуючих, так і на нових ринках.

На даний час існує багато об'єктів, які можна автоматизувати, і багато компаній, які пропонують різні варіанти для задоволення потреб замовника. І такі потреби можуть виникнути не тільки у підприємств з багатотисячними бюджетами, ай у звичайних споживачів, яким потрібно запропонувати якісний продукт, але значно дешевший [9-12].

З кожним роком компанії роблять великий внесок у розвиток новітніх технологій, тому попередні розробки швидко старіють і дешевшають, але можуть ще деякий час не втрачати своєї актуальності. Тому однією з форм удосконалення таких продуктів є динамічне оновлення апаратного забезпечення, яке відповідатиме вимогам сьогодення.

**Постановка завдання.** Моніторинг і керування пристроями систем IoT в режимі реального часу є одним із важливих заходів безпеки та комфорту користувачів. Щорічне зростання користувачів Інтернету та модифікація Інтернет-технологій дозволяють створювати мережі повсякденних об'єктів, і користувачі покладають великі надії на системи з підтримкою Інтернету.

Перевагами таких систем є:

1. Зменшення експлуатаційних витрат за рахунок дистанційного моніторингу, діагностики, налагодження та модернізації мікропрограм.
2. Зручність та безпека з можливістю дистанційного контролю стану об'єкта та керування інтернет-пристроями.
3. Дистанційний моніторинг житлових і промислових об'єктів, оповіщення аварійних служб у разі пожежі, крадіжки та витоків води чи газу.

Подібні Інтернет-системи збирають великий обсяг інформації, яка компілюється на центральному сервері, і лише потім надається клієнтам через Інтернет [2, 5].

Тому постало завдання дослідити, що таке мережа IoT, які технології та протоколи в ній використовуються, з мінімальним апаратним і програмним забезпеченням, необхідним для роботи системи контролю та моніторингу елементів системи Інтернету речей.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести аналіз архітектури IoT.
2. Проаналізувати існуючі типи мереж, протоколи з'єднання пристроїв в одну мережу;
3. Проаналізувати апаратне забезпечення системи IoT;
4. Провести аналіз існуючого програмного забезпечення моніторингу та управління;
5. Провести синтез розглянутих рішень для вирішення поставленої мети.

Крім того, слід враховувати, що поряд з перевагами використання технологій IoT зростає також загроза їх неправомірного використання, збирання персональних даних, втручання в приватне життя громадян, кіберзагрози тощо.

**Виклад основного матеріалу.** Проаналізуємо, які пристрої використовуються для побудови мережі IoT:

1. Вбудовані системи використовують обладнання та програмне забезпечення (ПЗ) і керують певними функціями, пов'язаними з більшою системою. Вбудовані системи створюються на основі мікропроцесорів або мікроконтролерів.
2. Інтелектуальні системи можуть виконувати обчислення і частіше всього оснащені мікроконтролером.
3. Мікроконтролери (MCU) оснащені центральним процесором (ЦП), оперативним запам'ятовуючим пристроєм (ОЗП) і постійним запам'ятовуючим

пристроєм (ПЗП). Вони містять елементи, необхідні для виконання нескладних завдань і мають обмежену потужність на відміну від мікропроцесорів.

4. Мікропроцесори (MPU) – реалізують функції ЦП на одній або декількох інтегральних мікросхемах (IC).

5. Пристрої, які встановлюють підключення і передають дані без можливості їх обробки.

6. Перетворювачі (фізичні пристрої) призначені для перетворення одних видів енергії в інші. До них відносяться внутрішні датчики і виконавчі пристрої, що передають дані в залежності від того, як об'єкти взаємодіють в певному середовищі [8-12]. Для подальшого вибору необхідного обладнання та розуміння роботи системи потрібно провести аналіз архітектури IoT.

Тобто для кожної проектованої IoT потрібна надійна архітектура, яка б була спроможною виконувати поставлені завдання [8, 10].

З метою забезпечення моніторингу та досягнення поставлених завдань до IoT можна використати мікроконтролер Raspberry Pi, який здатний забезпечувати як прості практичні завдання, наприклад, програвання відео- та прослуховування аудіофайлів, так і більш складні задачі, наприклад бути частиною системи IoT.

