

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
І ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**ОЛІЙНИК ТАРАС МИХАЙЛОВИЧ**

УДК 004.415.2

**МЕТОДИ І ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ КОМП'ЮТЕРНИХ  
СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ІОТ КОМПОНЕНТІВ**

123 «Комп'ютерна інженерія»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль 2018

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерних систем та мереж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж  
**Шингера Наталія Ярославівна,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук  
**Литвиненко Ярослав Володимирович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 27 грудня 2018 р. о 9<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №34 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №1, ауд. 603

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Сучасні комп'ютерні системи (КС) характеризуються високою функціональною інтегрованістю та програмно-апаратною складністю. Складність систем пов'язана з реалізацією бізнес процесів щодо збору, обробки, надійного зберігання та представлення різного роду інформації, яка виконується як окремими комп'ютерними засобами, так і цілими програмно-апаратними комплексами. Окрім цього, важливими функціями КС є строге і точне виконання, керування і моніторинг технологічних процесів, передбачених специфікою предметного середовища.

Враховуючи тенденції швидкого росту популярності комп'ютерних технологій, зокрема хмарних сервісів та Інтернет речей (ІоТ), актуальними задачами є дослідження процесів проектування комп'ютерних систем з ІоТ компонентами. Оскільки, дана галузь тільки почала інтенсивно розвиватись, то виникає ряд питань, пов'язаних з безпекою та організацією комунікаційних каналів передачі даних, забезпеченням продуктивних та ефективних рішень, які дозволять ефективно використовувати обчислювальні ресурси та ряд інших.

Поєднання ІоТ компонентів і хмарних технологій можуть забезпечити реалізацію широкого набору послуг та сервісів, які дозволять скоротити витрати на розробку, впровадження та підтримку комп'ютерних систем. Застосування хмарних сервісів має ряд переваг, в порівнянні з «наземними» рішеннями, оскільки забезпечує ефективність, стабільність та масштабованість рішень.

Над дослідженням методів та засобів InternetofThings для автоматизації бізнес-процесів працювали і вітчизняні і закордонні вчені. Цій проблемі присвячені роботи таких українських вчених як: Т. Верний, П. Михайлов, О. Якунін, Д. Кулешов, М. Дзюба, А. Семакіна. Серед закордонних вчених варто відмітити праці Е. Брінджолфсона, Е. Мак Афа, Д. Абадовські, С. Джамте, П. Лукас, П. Вахер, Д. Норман.

У даних роботах запропоновано методи проектування та використання ІоТ, однак комплексного рішення щодо проектування архітектури комп'ютерних систем до складу яких входять InternetofThings, яка б забезпечувала визначений рівень надійності та захищеності не наведено.

Тому актуальною задачею в області комп'ютерної інженерії є дослідження методів проектування і засобів реалізації архітектури комп'ютерних систем з ІоТ компонентами.

**Метою роботи** є дослідження методів та засобів проектування архітектури комп'ютерних систем з ІоТ компонентами.

Для досягнення зазначеної мети, у магістерській роботі поставлено та розв'язано наступні **задачі**:

- провести аналіз наукових публікацій та інтернет-джерел для визначення сучасних підходів до проектування архітектури комп'ютерних систем на основі ІоТ компонентів.

- проаналізувати можливості створення комп'ютерних систем з ІоТ компонентами та хмарними сервісами.

- обґрунтувати моделі опису архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами.

- розробити узагальнену модель архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами і хмарними сервісами.

- реалізувати архітектуру програмної системи взаємодії IoT та хмарних сервісів.

**Об'єкт дослідження** – процес проектування комп'ютерних систем з IoT компонентами.

**Предмет дослідження** – моделі, методи і засоби проектування архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами та хмарними сервісами.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

- уперше запропоновано уніфіковане рішення для побудови архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами на концептуальному рівні, що передбачає структуру «кінцевий пристрій – локальний шлюз – сервіс доступу – сервіс опрацювання» і дає змогу підвищити надійність та захищеність обміну даними між компонентами комп'ютерних систем.

