

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

перший (бакалаврський)
рівень вищої освіти

Розробка системи автоматизації для моніторингу з використанням
бездротових мереж
(тема)

Виконав:
студент 4 курсу, групи АКТСІ-20-2
Бірюков О.О.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Системна інженерія
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Стародубцев М.Г.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри КІТАР _____
(підпис)

Невлюдов І.Ш.
(прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Автоматики і комп'ютеризованих технол _____

Кафедра Комп'ютерно інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____

Освітня програма _____ Системна інженерія _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Бірюкову Олексію Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи автоматизації для моніторинг з використанням бездротових мереж

затверджена наказом університету від 3 _____ червня 2024 р. № 545 Ст _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 20 _____ р.

3. Вихідні дані до роботи Node-red, Wi-Fi, MQTT, IBM Cloud, Cloudant NoSQL DB
технологія websocket, бездротова сенсорна мережа

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____
Вступ; Огляд та аналіз існуючих технологій; Вибір методів збору даних для розробки програмно-апаратного модуля; Розробка апаратної частини системи; Розробка програмної частини; Висновки; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій _____

Слайди у форматі Power Point. 9 слайдів у форматі pptx. _____

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	22.01-04.02	Виконано
2	Опрацювання літератури за темою	05.02-07.04	Виконано
3	Виконання розділу 1 «Огляд та аналіз існуючих технологій»	08.04-24.04	Виконано
4	Виконання розділу 2 «Вибір методів збору даних для розробки програмно-апаратного модуля»	25.04-07.05	Виконано
5	Виконання розділу 3 «Розробка апаратної частини системи»	08.05-21.05	Виконано
6	Виконання розділу 4 «Розробка програмної частини»	22.05-31.05	Виконано
7	Оформлювання пояснювальної записки	05.06-14.06	Виконано
8	Оформлення презентації	15.06-17.06	Виконано
9	Подання роботи на рецензію		
10	Подання роботи на підпис зав. кафедри		
11	Подання атестаційної роботи в ЕК		

Дата видачі завдання _____ червня 2024 р.

Студент _____ Бірюков О.О.
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Стародубцев М.Г.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

«16» червня 2024р.

Бірюков О.О.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 56 с., 4 табл., 54 рис., 2 дод., 21 джерело.

БЕЗДРОТОВІ МЕРЕЖІ, ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ МОДУЛЬ.

Об'єкт розробки – процес збору та аналізу зібраних даних у бездротовій сенсорній мережі.

Предмет розробки – автоматизована система збору даних у бездротових сенсорах мережах.

Методи розробки – теоретичний аналіз технічної літератури з проблеми дослідження, а також систематизація та узагальнення попередніх досліджень в області розробки програмного забезпечення та моніторингу даних.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка програмно-апаратного модуля збору даних у бездротових сенсорах мережах.

У роботі було проведено аналіз сучасних технологій зберігання даних, хмарні і локальні сховища, вибрано та обґрунтовано технічні засоби для створення системи, побудовано архітектуру програмно-апаратного модуля, розроблено систему моніторингу виробничих даних.

ABSTRACT

Explanatory note: 56 pages, 4 tab., 54 figs., 2 additions, 21 sources.

WIRELESS NETWORKS, CLOUD TECHNOLOGIES, SOFTWARE
HARDWARE MODULE.

The object of development is the process of collecting and analyzing collected data in a wireless sensor network.

The subject of development is an automated data collection system in wireless sensor networks.

Development methods – theoretical analysis of technical literature on the research problem, as well as systematization and generalization of previous research in the field of software development and data monitoring.

The purpose of this qualification work is the development of a hardware and software module for data collection in wireless sensor networks.

In the work, an analysis of modern data storage technologies, cloud and local storage was carried out, technical means for creating a system were selected and substantiated, the architecture of the software and hardware module was built, and a production data monitoring system was developed.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ	9
1 Огляд та аналіз існуючих технологій	11
1.1 Опис лабораторій	11
1.2 Мережеві технології	14
2 Вибір методів збору даних для розробки програмно-апаратного модуля	20
2.1 Огляд хмарних платформ	20
2.2 Вибір платформи	21
2.3 Вимоги до програмно-апаратного модуля	23
3 Розробка апаратної частини системи	24
3.1 Алгоритм взаємодії модуля з хмарною платформою	24
3.2 Розробка пристрою	26
4 Розробка програмної частини	31
4.1 Створення основи програми	31
4.2 Оцінка ефективності розробленого програмно-апаратного модуля	45
5 Охорона праці	49
5.1 Освітленість приміщення	49
5.2 Небезпека враження людей електричним током у приміщенні	50
5.3 Фактори, що впливають на функціональний стан розробника	51
5.4 Вимоги до організації робочих місць	52
Висновки	54
Перелік джерел посилання	55
Додаток А Код програми	57
Додаток Б Демонстраційний матеріал	73

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

КПО – коефіцієнт природної освітленості;

M2M – машинно-машинна взаємодія;

ПК – персональний комп'ютер;

4G (LTE) – мобільний зв'язок четвертого покоління;

GUI (graphical user interface) – графічний інтерфейс користувача;

OSI – модель взаємодії відкритих систем;

IoT (Internet of Things) – Інтернет речей.

ВСТУП

Протягом усього свого життя людина використовує інформацію, яку одержує із зовнішнього світу за різними джерелами: книги, телебачення, інтернет та ін. Однак, технічний прогрес не стоїть на місці, і вже сьогодні інформацію може збирати не тільки людина, а й технічні пристрої за допомогою відповідних автоматизованих систем.

Пристрої можуть мати доступ до Інтернету. Такі речі на сьогоднішній день мають назву «інтернет-речі». Декілька інтернет-речей можуть утворювати мережу, в якій вони обмінюються інформацією, а також можуть публікувати свою інформацію до глобальної мережі інтернет. Бездротова мережа, яка складається з самостійних пристроїв на розподіленій території, на яких встановлені різні необхідні датчики, називається бездротовою сенсорною мережею.

Безліч досліджень та розробок було проведено області бездротових сенсорних мереж. Було розроблено необхідні протоколи, а також спеціальні операційні системи.

Бездротові сенсорні мережі можуть розгортатися для контролю за об'єктами під час їх використання. На пристрої встановлюють спеціальні датчики системи збору даних, які допомагають в аналізі зібраних даних і подальшому прийнятті рішень. Збір даних необхідний у всіх сферах життєдіяльності, включаючи промисловість, медицину та ін.

У даній кваліфікаційній роботі розробляється програмно-апаратний модуль, який призначається для збору та аналізу зібраних даних у бездротовій сенсорній мережі. Існуючі пристрої з такими встановленими модулями зможуть обмінюватися між собою інформацією, утворюючи бездротову сенсорну мережу. Для полегшення збору, аналізу та візуалізації даних будуть використовуватись хмарні платформи, які надають необхідний функціонал для реалізації поставлених задач.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка програмно-апаратного модуля збору даних у бездротових сенсорах мережах.

Об'єкт розробки – процес збору та аналізу зібраних даних у бездротовій сенсорній мережі.

Предмет розробки – автоматизована система збору даних у бездротових сенсорах мережах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- повести аналіз існуючих методів збору, передачі та зберігання даних у бездротових мережах;
- провести дослідження способів вирішення та визначення найкращого способу для розробки програмно-апаратного модуля збору даних;
- розробити алгоритм взаємодії модуля з хмарною платформою;
- провести огляд та аналіз існуючих технічних рішень;
- розробити апаратну частину програмно-апаратного модуля збору даних;
- розробити програмну частину програмно-апаратного модуля;
- оцінити ефективність розробленого програмно-апаратного модуля збору даних.

Кваліфікаційну роботу оформлено згідно з ДСТУ 3008:2015 [1], а також з рекомендаціями з підготовки і оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти [2-3].

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збір та аналіз даних необхідний багатьом організаціям для більш точного прийняття рішень. Це можуть бути параметри технологічних процесів у виробництві, інформація про товари на складах тощо. Однак, не існує ще такого пристрою, який можна було б застосувати абсолютно в будь-якій сфері, будь то промисловість чи складська логістика. Було б дуже зручно мати універсальне рішення щодо збору даних.

Процес збору та аналізу даних являє собою безпосередньо збір даних з об'єкта, передачу зібраних даних на сервер та аналіз даних на відповідному сервері. Для того щоб безпосередньо збирати дані та відправляти на сервер необхідно спочатку вибрати метод передачі даних та розташування сервера. У цьому розділі будуть розглянуті методи передачі на сервер і види розташування серверів. За підсумками огляду буде проведено аналіз та зроблено висновок – яка технологія передачі даних та вид сервера буде обраний для розробки універсального модуля у цій атестаційній роботі.

1.1 Розташування сервера

Вибір розташування сервера для розробки універсального програмно-апаратного модуля збору даних бездротової сенсорної мережі є необхідною частиною. На даний момент існує два основних види розташування серверів. У цьому розділі будуть описані види серверів як виділений локальний сервер і хмарний сервер.

1.1.1 Локальний виділений сервер

Така схема чудово підходить під невеликі (локальні) бездротові сенсорні мережі, проте на практиці дуже часто бездротова сенсорна мережа є дуже широкою географічно (навіть досягає масштабу кількох міст), і, хоча бездротові сенсорні мережі пропонують ретрансляцію для покриття великих територій (обмін даними від вузла до вузла до шлюзу) – це рішення підходить для рівномірної та щільної мережі.

На рисунку 1.1 зображено спосіб збирання даних на локальний сервер.

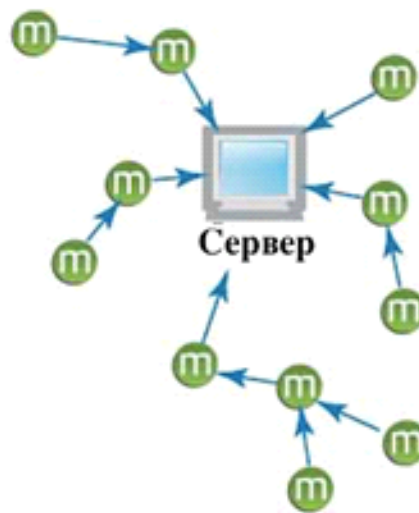


Рисунок 1.1 – Локалізований збір даних

1.1.2 Хмарний сервер

Іншим способом збирання даних є передача даних на хмарний сервер, який знаходиться у хмарі. Хмарний сервер – це віртуальний сервер, який відрізняється від фізичного сервера тим, що для підключення до нього потрібний вихід в інтернет. Цей сервер має ряд переваг:

- з документами та додатками можуть працювати одночасно декілька клієнтів;
- зниження витрат на дороге устаткування;

- динамічне розширення функціоналу при необхідності;
- динамічна область виділеної пам'яті.

В якості хмарного серверу можуть виступати хмарні платформи з різним функціоналом, наприклад, електронна пошта, бази даних, хостинги, сервіси для IoT. Існує кілька видів сервісів на хмарних серверах:

- інфраструктура як послуга – в даному випадку надаються обчислювальні потужності з якимись заданими конфігураціями, наприклад, такою інфраструктурою може бути хостинг;
- платформа як послуга – в даному випадку надається платформа, яка дає можливість розробки та розгортання програм, наприклад IBM Cloud;
- програмне забезпечення як послуга – в даному випадку у користування надається програмне забезпечення, наприклад це може бути Microsoft Office 365.