Оскільки власної операційної системи (ОС) у внутрішній пам'яті (як, наприклад, в телефонах) Raspberry Pi немає, то після будь-якого невдалого експерименту досить перезаписати дистрибутив на карті пам'яті, і мікроконтролер знову готовий до роботи.

Для підключення дисплею на платі мікроконтролера Raspberry Pi є два інтерфейси: RCA Video (композитний) і HDMI. При використанні певних перехідників, можна використати більш традиційні: VGA і DVI. HDMI підтримує передавання відео і звуку. Підключення мікрофона теж передбачено, але для цього знадобиться відповідний USB-пристрій, який би був сумісним з міні-ПК Raspberry Pi.

На даний час Raspberry Pi не оснащують модулями Wi-Fi, тому для роботи з ними в мережі Інтернеті використовують порт Ethernet (на платі він скомутований через USB 2.0 і забезпечує швидкість 100 мегабіт).

Частота процесора становить 700 МГц, але в залежності від виробника її можна підняти до 1000 МГц без втрати продуктивності. Чіп пам'яті виробництва Samsung або Hynix напаяний поверх основного чіпсета, тому збільшення RAM самостійно не передбачено.

У новій версії – міні-ПК Raspberry Pi 2 Model B представлений на рисунку 1, замість процесора BCM2835 встановлено BCM2836, який відрізняється від попередника наявністю чотирьох ядер ARM Cortex-A53 з набором інструкцій ARMv7 – на відміну від ARMv6k у BCM2835. Тактова частота цього процесора становить 1400 МГц. Відеодро залишилось без змін, і це як і раніше Broadcom VideoCore IV. Розробники заявляють про шестиразовий приріст продуктивності в багатопотокових тестах і про триразовий в однопотокових [11, 12]. Схему міні-ПК Raspberry Pi 2 Model B показано на рис.1.

Для створення системи моніторингу та керування елементами IoT потрібно скласти список необхідного обладнання. І це є важливим кроком, оскільки потрібний не тільки центральний пристрій, такий як Raspberry Pi, а й певний набір периферійних пристроїв таких як клавіатура, миша, монітор, карта пам'яті і т.д. Крім того, невід'ємною частиною такої системи є датчики температури, тиску, освітлення.

Оскільки у Raspberry Pi не передбачено Wi-Fi модуля, то встановлюють Wi-Fi адаптер, який дозволяє підвищити мобільність системи і дозволяє бути не прив'язаним до мережевих дротів.

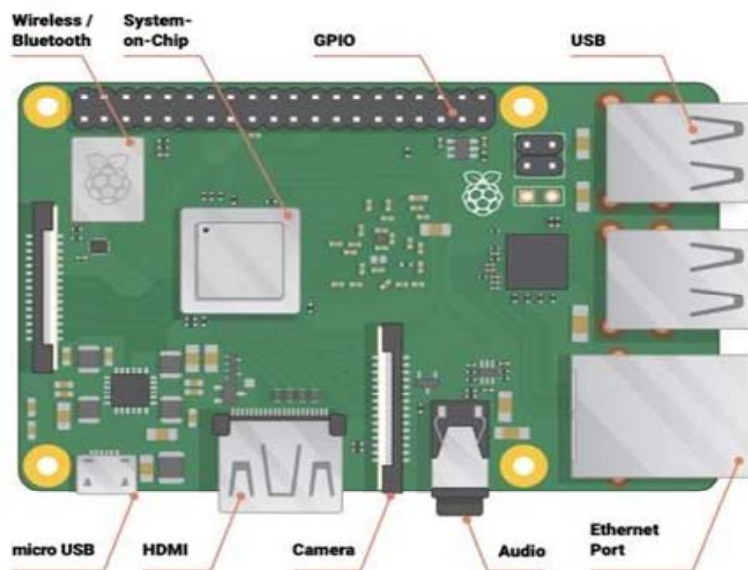


Рисунок 1 – Схема міні-ПК Raspberry Pi 2 Model B

Джерело: [11]

Підключення Raspberry Pi до джерела живлення є завершуючим кроком процесу апаратного налаштування, і це потрібно робити тільки тоді, коли користувач готовий налаштувати програмне забезпечення, так як Raspberry Pi не має власного вимикача живлення.

