

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»



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

ПЕРЕРВЕНКО ВОЛОДИМИР АНАТОЛІЙОВИЧ
Група КНТз-513м

БЕЗДРОВОТА СЕНСОРНА МЕРЕЖА З
ЗАСТОСУВАННЯМ ВЕЛИКИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ
КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

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
Ільяшенко Матвій Борисович,
Національний університет «Запорізька
політехніка», доцент кафедри
комп'ютерних систем та мереж

**Офіційний
рецензент:**

**Степаненко Олександр
Олексійович,**
к.т.н., доцент кафедри «Програмні
засоби» НУ «Запорізька політехніка»;»

Захист відбудеться "23" грудня 2024р.

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

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Інтернет речей є глобальною мережею взаємопов'язаних систем, яку активно використовують компанії в різних галузях. Ця зміна пов'язана з інтеграцією цифрових технологій, що є основою найважливіших суспільних та людських діяльностей, а також цифровою трансформацією бізнесу. Зі збільшенням кількості пристроїв, підключених до Інтернету, для автоматизації та збору даних, впровадження IoT сприяє ефективному розвитку бізнесу у всьому світі, завдяки інноваціям, які відкривають нові можливості. Важливою особливістю цих інновацій є їхнє використання для вирішення проблем, пов'язаних із глобальним потеплінням, економією води, підвищенням врожайності в розумному сільському господарстві, а також для створення основи для автономних транспортних засобів [1].

Завдяки зростанню обчислювальної потужності та зниженню вартості зберігання даних, можливості обробки даних стають більш доступними. Датчики стають меншими, дешевшими та точнішими, а пропускну здатність мережі швидко зростає. Усі ці технологічні тенденції суттєво підтримують розвиток IoT.

Проте, щоб повною мірою реалізувати потенціал IoT, необхідно вирішити кілька ключових проблем, таких як зменшення складності рішень, забезпечення безпеки та подолання недоліків зв'язку в різноманітних середовищах. Дослідження в області великих даних в системах IoT залишаються актуальними.

Завдяки розвитку інформаційних технологій та мікроелектроніки стало можливим створення мініатюрних сенсорних датчиків, які відрізняються високою надійністю та низькою вартістю. Це призвело до поширення сенсорних мереж, які використовують ці датчики. Такі мережі забезпечують постійний і точний моніторинг необхідних параметрів цільових об'єктів.

На початкових етапах розвитку сенсорних мереж передача даних здійснювалася через проводи, однак з розміщенням великої кількості датчиків у безпосередній близькості один від одного виникала потреба в значному просторовому ресурсі. Таким чином, актуальність даної теми обумовлена розвитком інформаційних технологій, Інтернету Речей та сенсорних мереж.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є розробка методу для створення IoT-рішення для високопродуктивних сенсорних мереж із застосуванням технологій великих даних.

В процесі написання роботи були визначені такі завдання:

- провести огляд літератури за темою дослідження, визначити поняття Інтернету Речей та вивчити основні сфери його застосування;

- розглянути методи використання технологій великих даних у високопродуктивних сенсорних мережах;

- розробити структурну схему IoT-рішення та дослідити питання енергоефективності.

Об'єктом дослідження. Об'єктом дослідження є процес створення високопродуктивної сенсорної мережі з використанням великих даних.

Предмет дослідження. Предметом дослідження виступають базові системи моніторингу із застосуванням великих даних в рамках концепції Інтернету Речей.

Наукова новизна отриманих результатів. Для написання роботи були використані методи аналізу, статистики та порівняння.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення магістерської роботи та результати досліджень подано до участі на конференції:

- Розробка адаптивного протоколу маршрутизації для масштабованих іот-мереж з високою щільністю вузлів на основі аналізу великих даних / Перервенко В.А., Куріцин А.Ю., Ільяшенко М.Б., Куликовська Н.А. // Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Молодіжна наука: інновації та глобальні виклики» Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» , 6 листопада 2024 року.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку. Основна частина містить 89 сторінок, 34 рисунок, 6 таблиць, список використаних джерел зі 25 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі матеріал опрацьований свідчить про те, що технології IoT наразі розвиваються стрімко, а разом з цим розширюється й сфера їх застосування. Однією з таких сфер є використання IoT у сенсорних мережах, які, у свою чергу, активно інтегруються з технологіями Big Data. Особливості такого застосування будуть детально розглянуті в наступному розділі роботи.