На рисунку 1.2 зображено спосіб збирання даних за допомогою хмарного сервера.



Рисунок 1.2 – Збір даних в хмару

Для реалізації такого рішення необхідно реалізувати програмно-апаратний модуль збирання даних у бездротових сенсорних мережах.

1.2 Мережеві технології

Комп'ютерні мережі складаються з набору обчислювальних машин, об'єднаних між собою в структуру. Однак, з'єднуватися між собою обчислювальні машини можуть за допомогою різних технологій та різними способами. Існують два основні способи з'єднання комп'ютерів у мережі – це дротове з'єднання та бездротове з'єднання. У цьому підрозділі буде описано наведені способи з'єднань комп'ютерів у мережі, а також будуть розглянуті технології, які використовуються при кожному з методів з'єднання.

1.2.1 Дротові мережі

Мережі, в яких використовуються дротовий спосіб з'єднання машин – називаються дротовими мережами. У даному випадку комп'ютери з'єднуються між собою фізичними дротами – кабелями і використовують різні топології.

Коаксіальний кабель [4,5] – це кабель, що складається з несиметричних пар провідників. Існує кілька різновидів коаксіального кабелю, які мають свої характеристики та призначення, а саме коаксіальний кабель для локальних мереж, глобальних мереж та для телебачення. Цей кабель вважається застарілим, оскільки він був дуже ненадійним і міг пошкодитися, якщо на нього випадково чимось натиснути. На рисунку 1.3 нижче показано структуру коаксіального кабелю.

Коаксіальний кабель переважно використовувався під час використання топології «шина». На сьогоднішній день переважно використовують виту пару та оптоволоконні кабелі.



Рисунок 1.3 – Коаксіальний кабель

Вита пара [4, 5] – це скручена пара проводів. Проводи скручуються для того, щоб зменшити вплив зовнішніх і взаємних завад на корисні сигнали, що передаються кабелем. Існує екранована та неекранована вита пара.

На рисунку 1.4 показано структуру витої пари.

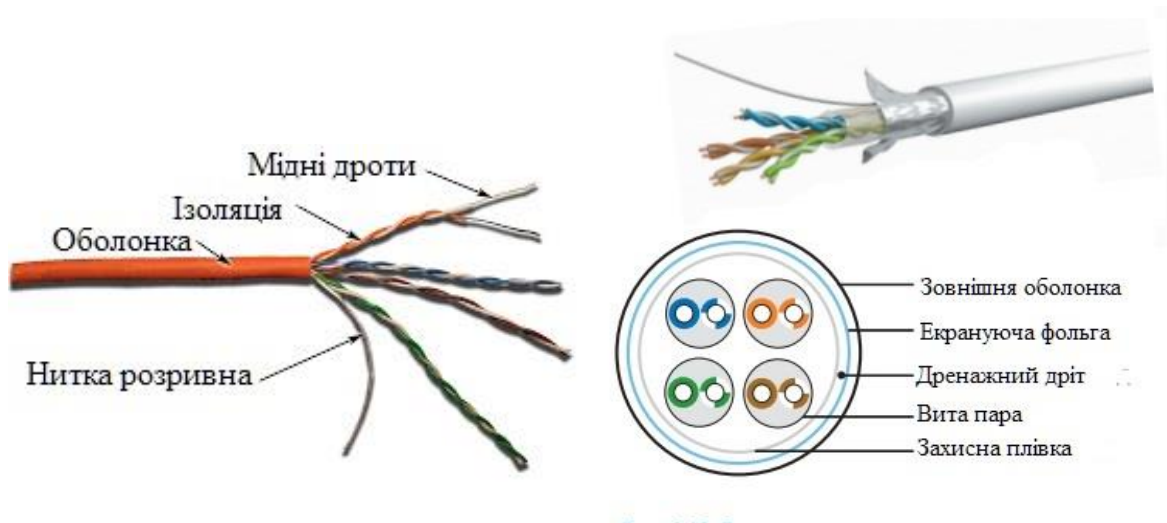


Рисунок 1.4 – Вита пара

Оптоволоконний кабель [6] – це кабель, що складається з гнучких скляних волокон, якими поширюються світлові сигнали. Вважається, що даний тип кабелю найбільш якісний і забезпечує дуже високу передачу даних, а також краще ніж інші кабелі забезпечує захист від завад.

На рисунку 1.5 показано структуру оптоволоконного кабелю.

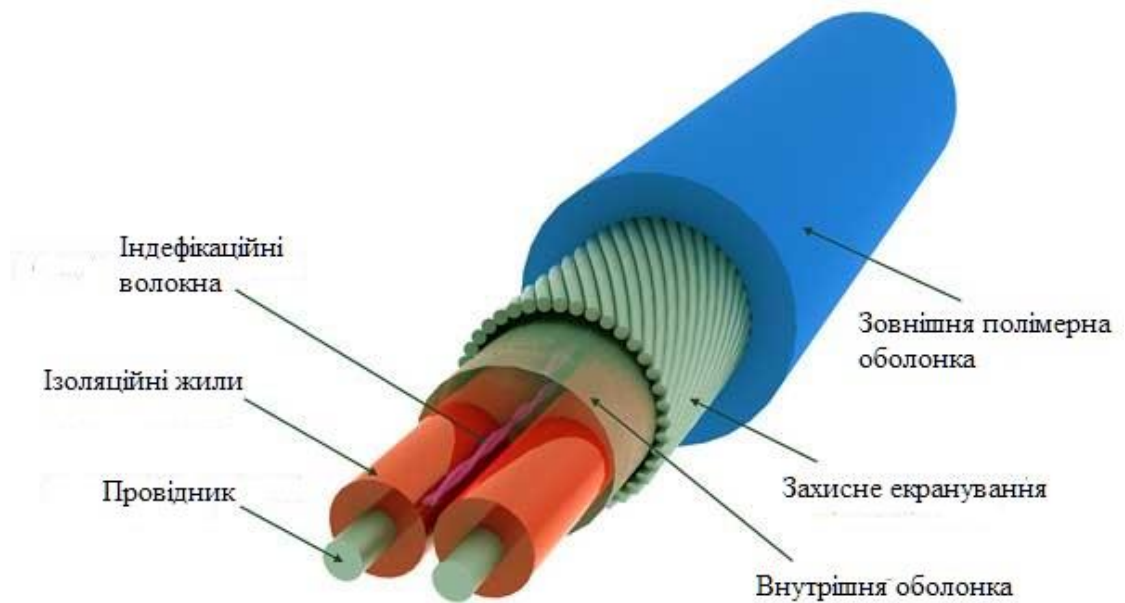


Рисунок 1.5 – Оптиковолоконний кабель

Технологія Ethernet – провідна технологія побудови провідних з'єднань, що витіснила технології Token ring та FDDI [6]. Технологія Ethernet визначає каналний рівень мережевої моделі OSI/ISO та визначається стандартами 802.3. Технологія Ethernet має свої переваги та недоліки.

Переваги:

- низька вартість побудови мережі;
- технологія, що розвивається;
- поширене рішення;
- широкий спектр пристроїв, що підтримують.

Недоліки:

- наявність завад, колізій;
- непередбачувані затримки під час завантаження мережі.

1.2.2 Бездротові мережі

Технологія Bluetooth [7, 8].

Одним із найпростіших способів бездротового зв'язку між двома пристроями є використання технології Bluetooth. З додаткового обладнання для

реалізації зв'язку за технологією Bluetooth потрібно лише Bluetooth-адаптер, причому для багатьох пристроїв наявність Bluetooth-адаптера є стандартом. Технологія Bluetooth визначається стандартом 802.15.1.

Переваги:

- універсальність;
- простота;
- розвиток Bluetooth з низьким енергоспоживанням;
- низька вартість;
- відсутність дротів.

Недоліки:

- низький рівень безпеки;
- можливі проблеми сумісності.

Технологія Wi-Fi [7,8] бездротова технологія передачі даних та забезпечення зв'язку з використанням радіоканалів. Пристрій, що називається точкою доступу, створює зону доступу Wi-Fi, перебуваючи в якій пристрої, що підтримують Wi-Fi технологію, можуть обмінюватися даними через цю точку доступу. Технологія Wi-Fi визначається стандартами 802.11.

Переваги:

- відсутність дротів;
- висока пропускна спроможність передачі;
- низька вартість.

Недоліки:

- велика кількість перешкод на частоті 2,4 ГГц;
- зменшення зони покриття через особливості приміщення;
- середній рівень енергоспоживання.

Технологія ZigBee [9] – прямий конкурент енергоефективного Bluetooth. Технологія ZigBee визначається стандартом 802.15.4. У технології використовується побудова комірчастої (Mesh) структури.

Переваги:

- низьке енергоспоживання;

– можливість роботи у діапазонах нижче 1 ГГц.

Недоліки:

- складна структура мережі (Mesh);
- низька пропускна спроможність передачі.

Технологія 4G LTE [10] – четверте покоління (4G) мобільного зв'язку, відмінністю якого є висока пропускна здатність передачі даних.

Переваги:

- висока пропускна спроможність.

Недоліки:

- найвищий рівень споживання енергії.

1.2.3 Порівняння бездротових технологій

Програмно-апаратний модуль збору даних буде розроблений у варіанті бездротової мережі, тому необхідно вибрати бездротову технологію, на якій буде засновано цю розробку. Критерії для порівняння технологій будуть наступними:

- частотний діапазон;
- пропускна здатність;
- дальність;
- потужність, що споживається;
- робочий діапазон температур;
- поширеність;
- вартість реалізації.

У таблиці 1.1 показано порівняння бездротових технологій за перерахованими вище критеріями.

Таблиця 1.1 – Порівняння бездротових технологій

Критерій/ Платформа	Bluetooth	Wi-Fi	ZigBee	4G LTE
Частотний діапазон, ГГц	2,4 - 2,483	2,4 - 2,5 або 5,0	2,4 - 2,483	0,7 - 2,7

Продовження таблиці 1.1

Критерій/ Платформа	Bluetooth	Wi-Fi	ZigBee	4G LTE
Пропускна спроможність, Кбіт/с	723,1	802.11a/g - 54000 802.11b - 11000 802.11n - до 600000	250	(2x2 MIMO) 173 000/56 000/21 625/7000 (4x4 MIMO) 326 000/86 000/40 750/10 750
Дальність, м	10/100	до 300	до 100	30000
Потужність, мВт	1 - 2,5	50 – 100	1	2500
Робочий діапазон температур, °C	-40..+105	-40..+90	-40..+85	-40..+85
Поширеність	висока	висока	середня	середня
Вартість реалізації, \$	4+10(MCU)	4	25	405

Виходячі з аналізу таблиці 1.1 для розробки програмно-апаратного модуля збору даних у бездротовій сенсорній мережі буде обрано бездротову технологію передачі даних Wi-Fi. Вартість модулів Wi-Fi дуже низька. Ця технологія дуже поширена на сьогоднішній день і за її допомогою досить просто реалізувати необхідний програмно-апаратний модуль.

