

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І.І.МЕЧНИКОВА

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра математичного забезпечення комп'ютерних систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

«Дослідження і розробка методів побудови хмарних систем

керування IoT мережею»

«Research and development of methods of building cloud systems of

IoT network management»

Виконав: студент денної форми навчання

спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»

(назва освітньої програми)

Сбітнев Олександр Юрійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівни к.т.н, доц. Волощук Л.А.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали, підпис)

Рецензент к.ф.-м.н, доц. Антоненко О.С.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н, доц. Сперанський В.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ від « » 2022 р.

Завідувач кафедри

Євгеній МАЛАХОВ

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Захищено на засіданні ЕК №

протокол № від « » 2022 р.

Оцінка / /

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Голова ЕК

Надія КАЗАКОВА

(підпис)

(ім'я, прізвище)

Одеса - 2022

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі розробляється тема «Дослідження і розробка методів побудови хмарних систем для керування IoT мережею».

Мета роботи – підвищення продуктивності транспортної мережі шляхом розробки IoT систем моніторингу, аналітики та управління дорожнім рухом.

У результаті роботи розглянуто історію виникнення інтелектуальних транспортних систем, класифікацію моделей транспортних систем, а також методи адаптивного регулювання транспортної системи. Також розглянуто та проаналізовано сучасні хмарні платформи для реалізації IoT проектів

Мережу промодельовано в середовищі Cisco Pocket Tracer. Спроектовано архітектуру IoT мережі інтелектуальної транспортної системи, розроблено алгоритми функцій системи, хмарного сценарію, що відповідає за систему керування інтелектуальною транспортною мережею.

Розроблено всі необхідні програми та функції пристроїв IoT мережі інтелектуальної транспортної системи, визначена вартість побудови IoT мережі інтелектуальної транспортної системи.

ABSTRACT

In the qualification work, the topic "Research and development of methods for building cloud systems for managing the IoT network" is developed.

The purpose of the work is to increase the productivity of the transport network through the development of IoT systems for monitoring, analytics and traffic management.

As a result of the work, the history of the emergence of intelligent transport systems, the classification of models of transport systems, and the methods of adaptive regulation of the transport system are considered. Modern cloud platforms for the implementation of IoT projects are also considered and analyzed

The network is modeled in the Cisco Pocket Tracer environment. The architecture of the IoT network of the intelligent transport system was designed, the algorithms of the system functions, the cloud scenario responsible for the control system of the intelligent transport network were developed.

All the necessary programs and functions of the IoT devices of the intelligent transport system network have been developed, the cost of building the IoT network of the intelligent transport system has been determined.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ХМАРНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ІОТ МЕРЕЖЕЮ.....	12
1.1 Моделі хмарних платформ.....	12
1.2 Azure IoT	13
1.3 AWS IoT.....	16
1.4 Google Cloud IoT.....	18
1.5 Порівняння хмарних платформ	19
1.6 Топологія IoT рішень	21
1.7 Постановка завдання	27
2 ОГЛЯД ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ	28
2.1 Історія створення і розвитку інтелектуальних транспортних систем	28
2.2 Характеристики дорожнього руху	29
2.3 Регулювання дорожнього руху.....	31
2.4 Класифікація моделей транспортного потоку	33
2.4.1 Макроскопічні моделі	33
2.4.2 Мезоскопічні моделі	35
2.4.3 Мікроскопічні моделі.....	36
2.5 Методи адаптивного керування світлофором	38
2.6 Методи керування світлофором на основі навчання з підкріпленням	40
2.6.1 MDP.....	40
2.6.2 Q-Learning.....	41

3 ПРОЕКТУВАННЯ ХМАРНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІОТ СИСТЕМИ.....	43
3.1 Проектування хмарної архітектури мережі ІоТ інтелектуальної транспортної системи	43
3.2 План вузлу хмарної інтелектуальної транспортної ІоТ системи.....	46
3.3 Проектування функцій хмарної інтелектуальної транспортної ІоТ системи	47
3.4 Моделювання ІоТ мережі інтелектуальної транспортної системи.....	50
3.5 Проектування імітаційної моделі транспортних потоків.....	53
3.5.1 Система координат.....	54
3.5.2 Автомобіль, світлофор і генератор.....	55
3.5.3 Алгоритм руху автомобілів.....	59
3.5.4 Модуль статистики та фіксування параметрів	61
4 РОЗРОБКА ХМАРНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІОТ СИСТЕМИ.....	62
4.1 Вибір обладнання хмарної інтелектуальної транспортної ІоТ системи.	62
4.2 Розробка функцій та програм пристрою Azure Stack Pro для мережі ІоТ інтелектуальної транспортної системи	64
4.2.1 Вибір програмного забезпечення для розробки програм пристрою Azure Stack Pro	64
4.2.2 Розробка додатку, який симулює роботу світлофора.....	66
4.2.3 Розробка програми для розпізнавання транспортних засобів	67
4.2.4 Розробка програми для створення імітаційної моделі транспортної ситуації на дорозі та оптимізації часу сигналу світлофору	70
4.2.5 Розробка панелі моніторингу для управління транспортною системою.....	75

