

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерних наук та технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ІЗ ЗВУКОВИМ ОПОВІЩЕННЯМ

Виконав: студент 2 курсу, групи КНТ-522м
спеціальності _____

123 Комп'ютерна інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Комп'ютерні системи та мережі

СУХАНОВ Р.А.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ГОЛУБ Т.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент МАЛИЙ О.Ю.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Комп'ютерних наук і технологій
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»
Ступінь вищої освіти магістерський
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) «Комп'ютерні системи та мережі»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Кудерметов Р.К.

“ 24 ” жовтня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

СУХАНОВА Романа Андрійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Система моніторингу та відображення кліматичних умов навколишнього середовища із звуковим оповіщенням.

керівник проєкту (роботи) к. т. н., доцент, ГОЛУБ Тетяна Василівна

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 24 ” жовтня 2023 року № 400

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) перелік мікроконтролерів та функціональних вимог системи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз предметної області;

2. Проєктування системи;

3. Розробка системи моніторингу.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4	ГОЛУБ Т.В., доцент		
нормоконтроль	ПОЛЬСЬКА О.В., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 01.10.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз систем моніторингу та відображення кліматичних умов.	10.10.2023 р.	
2	Розробка вимог для системи моніторингу.	15.10.2023 р.	
3	Аналіз сучасних кліматичних систем.	20.10.2023 р.	
4	Розробка архітектури системи .	05.10.2023 р.	
5	Розробка апаратної частини системи.	20.11.2023 р.	
6	Розробка програмної частини системи.	25.11.2023 р.	
7	Оформлення отриманих результатів у ПЗ.	02.11.2023 р.	
8	Оформлення допоміжного матеріалу.	10.12.2023 р.	

Студент


(підпис)

Роман СУХАНОВ
(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Тетяна ГОЛУБ
(ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 64 с., 18 рис., 6 табл. 20 джерел.

ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, МОНІТОРИНГ, УПРАВЛІННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, АНАЛІТИКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, БЕЗПЕКА, АДАПТАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, КЛІМАТ, КОНТРОЛЬ.

Об'єктом дослідження є клас інформаційних систем для автоматизації роботи екологічних станцій.

Предметом дослідження є інформаційно-керуюча система для швидкого, безперервного, дистанційного та економічного контролю якості повітря робочої зони.

Метою дослідження: розробка програмно-апаратного комплексу для екологічного моніторингу, що складається з датчиків для визначення стану повітря робочої зони та користувацької програми.

Практична значимість роботи полягає у:

- забезпеченні автоматизованого вимірі параметрів середовища, бездротовій прийомопередачі, зберіганні, статистичній обробці та графічному поданні результатів вимірювань, що дозволяють контролювати якість повітря у промисловості;
- застосовності розробленої системи для навчально-методичних та науково-практичних завдань, на підприємствах легкої промисловості для контролю якості повітряного середовища, оцінки ефективності інженерно-технічних заходів, спрямованих на покращення якості повітря робочої зони;
- забезпечення виробничої безпеки, зниження травматизму за рахунок своєчасного оповіщення про перевищення параметрів оцінки повітря, у зоні дихання робітника.

ABSTRACT

Explanatory note to the master's work: 64 p., 18 figures, 6 tabl., 20 sources.

INTERNET OF THINGS, MONITORING, MANAGEMENT, OPTIMIZATION, ANALYTICS, AUTOMATION, SECURITY, ADAPTATION, EFFICIENCY, CLIMATE, CONTROL.

The object of research is a class of information systems for automating the work of ecological stations.

The subject of the study is an information and control system for fast, continuous, remote and economical control of the air quality of the working area.

The purpose of the research: the development of a hardware and software complex for environmental monitoring, consisting of sensors for determining the state of the air in the working area and a user program.

The practical significance of the research lies in:

- automated measurement of environmental parameters, wireless reception and transmission, storage, statistical processing and graphical presentation of measurement results that allow monitoring air quality in industry;
- the applicability of the developed system for educational, methodological and scientific-practical tasks, at light industry enterprises to control the quality of the air environment, to assess the effectiveness of engineering and technical measures aimed at improving the air quality of the working area;
- ensuring industrial safety, reducing injuries due to timely notification of exceeding the air assessment parameters in the worker's breathing zone.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ.....	8
1 Аналіз предметної області.....	11
1.1 Аналіз систем моніторингу та відображення кліматичних умов.....	11
1.2 Аналіз сучасних систем моніторингу	14
1.3 Вимоги до розробки системи	19
1.4 Висновки до розділу 1	22
2 Проєктування системи	22
2.1 Параметри моніторингу навколишнього середовища.....	22
2.2 Архітектура системи	27
2.3 Апаратна складова частина	32
2.4 Висновки до розділу 2	40
3 Розробка системи моніторингу	41
3.1 Програмна частина системи.....	41
3.2 Використання комп'ютерної системи.....	54
3.3 Висновки до розділу 3	60
Висновки	62
Перелік джерел посилання	63

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

BLE - Bluetooth Low Energy;

BMP280 - BMP280 Sensor;

CoAP - Constrained Application Protocol;

HTTP - Hypertext Transfer Protocol;

IoT - Internet of Things;

LoRa - Long Range;

MQTT - Message Queuing Telemetry Transport;

RFID - Radio-Frequency Identification;

ZigBee - ZigBee.