2 ВИБІР МЕТОДІВ ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО МОДУЛЯ

2.1 Огляд хмарних платформ

IBM Cloud [11] – це хмарна платформа, що надає різні послуги для розробки та розгортання мобільних, інтеграційних програм, а також web-додатків.

IBM Cloud є відкритою платформою з розширеною пробною версією і має низку переваг:

- підтримується багато мов програмування;
- є вибір способу середовища виконання коду;
- є вбудована підтримка повного циклу розробки програми;
- є багато сервісів.

Також є можливість push-повідомлень.

Azure IoT Suite [12] – це хмарний сервіс розробки рішень для інтернету речей, що надається компанією Microsoft і ґрунтується на службі «Центр IoT Azure». Так само, як і IBM Cloud має широкий спектр можливостей, підтримує велику кількість мов програмування та ін. Також цей сервіс має гарну масштабованість і має попередньо налаштовані рішення для швидкого початку роботи з нею, якщо це потрібно. Однак цей сервіс не є повністю безкоштовним. Існує як пробна версія використання, мета якої дати користувачу спробувати роботу в цьому сервісі. У пробній версії можна оперувати лише невеликим обсягом даних. Інші версії використання, що оперують великим обсягом даних платні, можна вважати мінусом цього сервісу.

Cisco IOx [13] – це реалізація хмарного обчислення компанією Cisco. Це досить гнучка платформа з безліччю можливостей, яких немає у Microsoft Azure IoT Suite та IBM Cloud, а саме лише Cisco має можливість використовувати мережні пристрої для роботи: комутатори, маршрутизатори свого виробництва.

Також IOx дозволяє розробникам додатків працювати із середовищем Linux. IOx забезпечує підтримку різних пристроїв, що працюють на периферії мережі з можливістю розміщення додатків і послуг, з'єднання їх безпечно і надійно з хмарними програми. Додаток охоплює всі аспекти життєвого циклу програм, включаючи розробку, розповсюдження, впровадження, хостинг, моніторинг та управління.

PTC ThingWorx [14] – це хмарна платформа для інтернету речей компанії PTC. Дана платформа дозволяє створювати нові віджети, або використовувати вже наявні для розробки нових програм. Так само, як і платформа IBM Cloud підтримує багато мов програмування. Є пробна версія на 30 днів. Інші характеристики платформи наведено у таблиці 2.1.

У таблиці 2.1 показані технічні характеристики, які мають проаналізовані платформи.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики хмарних платформ

Критерій /Платформа	IBM Cloud	Microsoft Azure IoT Suite	Cisco IOx	ThingWorx
Власний або відкритий код	власний, в основі лежить відкритий код	власний	власний	власний
Підтримувані протоколи	HTTP, MQTT, MQTT over WebSockets	AMQP, AMQP over WebSockets, MQTT, HTTP/1	HTTP, MQTT, CoAP	HTTP, MQTT, RabbitMQ
Формат даних, що підтримується	JSON	JSON	JSON	Not specified
Транспортна безпека	TLS	TLS	TLS	TLS
Спосіб аутентифікації	API Key and authentication token; User defined token	Token based Authentication; X.509 certificates	X.509 certificates; RFID; shared secret	Application Key

2.2 Вибір платформи

Спираючись на проведений вище огляд платформ, необхідно вирішити яку платформу використовувати в рамках даної роботи. Для того, щоб вибрати найкращу платформу, необхідно порівняти описані вище чотири хмарні платформи різних компаній. Для порівняння платформ виділено такі критерії:

- наявність пробної версії;
- підтримка протоколу MQTT;
- візуалізація даних;
- наявність GUI інтерфейсу;
- наявність інтегрованого середовища розробки;
- наявність засобів аналізу даних;
- наявність сховища;
- моніторинг;
- підтримка.

У таблиці 2.2 показано порівняння платформ за виділеними критеріями.

Таблиця 2.2 – Порівняння хмарних платформ

Критерій/Платформа	IBM Cloud	Microsoft Azure IoT Suite	Cisco IOx	ThingWorx
Пробна версія	+	+	+	+
Підтримка протоколу MQTT	+	+	+	+
Візуалізація даних	+	+	+	+
GUI інтерфейс	+	+	+	+
Інтегроване середовище розробки	+	-	-	-
Засоби аналізу даних	+	+	+	+
Сховище	+	+	+	+
Моніторинг	+	+	+	+
Підтримка	+	+	+	+

Для програмно-апаратного модуля, що розробляється, обрана хмарна платформа IBM Cloud, оскільки дана платформа повністю відповідає всім

заявленим критеріям.

2.3 Вимоги до програмно-апаратного модуля

До програмно-апаратного модуля, що розробляється, будуть пред'явлені наступні вимоги:

- апаратна частина модуля повинна мати компактний розмір;
- апаратна частина модуля повинна мати широкий діапазон температур;
- апаратна частина модуля має підтримувати технології Wi-Fi;
- апаратна частина модуля має підтримувати протоколи 802.11 b//g/n;
- апаратна частина модуля повинна збирати та надсилати отримані дані на хмарний сервер;
- програмна частина модуля має отримувати зібрані дані від апаратної частини;
- програмна частина модуля має аналізувати зібрані дані від апаратної частини;
- програмна частина модуля повинна візуалізувати зібрані дані апаратної частини;
- програмна частина модуля повинна зберігати зібрані дані від апаратної частини у базі даних.

3 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ

3.1 Алгоритм взаємодія модуля з хмарною платформою

Модуль підключається до шлюзу або безпосередньо до датчика, якщо це єдиний датчик. Модуль підключається до Інтернету, використовуючи підключення Wi-Fi до існуючих точок доступу. Використовуючи протокол MQTT (рисунок 3.1), зібрані дані передаються на сервер Cloud, де дані зберігаються в Cloadant NoSQL DB. Зібрані дані аналізуються та візуалізуються у вигляді графіків. При виході за межі допустимого інтервалу значень відбувається сповіщення за допомогою електронної пошти та SMS, використовуючи сервіс Twilio (рисунок 3.2).

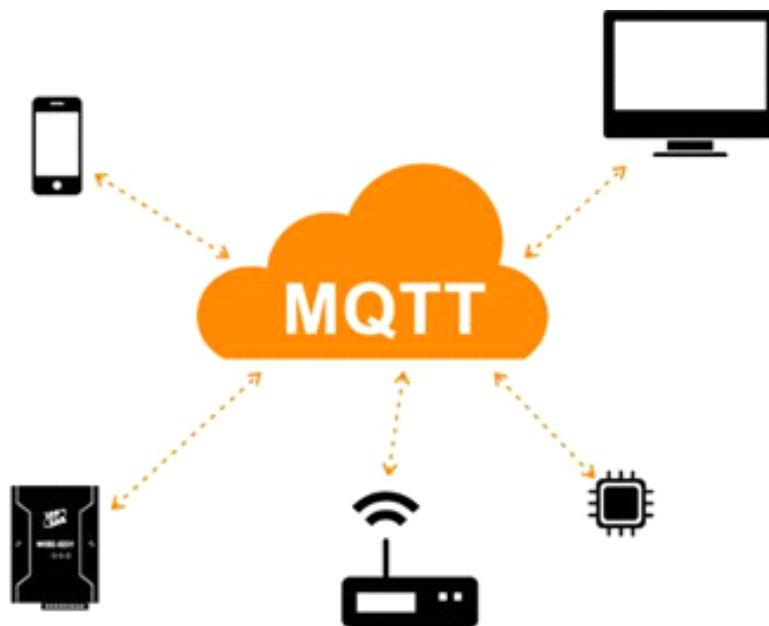


Рисунок 3.1 – Протокол MQTT

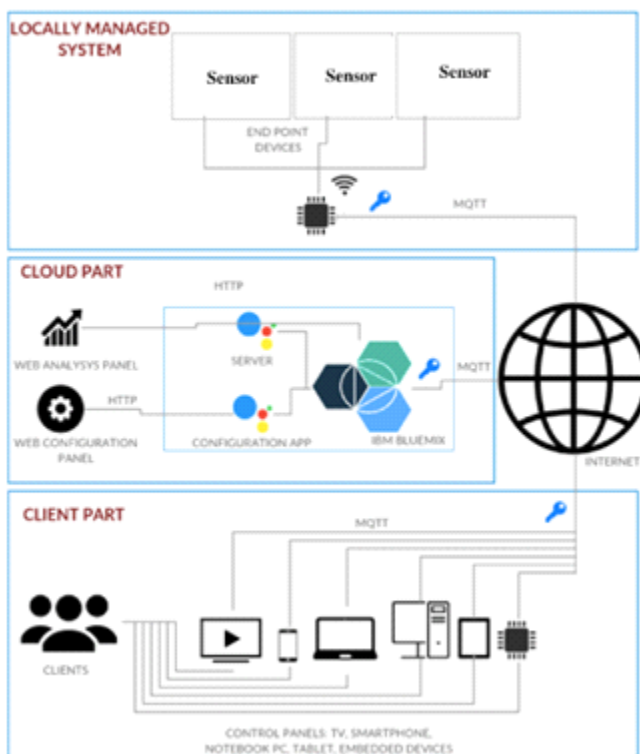


Рисунок 3.2 – Схема системи

Message Queue Telemetry Transport – компактний протокол обміну даних, відмінною рисою якого є легкість і відкритість, тому може використовуватися при низькій пропускну здатності каналу, що дозволяє використовувати його в M2M (Міжмашинна взаємодія) та IoT (Інтернет речей).

Протокол Message Queue Telemetry Transport працює над TCP/IP на порту 1883 чи 8883 порт використання Message Queue Telemetry Transport через SSL (рисунок 3.3).

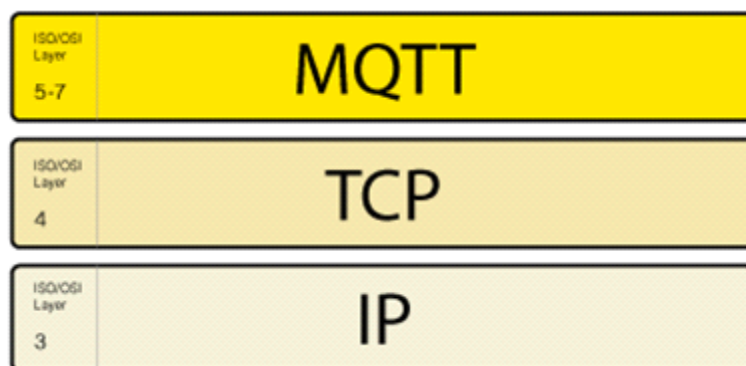


Рисунок 3.3 – Розташування протоколу MQTT в моделі OSI

Протокол Message Queue Telemetry Transport протокол працює за

принципом видавець-передплатник (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Принцип роботи MQTT

Відмінні риси протоколу MQTT:

- компактність повідомлень, що передаються;
- можливість роботи за низької пропускної спроможності мережі;
- підтримка QoS;
- проста масштабованість.