- набуло подальшого розвитку формалізоване представлення архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами із застосуванням елементів теорії множин, що дало змогу при реалізації комп'ютерних систем враховувати зв'язки між їх складовими і підвищити ефективність програмного опису кожного з IoT компонентів.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених задач використано наступні методи:

- аналіз, узагальнення та порівняння – при проведенні аналізу існуючих методів, моделей та засобів проектування комп'ютерних систем з IoT компонентами;

- формалізації та моделювання – при проектуванні архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами на концептуальному рівні та математичному представленні її компонентів;

- проектування та програмування – при створенні програмної реалізації запропонованої архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами;

- тестування і вимірювання – для перевірки правильності функціонування IoT компонентів і хмарних сервісів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Впровадження запропонованої архітектури апробовано при побудові комп'ютерної системи з IoT компонентами шляхом реалізації розробленої моделі взаємодії IoT з використанням NodeMCU та хмарного сервісу IoTHub на основі шаблону підписник-видавець із використанням каналу передачі MQTTv3.1.

**Апробація.** Результати дослідження апробовано на VII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених і студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (28-29 листопада 2018 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та на VI науково-технічній конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (12-13 грудня 2018 року) у вигляді тез конференцій.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається із вступу, 6 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 137 арк. формату А4, графічна частина – 10 аркушів формату А1.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дипломної роботи магістра щодо дослідження методів і засобів проектування архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами, сформульовано мету, задачі і методи дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі «Аналіз сучасних підходів до проектування комп'ютерних систем з IoT компонентами» проведено аналіз наукових публікацій і практик проектування комп'ютерних систем з IoT компонентами, виявлено переваги використання пристроїв, які функціонують у мережі Internet. Визначено стан розвитку IoT на шляху до переходу в IoE і встановлено ряд недоліків, які цьому заважають. Зокрема, значна частина IoT пристроїв вимагає додаткових програмних чи апаратних шлюзів для взаємодії із іншими пристроями, необхідні величезні об'єми для збереження даних та потужності для їх обробки, відкритим залишається питання забезпечення захищеності даних, що вимагає додаткових досліджень щодо формалізації і концептуальної побудови архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами.

У другому розділі «Формалізація та проектування архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами» на концептуальному рівні розроблена уніфікована архітектура системи взаємодії IoT компонентів та хмарних сервісів, компоненти якої вибираються відповідно до потреб проекту. Кожен елемент архітектури визначає лише загальну функціональність, а конкретна реалізація вибирається під час реалізації комп'ютерної системи. Запропоновано уніфіковане рішення для побудови архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами на концептуальному рівні, що передбачає структуру «кінцевий пристрій – локальний шлюз – сервіс доступу – сервіс опрацювання» і дає змогу підвищити надійність та захищеність обміну даними між компонентами комп'ютерних систем. На основі результатів аналізу моделей і каналів взаємодії між IoT компонентами і хмарними сервісами обґрунтовано застосування моделі брокер-підписник, яка реалізується можливостями протоколу MQTT, що дало змогу оптимізувати процес реалізації і використання запропонованої архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами.

У третьому розділі «Програмний комплекс управління заявками при обслуговуванні користувачів сервісних центрів» апробовано архітектурне рішення для побудови комп'ютерної системи з IoT компонентами шляхом реалізації розробленої моделі взаємодії IoT з використанням NodeMCU та хмарного сервісу IoTHub на основі шаблону підписник-видавець із використанням каналу передачі MQTTv3.1, що дало можливість підтвердити ефективність її застосування. Проведено налаштування апаратної частини, зокрема параметрів IoT компонентів

для взаємодії та налаштування програмної реалізації виводу та оновлення інформації, одержуваної з реляційної БД.