4.3 Кошторис побудованої мережі IoT інтелектуальної транспортної системи для одного вузлу	77
5 ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ ХМАРНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАСПОРТНОЇ ІОТ СИСТЕМИ	78
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	85
ДОДАТОК А. КОД ПРОГРАМИ ДОДАТКУ ЯКИЙ СИМУЛЮЄ РОБОТУ СВІТЛОФОРУ	88
ДОДАТОК Б. КОД ПРОГРАМИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	97
ДОДАТОК В. КОД ПРОГРАМИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОЇ СИТУАЦІЇ НА ДОРОЗІ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАСУ СИГНАЛУ СВІТЛОФОРУ	103

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

MQTT – Message Queue Telemetry Transport

IoT – Internet of Things

PaaS – Platform as a Service

SaaS – Software as a Service

IaaS – Infrastructure as a Service

M2M – Machine to Machine

M2P – Machine to Person

JSON – JavaScript Object Notation

ІТС – Інтелектуальна транспортна система

AWS – Amazon Web Services

ВСТУП

Одним з найважливіших сучасних трендів розвитку ІТ-технологій є масове проникнення в життя людини різних електронних приладів, забезпечених вбудованими пристроями для комунікації між собою або зовнішнім середовищем. Нас оточують розумні гаджети, якими ми можемо управляти на відстані. Це так звані «Інтернет речей» (Internet of Things - IoT), що передбачають взаємопов'язані автоматизовані процеси, які будуть відбуватися в вашому домі чи на роботі. Ці пристрої не тільки впливають на розширення сфери використання інформаційних і телекомунікаційних технологій в повсякденному побутовому житті, а й вагомо впливають на розвиток економічних і соціальних процесів в суспільстві.

«Інтернет речей» - концепція, згідно з якою до всесвітньої мережі можливо приєднати будь-які речі, які нас оточують. Це можуть бути промислові механізми або побутові пристрої, які можуть передавати корисні нам дані, запобігати незаконні підключення, обміну між собою інформацією без втручання людини. [1]

Для управління IoT мережею використовують хмарні IoT платформи - спеціальне програмно-апаратне забезпечення, яке використовується для підключення інтернет речей в хмарі і віддаленого управління ними.

Програмні IoT платформи відрізняються за наступними технічними характеристиками:

- Масштабованість - максимально можливе число інтернет речей, підключених до платформи.
- Простота застосування - гнучкість програмного інтерфейсу додатку для користувача.
- Способи розгортання - приватне або публічне хмарне сховище.
- Безпека - забезпечення захисту інформації за допомогою шифрування, моніторингу доступу і т.д.

– База даних - організаційна структура зберігання інформації, яка передається з пристроїв.

На даний момент є величезна кількість IoT платформ для реалізації проектів на основі Інтернет речей. Найбільш затребуваними програмними платформами для інтернету речей вважаються:

- Azure від компанії Microsoft;
- Web Services від компанії Amazon;
- Cloud Platform від компанії Google;

На сьогоднішній день Інтернет речей вже дуже тісно використовується у таких великих сферах людської життєдіяльності, як промисловість, агрокультура, медицина, торгівля, охорона здоров'я, енергетика, машинобудування, та багато інших. Зараз вони стають невід'ємною частиною будь-якої керуючої системи пристроїв. Тому необхідно розглянути, за рахунок яких сервісів моніторингу чи керування здійснюється контроль у проектах, заснованих на використанні Інтернет речей; які є методи аналізу, технології проектування найбільш відомих хмарових платформ на даний час.