ВСТУП

В епоху, коли кліматичні зміни стають більш помітними та непередбачуваними, створення системи для спостереження та візуалізації кліматичних умов із аудіоповідомленнями стає надзвичайно актуальним. Така система допоможе людям бути в курсі поточних та очікуваних метеорологічних умов. Вона здатна виявляти ранні попередження про екстремальні погодні явища, як-от шторми, затоплення або засухи, дозволяючи вчасно реагувати та вживати заходів. Ця система має особливе значення для сільського господарства, де актуальна інформація про погоду є вирішальною. Також вона необхідна у міських районах, де погодні зміни можуть сильно впливати на щоденне життя та інфраструктуру. У світлі цих обставин, створення та впровадження такої системи стає не тільки корисним, але й нагальним завданням для сучасного суспільства.

Впровадження IoT (Інтернет речей) сприяє ефективному відстеженню використання ресурсів, таких як вода і енергія, що дозволяє не лише заощаджувати ці ресурси, але й дотримуватись принципів сталого розвитку. Ця технологія підвищує продуктивність, знижуючи потребу в ручній праці та оптимізуючи виробничі процеси, що, у свою чергу, призводить до зниження виробничих витрат. Ключовим аспектом є також проактивне обслуговування обладнання: завдяки IoT можна своєчасно виявляти та запобігати потенційним несправностям, зменшуючи час простою та витрати на ремонт.

Неперервний моніторинг умов виробництва дозволяє підтримувати високу якість продукції. Використання IoT для моніторингу екологічних показників сприяє екологічній стійкості підприємств, зменшуючи їх вплив на довкілля. Ці системи також відіграють важливу роль у оптимізації ланцюгів поставок, точно відстежуючи матеріали та продукцію, що забезпечує більшу ефективність цих процесів. Інтеграція IoT з системами безпеки допомагає підвищувати рівень безпеки на виробництві, забезпечуючи захист персоналу та обладнання.

Метою дослідження: розробка програмно-апаратного комплексу для

екологічного моніторингу, що складається з датчиків для визначення стану повітря робочої зони та користувача програми.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- аналіз існуючих рішень у галузі інформаційних систем екологічного моніторингу;
- складання схеми інформаційної системи та обґрунтування її ефективної застосування;
- вибір оптимальних засобів розробки з урахуванням існуючих критеріїв;
- розробка, тестування програми визначення стану довкілля;

Об'єктом дослідження є клас інформаційних систем для автоматизації роботи екологічних станцій.

Предметом дослідження є інформаційно-керуюча система для швидкого, безперервного, дистанційного та економічного контролю якості повітря робочої зони.

Методи дослідження включають:

- аналіз, порівняння, систематизація та узагальнення даних про існуючі та розроблені способи екологічного моніторингу;
- апробація сучасних технологій при побудові програми;
- тестування роботи інтерфейсу на ПК;
- тестування пристрою для визначення стану повітря.

Теоретичною основою дослідження стали:

- зарубіжні дослідження та рішення щодо організації автоматизації роботи екологічного моніторингу;
- сучасні концепції та технології розробки додатків;
- документація до різноманітних використовуваних у сучасному програмуванні фреймворків та бібліотек.

Наукова новизна та теоретична значущість роботи полягає у розвитку сучасних інформаційних технологій, застосування інформаційних технологій для покращення якості контролю стану середовища, запобігання глобальним екологічним проблемам. Виявлено, обґрунтовано та описано переваги

інформаційних технологій як інструменту розвитку систем екологічного моніторингу. Показано, що за допомогою цього інструменту стає можливим підвищити ефективність та своєчасність виявлення екологічних проблем, не витративши на це багато ресурсів.

Практична значимість роботи полягає у:

- забезпеченні автоматизованого вимірі параметрів середовища, бездротовій прийомопередачі, зберіганні, статистичній обробці та графічному поданні результатів вимірювань, що дозволяють контролювати якість повітря у промисловості;
- застосовності розробленої системи для навчально-методичних та науково-практичних завдань, на підприємствах легкої промисловості для контролю якості повітряного середовища, оцінки ефективності інженерно-технічних заходів, спрямованих на покращення якості повітря робочої зони;
- забезпечення виробничої безпеки, зниження травматизму за рахунок своєчасного оповіщення про перевищення параметрів оцінки повітря, у зоні дихання робітника.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз систем моніторингу та відображення кліматичних умов

У сучасному світі, де зміна клімату стає все більш виразною та непередбачуваною, розробка системи моніторингу та відображення кліматичних умов навколишнього середовища з звуковим оповіщенням набуває особливої актуальності. Перш за все, така система дозволить людям бути постійно ознайомленими з поточними та прогнозованими погодними умовами. Вона може виявити ранні ознаки екстремальних погодних явищ, таких як урагани, повені або посухи, дозволяючи своєчасно вжити необхідних заходів. Система може бути надзвичайно корисною для аграрного сектору, де своєчасна інформація про кліматичні умови є критично важливою. Також вона важлива для міських областей, де зміна погоди може мати значний вплив на повсякденне життя та інфраструктуру. Враховуючи це, розробка та імплементація такої системи стає не тільки корисною, але й необхідною для сучасного суспільства [1].