3.2 Розробка пристрою

Для надсилання даних на хмару було обрано Wi-Fi модуль із MCU ESP-201 серії ESP8266. ESP-201 серії ESP8266 працює без додаткового МК завдяки мікроконтролеру класу 8051, що входить до складу мікросхеми ESP8266EX, і наявності 80 Кб ОЗУ DRAM і високошвидкісної пам'яті IRAM [15]. Є як вбудована антена, і гніздо для підключення зовнішньої антени (рисунок 3.5).

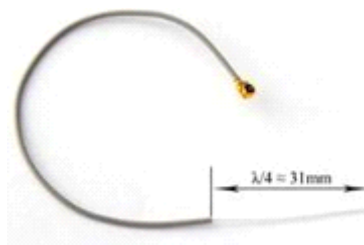


Рисунок 3.5 – Зовнішня антена для діапазону 2,4 ГГц

Для підключення до комп'ютера використовуватиметься конвертер USB-TTL. Як датчик для первинного тестування буде використовуватися

ультразвуковий далекомір HC-SR04 (рисунок 3.6) [16].



Рисунок 3.6 – Ультразвуковий далекомір HC-SR04

Ультразвуковий далекомір HC-SR04 вимагає живлення 5 В, а Wi-Fi модуль ESP-201 серії ESP8266 не толерантний до живлення 5 В (вимагає 3,3 В, а при перевищенні живлення 3,6 В вже згоряє). Тому для живлення далекоміру HC-SR04 використовуватиметься зовнішній акумулятор Noox Infinity 7800 мА·год, а для живлення Wi-Fi модуля ESP-201 серії ESP8266 буде використаний перетворювач RP022 5 В → 3,3 В.

Для прошивки та збору налагоджувальної інформації використовується USB-TTL. Зв'язок модуля із сервером IBM Cloud забезпечується через Wi-Fi. Структурна схема представлена на рисунку 3.7.

Важливими перевагами Wi-Fi модуля є малий розмір, низька ціна та широкий вибір з модифікацій починаючи від ESP-01 серії ESP8266 (рисунок 3.8), що має мінімальний розмір та найнеобхідніші виведені порти та вбудовану антену, до ESP-201 серії ESP-8266 (рисунок 3.9) має крім вбудованої антени, гніздо для встановлення зовнішньої антени, та всі можливі виведені порти.

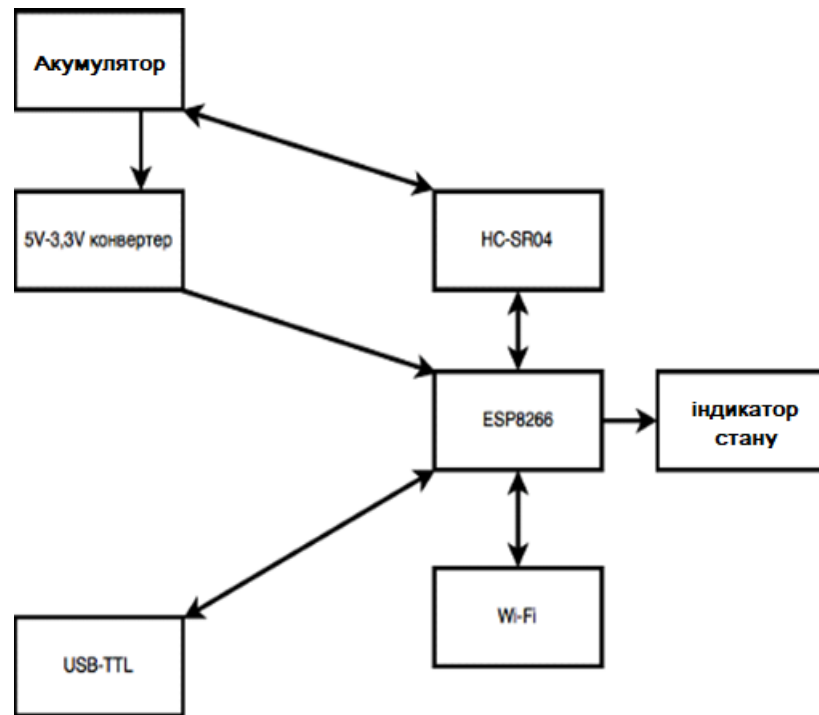


Рисунок 3.7 – Ультразвуковий далекомір HC-SR04

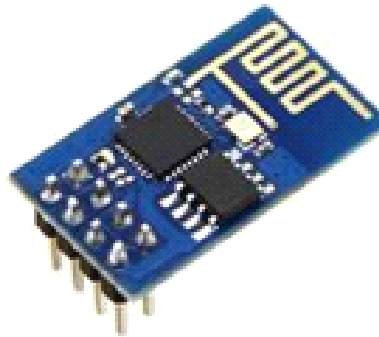


Рисунок 3.8 – ESP-01 серії ESP8266

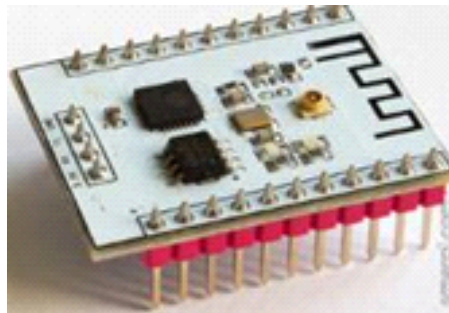


Рисунок 3.9 – ESP-201 серії ESP8266

Модуль EMW3165 (рисунок 3.10), представлений компанією Seeed Studio, є конкурентним рішенням ESP8266. На EMW3165 встановлюється мікроконтролер STM32F4 з ядром ARM Coretex M4, який працює на частоті понад 99 МГц (ESP8266 тільки до 80 МГц) [17]. Однак у результаті даний модуль має більший розмір та ціну.



Рисунок 3.10 – Модуль EMW3165

У цій роботі для розробки програмно-апаратного модуля збору даних буде взято за основу Wi-Fi модуль ESP-201 серії ESP8266. У таблиці 3.1 представлені технічні характеристики Wi-Fi модулів ESP-201 серії ESP8266 та EMW3165.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики Wi-Fi модулів ESP-201 серії ESP8266 та EMW3165

Характеристики	ESP-201 серії ESP8266	EMW3165
Процесор, МГц	Tensilica L106 32-bit, 80	Cortex-M4, 100
Wi-Fi	802.11b/g/n	802.11b/g/n
Підтримуване шифрування	WEP, WPA, WPA2	WEP, WPA, WPA2
Напруга живлення, В	2...3,6	3...3,6
Споживаний струм, мА	до 215	до 320
GPIO	16	22
Інтерфейси	UART, I2C, SPI, PWM	JTAG, SWD
Вбудована антена	так	так
Зовнішня антена	так	так
Flash пам'ять, МБ	до 4	до 2
RAM даних, кБ	80	128
RAM інструкцій, кБ	64	64
Вартість, \$	4	9

Схема апаратної частини наведена на рисунку 3.11.

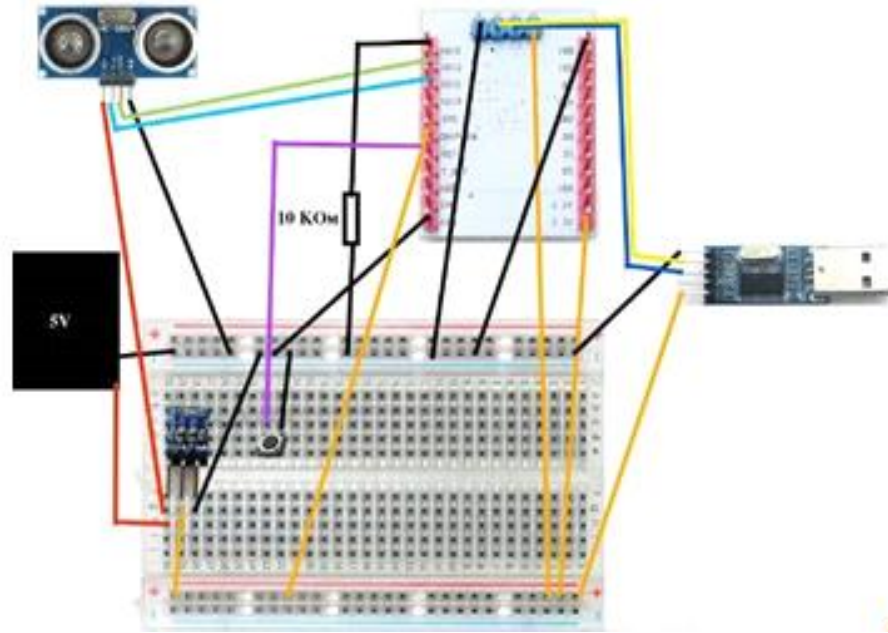
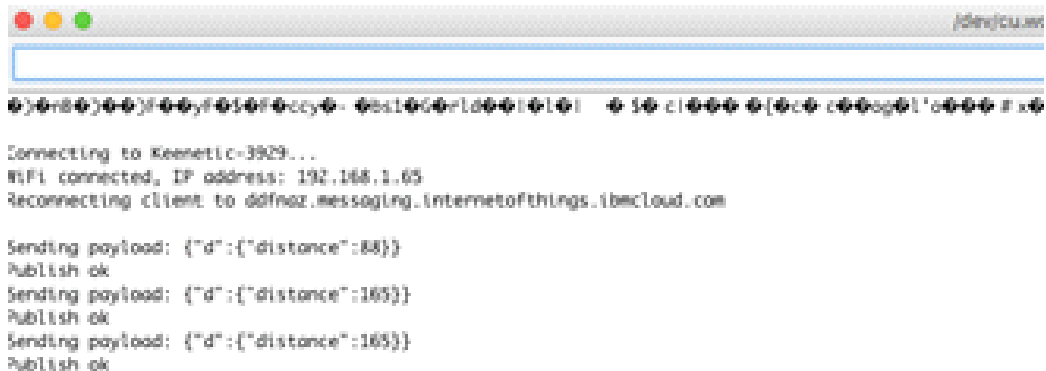


Рисунок 3.11 – Схема апаратної частини

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ

Модуль підключається до комп'ютера через USB-TTL конвертер для відображення налагоджувальної інформації через монітор порту (рисунок 4.1). Перші артефакти пояснюються налагоджувальною інформацією модулем, що відсилається, на іншій частоті, потім йде повідомлення про спробу підключення до точки доступу з ім'ям Keenetic-3929. Точками відображається очікування підключення. На наступному рядку йде підтвердження підключення та отримана IP адреса. Після цього відбувається підключення до брокера, що надається платформою IBM Cloud. Після чого відправляється повідомлення брокеру з навантаженням у вигляді відстані вимірюваного ультразвуковим далекоміром HC-SR04.



```

Connecting to Keenetic-3929...
WiFi connected, IP address: 192.168.1.65
Reconnecting client to diffnoz.messaging.internetofthings.ibmcloud.com

Sending payload: {"d":{"distance":88}}
Publish ok
Sending payload: {"d":{"distance":160}}
Publish ok
Sending payload: {"d":{"distance":160}}
Publish ok

```

Рисунок 4.1 – Монітор порту

4.1 Створення основи програми

Для початку треба написати основну пропозицію, яка реалізовуватиме найпростіше отримання даних, з наступним виводом результату у вікно налагодження

На платформі IBM Cloud слід додати опис пристрою, в даному випадку модуля (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Порожній диспетчер пристроїв

При додаванні пристрою необхідно вказати тип пристрою, але оскільки його ще немає, необхідно спочатку його створити (рисунок 4.3).