Зі зростаючою популяцією населення в містах по всьому світу, безперервним виробництвом усіх видів транспортних засобів, кількість транспортних засобів на дорогах буде лише зростати. Це, природно, призводить до збільшення заторів на дорогах, особливо у великих мегаполісах, і тим більше під час години пік. Метод, який прагне вирішити цю проблему, називається Інтелектуальна транспортна система (ІТС). Цей метод може допомогти вирішити проблему, інтегруючи існуючі технології з поточною інфраструктурою. [2]

ІТС є новим типом систем управління на транспорті, що поступово заміщують автоматизовані системи управління. Вони орієнтовані на моделювання різних подій та прогнозування небезпечних ситуацій і служать інструментом ухвалення рішень в умовах великої складності і великих обсягів даних.

ІТС можна розглядати як важливу складову сучасного комплексного підходу до підвищення ефективності функціонування транспортної системи країни за рахунок розширення їх інформаційної інфраструктури: автоматизованого збору даних про стан системи в масштабі реального часу, моделювання та прямого й опосередкованого оперативного впливу на формування і зміну транспортних потоків.

Інтернет речей (IoT) і штучний інтелект (AI) сприяють створенню нового класу розумних транспортних систем (ITS) для наземного, повітряного, залізничного та морського транспорту. Ці рішення дозволяють з'єднувати транспортні засоби, світлофори, пункти справляння плати та іншу інфраструктуру для полегшення заторів, запобігання ДТП, зниження викидів і підвищення ефективності транспорту.

Об'єкт дослідження: Хмарні платформи та технології побудови IoT систем.

Предмет дослідження: Хмарні платформи та технології розробки програмного забезпечення IoT систем на основі хмарових сервісів.

Мета дослідження: Підвищення продуктивності транспортної мережі шляхом розробки IoT систем моніторингу, аналітики та управління дорожнім рухом.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз хмарних платформ, сервісів віддаленого моніторингу та управління мережею IoT;
- виконати огляд та аналіз існуючих методів та систем керування дорожнім рухом, в тому числі з використанням Інтернет речей, вибрати власний підхід для керування мережею IoT ;
- провести проектування багаторівневої архітектури IoT системи управління дорожнім рухом, провести дослідження існуючих методів та запропонувати метод формування набору функцій для кожного рівня архітектури IoT системи ;

- виконати проектування хмарної частини IoT системи з використанням IaaS, PaaS, SaaS сервісів;
- спроектувати план вузлу IoT мережі інтелектуальної транспортної системи;
- змоделювати IoT мережу інтелектуальної транспортної системи;
- розробити систему керування дорожнім трафіком та провести її тестування.

ВИСНОВКИ

Відповідно до мети і поставлених завдань в даній роботі було вирішені такі питання:

1) Розглянуто історію виникнення інтелектуальних транспортних систем, класифікацію моделей транспортних систем, а також методи адаптивного регулювання транспортної системи. В результаті розгляду для реалізації IoT мережі транспортної системи було вибрано імітаційну модель та алгоритм Q – learning.

2) Розглянуто та проаналізовано сучасні хмарні платформи для реалізації IoT проектів. В результаті аналізу сучасних хмарних платформ, було вибрано платформу Microsoft Azure та обрано класичну архітектуру IoT проекту з використанням хмарових платформ.

3) Була спроектована архітектура хмарної інтелектуальної транспортної системи з урахуванням можливостей технологій IoT на платформі Azure IoT Central та сервісу Azure IoT Edge. В якості граничного пристрою системи було обрано пристрій Azure Stack Edge.

4) При проектуванні функцій керування мережею було розроблено алгоритми функцій отримання пристроєм Azure Stack Edge відео від камери та передачі даних про стан на дорозі у хмару, хмарного сценарію, що відповідає за систему керування інтелектуальною транспортною системою.

5) Моделювання в Cisco Pocket Tracer дозволило налаштувати та перевірити настройки створення вузлу мережі.

6) Розроблені хмарові сервіси моніторингу системи, які приймають дані від Azure Stack Edge, та передають команди на мікропроцесор світлофору для зміни часу сигналу світлофору.

7) Панель моніторингу та керування хмарної інтелектуальної транспортної системи дозволяє відстежувати дані про стан світлофору, та ситуацію на дорозі.