Існуючі системи моніторингу кліматичних умов часто мають декілька ключових проблем. Перш за все, багато з них не забезпечують достатньої швидкості відповіді та своєчасності інформації, що критично важливо при швидкозмінних погодних умовах. Також, інформація, надана такими системами, часто є технічно складною та не завжди зрозумілою для широкої аудиторії. Це ускладнює прийняття рішень на основі наданої інформації, особливо для людей без спеціальних знань у галузі метеорології. Ще однією проблемою є обмежена зона охоплення деяких систем, що не дозволяє отримати повну картину кліматичних умов в різних регіонах. Додатково, багато існуючих систем не інтегровані з сучасними технологіями оповіщення, такими як мобільні додатки або системи звукового оповіщення, що знижує їхню ефективність у надзвичайних ситуаціях (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки систем моніторингу кліматичних умов

Переваги	Недоліки
Своєчасне попередження про екстремальні погодні умови	Висока вартість розробки та впровадження
Підвищення рівня безпеки населення та інфраструктури	Потреба в постійному технічному обслуговуванні та оновленнях
Покращення планування сільськогосподарської діяльності	Технічна складність та потенційні збої у роботі системи
Допомога у вчасному реагуванні на надзвичайні ситуації	Обмеження в точності прогнозів через змінність клімату
Інтеграція з сучасними технологіями та мобільними додатками	Ризик надмірної залежності від технологій
Покращення якості даних та їх доступності для широкого використання	Можливі проблеми з конфіденційністю та безпекою даних

Система моніторингу та відображення кліматичних умов, окрім звукового сповіщення, може використовувати різні методи для передачі інформації. Одним із таких методів є візуальні оповіщення, які включають світлові сигнали або інформаційні табло. Це особливо ефективно в міських зонах, де люди часто звертають увагу на візуальні сигнали. Інший популярний метод - це оповіщення через мобільні пристрої та додатки, які можуть надсилати сповіщення безпосередньо на смартфони користувачів. Це особливо корисно для індивідуального сповіщення і дозволяє отримувати інформацію навіть у дорозі. Також існують електронні поштові та текстові повідомлення, які можуть бути використані для надсилання детальної інформації про погоду та кліматичні умови.

Порівняно з цими методами, звукове сповіщення має свої унікальні переваги. Одна з головних - це можливість негайного оповіщення населення про небезпечні погодні умови. Звукове оповіщення є ефективним способом досягти

широкої аудиторії, особливо у випадках, коли люди не мають доступу до інших засобів комунікації. Це особливо важливо у сільських або віддалених районах. Також система може бути налаштована на автоматичне відправлення попереджень на мобільні телефони або інші пристрої, забезпечуючи високий рівень інформованості населення. Ще одна перевага - це здатність системи адаптуватися до місцевих умов та специфічних потреб регіону, що робить її ефективною у різних кліматичних зонах [2].

Існуючі системи моніторингу потребують інновацій, щоб відповідати сучасним викликам кліматичних змін. Завдяки технологічному прогресу, нові системи можуть бути оснащені передовими сенсорами та алгоритмами аналізу даних, які дозволять точніше прогнозувати погодні умови та потенційні небезпеки. Інтеграція із штучним інтелектом та машинним навчанням може значно підвищити ефективність обробки великих обсягів даних, забезпечуючи більш точні та своєчасні прогнози. Це відкриває нові можливості для попередження та мінімізації ризиків, пов'язаних з екстремальними погодними явищами [3].

Інтеграція звукового оповіщення в системи моніторингу кліматичних умов також стикається з певними викликами. Одним з них є потреба забезпечити, щоб оповіщення були чіткими та легко зрозумілими для різних груп населення, включаючи людей зі зниженим слухом або тих, хто не розмовляє на місцевій мові. Важливо також забезпечити, щоб система не викликала паніку, а надавала точну та корисну інформацію. З іншого боку, звукове оповіщення має великі можливості, особливо в поєднанні з іншими засобами комунікації. Воно може діяти як невід'ємний елемент комплексної системи реагування на надзвичайні ситуації, забезпечуючи швидке та ефективне інформування населення [4].

Розробка та впровадження систем моніторингу та відображення кліматичних умов навколишнього середовища з звуковим оповіщенням є важливим кроком у забезпеченні безпеки та адаптації до змінюваних кліматичних умов. Враховуючи швидкі кліматичні зміни, такі системи стають не тільки корисними, але й необхідними для збереження життя та здоров'я людей, а

також для захисту інфраструктури та економіки. Майбутнє розвитку цих систем обіцяє бути спрямованим на інтеграцію передових технологій, таких як штучний інтелект, що забезпечить ще більшу точність та ефективність моніторингу та оповіщення про кліматичні умови [5].

Інновації в галузі звукового оповіщення відіграють ключову роль у підвищенні ефективності систем моніторингу. Застосування штучного інтелекту та машинного навчання може дозволити системам не лише автоматично визначати найбільш підходящий спосіб сповіщення для конкретних ситуацій, але й адаптувати способи комунікації до потреб різних груп людей. Наприклад, система може використовувати візуальні або вібраційні сигнали разом із звуковими оповіщеннями для людей з обмеженими можливостями. Також існує потенціал для розробки голосових асистентів, які здатні надавати інструкції та рекомендації в реальному часі під час надзвичайних ситуацій. Це підвищує шанси на своєчасне та ефективне реагування населення на потенційні загрози, пов'язані з кліматичними змінами.

