

## ПРИКЛАДНИЙ ПРОТОКОЛ ОБМІНУ ДАНИМИ В ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ

Мнушка О.В.<sup>1</sup>, Півнєва О.А.<sup>1</sup>, Савченко В.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Проаналізовано застосування протоколів обміну даними в інтернеті речей. Запропоновано прикладний протокол обміну даними для пристроїв з обмеженими обчислювальними можливостями для застосування в системі збору та оброблення даних з віддалених об'єктів керування, проаналізовано структуру протоколу та перспективи його використання.

*Ключові слова:* Internet of Things, мережний протокол, оброблення даних.

### Вступ

Значне поширення пристроїв на основі технологій інтернету речей (Internet of Thing) є трендом сучасної економіки та в багатьох випадках визначальним чинником успішності нового продукту на ринку. Формується Індустрія 4.0, що використовує IoT на всіх етапах виробництва – від ескізних моделей до готового продукту, від виробництва до пожиттєвої підтримки покупця.

Для обміну даними використовують протоколи, що у своїй основі, як правило, мають багато службової інформації – теги, дужки, назви атрибутів тощо, які не несуть корисного навантаження, але потребують додаткових обчислювальних ресурсів – циклів процесора (контролера) та оперативної пам'яті для зберігання додаткових даних. Альтернативою можуть бути двійкові протоколи обміну даними, коли інформація кодується залежно від прикладних завдань. В останньому випадку можливе використання наявних протоколів, у яких корисне навантаження – payload – закодовані дані у двійковому вигляді.

Однією з основних проблем цієї галузі є велика кількість різномірних протоколів обміну даними, відсутність стандартизованих протоколів обміну, зокрема для пристроїв з обмеженими обчислювальними можливостями. У випадку останніх потрібно також забезпечити автономність роботи від акумуляторів у різних режимах – постійної передачі даних чи в режимі роботи за запитом або за графіком.

Розроблення й аналіз протоколів обміну даними дозволяють визначити їх «слабкі місця» з точки зору навантаження на систему, окреслити проблеми щодо безпеки обміну даними, отримати спеціальні можливості для реалізації конкретних алгоритмів чи методів оброблення даних у всіх проміжних та кінцевих точках системи обміну даними, тому та-

ке завдання є актуальним і вимагає постійної уваги всіх учасників процесу розроблення та впровадження технологій на основі інтернету речей.

### Аналіз публікацій

Побудова рішень на основі промислового інтернету речей ґрунтується на використанні апаратного та програмного складників обчислювальних модулів, а також на основі використання протоколів обміну даними. Для прискорення процесу розроблення потрібно використовувати один із загальних шаблонів системи обміну даними, що визначає складники системи, роль та функції різних модулів (пристроїв) у процесі обміну даними. До основних комунікаційних шаблонів можуть належати такі:

- запит-відповідь;
- підписка на події;
- асинхронна передача даних;
- мультикастинг – одночасна передача даних багатьом клієнтам;
- публікація-підписка;
- брокери повідомлень та ін.

Основні протоколи даних належать до однієї з перелічених груп [1, 2].

Наразі пристрої інтернету речей є базовими елементами для побудови систем віддаленого керування промисловими та іншими об'єктами – SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Так, у [3] наведено приклад такої системи для промислових енергетичних застосувань. Показано, що за допомогою стандартних IoT-пристроїв можна побудувати систему віддаленого моніторингу. Особлива увага в таких заснуваннях повинна приділятися безпеці даних та безпеці каналів обміну даними, що має забезпечити шифрування каналів даних. Основними компонентами запропонованої системи є генерація сигналів аварій та попереджень про вихід

параметрів за задані границі, система логування подій, генерація сигналів оператора (користувачеві) за допомогою сервісів SMS-мережі мобільного зв'язку. Показано, що така система має забезпечити новий рівень віддаленого моніторингу та підвищити ефективність енергетичних виробництв. У статті не наведено інформацію про обчислювальні можливості модулів моніторингу параметрів виробництва та протоколи обміну даними.