Рисунок 4.3 – Вказівка типу пристрою

Далі слід вибрати створений тип пристрою (рисунок 4.4).

Рисунок 4.4 – Створений тип пристрою

Далі потрібно вказати деякі параметри, такі як ID і Serial Number (рисунок 4.5).

Add Device

Device Info

Device ID is the only required information, however other fields are populated according to the attributes set in the selected device type. These values can be overridden, and attributes not set in the device type can be added.

Device ID	Module_01
Serial Number	50c7f2d398

Рисунок 4.5 – Завдання параметрів

Далі потрібно вибрати автоматичне отримання ключа Token. Token – це ключ безпеки, використовується для підключення пристрою до хмари, проте він не відновлюється, і якщо відбулася його втрата, то доведеться заново перетворювати пристрій у диспетчері пристроїв (рисунок 4.6).

Add Device

Security

You have two options:

Auto-generated authentication token

Allow the service to generate an authentication token for you. This token will be 38 characters long and will contain a mix of alphanumeric characters and symbols. The token will be returned to you at the end of the registration process.

Self-provided authentication token

Provide your own authentication token for this device. The token must be between 8 and 38 characters long, and should contain a mix of lower and upper case letters, numbers, and symbols (hyphen, underscore, exclamation-point, ampersand, at sign, question mark, period, right and left parentheses are permitted). The token should be free of repetition, dictionary words, user names, and other predefined sequences.

Provide a token (optional)

Рисунок 4.6 – Вибір ключа Token

Далі має бути одержано підтвердження параметрів (рисунок 4.7).

Summary

Please check that all submitted information for this device is correct before adding this device.

Device Type	Module
Device ID	Module_01
Serial Number	5ccf7f2d498
Manufacturer	"
Model	"
Class	"
Description	"
Firmware Version	"
Hardware Version	"
Descriptive Location	"
Authentication Token	To be generated

Рисунок 4.7 – Підтвердження параметрів

На рисунку 4.8 показано, що пристрій створено. Для безпеки Token закрито.

Organization ID	ddfraz
Device Type	Module
Device ID	Module_01
Authentication Method	token
Authentication Token	<div style="background-color: red; width: 100px; height: 15px;"></div>

Authentication tokens are non-recoverable. If you misplace this token, you will need to re-register the device to generate a new authentication token.

Рисунок 4.8 – Пристрій створено

На рисунках 4.9 і 4.10 показаний створений модуль диспетчері пристроїв. На рисунку 4.9 він ще не підключений до хмари, на рисунку 4.10 – підключений.



Рисунок 4.9 – Модуль не підключений до хмари



Рисунок 4.10 – Модуль підключений до хмари

Далі для створення програми необхідно на платформі вибрати internet of things platform starter (рисунок 4.11)

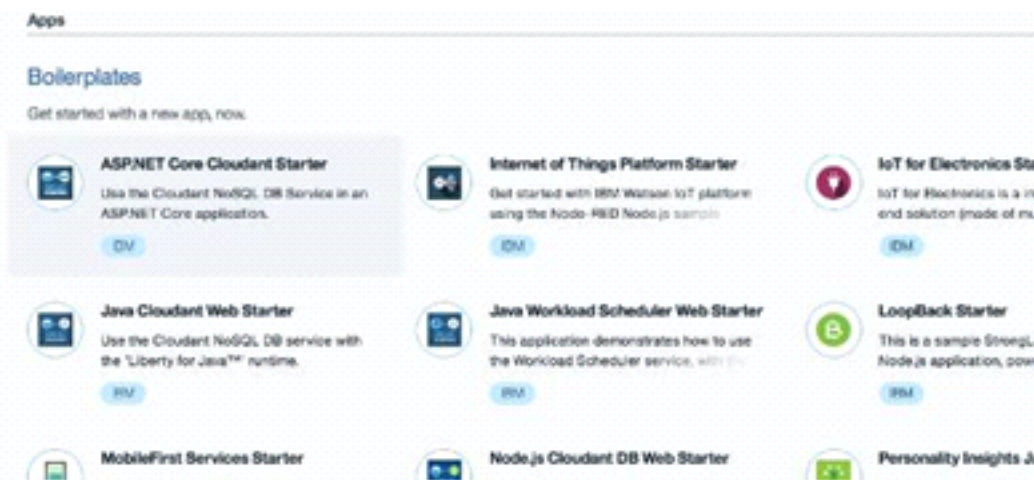


Рисунок 4.11 – Вибір програми

Вікно створення програми з параметрами (рисунок 4.12).

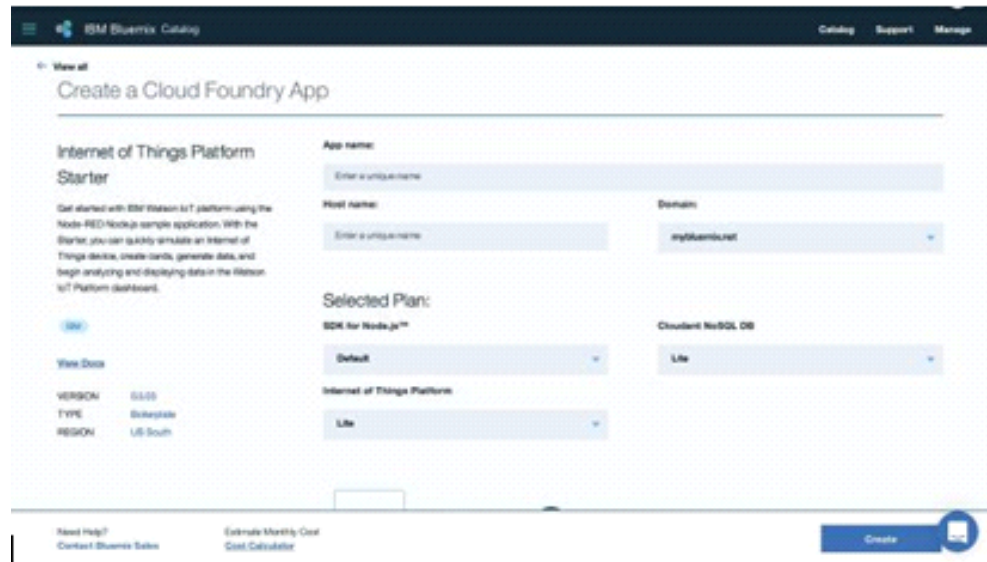


Рисунок 4.12 – Створення програми

Додаток створено з підключеними сервісами (рисунок 4.13).

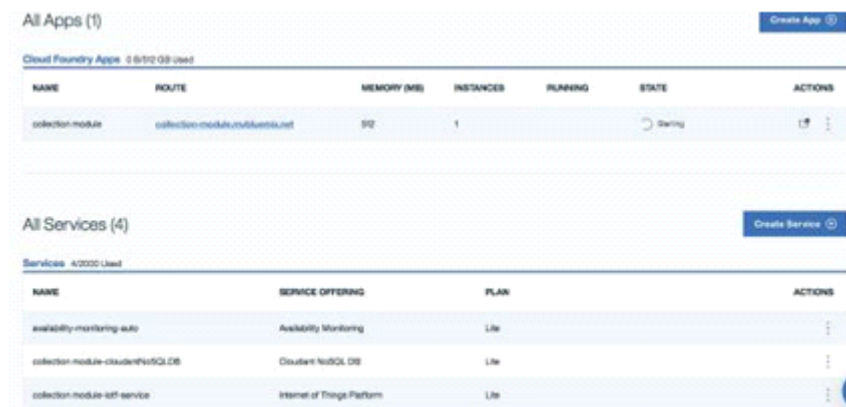


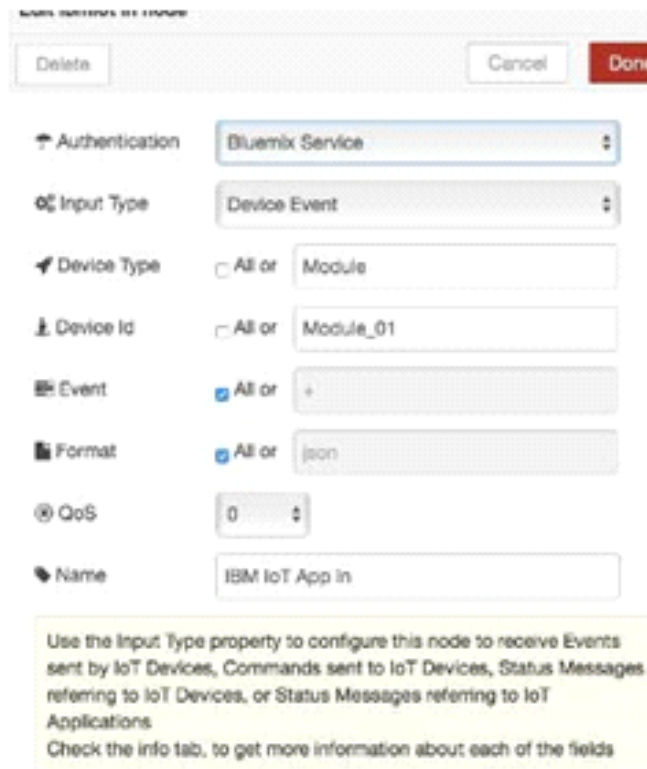
Рисунок 4.13 – Додаток створено

В результаті створення додатку була написана найпростіша програма в середовищі node-red, яка виводитиме отримані повідомлення з модуля у вікно налагодження (рисунок 4.14).



Рисунок 4.14 – Програма виводу отриманих повідомлень

На рисунках 4.15 та 4.16 показані параметри вузла IBM та вікно налагодження.



Рисункок 4.15 – Параметри IBM IoT App in



Рисунок 4.16 – Вікно налагодження

Таким чином можна зробити висновок, що програма функціонує нормально і виконує покладену на себе функцію – збір даних з модуля. Далі необхідно розширити функціонал програми:

- додавання зібраних даних до бази даних;
- повідомлення про перевищення максимального значення по e-mail;
- повідомлення про перевищення максимального значення по SMS;
- повідомлення про значення менш мінімального по e-mail;
- повідомлення про значення менш мінімального за SMS;
- візуалізація зібраних даних, використовуючи засоби IBM Cloud.
- внесення даних, що збираються в базу.

Зібрані дані потрібно зберігати у базі даних. IBM Cloud пропонує широкий вибір баз даних: Cloudant NoSQL, Mongo, MySQL, PostgreSQL, ReThinkDB. ScyllaDB (рисунок 4.16).

