

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**



Факультет комп'ютерних наук та технологій  
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»

**СЕМЕЛЬЯНОВ ДМИТРО ВЛАДИСЛАВОВИЧ**  
Група КНТ-613м

**ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА З ІНТЕГРОВАНОЮ  
БЛОКЧЕЙН-ПЛАТФОРМОЮ ДЛЯ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ  
ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ З СЕНСОРІВ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

магістерської роботи на здобуття освітньо-кваліфікаційного  
рівня «магістр» 123 «Комп'ютерна інженерія»  
освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі»

2024 р.

Магістерська робота є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Запорізька політехніка», на кафедрі комп'ютерних систем та мереж

**Керівник**

кандидат технічних наук, доцент  
**ГОЛУБ Тетяна Василівна,**  
Національний університет «Запорізька політехніка», доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

**Офіційний  
рецензент:**

кандидат технічних наук, доцент  
**СТЕПАНЕНКО Олександр  
Олексійович,**  
Національний університет «Запорізька політехніка», доцент кафедри програмних засобів

Захист відбудеться "15" грудня 2024 р.

Секретар екзаменаційної комісії, асистент кафедри  
комп'ютерних систем та мереж **Т.В. Голуб**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Наразі однією з найперспективніших галузей розвитку інформаційних технологій є інтеграція блокчейн-технологій з IoT системами. Традиційні централізовані архітектури мають ряд суттєвих обмежень, зокрема вразливість до атак, ризик втрати даних через єдину точку відмови та складність підтвердження автентичності інформації. Це особливо критично для систем, де дані сенсорів використовуються для прийняття важливих рішень в реальному часі.

Технологія blockchain пропонує інноваційний підхід до вирішення цих проблем завдяки своїм властивостям децентралізації, незмінності та криптографічного захисту даних. Інтеграція blockchain з IoT системами дозволяє створити надійну інфраструктуру для збору та зберігання сенсорних даних з гарантією їх цілісності та можливістю верифікації.

**Мета і завдання дослідження.** Мета магістерської роботи – цю розробка інформаційної системи з інтегрованою blockchain-платформою, яка забезпечує надійний збір, зберігання та верифікацію даних з IoT сенсорів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз існуючих підходів до забезпечення цілісності даних в IoT системах та дослідити можливості застосування blockchain технології;
- розробити архітектуру інформаційної системи з урахуванням вимог до інтеграції IoT пристроїв з blockchain мережею;
- спроектувати та реалізувати компоненти збору та обробки даних з сенсорів з механізмами валідації та форматування;
- розробити механізми взаємодії з blockchain-платформою включаючи смарт-контракти;
- провести тестування та оцінку ефективності розробленої системи.

**Об'єктом дослідження** – процеси забезпечення цілісності даних в розподілених IoT системах з використанням технології blockchain.

**Предмет дослідження** є методи та засоби інтеграції blockchain технології з IoT системами для гарантування достовірності та незмінності даних, що збираються з сенсорних пристроїв.

**Методи дослідження** базуються на комплексному використанні методів системного аналізу, теорії розподілених систем, криптографічного захисту та об'єктно-орієнтованого програмування. Практична реалізація виконана з використанням технологій Node.js, React, Hyperledger Fabric.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- вперше розроблено комплексний підхід до інтеграції IoT пристроїв з blockchain мережею на основі механізму консенсусу Practical Byzantine Fault Tolerance;

- удосконалено методи валідації та зберігання даних з сенсорів через використання смарт-контрактів та розподіленого реєстру;

- отримав подальший розвиток підхід до забезпечення цілісності даних в розподілених системах шляхом застосування гібридної архітектури з проміжними шлюзами.

**Практичне значення отриманих результатів:**

Розроблена система може бути застосована для надійного збору та зберігання даних з IoT пристроїв у різних сферах:

- промисловий інтернет речей;
- системи розумного міста;
- транспортні системи;
- системи моніторингу та управління критичною інфраструктурою.