У [4–5] наведено приклади розроблення інтелектуальних систем різного призначення. Запропоновані системи використовують технології інтернету речей та мають забезпечити новий рівень розв'язання поставлених прикладних завдань побудови ефективних виробництв та інтелектуальних транспортних систем сучасних великих міст.

У [6–7] запропоновано архітектуру Web-орієнтованої системи віддаленого контролю та керування. Розглянуто питання побудови апаратного та програмного складників таких систем з урахуванням передачі даних каналами мобільного зв'язку. Показано, що таку систему можна використовувати для побудови систем телематики на транспорті.

У [8–10] проаналізовано проблеми кібербезпеки для систем на основі інтернету речей. Показано основні тенденції розвитку «розумних речей» та загроз, що супроводжують цей процес, пов'язані з конфіденційністю, через вразливості вбудованих систем та основних комунікаційних та embedded-технологій, наведено огляд нових технологій безпеки IoT та сучасних тенденцій досліджень IoT у галузі безпеки.

### Мета і постановка завдання

Метою є розроблення й аналіз структури прикладного протоколу обміну даними для пристроїв, що передають інформацію за допомогою комп'ютерної мережі та мають обмежені обчислювальні можливості порівняно з іншими пристроями в цій же мережі.

Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати наявні протоколи обміну даними та розробити структуру протоколу та пристрої для його тестування.

### Виклад основного матеріалу

Одним з реальних та поширених сценаріїв використання віддаленого контролю та керування є підприємства з добути та транспортування природних ресурсів, наприклад нафти. Характерним сценарієм роботи таких

підприємств є об'єднання декількох об'єктів однією системою керування та моніторингу.

До основних проблем таких застосувань потрібно віднести достатньо великі відстані між оператором та обладнанням.

Як правило, для передачі даних від обладнання до оператора використовують один з промислових протоколів, наприклад MODBUS [11], та прикладні протоколи на його основі, що, як правило, додатково реалізують функції користувача для керування специфічним обладнанням або реалізації спеціальних функціональних можливостей з метою моніторингу різних фізичних параметрів.

Протокол використовується в конфігурації клієнт/сервер та належить до прикладного рівня моделі OSI [12]. Перевагою цього протоколу є те, що він може працювати з різними транспортними протоколами від TCP/IP та UDP до асинхронної передачі даних з використанням фізичних носіїв, таких як: EIA/TIA-232-E, EIA422, EIA/TIA-485-A; волоконно-оптичні лінії, радіоканали та ін.

Типова посылка в цьому протоколі містить код функції (1 байт) та поле даних змінної довжини, адреса пристрою в мережі є обов'язковим параметром та унікальним ідентифікатором. Величина посылки обмежена з історичних причин та не має перевищувати 256 байт за умови використання RS232/RS485 та 260 байтів у разі використання TCP/IP.

Цілісність даних забезпечується за допомогою використання CRC16 та засобами протоколу TCP/IP.

Клієнт у цьому випадку – центральний контролер, що збирає дані з пристроїв, а сервер – це кінцевий пристрій, що безпосередньо керує обладнанням.

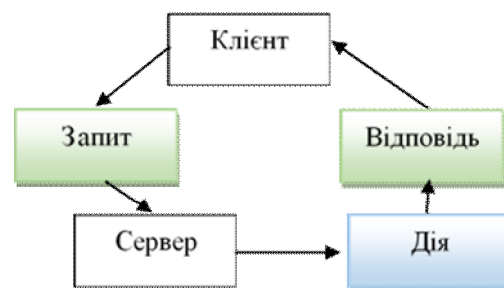


Рис. 1. Схема роботи протоколу

Одним з основних недоліків подібних протоколів є їхня надлишковість, що виражається у великому обсязі однотипних службових даних для однакових параметрів. Це не тільки перенавантажує мережу, а

потребує достатньо потужних пристроїв для приймання та передавання даних (проміжних контролерів або промислових модемів). Необхідність в останніх виникає для віддалених об'єктів, коли немає можливості (або економічно недоцільно) прокласти багато ліній зв'язку на об'єкт.