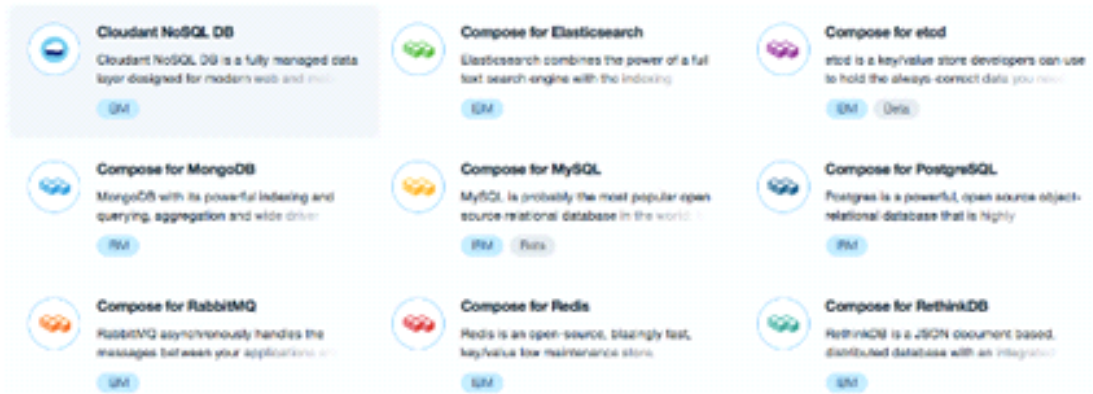


Рисунок 4.16 – Пропоновані послуги для роботи з даними

Для вирішення наших задач будемо використовувати Cloudant NoSQL DB, оскільки IBM надає безкоштовний тариф для роботи з цим сервісом (рисунок 4.17).

PLAN	FEATURES	PRICING
✓ Lite	1 GB of data storage Provisioned throughput capacity: 20 Lookups/sec 10 Writes/sec 5 Queries/sec	Free

The Lite plan provides access to the full functionality of Cloudant for development and evaluation. The plan has a set amount of provisioned throughput capacity as shown and includes a max of 1GB of encrypted data storage.

Рисунок 4.17 – Тариф Lite Cloudant NoSQL BD

Cloudant NoSQL DB – послуга баз даних для сучасних web- і мобільних додатків, що працюють за JSON схемою. Cloudant є надбудовою Apache Couch DB і забезпечує доступ через безпечний HTTPS API та масштабування за необхідності.

Після додавання Cloudant NoSQL DB та подальшого додавання бази collection для зберігання зібраних даних, необхідно перейти за адресою <<https://collection-module.mycloud.net>> за якою ми отримаємо доступ до раніше створеної програми та додамо запис зібраних даних до раніше створеної бази колекції. І опишемо додавання запису до бази даних (рисунок 4.18).

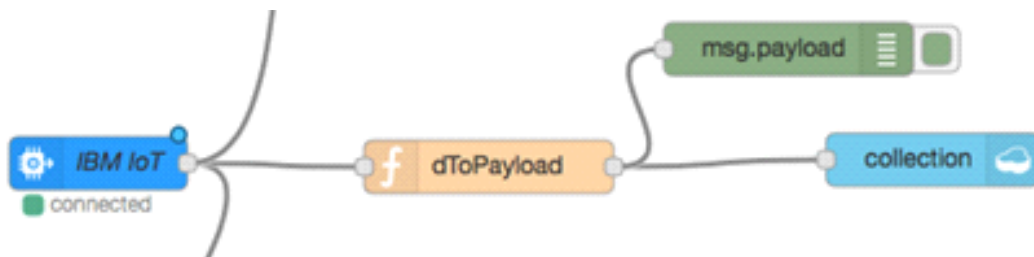


Рисунок 4.18 – Блок запису одержуваних даних у базу даних

Вузол IBM IoT – надає можливість отримання даних від модуля. Потім повідомлення передається блоку dToPayload, у якому інформація з блоку даних переноситься у навантаження (це потрібно для наступного вузла) (рисунок 4.19).

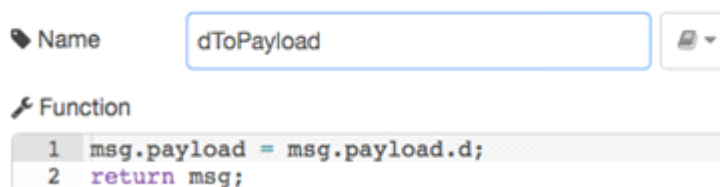


Рисунок 4.19 – Блок dToPayload

Вузол dToPayload передає повідомлення у вузол collection, який зберігає навантаження повідомлення в базу даних collection (рисунки 4.20 - 4.21).

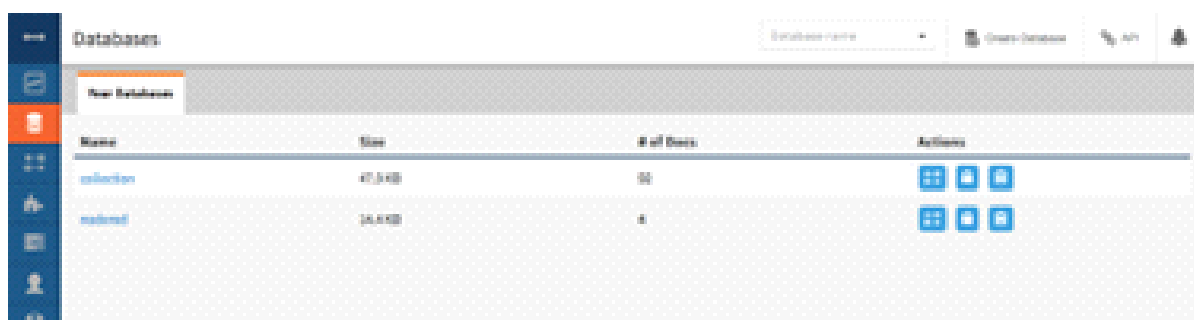


Рисунок 4.20 – Панель Cloudbant NoSQL DB

se Docs			
Document ID			
data	email	maxdata	mindata
6	sekorobov@gmail.com	70	3
4	sekorobov@gmail.com	70	3
180	sekorobov@gmail.com	70	3
14	sekorobov@gmail.com	70	3

Рисунок 4.21 – Внесені дані до бази

Е-mail повідомлення Cloud надає можливість відправлення повідомлень електронною поштою та/або SMS. І тому необхідно модифікувати схему програми (рисунок 4.22).

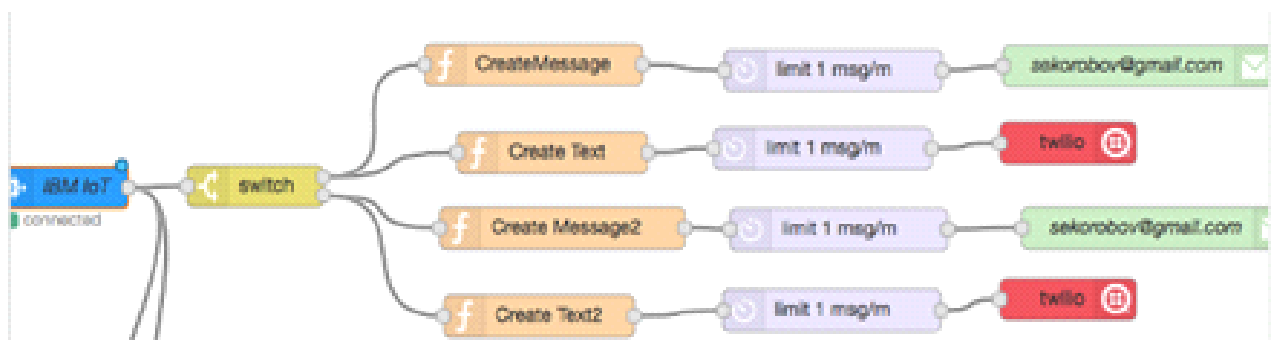


Рисунок 4.22 – Схема для надсилання повідомлень

Вузол IBM IoT передає отримане повідомлення вузлу switch, який виходячи з назви відповідає за поділ. В даному випадку розглядається два випадки:

- порушення допустимого інтервалу нижче за мінімальний;
- порушення допустимого інтервалу вище максимального.

У разі порушення допустимого інтервалу вузол switch передає отримане повідомлення одній з двох пар вузлів CreateMessage і Create Text, які забезпечують необхідну попередню модифікацію повідомлення для наступних вузлів (рисунок 4.23 і рисунок 4.24).

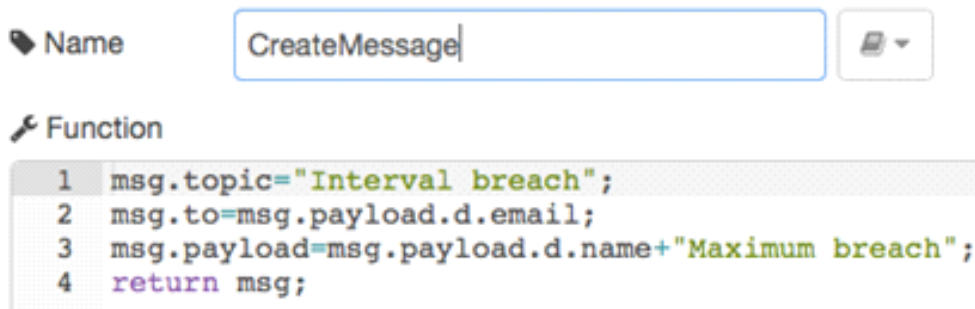


Рисунок 4.23 – Параметри вузла CreateMessage

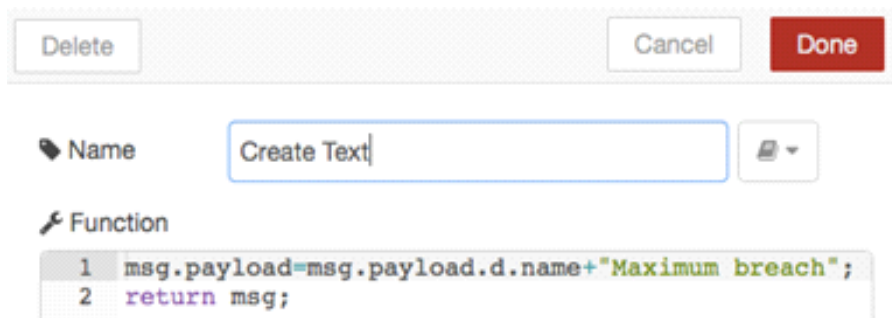


Рисунок 4.24 – Параметри вузла Create Text

Потім було встановлено вузол обмеження відправлення повідомлення до 1 повідомлення кожного типу за хвилину. Після цього сформовані повідомлення передаються вузлам відправки SMS/e-mail. Надсилання e-mail повідомлень здійснюється за протоколом SMTP. Налаштування вузла представлені на рисунку 4.25, отримане e-mail повідомлення на рисунку 4.26.

