

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут телекомунікаційних систем**

**Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж**

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Лариса ГЛОБА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-науковою програмою «Інформаційно-комунікаційні технології»**

**зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

**на тему: «Модифікований метод управління інфраструктурою мережі  
промислового Інтернету речей»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ПІ-81мн

Давидюк Андрій Миколайович \_\_\_\_\_

Керівник:

Професор кафедри ІТМ, професор, д.т.н.

Глоба Лариса Сергіївна \_\_\_\_\_

Консультант з назва розділу:

Асистент кафедри ІТМ

Курдеча Василь Васильович \_\_\_\_\_

Рецензент:

Доцент кафедри ТК, к.т.н., с.н.с.

Міночкін Дмитро Анатолійович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут телекомунікаційних систем**  
**Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-наукова програма «Інформаційно-комунікаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Лариса ГЛОБА

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Давидюку Андрію Миколайовичу**

1. Тема дисертації «Модифікований метод управління інфраструктурою мережі промислового інтернету речей», науковий керівник дисертації Глоба Лариса Сергіївна, доктор технічних наук, професор, затверджені наказом по університету від «30» березня 2020 р. № 923-с
2. Термін подання студентом дисертації 10.05.2020 р.
3. Об'єкт дослідження - процес управління інфраструктурою мережі промислового Інтернету речей.
4. Предмет дослідження - метод управління інфраструктурою мережі промислового Інтернету речей.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
  - 5.1 Проаналізувати проблеми побудови систем промислового Інтернету речей;
  - 5.2. Визначити основні вимоги для архітектури промислового IP;

5.3. Модифікувати метод управління інфраструктурою мережі промислового Інтернету речей для підвищення масштабованості та покращення відмовостійкості мережі.

5.4. Оцінити ефективність запропонованого рішення.

## 6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:

- 6.1. Актуальність;
- 6.2. Мета роботи;
- 6.3. Типи баз даних призначених для зберігання даних;
- 6.4. Серверна кластеризація;
- 6.5. Механізм контейнеризації;
- 6.6. Визначення вимог до модифікованої архітектури мережі;
- 6.7. Модифікована архітектура мережі промислового Інтернету речей;
- 6.8. Схема роботи автоматизованої мережі;
- 6.9. Модифікований метод управління архітектурою мережі промислового IP.
- 6.10. Узагальнена структура архітектури мережі IoT;
- 6.11. Алгоритм управління кластером;
- 6.12. Програмне забезпечення мережі промислового IP для застосування модифікованого методу управління інфраструктурою;
- 6.13. Узагальнена схема розподіленої мережі CDN;
- 6.14. Схема відмовостійкості;
- 6.15. Імовірність відмови серверів баз даних залежно від кількості вузлів;
- 6.16. Реалізований алгоритм розгортки контейнерів;
- 6.17. Висновки.

## 7. Орієнтовний перелік публікацій:

1. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ В МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВОГО «ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ» / Андрій Миколайович Давидюк. // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ». – 2019.

2. МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД УПРАВЛІННЯ ІНФРАСТРУКТУРОЮ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ «ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ» / А. М. Давидюк, В. В. Курдеча. // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ». – 2020.

## 8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада	Підпис, дата
--------	------------------------------	--------------

\* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

	консультанта	завдання видав	завдання прийняв
1-4	Курдеча Василь Васильович		

9. Дата видачі завдання 23 вересня 2018 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Виконано
1.	Аналіз отриманого завдання	15.10.2018	виконано
2.	Постановка мети магістерської дисертації та розробка попереднього змісту	21.01.2019	виконано
3.	Формування вступної частини пояснювальної записки	27.03.2019	виконано
4.	Формування першого розділу пояснювальної записки	29.06.2019	виконано
5.	Формування другого розділу пояснювальної записки	10.10.2019	виконано
6.	Формування третього розділу пояснювальної записки	05.02.2020	виконано
7.	Формування четвертого розділу пояснювальної записки	10.03.2020	виконано
8.	Оформлення магістерської дисертації.	10.05.2020	виконано

Студент

Андрій ДАВИДЮК

Науковий керівник дисертації

Лариса ГЛОБА

## РЕФЕРАТ

Робота містить 84 сторінок, 45 рисунки і 2 таблиці. Було використано 31 джерел.

**Мета роботи:** підвищити масштабованість та покращити відмовостійкість промислової IoT мережі за рахунок модифікації її архітектури. На основі аналізованого результату пропонується власне рішення для покращення вищеписаних параметрів.

У цьому документі визначається основні вимоги до промислової мережі IoT. Розглянуто вимоги модифікованої мережевої архітектури IIoT, заснованої на використанні технології контейнеризації кластеру нереляційних баз даних для забезпечення покращення вищеписаних параметрів при роботі IIoT мережі з великим потоком даних від кінцевих пристроїв. А також запропоновано алгоритм управління кількістю вузлів кластера для полегшення адміністрування мережі.