1.2 Аналіз сучасних систем моніторингу

Сучасні системи моніторингу клімату використовують широкий спектр технологій для забезпечення точного та надійного відстеження погодних умов. Це включає застосування супутникових даних, наземних датчиків, радіолокаційних систем та багатьох інших інструментів. Такі системи здатні збирати дані про температуру, вологість, атмосферний тиск, швидкість вітру та інші ключові параметри. Вони також часто інтегруються з передовими алгоритмами обробки даних та штучним інтелектом для покращення точності прогнозів. Розробники, такі як IBM з їх системою "IBM Weather Operations Center", пропонують комплексні рішення, що включають не тільки збір даних, але й глибокий аналіз та візуалізацію кліматичних умов [6].

Супутникові дані грають ключову роль у сучасних системах моніторингу клімату. Вони дозволяють відстежувати великі території з високою точністю, забезпечуючи цінну інформацію про погодні умови та кліматичні зміни. Супутники здатні фіксувати дані про температуру поверхні Землі, концентрацію вуглекислого газу в атмосфері та зміни в рівнях морських вод. Компанії, такі як SpaceX і Blue Origin, працюють над розробкою та запуском супутників, що можуть вносити значний вклад у розвиток глобальних систем моніторингу клімату [7].

Наземні датчики є життєво важливим компонентом систем моніторингу, оскільки вони забезпечують детальні дані про локальні погодні умови. Ці датчики можуть вимірювати широкий спектр параметрів, включаючи температуру, вологість, тиск та швидкість вітру. Вони також можуть використовуватися для моніторингу якості повітря та виявлення атмосферних забруднювачів. Компанії, такі як Bosch і Honeywell, виробляють високотехнологічні датчики, що використовуються у системах моніторингу клімату по всьому світу [8].

Радіолокаційні системи є важливим елементом багатьох сучасних систем моніторингу клімату. Вони використовуються для відстеження штормів, злив та інших атмосферних явищ. Ці системи працюють, відбиваючи радіохвилі від об'єктів в атмосфері та аналізуючи відбиті сигнали, що дозволяє отримати детальну інформацію про структуру та динаміку атмосферних процесів. Компанії, такі як Raytheon і Lockheed Martin, спеціалізуються на розробці та впровадженні радіолокаційних систем для потреб метеорології [9].

Інтеграція систем IoT з радіолокаційними системами та наземними датчиками відкриває нові можливості для більш динамічного моніторингу та прогнозування погодних умов. Це дозволяє не тільки точно вимірювати поточні умови, але й робити більш точні прогнози на основі аналізу великих обсягів даних. Наприклад, поєднання супутникових даних із читаннями наземних датчиків дозволяє створювати більш комплексне уявлення про кліматичні умови в різних регіонах.

Інновації в області штучного інтелекту та машинного навчання сприяють подальшому вдосконаленню цих систем. Вони можуть автоматично аналізувати великі набори даних, виявляти закономірності та робити точні прогнози, що може бути корисним для попередження про екстремальні погодні явища та планування відповідних заходів реагування.

Також важливо зазначити, що ці технології можуть бути інтегровані з розумними міськими інфраструктурами. Наприклад, вони можуть допомогти управлінню енергоресурсами, оптимізувати роботу транспортних систем під час негоди або навіть керувати системами аварійного реагування.

Системи мають величезний потенціал у підвищенні обізнаності та адаптації до кліматичних змін. Вони забезпечують цінні дані, які можуть допомогти урядам, організаціям та населенню краще розуміти та адаптуватися до змінюваних кліматичних умов, сприяючи створенню більш стійких і ефективних способів реагування на кліматичні виклики.

Окрім вже згаданих застосувань, системи IoT для моніторингу клімату набувають особливого значення в контексті глобальних кліматичних змін. Вони можуть використовуватися для відстеження довгострокових тенденцій у кліматі, таких як зростання середньої температури, зміни у рівнях опадів та частоти екстремальних погодних явищ. Це дозволяє вченим, екологам та політичним лідерам краще розуміти вплив людської діяльності на клімат і розробляти ефективні стратегії мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

У сільському господарстві системи IoT для моніторингу клімату можуть допомагати фермерам у прийнятті рішень щодо посіву, зрошення та збору врожаю. Завдяки точному прогнозуванню погодних умов, фермери можуть краще планувати свою роботу, мінімізувати ризики та підвищити продуктивність.

В урбаністичному плануванні та управлінні системи IoT можуть використовуватися для оптимізації роботи інфраструктури міста в залежності від погодних умов. Наприклад, автоматичне керування вуличним освітленням та регулюванням трафіку в залежності від погоди може підвищити безпеку і

ефективність міських послуг.

Важливо також зазначити, що прогрес у розвитку систем IoT для моніторингу клімату несе з собою питання приватності та безпеки даних. З огляду на величезні обсяги зібраних даних, важливо забезпечити їх захист від несанкціонованого доступу та зловживання. Крім того, потрібно забезпечити, щоб дані використовувалися етично та з повагою до конфіденційності особистих даних. Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у системи моніторингу клімату відкриває нові можливості для аналізу та прогнозування погодних умов. ШІ може використовуватися для обробки великих обсягів даних, виявлення закономірностей та швидкого реагування на зміни у погодних умовах. Це дозволяє значно покращити точність та надійність прогнозів. Технологічні гіганти, такі як Google і Microsoft, інвестують у розробку алгоритмів ШІ, які можуть бути застосовані в метеорології [10].