Таким чином, наявні протоколи вимагають достатньо потужних пристроїв для збирання та оброблення даних.

### Структура даних прикладного протоколу обміну даними в інтернеті речей

Суть запропонованої ідеї та технічного рішення полягає в такому:

- усі параметри повинні мати відмітку часу, коли вони були отримані;
- дані можна стиснути для економії трафіку даних;
- для кодування (стиснення даних) потрібно використовувати стандартні операції, наприклад, бітове маскування або зсуви, які швидко виконуються в більшості процесорів.

З огляду на поставлені критерії, MODBUS-подібний протокол для інтернету речей буде містити:

- 1 байт на ідентифікатор пристрою;
- 4 байти на маску параметрів усередині посилки;
- поле даних до 8 байтів;
- поле контролю цілісності даних до 4 байтів;
- поле відмітки часу – 2 байти, лічильник, що використовується для синхронізації даних на приймальній та передавальній стороні.

Перевагою такої структури посилки є можливість стискати трафік даних за рахунок виключення з посилки неактуальних даних. Стиснення даних відбувається за рахунок маскування потрібних бітів даних, самі дані передаються потоком. Для такої схеми розмір даних у байтах має бути однаковим.

Синхронізація даних полягає в такому. До кожної посилки даних на передавальній стороні послідовно додається одиниця. На приймальній стороні під час прийому кожного пакета відбувається той самий процес. Далі порівнюються дві відмітки часу й дані або приймаються, або відхиляються.

Таким чином, отримали структуру даних прикладного протоколу для реалізації на пристроях з обмеженими можливостями.

Для тестування запропонованого протоколу було зібрано тестову систему прийман-

ня та передавання даних, що емулює роботу у складі SCADA.

Тестова система містить:

– Центральний контролер для збирання даних на базі iMX6ULL з 512 Мб ОЗП. Контролер працює під керуванням ОС Лінукс 4.15 та забезпечує роботу по асинхронних протоколах EIA/TIA-485-A за допомогою спеціального адаптера (плата розширення). Тестове програмне забезпечення написано мовою програмування C++ та використовує модифіковані стандартні бібліотеки для читання та передавання даних.

– Контролер збирання та передавання даних на базі Orange Pi 2G-IOT, яких збирає дані із сенсорів та передає їх на центральний контролер. Перед передачею дані перетворюються відповідно до описаної схеми. Програмне забезпечення та протокол реалізовано мовою програмування C++.

На приймальній стороні такий самий контролер використовується для приймання даних і працює в парі з центральним контролером.

Проведений експеримент показав можливість реалізації запропонованого протоколу.

### Висновки

Представлено розробку структури даних для реалізації протоколу, що може бути придатним на пристрої з обмеженими обчислювальними можливостями. Проведено аналіз протоколів та обрано за еталонний протокол MODBUS, який широко використовується для промислових застосувань.

Розроблено структуру даних протоколу та описано роботу з даними, наведено структуру тестової системи, що емулює роботу SCADA. Для відображення даних реалізовано тестову програму, що дозволяє відображати дані як в табличному, так і в графічному вигляді.

Перспективами подальших досліджень є розширення функціональних можливостей запропонованого протоколу та тестування в реальних «польових» умовах.