**У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** проведено розрахунки для обчислення економічної доцільності впровадження розробленого архітектурного рішення щодо проектування комп'ютерних систем з IoT компонентами і одержано результати на основі яких підтверджено економічну ефективність запропонованої концептуальної моделі архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами

**У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** проведено аналіз вимог з охорони праці при використанні комп'ютерних систем з IoT компонентами, що дало змогу визначити шляхи дотримання вимог техніки безпеки при експлуатації систем, що передбачають використання комп'ютерної техніки.

Проведено оцінку стійкості роботи промислового об'єкту в умовах радіаційного забруднення при ядерному вибуху та забезпечення безпеки життєдіяльності населення в умовах надзвичайних ситуацій природного походження.

**У шостому розділі «Екологія»** розглянуто питання радіоекології як одного з новітніх розділів загальної екології та проведено аналіз статистики природних та екологічних чинників.

**У загальних висновках до дипломної роботи магістра** наведено результати виконання розділів дипломної роботи магістра, їх наукове та практичне значення у процесах проектування архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами.

Додатки до пояснювальної записки містять копії матеріалів конференцій, у яких опубліковано основні результати дипломної роботи магістра, лістинг програмного коду на мові Lua та C для взаємодії IoT компонентів з Azure сервісом.

У графічній частині до дипломної роботи магістра наведено одержані наукові та практичні результати щодо проектування архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами.

## **ВИСНОВКИ**

Проведено аналіз процесів автоматизації бізнес-процесів для різних сфер діяльності, у результаті якого визначено місце та роль IoT пристроїв і шляхи їх застосування для підвищення ефективності роботи підприємств.

На основі наукових публікацій і практик проектування комп'ютерних систем з IoT компонентами виявлено переваги використання пристроїв, які функціонують у мережі Internet. До таких переваг належать: наявність великої кількості доступних пристроїв, які забезпечують отримання та обробку даних, використання широкого стеку протоколів для обміну даними напряму та через мережу Інтернет, підвищення ефективності процесів керування та моніторингу за станом об'єктів.

Уперше запропоновано уніфіковане рішення для побудови архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами на концептуальному рівні, що передбачає структуру «кінцевий пристрій – локальний шлюз – сервіс доступу – сервіс опрацювання» і дає змогу підвищити надійність та захищеність обміну даними між компонентами комп'ютерних систем.

Формалізовано представлення архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами із застосуванням елементів теорії множин, що дало змогу при реалізації комп'ютерних систем враховувати зв'язки між їх складовими і підвищити ефективність програмного опису кожного з IoT компонентів.

На основі результатів аналізу моделей і каналів взаємодії між IoT компонентами і хмарними сервісами обґрунтовано застосування моделі брокер-підписник, яка реалізується можливостями протоколу MQTT, що дало змогу оптимізувати процес реалізації і використання запропонованої архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами.

Апробовано архітектурне рішення для побудови комп'ютерної системи з IoT компонентами шляхом реалізації розробленої моделі взаємодії IoT з використанням NodeMCU та хмарного сервісу IoTHub на основі шаблону підписник-видавець із використанням каналу передачі MQTTv3.1, що дало можливість підтвердити ефективність її застосування.

Проведено налаштування апаратної частини, зокрема параметрів IoT компонентів для взаємодії та налаштування програмної реалізації виводу та оновлення інформації, одержуваної з реляційної БД.

Проведено розрахунки для обчислення економічної доцільності впровадження розробленого архітектурного рішення щодо проектування комп'ютерних систем з IoT компонентами і одержано результати на основі яких підтверджено економічну ефективність запропонованої концептуальної моделі архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами.

Проведено аналіз вимог з охорони праці при використанні комп'ютерних систем з IoT компонентами, що дало змогу визначити шляхи дотримання вимог техніки безпеки при експлуатації систем, що передбачають використання комп'ютерної техніки.