Загальний вигляд міні-ПК Raspberry Pi з підключеними пристроями показано на рисунку 2:

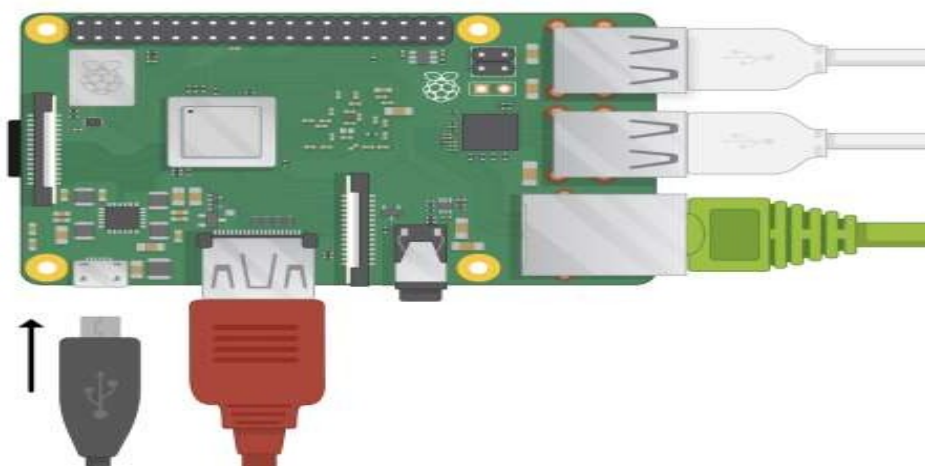


Рисунок 2 – Загальний вигляд міні-ПК Raspberry Pi з підключеними пристроями

Джерело: [11]

Периферія підключена по кабелю USB, монітор по кабелю HDMI, адаптер живлення – через microUSB[4,5,7,9].

Повна структурна схема системи IoT на основі міні-ПК Raspberry Pi представлена на рисунку 3:

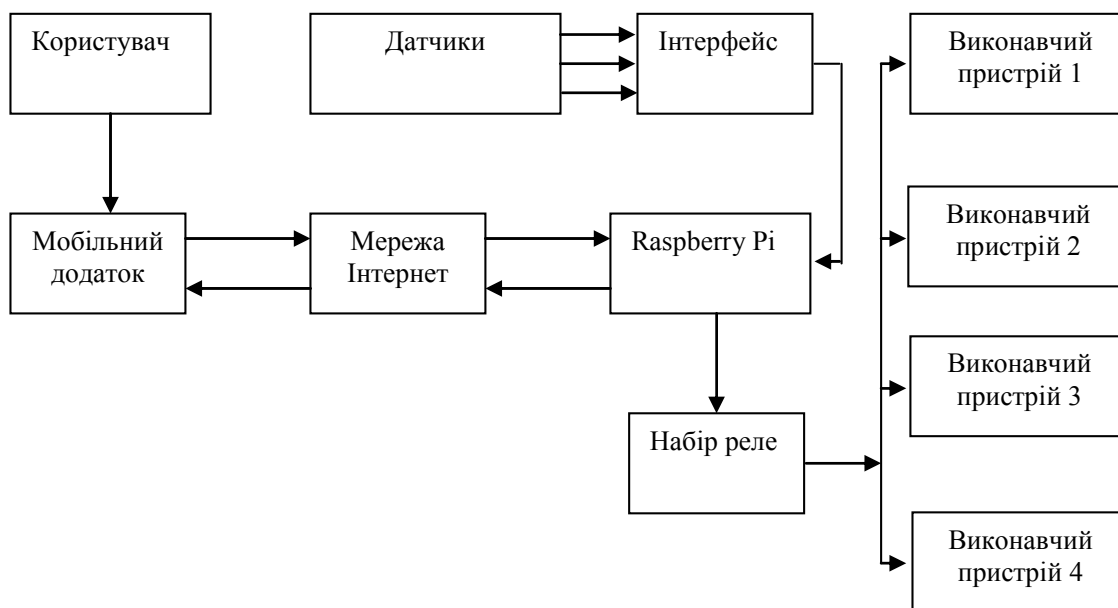


Рисунок 3 – Повна структурна схема системи IoT на основі міні-ПК Raspberry Pi

Джерело: розроблено автором

Така система може контролювати стан датчиків через Інтернет, коли оновлення інформації на веб-сервері зчитується за розробленим алгоритмом, що подається в Raspberry Pi, а потім система відгукується на певні інструкції з високим ступенем захисту інформації. Користувач може безпосередньо входити в систему та взаємодіяти із вбудованим пристроєм у режимі реального часу.

**Висновки.** У статті проаналізовано компоненти системи IoT та запропоновано систему моніторингу та управління на основі мікроконтролера Raspberry Pi. Використання мікроконтролера Raspberry Pi дозволяє забезпечити всі вимоги для побудови системи управління та моніторингу елементів IoT і є доступним технічним рішенням, яке можна використовувати практично у всіх галузях промисловості та домашнього використання.

Запропонована система є енергоефективною, інтелектуальною, недорогою, портативною та високопродуктивною.

## Список літератури

1. Iot based monitoring and control system for appliances . 2018. URL : [https://www.ripublication.com/acst18/acstv11n1\\_04.pdf](https://www.ripublication.com/acst18/acstv11n1_04.pdf) (дата зверення: 29.04.2023).
2. Створення інформаційної системи моніторингу забруднення атмосферного повітря міста на основі технології «інтернет речей» / В. Б. Мокін та ін. Вісник Вінницького національного технічного університету. 2017. №3. С. 49–57.
3. What is iot architecture? *Avsystem*: website. 2020. URL : <https://www.avsystem.com/blog/what-is-iot-architecture/> (дата зверення: 29.04.2023).
4. Remote monitoring and alerting for iot. 2020. URL : <https://cloud.google.com/solutions/remote-monitoring-and-alerting-for-iot> (дата зверення: 29.04.2023).
5. Bmp180 barometric pressure/temperature/altitude sensor- 5v ready . *Adafruit*: website. URL : <https://www.adafruit.com/product/1603> (дата зверення: 30.04.2023).
6. Wifi адаптер edup ep-n8531. *China electronics*: website. URL : <http://china-electronics.com.ua/ru/edup/680-wifi-edup-ep-n8531.html> (дата зверення: 30.04.2023).
7. The official raspberry pi how to use your new computer beginner's guide. *The Magpi magazine*: website. URL : [https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/beginners\\_guide\\_v1.pdf](https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/beginners_guide_v1.pdf) (дата зверення: 30.04.2023).
8. Система domoticz . *Domoticzfaq* : website. URL : <https://domoticzfaq.ru/o-системе-domoticz/> (дата зверення: 02.05.2023).

9. Domoticz api/json url's. *Domoticz*: website. 2020. URL : [https://www.domoticz.com/wiki/domoticz\\_api/json\\_url%27s](https://www.domoticz.com/wiki/domoticz_api/json_url%27s). (дата звернення: 02.05.2023).
10. Ho S. Pro spring 3 / с. Ho, R. Harrop. united kingdom: apress, 2012. 944 с.
11. Bloch J. Effective java third edition. 2018. URL : <https://kea.nu/files/textbooks/new/effective%20java%20%282017%2c%20addison-wesley%29.pdf> (дата звернення: 07.05.2023).
12. Будай А. Дизайн-патерни – просто, як двері. 2012. URL : [https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/632/mod\\_resource/content/1/designpatterns\\_andriy\\_buday.pdf](https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/632/mod_resource/content/1/designpatterns_andriy_buday.pdf) (дата звернення: 07.05.2023).