- 8) Кошторис вузлу мережі транспортної системи склав 24 798 грн.
- 9) Кошторис апаратурних рішень та сервісів Azure Cloud для 1 вузла мережі транспортної системи на місяць склав 44 730 грн.
- 10) Матеріали роботи доповідались на вісімнадцятій всеукраїнській конференції студентів і молодих науковців «Інформатика, інформаційні системи та технології», Одеса 23 квітня 2021 р. [31]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтернет речей [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/internet-veschej-internet-of-things-iot>
2. Інтелектуальна транспортна система [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://stud.com.ua/120718/informatika/intelektualni_transportni_sistemi
3. Моделі хмарних платформ [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://itglobal.com/ru-ru/company/blog/iaas-paas-saas/>
4. Azure IoT [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure/iot-fundamentals/iot-services-and-technologies>
5. Amazon Web Services IoT [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://aws.amazon.com/ru/iot/>
6. Google Cloud Platform IoT [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.altexsoft.com/blog/iot-platforms/>
7. Класична архітектура IoT проекту [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.bigdataschool.ru/bigdata/iiot-architecture-levels-and-tools.html>
8. Історія створення ІТС [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://iot.ru/wiki/umnyy-traffic>
9. Кір'янов О. Ф. Інформаційні технології на автомобільному транспорті : навч. посіб. / О. Ф. Кір'янов, М. М. Мороз, Ю. О. Бойко ; Кременчуц. нац. ун-т ім. Михайла Остроградського. - Харків : Друкарня Мадрид
10. Клинковштейн Г. И., Организация дорожного движения / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев // учеб. для вузов. – 5-е изд. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.

11. Капитанов В. Т., Управление транспортными потоками в городах. / В. Т. Капитанов, Е. Б. Хилажев // М.: Транспорт, 1985. – 94 с.
12. Иносэ Х., Управление дорожным движением. / Х. Иносэ, Т. Хамада // М.: Транспорт, 1983. – 248 с.
13. Класифікація моделей моделювання транспортного потоку [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40856>
14. Потапова И.А. МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА / И. А. Потапова, И. Н. Бояршинова, Т.Р. Исмагилов // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10-2. – С. 338-342;
15. Daganzo C.F. Remarks on Traffic Flow Modeling and its Applications // Dept. of Civil and Environmental Engineering University of California, Berkeley, статья
16. Alvarez I., Urban traffic control problem via a game theory application / I. Alvarez, A. Poznyak, A. Malo // Proceeding of the 46th IEEE Conference on Decision and Control. New Orleans, 2007. P. 2957–2961.
17. Gardner M. The fantastic combinations of John Conway’s New Solitaire game «Life» // Scientific American, 1970, № 223. P. 120–123.
18. Hunt P. B., SCOOT - a traffic responsive method of coordinating signals / P.B. Hunt, D.I. Robertson, R.D. Bretherton // TRL Laboratory Report. – 1981. – Vol. 1014.
19. Touhbia, S. Adaptive Traffic Signal Control: Exploring Reward Definition For Reinforcement Learning / S. Touhbia, M. Ait Babrama, T. Nguyen-Huu, and etc // The 8th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies, 2017.
20. Wiering, M. Reinforcement Learning: State-of-the-Art / M. Wiering, M. van Otterlo – Springer, 2012.

21. Watkins, C. Technical note: Q-learning / C. Watkins, P. Dayan // Machine Learning. – 1992. – Vol. 8(3-4). – P. 279-292. DOI 10.1023/A:1022676722315.
22. El-Tantawy, S. Design of reinforcement learning parameters for seamless application of adaptive traffic signal control / S. El-Tantawy, B. Abdulhai, H. Abdelgawad // Journal of Intelligent Transportation Systems. – 2014. – Vol. 18(3). – P. 227-245.
23. Емельянов В. В., Теория и практика эволюционного моделирования. / В. В. Емельянов, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик // М: Физматлит, 2003. 432 с. ISBN 5-9221-0337-7.
24. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems // John Wiley & Sons, 2002. 366 p.
25. Azure Stack Edge Pro [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/products/azure-stack/edge/>
26. Dahua DH-IPC-HFW2431SP-S-S2 [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://dahua-technology.com.ua/dahua-dh-ipc-hfw2431sp-s-s2-28-mm>
27. MikroTik RB4011iGS+5HacQ2HnD-IN [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://mikrotik.ua/ru/product/mikrotik-rb4011igs-5hacq2hnd-in>
28. Visual Studio [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/>
29. YOLO v3 [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://pjreddie.com/darknet/yolo/>
30. SUMO [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://sumo.dlr.de/docs/index.html>
31. Сбітнєв О.Ю, Можливості хмарної платформи Microsoft Azure та її сервісів при використанні IoT проектів / Сбітнєв О. Ю, Волощук Л. А // Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей вісімнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Одеса, 23 квітня 2021 р. – Одеса, 2021.– с.179-180