**Ключові слова:** Інтернет речей, промисловий Інтернет речей, кластеризація, контейнеризація, NoSql, Docker, CDN.

## ABSTRACT

The work contains 84 pages, 45 figures and 2 tables. In this paper 31 sources were used.

**Goal of master`s thesis:** to increase the scalability and improve failover resistance of the industrial IoT network via modified architectural management method of IIoT network. Proposed solution that improves the above-described parameters based on the analyzed result.

This document defines the basic requirements for an industrial IoT network. The modified management method of IIoT network architecture based on clustering technology of non-relational databases. The cluster nodes consists of containerized images of non-relational data base server. This method increases scalability and improves failover resistance of the industrial IoT network with a large data stream from end devices. In addition, we propose an algorithm for controlling the number of cluster nodes to facilitate network administration.

**Keywords:** Internet of Things, Industrial Internet of Things, clustering, containerization, NoSql, Docker, CDN.

## ЗМІСТ

Вступ .....	11
РОЗДІЛ 1 .....	13
Аналіз ІСНУЮЧИХ ТИПІВ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Типи баз даних призначених для зберігання даних	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Серверна кластеризація.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Механізм контейнеризації .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Висновки .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
РОЗДІЛ 2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ОПИС ВИМОГ ДО ПОБУДОВИ ТА ПРЕДСТАВЛЕННЯ МОДИФІКОВАНОЇ АРХІТЕКТУРИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Визначення вимог до модифікованої архітектури мережі. ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Модифікована архітектура мережі промислового Інтернету речей. <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Висновки .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
РОЗДІЛ 3.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
МОДИФІКОВАНОЇ МЕТОД УПРАВЛІННЯ ІНФРАСТРУКТУРОЮ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1 Опис модифікованого методу .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Опис алгоритму управління кластером.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Управління інфраструктурою мережі промислового IP за рахунок модифікованого методу.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



3.4 Програмне забезпечення мережі промислового IP для застосування модифікованого методу управління інфраструктурою	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Висновки	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
РОЗДІЛ 4	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНОГО РІШЕННЯ	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
4.1 Підготовка натурального моделювання процесу управління інфраструктурою мережі на основі запропонованого методу	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
4.2 Підтвердження відмовостікості і надійності мережі	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>not defined.</b>	
4.3 Підтвердження масштабованості мережі	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Висновки	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	13

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>IIoT</b>	Industrial Internet of Things
<b>NoSql</b>	Non-relational Data Base
<b>Api</b>	Application Programming Interface
<b>IP</b>	Інтернет речей
<b>CDN</b>	Content Delivery Network

## ВСТУП

**Актуальність.** На сьогоднішній день постає проблема з автоматизацією і спрощенням роботи з сховищами даних. Ця проблема також гостро постає для мереж промислового Інтернету речей, оскільки ці мережі оперують великою кількістю даних.

Результати показують, що кластеризація компонентів бази даних зменшить час обробки даних та забезпечить більшу цілісність даних. А контейнеризація допомагає спростити адміністрування та оптимізувати ресурси.

З розвиненим технологічним рівнем та відповідною доступністю обчислювальних пристроїв зменшується ризик відмови системи, а також збільшується надійність збереження даних.

Загалом, кластеризація в архітектурі сервера може бути універсальним варіантом розповсюдження, а також збереження цільових даних у разі відмови. Таким чином отримавши широкі доповнення до сучасних систем. На всіх рівнях трирівневої структури IoT. Контейнеризація ж дозволить зменшити кількість виділених ресурсів для кожного вузла кластеру, а налаштування алгоритму шаблонного розгорнення контейнерів дозволить зробити адміністрування та управління мережею автономними та зручними у налаштуваннях.

То ж наше рішення пропонує створення кластеру з нереляційними базами даних та контейнеризація самих баз даних, як швидкий, дешевий та надійний спосіб розгорнути середовище.

**Об'єктом роботи** є процес управління інфраструктурою мережі промислового Інтернету речей.

**Предметом роботи** є метод управління інфраструктурою мережі промислового Інтернету речей.

**Метою роботи**

Підвищення масштабованості та покращення відмовостійкості промислової мережі IP за рахунок модифікації методу управління інфраструктурою мережі.

Для досягнення мети дослідження було поставлено та вирішено такі **основні задачі:**

1. Проаналізувати проблеми побудови систем промислового Інтернету речей;
2. Визначити основні вимоги для архітектури промислового IP;
3. Модифікувати метод управління інфраструктурою мережі промислового Інтернету речей для підвищення масштабованості та покращення відмовостійкості мережі.
4. Оцінити ефективність запропонованого рішення.

**Теоретичний результат дослідження:** Запропоновано модифікований метод управління інфраструктурою мережі промислового Інтернету речей. Сформовано вимоги до мережі IP.