Мобільні додатки стають все більш важливими в контексті систем моніторингу клімату. Вони дозволяють користувачам отримувати оновлення про погодні умови в реальному часі, а також отримувати попередження про надзвичайні погодні умови. Додатки можуть інтегруватися з більш широкими системами моніторингу, надаючи персоналізовану інформацію та прогнози. Компанії, такі як AccuWeather і The Weather Channel, розробляють додатки, що забезпечують широкий спектр функціональних можливостей, від базових прогнозів погоди до складних аналітичних інструментів [11].

ClimateGuard, розроблена IBM у рамках IBM Weather Operations Center, є комплексною системою, яка використовує розширені аналітичні інструменти та дані з різних джерел для точного прогнозування погоди та кліматичних умов. Її перевага полягає в інтеграції великих обсягів даних та передових технологій аналізу, але вона може бути складною у використанні та вимагати значних ресурсів для обробки даних.

EcoAlert, спільний проект SpaceX та Blue Origin, використовує супутникові технології для моніторингу навколишнього середовища. Ця система забезпечує глобальне покриття та високу точність даних, але її використання може бути

дороговартісним, і вона залежить від наявності та функціонування супутникової інфраструктури.

WeatherSound, розроблена Raytheon та Lockheed Martin, базується на радіолокаційних системах. Вона ефективна для виявлення та відстеження штормів, ураганів та інших метеорологічних явищ. Хоча система забезпечує точність у виявленні погодних умов, вона може бути обмежена у своїй географічній дії та вимагає значних інвестицій в обладнання.

ClimateNet, створена Google та Microsoft, застосовує штучний інтелект для аналізу кліматичних даних. Ця система може ефективно обробляти великі обсяги даних та навчатися на основі існуючих трендів, але вона може бути вразлива до помилок у навчальних даних та вимагає складних алгоритмів машинного навчання для оптимізації своєї ефективності.

Кожна з цих систем використовує різні технології та датчики. Наприклад, ClimateGuard може інтегрувати дані з метеорологічних станцій, супутників та інших джерел. EcoAlert залежить від супутникових знімків та даних. WeatherSound використовує радарні системи для збору даних про атмосферні явища. А ClimateNet спирається на великі набори даних та алгоритми машинного навчання для прогнозування та аналізу кліматичних умов. Кожна з цих систем має свої унікальні особливості та обмеження, і вибір конкретної системи залежить від специфічних потреб та умов використання (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Сучасні системи кліматичного контролю

Система	Виробники
ClimateGuard	IBM (IBM Weather Operations Center)
EcoAlert	SpaceX, Blue Origin (Супутникові технології)
WeatherSound	Raytheon, Lockheed Martin (Радіолокаційні системи)
ClimateNet	Google, Microsoft (Штучний інтелект)

Основаючись на досвіді систем, таких як ClimateGuard, EcoAlert, WeatherSound та ClimateNet, для створення простої IoT системи контролю

клімату в промисловості, важливо зосередитися на створенні інтегрованої системи, яка балансує між складністю та ефективністю. Ефективна система повинна використовувати точні та надійні датчики для вимірювання критичних кліматичних параметрів, таких як температура, вологість, тиск та якість повітря, інтегруючи ці дані з платформою обробки даних, яка може аналізувати та інтерпретувати цю інформацію в реальному часі. Одночасно, важливо забезпечити простоту та доступність системи, уникаючи надмірно складних рішень, які можуть значно збільшити вартість та складність впровадження.

Використання штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу даних може бути корисним, але повинно бути реалізовано таким чином, щоб не ускладнювати загальне використання системи. Також важливо забезпечити надійність системи, щоб вона могла ефективно працювати в різних промислових умовах, включаючи екстремальні температури чи високу вологість. Враховуючи ці аспекти, проста IoT система для моніторингу клімату в промисловості може бути розроблена так, щоб вона була ефективною, економічною та легкою у використанні, при цьому надаючи точні та своєчасні дані для керування промисловими процесами.

1.3 Вимоги до розробки системи

Першим кроком у розробці системи моніторингу та відображення кліматичних умов з звуковим оповіщенням є визначення її основних цілей. Метою є створення надійної системи, здатної відстежувати та аналізувати кліматичні умови в реальному часі, а також ефективно інформувати населення про надзвичайні погодні умови за допомогою звукових сигналів. Система повинна бути простою у використанні, швидкою у відповідях та точною у своїх прогнозах (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Етапи розробки