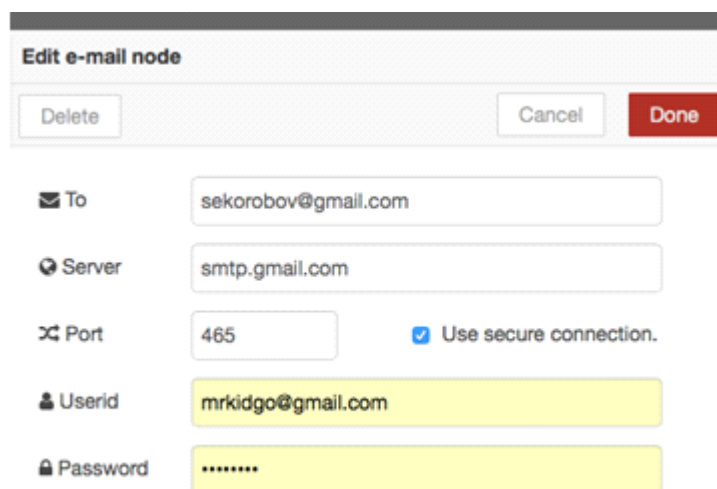


Рисунок 4.25 – Параметри вузла надсилання e-mail повідомлення

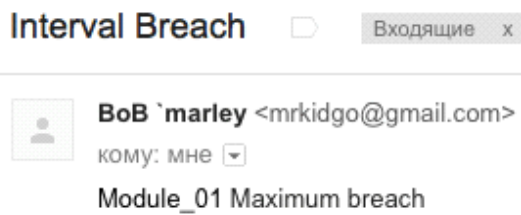


Рисунок 4.26 – Отримане e-mail повідомлення

Надсилання sms IBM Cloud надає через сторонній сервіс Twilio. При реєстрації в якому необхідно внести до програми SID і токен облікового запису Twilio, а також номер для надсилання повідомлень (рисунок 4.27).

 The image shows a web form titled "twilio out > Edit twilio-api node". At the top, there are three buttons: "Delete", "Cancel", and "Update" (which is highlighted in red). Below the buttons, there are four input fields:

- "Account SID" with the value "AC52bc30a97ce912d1e0dcdff0c677cdad0"
- "From" (with an envelope icon) with the value "+17864776972"
- "Token" (with a lock icon) with a masked value "*****"
- "Name" (with a tag icon) with the value "twilio"

Рисунок 4.27 – Внесення до додатку параметрів облікового запису Twilio

Безкоштовне надсилання SMS Twilio надає на один підтверджений номер, також текст повідомлення обов'язково має бути написаний латиницею. Після внесення параметрів облікового запису Twilio потрібно також налаштувати вузол twilio (рисунки 4.28 – 4.29).

Edit twilio out node

Delete Cancel Done

Service External service

Twilio twilio

SMS to +79999646403

Name Name

Рисунок 4.28 – Налаштування вузла twilio

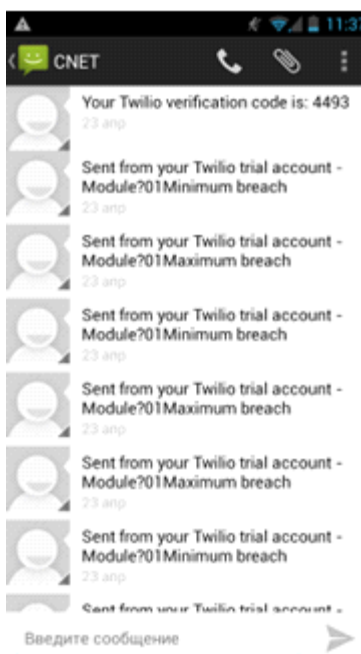


Рисунок 4.29 – Отримані SMS через сервіс twilio

Побудова графіків зібраних даних Cloud надає простий інструмент для формування різних графіків на основі зібраних даних. Візуалізація виконується додаванням карток на панель IBM Cloud, під час створення якої необхідно вибрати дані для візуалізації та тип графіка для побудови (рисунок 4.30).

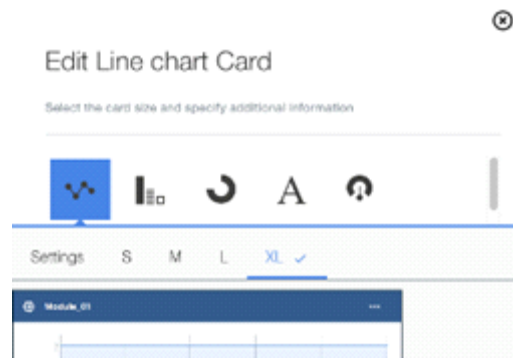


Рисунок 4.30 – Параметри картки візуалізації

Cloud дозволяє візуалізувати дані за допомогою лінійних, кругових діаграм, графіків, таблиць та шкали (рисунок 4.31).



Рисунок 4.31 – Візуалізація даних, що збираються

4.2 Оцінка ефективності розробленого програмно-апаратного модуля

Мета – організувати збір даних із ультразвукового далекоміра HC-SR04, збереження зібраних даних у базу даних на сервері IBM Cloud, побудувати графік на основі отриманих даних, сповістити E-mail/SMS про вихід за межі допустимих значень.

Вимоги:

- отримання модулем даних від датчика;
- відправлення даних на сервер IBM Cloud;

- дані доступні для перегляду через хмарний сервіс;
- відбувається повідомлення SMS/Email.

Базовий тест

Відправлення даних на сервер IBM Cloud (рисунок 4.32).



```
info | debug
iot-2/type/ModuleId/Module_01/evt/status/fmt/json :
msg.payload : Object
=object
  d: object

13.04.2017, 10:23:31 node: aabde14a.201d00
iot-2/type/ModuleId/Module_01/evt/status/fmt/json :
msg.payload : Object
=object
  d: object
    distance: 166

13.04.2017, 10:23:36 node: aabde14a.201d00
iot-2/type/ModuleId/Module_01/evt/status/fmt/json :
msg.payload : Object
=object
  d: object
    distance: 165
```

Рисунок 4.32 – Виведення у вікно налагодження отриманих повідомлень серверу IBM Cloud

У програмі встановлені вузли Debug, які виводять у вікно налагодження повідомлення від модуля, таким чином можна переконатися в успішному отриманні даних сервером.

Візуалізація зібраних даних (рисунок 4.33).



Рисунок 4.33 – Зібрані дані доступні для перегляду через «хмарний» сервіс у вигляді графіка

Хмарна програма заносить дані в базу даних. У такий спосіб доступний перегляд даних через хмарний сервіс у вигляді таблиці. Так само ведеться побудова графіка даних, що збираються в реальному часі (рисунок 4.34).

de Docs		Document ID	Options
data	email	maxdata	mindata
6	sekorobov@gmail.com	70	3
4	sekorobov@gmail.com	70	3
180	sekorobov@gmail.com	70	3
14	sekorobov@gmail.com	70	3

Рисунок 4.34 – Зібрані дані внесено до бази даних

Надсилання SMS/e-mail (рисунок 4.35 - 4.36).

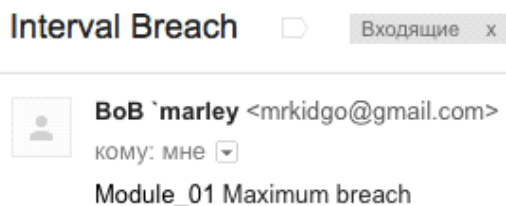


Рисунок 4.35 – E-mail оповіщення

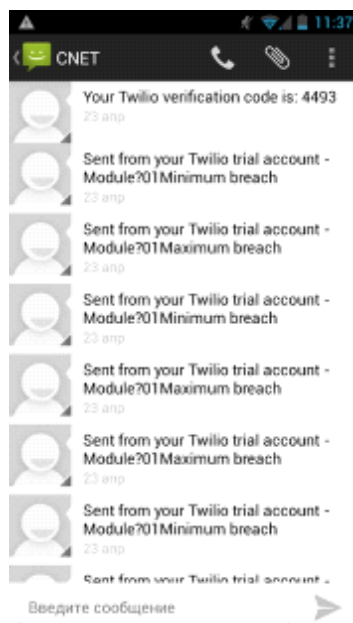


Рисунок 4.36 – SMS оповіщення

Надсилання повідомлень здійснюється при виході за кордон допустимого інтервалу. Таким чином, встановивши допустимий інтервал 3... 30 см, і, при знаходженні значень поза цим діапазоном, будуть відправлятися повідомлення за допомогою електронної пошти і смс.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Освітленість приміщення

Приміщення, у якому проводяться роботи має наступні характеристики: площа приміщення 15 м^2 ($5 \text{ м} \times 3 \text{ м}$), висота 4 м, кількість робочих місць з ПК – 1 шт.

Приміщення, відповідно до ДНАОП 0.00-1.31-99, повинно забезпечувати 6 м^2 площі і 20 м^3 на одне робоче місце з ПК. Площа приміщення 15 м^2 і об'ємом 60 м^3 . Отже, вимога виконана.

Приміщення з ПК повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В.25-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Природне світло повинно проникати через бокові світлоотвори, зорієнтовані, як правило, на північ або північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Рівень загального штучного освітлення приміщення можна перевірити за допомогою методу питомої потужності.

Розрахункова формула методу:

$$W = \frac{W_{\Sigma}}{S},$$

де W – питома напруга;

S – площа приміщення;

W_{Σ} – загальна потужність освітлювальної установки, яка розраховується за формулою:

$$W_{\Sigma} = W_{CB} \cdot n_{CB},$$

де W_{CB} – потужність одного світильника;

n_{CB} – кількість світильників в приміщенні.

$$W_{\Sigma} = 100 \cdot 2 = 200 \text{ Вт},$$

$$W = \frac{200}{15} = 13,3 \text{ Вт/м}^2.$$

Освітленість приміщення вийшла вище за мінімальну допустиму освітленість у 300 Лк.

Отже, в кімнаті створені сприятливі умови за освітленням.

5.2 Небезпека враження людей електричним током у приміщенні

Робота проводиться в спеціальному приміщенні. Воно має параметри: п'ять робочих місць; п'ять ПК (з рідкокристалічними моніторами). Електрична мережа приміщення має такі характеристики: трифазна чотирипровідна мережа напругою 380/220 В змінного струму, частота 50 Гц, з глухозаземленою нейтраллю.

Функціональна схема одного робочого місця представлена на рисунку 5.1.