### Література

1. Waher P. Choose the Right Communication Pattern for Your IoT Project. 2016. URL: <https://software.intel.com/en-us/articles/communication-patterns-for-the-internet-of-things> (дата звернення: 14.09.2019).
2. Mnushka O.V. IOT architecture patterns and data protocols // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2018, 16–18 травня

- 2018 р.: у 4 ч. / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – Ч. IV. – С. 188.
3. Unde M.D., Kurhe P.S. Web based control and data acquisition system for industrial application monitoring, 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS), Chennai, 2017, P. 246–249.
  4. Liu Y., Zhao Y., Tao L., Zhao K., Li K. The Application of Digital Flexible Intelligent Manufacturing System in Machine Manufacturing Industry, 2018 IEEE 8th Annual International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), Tianjin, China, 2018, P. 664–668.
  5. Liu Y. Big Data Technology and Its Analysis of Application in Urban Intelligent Transportation System, 2018 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS), Xiamen, 2018, P. 17–19.
  6. Мнушка О.В. Архітектура веб-орієнтованої SCADA-системи // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: зб. наук. праць. Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018. – № 24 (1300). – С. 117–128.
  7. Мнушка О.В. SCADA на основі промислового Інтернету речей: архітектура системи // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків, 2018. – № 12. – С.117–124.
  8. Sezer S. TIC: IoT Security: - Threats, Security Challenges and IoT Security Research and Technology Trends. 2018 31st IEEE International System-on-Chip Conference (SOCC), Arlington, VA, 2018. – P. 1–2.
  9. Oh S., Kim Y. Development of IoT security component for interoperability. 2017 13th International Computer Engineering Conference (ICENCO), Cairo, 2017. – P. 41–44.
  10. Півнева О.А., Мнушка О.В. Проблеми безпеки екосистеми Інтернету речей (IoT) // Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці: зб. наук. праць за матер. II міжн. наук.-практ. конф. – Харків, ХНАДУ, 2018. – С. 85–87.
  11. MODBUS Application protocol 1.1b. URL: [http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Application\\_Protocol\\_V1\\_1b.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf) (дата звернення: 18.09.2019).
  12. Russel A.L. OSI: The Internet That Wasn't. 2013. URL: <https://spectrum.ieee.org/tech-history/cyberspace/osi-the-internet-that-wasnt> (дата звернення: 18.09.2019).
  2. Mnushka O.V. IOT architecture patterns and data protocols // Information technologies: science, engineering, technology, education, health abstracts XXVI International scientific-practical conference MicroCAD-2018, 16–18 May 2018 p. / za red. prof. E.I. Sokola. – Kharkiv: National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». – 2018. – P. IV. C. 188.
  3. Unde M.D., Kurhe P.S. Web based control and data acquisition system for industrial application monitoring, 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS), Chennai, 2017, P. 246–249.
  4. Liu Y., Zhao Y., Tao L., Zhao K., Li K. The Application of Digital Flexible Intelligent Manufacturing System in Machine Manufacturing Industry, 2018 IEEE 8th Annual International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), Tianjin, China, 2018, P. 664–668.
  5. Liu Y. Big Data Technology and Its Analysis of Application in Urban Intelligent Transportation System, 2018 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS), Xiamen, 2018, P. 17–19.
  6. Mnushka O.V. The architecture of a web-based SCADA system // Vistnyk National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»: zb. nauk. pr. Serija: Informatika ta modeluvannia. – Kharkiv: NTU «KPI», 2018. – № 24 (1300). – P. 117–128. [in Ukrainian].
  7. Mnushka O.V. SCADA based on the industrial Internet of Things: architecture of the system // Technical service of agriculture, forestry and transport systems. – Kharkiv, 2018. – № 12. – P. 117–124. [in Ukrainian].
  8. Sezer S. TIC: IoT Security: - Threats, Security Challenges and IoT Security Research and Technology Trends. 2018 31st IEEE International System-on-Chip Conference (SOCC), Arlington, VA, 2018. – P. 1–2.
  9. Oh S., Kim Y. Development of IoT security component for interoperability. 2017 13th International Computer Engineering Conference (ICENCO), Cairo, 2017. – P. 41–44.
  10. Півнева О.А., Мнушка О.В. Проблеми безпеки екосистеми Інтернету речей (IoT) // Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці: зб. наук. праць за матер. II міжн. наук.-практ. конф. – Харків, ХНАДУ, 2018. – С. 85–87.
  11. MODBUS Application protocol 1.1b. URL: [http://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Application\\_Protocol\\_V1\\_1b.pdf](http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf) (accessed: 18.09.2019).
  12. Russel A.L. OSI: The Internet That Wasn't. 2013. URL: <https://spectrum.ieee.org/tech-history/cyberspace/osi-the-internet-that-wasnt> (accessed: 18.09.2019).