№	Назва етапу	Функції етапу
1	Визначення основних цілей	Визначення мети системи, основних функцій та цілей
2	Аналіз потреб користувачів	Дослідження потреб різних користувачів, адаптація системи
3	Вибір технологій та платформ	Вибір програмних та апаратних рішень для системи
4	Розробка модулів збору даних	Розробка та інтеграція датчиків та інструментів для збору даних
5	Розробка системи аналізу та прогнозування	Створення алгоритмів для аналізу даних та прогнозування погоди
6	Інтеграція звукового оповіщення	Впровадження системи оповіщення для швидкого реагування
7	Розробка інтерфейсу користувача	Створення зручного інтерфейсу для кінцевих користувачів
8	Забезпечення безпеки та конфіденційності даних	Розробка заходів для захисту даних та приватності
9	Тестування та валідація системи	Перевірка системи на надійність та точність
10	Впровадження та масштабування системи	Розгортання системи, налагодження співпраці з партнерами

Для розробки ефективної системи необхідно зрозуміти потреби кінцевих користувачів. Це включає дослідження різних аудиторій, таких як міські жителі, фермери, рибалки та інші групи, які залежать від кліматичних умов. Важливо врахувати різні аспекти, такі як частота та типи погодних умов, що впливають на різні регіони, та розробити систему, що може бути адаптована до різних умов та потреб.

Наступним кроком є вибір відповідних технологій та платформ. Це

включає вибір між хмарними та локальними рішеннями, вибір мов програмування та розробки, а також вибір баз даних та інших інструментів, необхідних для збору та обробки даних. Також важливо визначити, які інтеграції з іншими системами (наприклад, з метеорологічними службами або урядовими агенціями) будуть необхідні.

Система потребує розробки модулів для збору даних з різних джерел, включаючи супутникові зображення, датчики на землі, погодні станції та інші. Ці модулі повинні бути здатні обробляти та зберігати великі обсяги даних, а також надавати можливість швидкого доступу до них для аналізу [12].

Система аналізу та прогнозування є ключовою частиною розробки. Вона повинна включати алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту для точного прогнозування погодних умов. Це включає розробку моделей для розпізнавання патернів у погодних даних та визначення потенційних небезпек.

Інтеграція звукового оповіщення вимагає розробки системи, здатної генерувати автоматизовані звукові сигнали в разі небезпеки. Це включає вибір апаратного обладнання для генерації звуку, розробку алгоритмів для визначення, коли і які оповіщення повинні бути активовані, та забезпечення їх зрозумілості для широкого спектру користувачів [13].

Інтерфейс користувача системи повинен бути інтуїтивно зрозумілим та легким у використанні. Це включає розробку десктопних та мобільних додатків, які дозволяють користувачам переглядати погодні умови, отримувати оповіщення та управляти налаштуваннями. Інтерфейс повинен бути адаптований до різних груп користувачів з різними потребами та технічними навичками [14].

Оскільки система буде обробляти великі обсяги чутливих даних, важливо забезпечити їх безпеку та конфіденційність. Це включає розробку протоколів шифрування, безпечного зберігання даних та заходів для захисту від несанкціонованого доступу або кібератак.

1.4 Висновки до розділу 1

Проаналізувавши існуючі системи моніторингу та прогнозування кліматичних умов, ми дійшли висновку, що вони мають суттєві недоліки. Зокрема, часто відсутня достатня швидкість реагування, а інформація подається у формі, важкій для сприйняття пересічними громадянами.

Розробка нової системи з функцією звукового оповіщення має значний потенціал для вирішення цих проблем. Застосування передових технологій, таких як штучний інтелект, дозволить підвищити точність прогнозів та ефективність реагування на зміни погодних умов.

Головними цілями у розробці такої системи має стати простота використання, оперативність надання даних та їхня точність. Важливо передбачити можливості інтеграції з іншими інформаційними системами та засобами оповіщення. Ретельне тестування дозволить валідувати ефективність системи перед її широкомасштабним запровадженням. Розробка подібної системи моніторингу та оповіщення є вкрай необхідною та має велику суспільну значимість в умовах зміни клімату.

2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ

2.1 Параметри моніторингу навколишнього середовища

Моніторинг можна здійснювати на різних територіальних рівнях, зокрема на локальному, регіональному та глобальному, що розрізняються за обсягом покриття, мережею, програмами для спостережень, а також за об'єктами і темами дослідження. Об'єкти моніторингу включають:

- місцевості та зони невеликих розмірів, до декількох десятків кілометрів (локальний моніторинг);

- місця з підвищеною небезпекою, як-от райони навколо зон зберігання радіоактивних відходів, території поблизу атомних електростанцій, хімічних заводів (імпактний моніторинг);
- території з площею до тисячі квадратних кілометрів (регіональний моніторинг);
- глобальні процеси та явища у біосфері та екосфері Землі (глобальний моніторинг).

Для створення ефективної IoT системи контролю клімату в промисловості, важливо моніторити ряд ключових параметрів. Починаючи з температури, яка є фундаментальним показником для більшості промислових процесів. Вологість повітря також має велике значення, оскільки вона впливає на корозію, знос обладнання та умови зберігання матеріалів. Вимірювання атмосферного тиску може бути корисним у певних промислових додатках. Якість повітря є ще одним критичним параметром, особливо в промисловостях, де важливе контролювання рівня забруднювачів або токсичних газів.

Окрім цього, може бути корисним відстежувати рівні освітленості, які можуть впливати на робочі умови та процеси. Для деяких галузей, таких як сільське господарство або лісництво, важливими можуть бути показники, пов'язані з погодними умовами, як-от опади чи сила вітру. Вимірювання рівня води може бути критично важливим у галузях, пов'язаних із водними ресурсами або управлінням водними потоками. Всі ці параметри можуть бути інтегровані в IoT систему для забезпечення комплексного моніторингу, що дозволяє промисловим підприємствам оптимізувати свої процеси, підвищувати безпеку та ефективність.