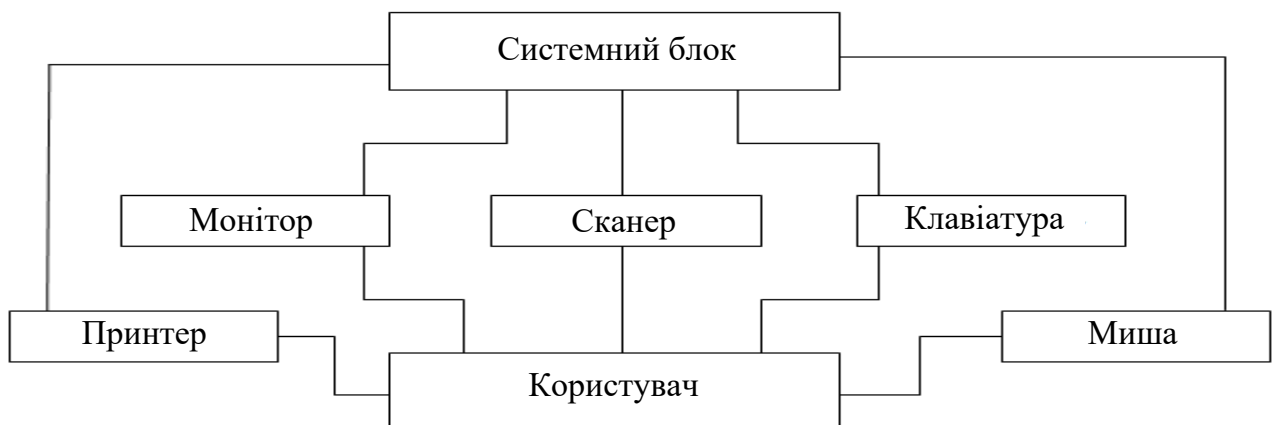


Рисунок 5.1 – Функціональна схема робочого місця [19]

Приміщення відділу відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки враження людей електричним струмом згідно з НПАОП 40.1-1.21-98, так як в ньому немає умов, які створюють підвищену або особливу небезпеку. У приміщенні знаходиться електрощит, на якому встановлено пристрій струмового захисту. Усі розетки мають застережливий напис «220 В». З робітниками проводяться інструктажі з охорони праці відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05.

Згідно з вимогами НПАОП 0.00-4.12-05 був проведений вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі.

5.3 Фактори, що впливають на функціональний стан розробника

Надійність системи "людина-комп'ютер" значною мірою визначається функціональним станом людини. Психофізіологічні та емоційні перенапруження, втома людини-оператора можуть призвести в комп'ютеризованих системах керування до помилок і як наслідок – до значних економічних втрат.

Незадовільний функціональний стан користувачів комп'ютерів може викликати небажані наслідки (професійні та професійно зумовлені захворювання), що також пов'язано зі значними соціальними та економічними втратами враховуючи стрімке зростання кількості комп'ютеризованих робочих місць.

Визначення та вивчення факторів, що впливають на функціональний стан користувачів комп'ютерів дозволить виділити основні причини виникнення станів напруженості, стомлення, стресу і здійснити відповідні профілактичні заходи.

Трудова діяльність користувачів комп'ютерів відбувається у певному виробничому середовищі, яке впливає на їх функціональний стан. Найбільш значні – фізичні фактори виробничого середовища, до яких належать електромагнітні хвилі різних частотних діапазонів, електростатичні поля, шум, параметри мікроклімату та ціла низка світлотехнічних показників. Вплив

хімічних та, особливо, біологічних факторів виробничого середовища на користувачів комп'ютерів – значно менший.

Фактори, що впливають на функціональний стан користувачів ПК наведено на рисунку 5.2.

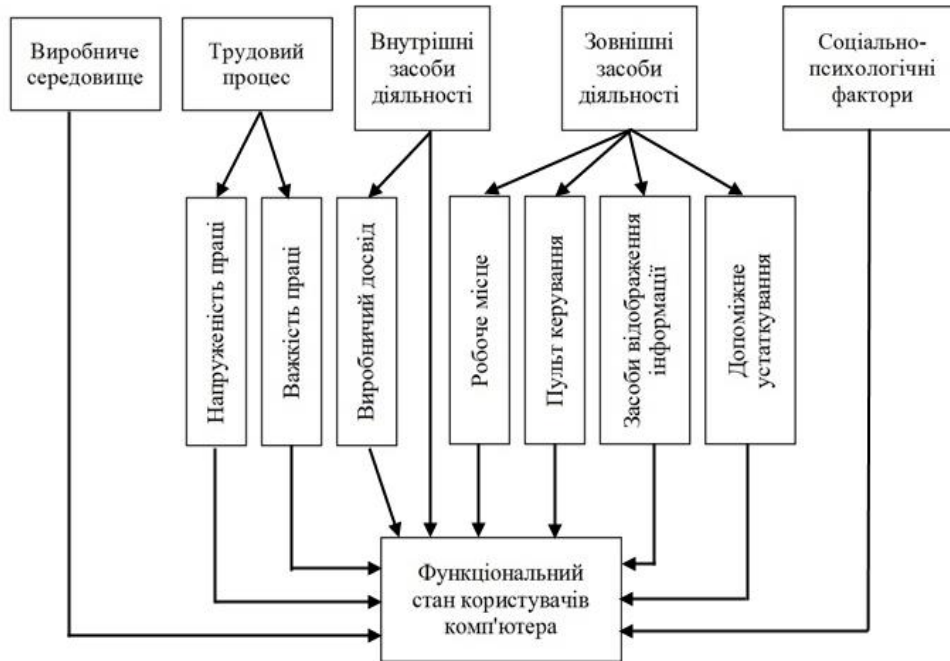


Рисунок 5.2 – Схема впливу факторів на функціональний стан користувачів ПК

5.4 Вимоги до організації робочих місць

Робоче місце – це зона простору, що оснащена необхідним устаткуванням, де відбувається трудова діяльність одного працівника чи групи працівників.

Гігієнічні вимоги визначають умови життєдіяльності і працездатності людини у процесі взаємодії з технікою і середовищем; показниками є рівень освітлення, температура, вологість, шум, вібрація, токсичність, загазованість тощо.

Антропометричні вимоги визначають відповідність конструкцій техніки антропометричним характеристикам людини (зріст, розміри тіла та окремі рухові ланки). Показниками є раціональна робоча поза, оптимальні зони досягнення, раціональні трудові рухи.

Фізіологічні та психофізіологічні вимоги визначають відповідність техніки і середовища можливостям працівника щодо сприйняття, переробки інформації, прийняття і реалізації рішень.

Організація робочого місця передбачає:

- правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні;
- вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини;
- раціональне компонування обладнання на робочих місцях;
- урахування характеру та особливостей трудової діяльності.

Загальні принципи організації робочого місця:

- на робочому місці не повинно бути нічого зайвого. Усі необхідні для роботи предмети мають бути поряд із працівником, але не заважати йому;
- ті предмети, якими користуються частіше, розташовуються ближче, ніж ті предмети, якими користуються рідше;
- предмети, які беруть лівою рукою, повинні бути зліва, а ті предмети, які беруть правою рукою – справа;
- якщо використовують обидві руки, то місце розташування пристосувань вибирається з урахуванням зручності захоплення його двома руками;
- робоче місце не повинно бути захарашене;
- організація робочого місця повинна забезпечувати необхідну оглядовість.

Організація робочого місця користувача комп'ютера забезпечує відповідність усіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам [20].

ВИСНОВКИ

В результаті кваліфікаційної роботи був розроблений програмно-апаратний модуль збору даних в бездротовій сенсорній мережі. Були вирішені наступні поставлені задачі:

- поведено аналіз існуючих методів збору, передачі та зберігання даних у бездротових сенсорних мережах які буде використано при розробці програмно-апаратного модуля системи моніторингу на базі бездротових мереж.
- проведено дослідження способів вирішення та визначення найкращого способу для розробки програмно-апаратного модуля збору даних;
- розроблено алгоритм взаємодії модуля з хмарною платформою;
- проведено огляд та аналіз існуючих технічних рішень;
- розроблено проект програмно-апаратного модуля збору даних.

Цей програмно-апаратний модуль може застосовуватися у різних сферах діяльності. Моніторинг застосовується у таких сферах як промисловість, логістика, екологія, медицина та інше. Цей модуль може використовуватися як персоналом зі слабкими знаннями мереж, так як не потрібно налаштовувати з'єднання між модулем і хмарою, так і більш кваліфікованим персоналом для макетування, щоб зосередитися на більш важливих задачах.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. Введ. 2015-06-22. К. Держстандарт України, 2017. 29 с.
2. Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»: навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, Г.В. Пономарьова. Київ, 2018. 320 с.
3. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, С.П. Новоселов, О.В. Сичова. Харків: ХНУРЕ, 2022. 5 с.
4. Сусліков Л.М., Дьордяй В.С. Телекомунікації та радіотехніка: навчальний посібник. Ужгород: Видавництво «Говерла», 2022. 352 с. 2. Вакуленко О.В., Голь В.Д., Ірха М.С., Хахлюк О.А. Лінії передачі: підручник. Київ: ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 218 с.
5. Климаш М. М., Колодій Р. С. Телекомунікаційні системи передавання інформації. Львів: Львівська політехніка, 2019. 623 с.
6. Жураковський Б. Ю., Зенів І.О. Комп'ютерні мережі. Частина 2: навчальний посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 372 с.
7. Пулеко І.В., Єфіменко. Архітектура та технології Інтернету речей: навч. посіб. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2022. – 234 с.
8. Грудзинський Ю.Є. Технології сучасних кібер-фізичних систем: навч. посіб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 327 с.
9. Ель-Хадж, М., & Артайл, Х. Комплексне дослідження технології ZigBee: Застосування, виклики та рішення. Журнал мережевих та комп'ютерних додатків, 2019. 126, 1-23.

10. Теорія систем мобільних інфокомунікацій. Системна архітектура: навчальний посібник / С.О. Кравчук. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 682 с.
11. IBM Cloud. IBM - Deutschland | IBM. [Електронний ресурс] /– Режим доступу URL: <https://www.ibm.com/cloud> (date of access: 13.06.2023).
12. Azure IoT Suite. URL: <https://azure.microsoft.com/ua-ua/documentation/suites/iot-suite/> (date of access: 10.05.2024).
13. Cisco IOx Application Environment. <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/cloud-systems-management/iox/at-a-glance-c45-737316.pdf> (date of access: 10.05.2024).
14. ThingWorx: Industrial IoT Software / IIoT Platform. URL: <https://www.ptc.com/en/products/thingworx> (date of access: 11.05.2024).
15. ESP8266 Community Forum. URL: <https://www.esp8266.com> (date of access: 6.05.2024).
16. HC-SR04 User's Manual. URL: https://docs.google.com/document/d/1Y-yZnNhMYy7rwhAgyL_pfa39RsB-x2qR4vP8saG73rE/edit (date of access: 6.05.2024).
17. EMW3165 Embedded WiFi module User Manual. URL: <https://fccid.io/P53-EMW3165/User-Manual/15020044-FCC-use-manual-1502044-Rev5-2551082> (date of access: 6.05.2024).
18. Пупена О.М. Довідник з розроблення застосунків в середовищі NODE-RED [Електронний ресурс]: електронний довідник. – К.: НУХТ, 2021. – 170.
19. Дзюндзюк Б. В. Охорона праці : навч. посібник / Б.В. Дзюндзюк, В.Г. Іванов. – Харків: ХНУРЕ. – 2006. – 236 с.
20. 25. Ергономічні вимоги до організації робочих місць. Режим доступу: https://pidruchniki.com/14821111/bzhd/ergonomichni_vimogi_organizatsiyi_robochi_h_mists (date of access: 22.05.2024).