### References

1. Waher P. Choose the Right Communication Pattern for Your IoT Project. 2016. URL: <https://software.intel.com/en-us/articles/communication-patterns-for-the-internet-of-things> (дата звернення: 14.09.2019).

**Мнущка Оксана Василівна**<sup>1</sup>, асистент, кафедра комп'ютерних технологій і мехатроніки, тел. +38 067 576-78-63, e-mail: mnushka.ov@gmail.com,

**Півнева Олександра Андріївна**<sup>1</sup>, студентка, кафедра комп'ютерних технологій і мехатроніки, тел. (+38057)707-37-47,

e-mail: apivneva1@gmail.com,

**Савченко Володимир Миколайович**<sup>1</sup>, к.т.н., кафедра комп'ютерних технологій і мехатроніки, тел. (+38057)707-37-47,

e-mail: savchenko@live.com.

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

### Прикладной протокол обмена данными в интернете вещей

**Аннотация.** Проанализировано применение протоколов обмена данными в интернете вещей. Предложено прикладной протокол обмена данными для устройств с ограниченными вычислительными возможностями для применения в системе сбора и обработки данных с удаленных объектов управления, проанализирована структура протокола и перспективы его использования.

**Ключевые слова:** Internet of Things, сетевой протокол, обработка данных.

**Мнущка Оксана Васильевна**<sup>1</sup>, ассистент, кафедра компьютерных технологий и мехатроники, тел. (+38057)707-37-47,

e-mail: mnushka.ov@gmail.com,

**Пивнева Александра Андреевна**<sup>1</sup>, студентка, кафедра компьютерных технологий и мехатроники, тел. (+38057)707-37-47,

e-mail: apivneva1@gmail.com,

**Савченко Владимир Николаевич**<sup>1</sup>, к.т.н., кафедра компьютерных технологий и мехатроники, тел. (+38057)707-37-47,

e-mail: savchenko@live.com.

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожний университет, 61002, Украина, м. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

### Application protocol of data transfer in the Internet of Things

**Abstract. Problem.** Currently, many various application protocols are used for data transfer on the Internet of Things. One of the main problems is that non-standard protocols for various devices are used, which causes more and more problems in computational environment. **Goal.** The goal is development and analysis of the structure of the application protocol for the exchange of data for devices that transmit data over a computer network and have limited computing capabilities compared to other devices on the same network. **Methodology.** The analytical methods of research are used for development and application of methods and devices for data transfer on the Internet of thing. **Results.** The protocol structure for data exchange is developed. The proposed approach allows you to get rid of redundant data when working with the same type of data (data of the same size) by masking and removing irrelevant values from the transmitted data at a given time. **Originality.** The developed protocol is based on the ideas of the MODBUS protocol and expands its functional resources through the implementation of mechanized techniques for removing excess information from transmitted data. **Practical value.** Reducing the amount of computation and cutting computations to standard operations of shift and masking can reduce the requirements for the processing power of equipment, therefore, increase the economic efficiency of development.

**Key words:** Internet of Things, network protocol, data processing.

**Mnushka Oksana**<sup>1</sup>, assistant, department of Computer technologies and Mechatronics, tel.(+38057)707-37-47,

e-mail: mnushka.ov@gmail.com,

**Pivnieva Oleksandra**<sup>1</sup>, student, department of Computer technologies and Mechatronics, tel.(+38057)707-37-47,

e-mail: apivneva1@gmail.com,

**Savchenko Volodymyr**<sup>1</sup>, Cand. of Science, department of Computer technologies and Mechatronics, tel.(+38057)707-37-47,

e-mail: savchenko@live.com.

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.