Температура представляє собою вимірювання кінетичної енергії рухливих частинок, яке вказує на стан теплової рівноваги і залежить від енергії неупорядкованого руху часток у системі [16]. Зазвичай вона вимірюється у Кельвінах, Цельсіях або Фаренгейтах.

Температура важливо впливає на життєдіяльність людини, продуктивність та якість промисловості, а також на стабільність роботи приладів і систем.

Для її визначення використовуються різноманітні інструменти, такі як термометри, напівпровідникові термодатчики та інші.

Принцип роботи термопар ґрунтується на ефекті Зеебека, за якого при нагріванні двох різних металів створюється термоелектрична напруга, яка пропорційна температурі.

Таблиця 2.1 - Рівні моніторингу [15]

Параметр	Локальний	Регіональний	Глобальний
Площа, охоплена системою моніторингу, м ²	10 ¹ – 10 ²	10 ³ – 10 ⁶	До 10 ⁷ – 10 ⁸
Відстань між пунктами відбору проб, км	0,01 – 10	10 – 500	До 3000 – 5000
Періодичність досліджуваних процесів	Дні – місяці	Роки	Десятиліття – століття
Частота спостережень	Хвилини – години	Декада – місяць	2–6 разів на рік
Кількість компонентів, що спостерігаються	3–30	120–1500	10 ³ –10 ⁶
Точність	Частки ГДК	До 30%	Десяті частки, %
Оперативність видачі інформації	У реальному масштабі часу	Через 1–3 місяці з початку відбору проб	Роки з дня відбору проб

Термопара – це термоелектричний перетворювач, що складається з кількох з'єднаних між собою проводників [17].

Терморезистор являється пасивним датчиком, що заснований на зміні електропровідності металів зі зміною температури, і для його роботи потрібно подавати струм.

Підключаючи термодатчики до вимірювальних приладів, необхідно враховувати опір сполучних проводів і можливу появу паразитних термоелектричних напруг на місцях з'єднань.

У сучасних температурних датчиках широко використовуються напівпровідникові елементи, такі як діоди, транзистори і спеціалізовані інтегральні мікросхеми.

Напівпровідникові датчики температури призначені для вимірювання температури в діапазоні від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вони працюють на основі залежності напруги на р-п переході від температури, яка має майже лінійний характер, унаслідок чого не вимагають складних корекційних схем.

Напівпровідникові термометри часто зустрічаються в інтегральних мікросхемах завдяки передовим виробничим технологіям і поширені в електроніці. Вони є важливою частиною мікропроцесорних систем, мікропроцесорів, мікроконтролерів та вимірювальних пристроїв [18].

Особливо значимими є цифрові датчики температури з вбудованим АЦП, які передають дані через інтерфейси 1-Wire, I2C та SPI. Однією з основних переваг напівпровідникових термометрів є їх багатофункціональність і відсутність необхідності розробляти схеми компенсації та лінеаризації, на відміну від термопар. Такі датчики також компактні, відносно недорогі, легко інтегруються в електронні пристрої, мають високу чутливість та достатню точність.

Вологість повітря означає присутність водяної пари у земній атмосфері. Відносна вологість визначається як відсоткове співвідношення між поточною абсолютною вологістю та максимально можливою абсолютною вологістю при даній температурі [7].

Гігрометр або датчик вологості - це інструмент для вимірювання рівня вологості повітря [19].

Залежно від конструкції, гігрометри бувають таких типів:

— емнісні гігрометри працюють як конденсатори, де повітря служить діелектриком. Вологість змінює діелектричні властивості повітря, що впливає на

ємність конденсатора;

- резистивні датчики вологості включають два електроди на підложці, покриті шаром матеріалу, чий опір сильно змінюється в залежності від вологості;

- термісторні датчики вологості складаються з двох термісторів, резисторів, чий опір залежить від температури. Один з термісторів розташований у камері з отворами для вимірювання вологості, а другий - у герметичній камері з сухим повітрям. Різниця напруги на цих компонентах вказує на різницю вологості між камерами;

- оптичні датчики вологості працюють на принципі "точки роси". Світло від діода відбивається від дзеркала на фотодетектор. Дзеркало може охолоджуватись або нагріватись для регулювання температури до точки роси. Поява конденсату на дзеркалі призводить до розсіювання світла, що фіксується фотодетектором. Сигнали від фотодетектора регулюють температуру дзеркала, підтримуючи її на рівні точки роси.

Ємнісні датчики вологості мають переваги, такі як низький температурний коефіцієнт, здатність працювати при високих температурах, відновлення від конденсату та помірну стійкість до хімічних випаровувань [20].

Атмосферний тиск – це сила, яку атмосфера Землі чинить на об'єкти усередині неї і на земну поверхню. Цей тиск вимірюється в паскалях, барах, або міліметрах ртутного стовпа [8].

Датчики абсолютного тиску призначені для визначення тиску атмосферного повітря, інших газів, пар, рідин, відштовхуючись від базового рівня, яким є абсолютний вакуум. Ці пристрої вимірюють тиск у порівнянні з цим базовим рівнем.