Система забезпечує:

- час підтвердження транзакцій 2-5 секунд;
- пропускну здатність до 1000 транзакцій в секунду;
- високий рівень масштабованості та надійності.

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку. Основна частина містить 72 сторінок, 26 рисунків і 17 таблиць, список використаних джерел зі 20 найменувань.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У першому розділі** аналіз наявних методів та підходів інтеграції blockchain технологій з IoT-системами. Досліджено

обмеження традиційних централізованих архітектур та переваги використання розподілених реєстрів.

Ключовим результатом аналізу стала розробка вдосконаленої архітектури системи, представленої на рисунку 1, що демонструє взаємодію між IoT пристроями, системою обробки даних та blockchain мережею.

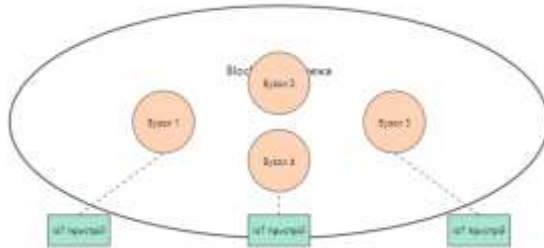


Рисунок 1 - Вдосконалена архітектура IoT-системи з використанням blockchain

У другому розділі розроблено структуру та архітектуру системи. Ключовим елементом є структурна схема реалізації системи (рис. 2), що відображає взаємозв'язок всіх компонентів - від модулів збору даних до blockchain платформи.

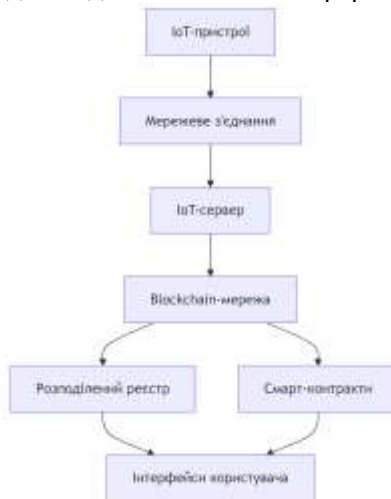


Рисунок 2 – Структурна схема системи

Особлива увага приділена розробці алгоритму роботи системи (рис. 3), який визначає послідовність обробки даних та взаємодію між компонентами.

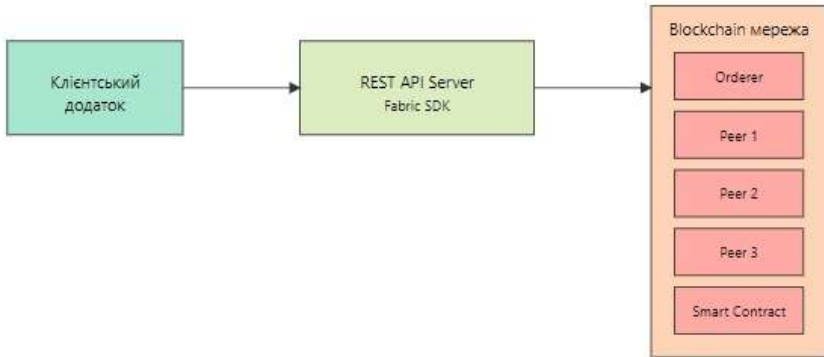


Рисунок 3 - Архітектура механізму взаємодії з blockchain-платформою

У **третьому розділі** описано практичну реалізацію системи. Розроблено процедуру виконання IoT blockchain платформи, що проілюстрована на діаграмі послідовності (рис. 4).