**Практичний результат роботи:** Програмне забезпечення для управління інфраструктурою мережі промислового Інтернету речей, що ґрунтується на модифікованому алгоритму управління її компонентами.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

3. Electrotechnical Conference, 1989. Proceedings. 'Integrating Research, Industry and Education in Energy and Communication Engineering', MELECON '89., Mediterranean
4. J. Gubbi et al., "Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, 2013, pp. 1645–1660.
5. The Types of Modern Databases [Електронний ресурс] // 1. – 1. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alooma.com/blog/types-of-modern-databases>
6. Relational database [Електронний ресурс] //1.–1.– Режим доступу до ресурсу: <https://searchdatamanagement.techtarget.com/definition/relational-database>
7. J. Zhou et al., "Cloudthings: A Common Architecture for Integrating the Internet of Things with Cloud Computing," 2013 IEEE 17th Int'l. Conf. Computer Supported Cooperative Work in Design, 2013, pp. 651–657.
8. I. Yaqoob et al., "Internet of Things Architecture: Recent Advances, Taxonomy, Requirements, and Open Challenges," in *IEEE Wireless Communications*, vol. 24, no. 3, pp. 10-16, June 2017.
9. D. p. Tan, P. y. Li and X. h. Pan, "Embedded Industry Monitoring Network System Based on UPnP," 2007 International Conference on Convergence Information Technology (ICCIT 2007), Gyeongju, 2007, pp. 1200-1206.
10. X. Sun and N. Ansari, "Traffic Load Balancing Among Brokers at the IoT Application Layer," in *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 15, no. 1, pp. 489-502, March 2018.

11. Nosql databases explained [Електронний ресурс] //1.–1.– Режим доступу до ресурсу: <https://www.mongodb.com/nosql-explained>

12. NoSQL базы данных: понимаем суть [Електронний ресурс] //1.–1.– Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/152477/>

13. F. Montori, L. Bedogni and L. Bononi, "A Collaborative Internet of Things Architecture for Smart Cities and Environmental Monitoring," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 2, pp. 592-605, April 2018.

14. S. Li et al., "MF-IoT: A MobilityFirst-Based Internet of Things Architecture with Global Reach-Ability and Communication Diversity," 2016 IEEE First International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI), Berlin, 2016, pp. 129-140.

15. S. A. Hinai and A. V. Singh, "Internet of things: Architecture, security challenges and solutions," 2017 International Conference on Infocom Technologies and Unmanned Systems (Trends and Future Directions) (ICTUS), Dubai, 2017, pp. 1-4.

16. S. K. Datta and C. Bonnet, "Integrating Named Data Networking in Internet of Things architecture," 2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW), Nantou, 2016, pp. 1-2.

17. F. Beligianni, M. Alamaniotis, A. Fevgas, P. Tsompanopoulou, P. Bozanis and L. H. Tsoukalas, "An internet of things architecture for preserving privacy of energy consumption," Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MedPower 2016), Belgrade, 2016, pp. 1-7.

18. Імовірність безвідмовної роботи [Електронний ресурс] // 1. – 1. – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%80%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C\\_%D0%B1%D0%B5%D](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%80%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B1%D0%B5%D)

0%B7%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D1%97\_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8.

19. Content delivery network [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Content\\_delivery\\_network](https://uk.wikipedia.org/wiki/Content_delivery_network).

20. J. Lin, W. Yu, N. Zhang, X. Yang, H. Zhang and W. Zhao, "A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 4, no. 5, pp. 1125-1142, Oct. 2017.

21. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ В МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВОГО «ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ» / Андрій Миколайович Давидюк. // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ». – 2019.

22. МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД УПРАВЛІННЯ ІНФРАСТРУКТУРОЮ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ «ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ» / А. М. Давидюк, В. В. Курдеча. // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ». – 2020.

23. Couchbase documents for server 6.5 [Електронний ресурс] // 1. – 6. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.couchbase.com/server/6.5/learn/>

24. R. Garibotti, et al., "Efficient Embedded Software Migration towards Clusterized Distributed-Memory Architectures" in *IEEE Transactions on Computers*, vol. 65, no. 08, pp. 2645-2651, 2016. doi: 10.1109/TC.2015.2485202

25. What is a Container? [Електронний ресурс] // 1. – 1. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.docker.com/resources/>

26. Documenting Your Existing APIs: API Documentation Made Easy with OpenAPI & Swagger [Електронний ресурс] // 1. – 1. – Режим доступу до ресурсу: <https://swagger.io/resources/articles/documenting-apis-with-swagger/>

27. Couchbase documents for server 5.5 [Електронний ресурс] // 1. – 6. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.couchbase.com/server/5.5/learn/>
28. Manage Nodes and Clusters [Електронний ресурс] // 1. – 7. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.couchbase.com/server/current/manage/>
29. Manage data in Docker [Електронний ресурс] // 1. – 5. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.docker.com/storage/>
30. Reference documentation [Електронний ресурс] // 1. – 15. – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.docker.com/reference/>
31. Модифікована архітектура мережі Інтернету речей промислового призначення. / А. М. Давидюк, В. В. Курдеча.