Платформа IoT служить містком між мережами передачі даних і пристроями-датчиками. Останнім часом платформи IoT з різноманітними корпоративними рішеннями значно розширюють можливості підключення пристроїв. Для ефективної роботи IoT важливо забезпечити безвідмовну сумісність між пристроями, а також надійність самої платформи та оболонок, побудованих на її основі.

Сьогодні спостерігається швидкий розвиток високопродуктивних сенсорних мереж, які включають в себе кілька основних компонентів:

- мережа датчиків – де датчик є основною одиницею високопродуктивної мережі і представляє собою пристрій, який реагує на різні зовнішні явища, такі як світло, тепло, звук, рух, дотик тощо; коли датчик поєднується з мікропроцесором, що обробляє дані, його називають інтелектуальним датчиком;

- мережа доступу - вузли-посередники або шлюзи, які агрегують дані від кількох датчиків і полегшують їх подальшу передачу до центрів управління або інших зовнішніх об'єктів;

- мережева інфраструктура - активне та пасивне обладнання, яке є частиною існуючих мереж;

- програмне забезпечення - інструменти для збору та обробки великих обсягів даних, такі як хмарні платформи, IoT-платформи та інші рішення.

Основними вимогами для організації високопродуктивних сенсорних мереж є низьке споживання енергії пристроями та можливість самоорганізації мережі.

У другому розділі порівняно можливості NB-IoT із іншими технологіями LPWAN, такими як e-MTC, SIGFOX і LoRa, можна відзначити, що NB-IoT демонструє вищу продуктивність.

Аналізуючи ці технології за критеріями мережевих інвестицій, покриття, вхідного та вихідного трафіку, а також надійності, можна стверджувати, що NB-IoT є найбільш оптимальним вибором.

Розгортання NB-IoT у смугах частот 700, 800 і 900 МГц є доцільним рішенням, оскільки ці частоти мають добре розвинену екосистему, зумовлену підтримкою з боку провідних операторів у світі. Велика кількість комерційних мереж UMTS і LTE, що вже працюють у діапазоні 900 МГц, додатково сприяє ефективному впровадженню цієї технології.

Пристрої IoT, розташовані на кінцевих вузлах (на периферії або межах мережі), підключаються для виконання інтелектуальної обробки даних і подальшого проведення аналітики. Деякі пристрої підключаються безпосередньо, а інші - через шлюзи.

Шлюзи виконують функцію об'єднання трафіку з енергоефективних мереж дальнього радіусу дії у локальні та глобальні мережі з вищою пропускну здатністю. Вони зазвичай оснащені більш потужними джерелами живлення та значними обчислювальними ресурсами, порівняно з кінцевими вузлами.

Крайові або "туманні" додатки, що працюють через шлюзи, обробляють дані, отримані від датчиків і виконавчих пристроїв. Кінцеві вузли часто створені для тривалої автономної роботи, що вимагає максимально ефективного використання вбудованих обчислювальних пристроїв та радіопередавачів. Інтелектуальні порогові тригери, що вбудовані в шлюзи, підвищують ефективність трафіку, передаючи лише корисну інформацію на центральні хмарні сервери.

Шлюзи взаємодіють за допомогою різних безпроводових технологій, як стільникових, так і нестільникових. Залежно від потреб додатків (зона покриття, час затримки, пропускна здатність, енергоефективність та вартість), розробникам пропонується широкий спектр радіоінтерфейсів із різними характеристиками.

Однак масштабування гетерогенного поєднання технологій зв'язку створює ряд викликів, таких як функціональна несумісність і можливі радіоперешкоди, які потрібно враховувати під час проєктування та розробки IoT-пристроїв. Крім того, при створенні системи необхідно брати до уваги не лише відповідність мережевим стандартам і вимогам безпроводового зв'язку, але й такі фактори, як енергоспоживання та термін служби батарей.