## References

1. Iot based monitoring and control system for appliances. (2018). *ripublication.com*. Retrieved from [https://www.ripublication.com/acst18/acstv11n1\\_04.pdf](https://www.ripublication.com/acst18/acstv11n1_04.pdf) [in English].
2. Mokin, V.B., Sobko, B.Yu., Dratovany, M.V. et al. (2017). Stvorennia informatsijnoi systemy monitorynhu zabrudnennia atmosferneho povitria mista na osnovi tekhnolohii «internet rechej» [Creation of an information system for monitoring atmospheric air pollution in the city based on the Internet of Things technology]. *Visnyk Vinnyts'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu – Bulletin of the Vinnytsia National Technical University*, 3, 49–57 [in Ukrainian].
3. What is IoT architecture? (2020). *avsystem.com* . Retrieved from <https://www.avsystem.com/blog/what-is-iot-architecture/> [in English].
4. Remote monitoring and alerting for iot . (2020). *cloud.google.com*. Retrieved from <https://cloud.google.com/solutions/remote-monitoring-and-alerting-for-iot> [in English].
5. Bmp180 barometric pressure/temperature/altitude sensor- 5v ready . Retrieved from <https://www.adafruit.com/product/1603> [in English].
6. Wifi adapter edup ep-n8531 . *china-electronics.com.ua* . Retrieved from <http://china-electronics.com.ua/ru/edup/680-wifi-edup-ep-n8531.html> [in English].
7. The official raspberry pi how to use your new computer beginner's guide. *raspberrypi.org*. Retrieved from [https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/beginners\\_guide\\_v1.pdf](https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/beginners_guide_v1.pdf) [in English].
8. System domoticz . *domoticzfaq.ru*. Retrieved from <https://domoticzfaq.ru/o-системе-domoticz/> [in Ukrainian].
9. Domoticz api/json url's. (2020). *domoticz.com*. Retrieved from [https://www.domoticz.com/wiki/domoticz\\_api/json\\_url%27s](https://www.domoticz.com/wiki/domoticz_api/json_url%27s) [in English].
10. Ho, S. & Harrop, R. (2012). Pro spring 3 . United Kingdom: apress [in English].
11. Bloch, J. (2018). *Effective java third edition*. Retrieved from <https://kea.nu/files/textbooks/new/effective%20java%20%282017%2c%20addison-wesley%29.pdf> [in English].
12. Budai, A. (2012). *Dyzajn-patery – prosto, iak dveri [Design patterns — simple as doors]* . Retrieved from [https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/632/mod\\_resource/content/1/designpatterns\\_andriy\\_buday.pdf](https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/632/mod_resource/content/1/designpatterns_andriy_buday.pdf) [in Ukrainian].

**Roman Minailenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Olexandp Dreev**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oksana Konoplitcka-Slobodenyk**, Lecturer, **Vitalij Reznichenko**, Lecturer  
*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

## Application of Raspberry Pi microcontroller for management and monitoring of IoT Systems

The article considers the issue of using the Raspberry Pi microcontroller to manage and monitor IoT elements. It is shown that currently there is a sufficiently large number of objects on the market that can be automated and many companies that offer different options to meet the needs of the client. There is also a worldwide demand for automation and remote control of various objects.

Moreover, the need for automation can arise not only at enterprises with multi-thousand budgets, but also at ordinary consumers who need to be offered alternative developments that would be much cheaper and easier to operate. After a while, IoT-based technologies will be widely used in almost all production enterprises. The creation of control and monitoring systems for Internet of Things elements is a topical issue, as a large number of devices capable of exchanging data without human intervention are appearing, both in everyday life and in industry.

Therefore, the purpose of this article is to research means for building IoT and to determine methods of managing and monitoring IoT elements using the example of using a Raspberry Pi microcontroller

The article analyzes the components of the IoT system and proposes a monitoring and control system for its components based on the Raspberry Pi microcontroller. Such a system can monitor the state of the

sensors via the Internet, when information updates on the web server are read according to the developed algorithm provided in the Raspberry Pi, and then the system responds to certain instructions with a high degree of information protection. The user can directly log in and interact with the embedded device in real time.

Using the Raspberry Pi microcontroller allows you to provide all the requirements for building a control and monitoring system for IoT elements and is an affordable technical solution that can be used in almost all industries and home use.

The proposed system is energy efficient, intelligent, low cost, portable and high performance.

**internet of things, microcontroller, network, control system**

*Одержано (Received) 18.05.2023*

*Прорецензовано (Reviewed) 23.05.2023*

*Прийнято до друку (Approved) 29.05.2023*