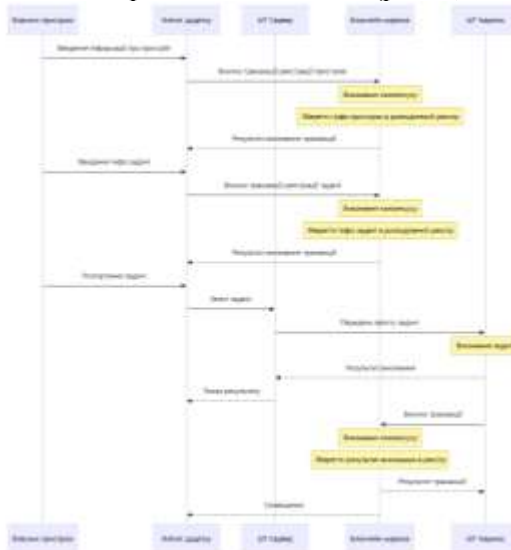


Рисунок 4 - Діаграма послідовності різних операцій в межах запропонованої системи

Важливим аспектом є процес роботи системи, представлений на діаграмі послідовності (рис. 5), що демонструє взаємодію між різними компонентами системи при обробці даних.

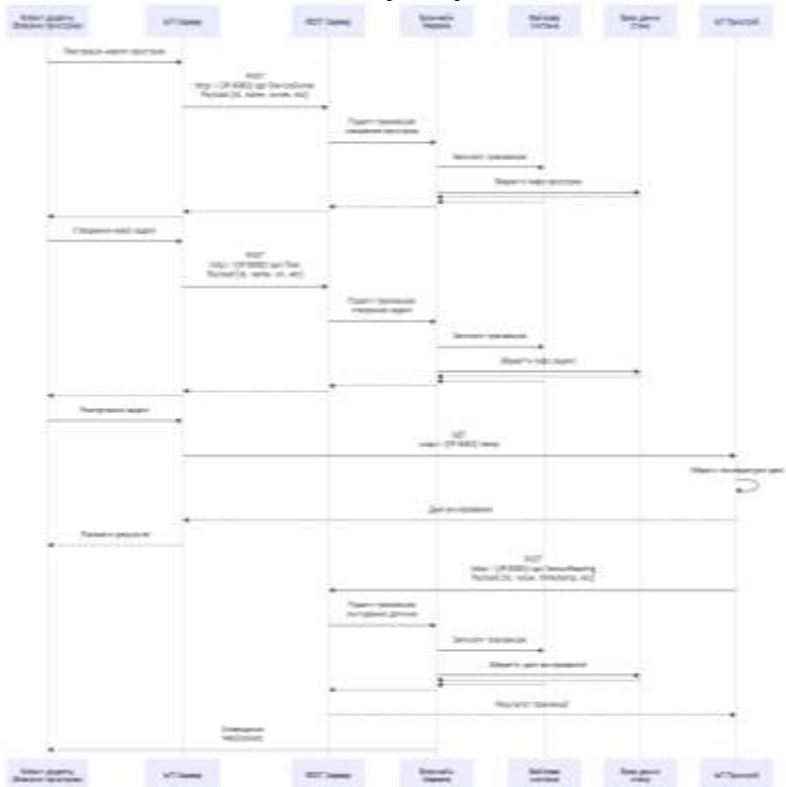


Рисунок 5 - Діаграма послідовності роботи системи

У четвертому розділі проведено оцінку продуктивності системи. Ключові результати представлено на графіку аналізу часу реєстрації пристроїв (рис. 6) та графіках аналізу часу зчитування та запиту даних датчиків (рис. 7, рис. 8).