Пристрої IoT мають забезпечувати стабільну роботу протягом багатьох років без втручання людини, що робить оптимізацію енергоспоживання ключовим завданням у їхньому проєктуванні.

У **третьому розділі** Порівняльна таблиця демонструє, що похибка не перевищує 5%, що свідчить про ефективність використання нейронних мереж для прогнозування часу роботи кінцевих пристроїв IoT. Крім того, запропоновану методику можна застосовувати для оцінки енергоефективності високопродуктивних сенсорних мереж із використанням Big Data (таблиця).

Таблиця - Порівняльна характеристика результатів

Параметр	Число NB IoT пристроїв	Аналітичні результати	Прогнозування за допомогою НМ
Енергоспоживання на передачу блоку даних, Вт·с	100	$0,20 \cdot 10^{-3}$	$0,1876 \cdot 10^{-3}$
	150	$0,99 \cdot 10^{-3}$	$0,9789 \cdot 10^{-3}$
	200	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,0364 \cdot 10^{-3}$
Енергоспоживання за рік, Вт·с	100	7461,99	7458,3686
	150	7464,05	7460,4859
	200	7465,53	7451,3689
Час роботи пристроїв режимі IDLE, років	100	0,996	0,98891
	150	0,995	0,98997

Для досягнення оптимальної енергоефективності доцільно використовувати технологію NB-IoT у високопродуктивних сенсорних мережах на основі Big Data. Алгоритм, наведений у роботі, є ефективним для розрахунку параметрів кінцевих пристроїв

ВИСНОВКИ

Мета роботи, яка полягала в розробці методу побудови IoT-рішення для високопродуктивних сенсорних мереж з використанням технологій Big Data та дослідженні енергетичної ефективності, була досягнута. Розроблено структурну схему ефективного IoT-рішення, а також методику розрахунку енергоефективності за допомогою нейронних мереж, яку можна застосувати при створенні високопродуктивних сенсорних мереж. Верхня та нижня межі ціни на товар чи послугу складають 3,0 млн – 3,8 млн грн.

У першому розділі роботи встановлено, що сфера використання IoT швидко зростає. Інтернет речей являє собою

систему взаємопов'язаних обчислювальних пристроїв, механічних та цифрових машин, об'єктів, тварин чи людей, яким присвоєно унікальні ідентифікатори та які мають можливість передавати дані через мережу без потреби взаємодії людини з людиною. Екосистема складається з інтелектуальних пристроїв, підключених до Інтернету, що використовують вбудовані системи, такі як процесори, датчики і комунікаційне обладнання для збору, передачі та обробки даних. Пристрої обмінюються даними датчиків через підключення до шлюзів або інших пристроїв, що передають ці дані в хмару для подальшого аналізу.

У другому розділі зазначено, що компанії можуть отримати вигоду з аналізу великих обсягів даних Інтернету речей і управління ними, що дозволяє краще розуміти вплив цих даних на бізнес. Це сприяє прийняттю більш ефективних і обґрунтованих рішень. Кожен сегмент бізнесу та галузі може отримати певні переваги від цього аналізу.

У третьому розділі розроблено структурну схему рішення та алгоритм розрахунку енергоефективності системи. Визначено основні причини затримок при встановленні з'єднання, зокрема обмеженість послідовностей преамбул. Проведено чисельний аналіз затримок і ймовірностей виникнення колізій, на основі чого запропоновано модель для розрахунку енергоспоживання кінцевих пристроїв стандарту IoT. Запропонована модель дозволяє прогнозувати орієнтовний час роботи кінцевого пристрою в заданому режимі, а також порівнювати автономний режим роботи пристрою з використанням режиму PSM і без нього. Результати порівняння показали суттєве збільшення часу автономної роботи кінцевого пристрою при використанні режиму PSM. Алгоритм, наведений у роботі, є ефективним для розрахунку параметрів кінцевих пристроїв.