Проведено оцінку стійкості роботи промислового об'єкту в умовах радіаційного забруднення при ядерному вибуху та забезпечення безпеки життєдіяльності населення в умовах надзвичайних ситуацій природного походження.

Розглянуто питання радіоекології як одного з новітніх розділів загальної екології та проведено аналіз статистики природних та екологічних чинників.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Олійник Т.М. Архітектура комп'ютерних систем з IoT компонентами/ Т.М. Олійник, Н.Я. Шингера// Матеріали VII міжнародній науково - технічній конференції молодих учених і студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (28-29 листопада 2018 р.) Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, ТНТУ – 2018 – с. 135

2. Олійник Т.М. Аналіз шаблонів взаємодії IoT компонентів при побудові комп'ютерних систем / Т.М. Олійник, Н.Я. Шингера – Матеріали VI науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології» (12-13 грудня 2018 року) – Тернопіль, ТНТУ – 2018 – с. 89

## АНОТАЦІЯ

### **Олійник Т.М. Методи і засоби проектування архітектури комп'ютерних систем з використанням IoT компонентів**

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня магістра 123 – Комп'ютерна інженерія. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль 2018.

У дипломній роботі магістра на основі наукових публікацій і практик проектування комп'ютерних систем з IoT компонентами виявлено переваги використання пристроїв, які функціонують у мережі Internet. До таких переваг належать: наявність великої кількості доступних пристроїв, які забезпечують отримання та обробку даних, використання широкого стеку протоколів для обміну даними напряму та через мережу Інтернет, підвищення ефективності процесів керування та моніторингу за станом об'єктів.

Запропоновано уніфіковане рішення для побудови архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами на концептуальному рівні, що передбачає структуру «кінцевий пристрій – локальний шлюз – сервіс доступу – сервіс опрацювання» і дає змогу підвищити надійність та захищеність обміну даними між компонентами комп'ютерних систем. Формалізовано представлення архітектури комп'ютерних систем з IoT компонентами із застосуванням елементів теорії множин, що дало змогу при реалізації комп'ютерних систем враховувати зв'язки між їх складовими і підвищити ефективність програмного опису кожного з IoT компонентів.

Апробовано архітектурне рішення для побудови комп'ютерної системи з IoT компонентами шляхом реалізації розробленої моделі взаємодії IoT з використанням NodeMCU та хмарного сервісу IoTHub на основі шаблону підписник-видавець із використанням каналу передачі MQTTv3.1, що дало можливість підтвердити ефективність її застосування.

**Ключові слова:** АРХІТЕКТУРА, МЕТОД, ПРОЕКТУВАННЯ, КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ.



## ANNOTATION

### **Oliinyk T.M. Methods and tools of computer systems architecture design using IoT components**

The diploma paper for obtaining the Master's degree 123 – Computer engineering – Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil 2018.

In the diploma, on the basis of scientific publications and practices of designing computer systems with IoT components revealed the advantages of using devices that operate in the Internet. Such advantages include: availability of a large number of available devices that provide data acquisition and processing, the use of a wide stack of protocols for the exchange of data directly and through the Internet, improving the efficiency of management processes and monitoring the state of the objects.

A unified solution is proposed for constructing the architecture of computer systems with IoT components at the conceptual level, which provides the structure of "terminal device - local gateway - access service - processing service" and allows to increase reliability and security of data exchange between components of computer systems. Formalized presentation of the architecture of computer systems with IoT components using elements of the theory of sets, which enabled the implementation of computer systems to take into account the relationships between their constituents and improve the effectiveness of the program description of each of the IoT components.

The architectural solution for constructing a computer system with IoT components was tested by implementing the developed IoT interaction model using NodeMCU and the cloud-based IoT Hub service on the basis of the template-publisher-publisher using the MQTTv3.1 transmission channel, which proved the effectiveness of its application.

**Keywords:** ARCHITECTURE, METHOD, DESIGN, COMPUTER SYSTEM, INTERNET OF THINGS.