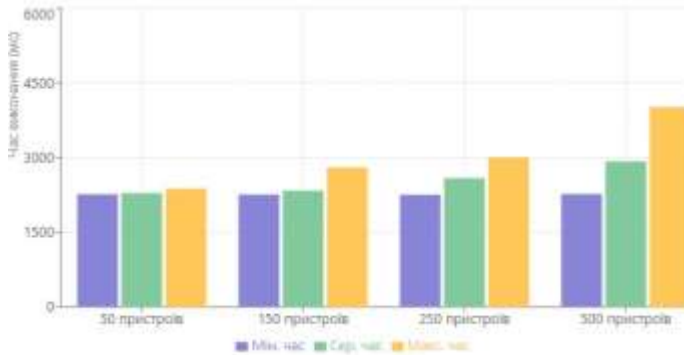


Рисунок 6 – Графік аналізу часу реєстрації пристроїв

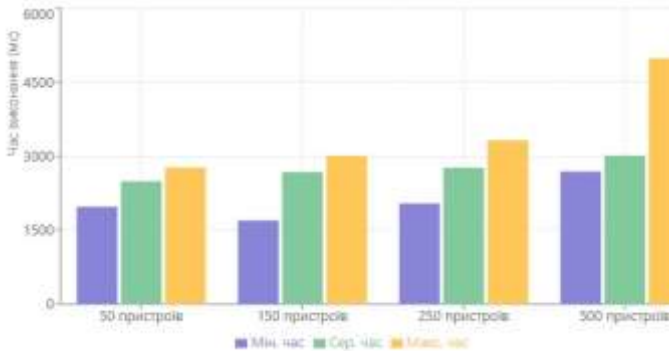


Рисунок 7 – Графік аналізу часу зчитування даних датчиків

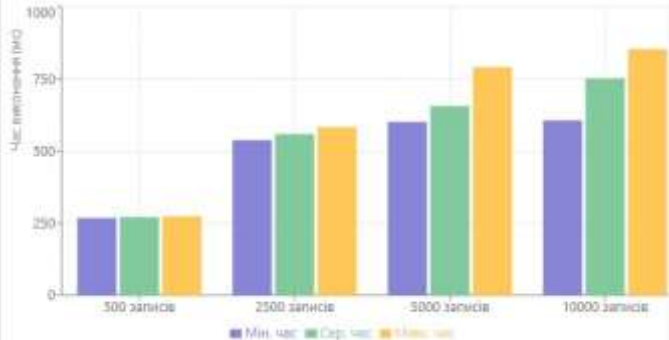


Рисунок 8 - Графік аналізу часу запиту даних датчиків

Проведено порівняльний аналіз з існуючими рішеннями, результати якого підтвердили ефективність розробленої системи в контексті швидкодії та надійності зберігання даних.

## ВИСНОВКИ

Результати, отримані в магістерській роботі, є рішенням актуальної задачі підвищення надійності та безпеки IoT систем шляхом інтеграції з blockchain технологіями.

Отримано такі теоретичні та практичні результати:

1. Проведено аналіз сучасних підходів до забезпечення цілісності даних в IoT системах та обґрунтовано доцільність використання blockchain технології. На основі аналізу сформульовано вимоги до розроблюваної системи.

2. Розроблено архітектуру інформаційної системи з інтеграцією blockchain, що включає фізичний рівень IoT пристроїв, серверний рівень обробки даних та blockchain платформу. На відміну від існуючих рішень, запропонована архітектура забезпечує оптимальний баланс між продуктивністю та надійністю.

3. Реалізовано всі компоненти системи з використанням сучасних технологій: Node.js, React, Hyperledger Fabric. Розроблено REST API для взаємодії з IoT пристроями та механізми обробки даних через смарт-контракти.

4. Проведено експериментальні дослідження, які підтвердили ефективність розробленої системи:

- час підтвердження транзакцій: 2-5 секунд;
- пропускна здатність: до 1000 транзакцій/с;
- висока масштабованість та надійність.

Практична цінність роботи полягає у створенні готового рішення для надійного збору та зберігання даних з IoT пристроїв, яке може бути застосоване в промисловості, системах розумного міста та інших критичних застосуваннях.

Таким чином, всі поставлені в роботі задачі виконані й мета досягнута. Розроблена система забезпечує необхідний рівень безпеки та надійності при роботі з даними від IoT пристроїв.