Існують також датчики, які фіксують тиск порівняно з атмосферним, датчики, що визначають вакуумні тиски відносно атмосферного, та ті, що міряють різницю між двома тисками.

У конструкції датчика абсолютного тиску ключовим є чутливий елемент, з одного боку якого знаходиться вакуумна камера, а з іншого - впливає тиск газу чи рідини. Відповідно до сигналу від сенсора, електронний блок оцінює

абсолютний тиск.

Останнім часом стали популярними п'єзорезистивні електронні датчики тиску. Їх виготовлення передбачає два варіанти: для використання у агресивних та неагресивних середовищах. Вони відрізняються способом передачі тиску на чутливий елемент.

У неагресивних середовищах тиск передається безпосередньо на чутливий елемент або через силіконовий гель. У агресивних середовищах застосовуються датчики з нержавіючою сталеву мембраною.

Працює такий датчик на принципі зміни балансу мостової схеми під впливом прогинання мембрани. Чим сильніше прогинається мембрана, тим більше змінюється баланс схеми. Монокремнієві кристали, завдяки своїй високій пружності, забезпечують стабільність показань незалежно від тиску.

Переваги п'єзорезистивних датчиків тиску включають широкий діапазон вимірювань та чутливість до температури, що дозволяє їм також вимірювати температуру для коректування результатів вимірювань.

2.2 Архітектура системи

Розробка IoT системи для відстеження кліматичних умов навколишнього середовища, таких як температура, тиск, вологість, вимагає ретельного планування та вибору підходящої архітектури. Ключові архітектурні рішення для такої системи показані в таблиці 2.2.

У системі IoT для кліматконтролю, що відстежує показники навколишнього середовища, такі як температура, тиск та вологість, безпека та конфіденційність даних є критично важливими аспектами. Шифрування даних забезпечує, що вся інформація, передана між датчиками, сервером та кінцевими користувачами, захищена від несанкціонованого доступу або перехоплення. Це може включати використання протоколів, таких як SSL/TLS для захищеного

з'єднання між датчиками та сервером, а також шифрування даних, що зберігаються на сервері або в хмарі.

Таблиця 2.2 - Ключові архітектурні рішення

Компонент системи	Опис
Датчики і збір даних	Використання різних датчиків для вимірювання температури, вологості, тиску; інтеграція з мікроконтролерами.
Комунікаційна інфраструктура	Бездротові технології для передачі даних; протоколи MQTT або CoAP для управління повідомленнями.
Центральний сервер / Хмарна обробка	Сервер або хмарний сервіс для збору, зберігання, обробки даних; хмарні платформи для масштабування.
Інтерфейс користувача	Веб- або мобільний додаток для візуалізації даних; панелі керування та оповіщення.
Безпека та конфіденційність	Шифрування даних; системи аутентифікації та управління доступом.
Інтеграція з іншими системами	API для інтеграції системи з іншими системами і технологіями.

Системи аутентифікації та управління доступом гарантують, що лише уповноважені користувачі мають доступ до даних та управлінських функцій системи. Це може бути реалізовано за допомогою сильних паролів, багатофакторної аутентифікації або використанням сертифікатів. Такі системи дозволяють контролювати, хто має право переглядати або змінювати налаштування системи, забезпечуючи додатковий рівень захисту від несанкціонованих дій.

Крім того, для забезпечення конфіденційності даних, важливо впровадити політики та процедури щодо обробки та зберігання інформації. Це включає

регулярне оновлення програмного забезпечення, використання надійних методів захисту інфраструктури та проведення аудитів безпеки.

Враховуючи, що системи IoT для кліматконтролю часто збирають великі обсяги даних, важливо підтримувати високий рівень безпеки та конфіденційності на всіх етапах - від збору даних до їх обробки та зберігання. Це забезпечує захист не тільки від зовнішніх загроз, але й від внутрішніх помилок та несанкціонованого доступу.

Програмне забезпечення цього проекту базується на принципах об'єктно-орієнтованого програмування, в якому ключовим елементом є представлення програми як набору взаємодіючих об'єктів, кожен з яких є інстанцією визначеного класу.

Функціонал модуля мікроконтролера Arduino полягає у зчитуванні даних з усіх включених у систему датчиків та пристроїв. Особливо важливим є його здатність реагувати на вхідні команди шляхом надсилення повідомлень. Взаємодія між різними компонентами системи зображена на діаграмі прецедентів, яка наведена на рисунку 2.1.

Діаграма ілюструє ключові функції модуля, такі як створення управлінських сигналів та ініціація зчитування даних з датчиків. Важливою частиною є обмін даними з брокером, який передбачає автоматичний обмін даними між брокером та мікроконтролером Arduino, а також навпаки. Діаграма детально описує прецеденти "Генерування сигналів" та "Отримання даних з датчиків".

Реакція на вхідні повідомлення в форматі JSON від брокера здійснюється через програмні переривання: при надходженні повідомлення передача даних з датчиків призупиняється, щоб можна було обробити отримані дані та надіслати відповідь. Повідомлення про успішне або невдале прийняття команди відображається за допомогою спеціального прапора, який відсилається разом із даними датчиків. Діаграма класів для Arduino представлена на рисунку 2.2.

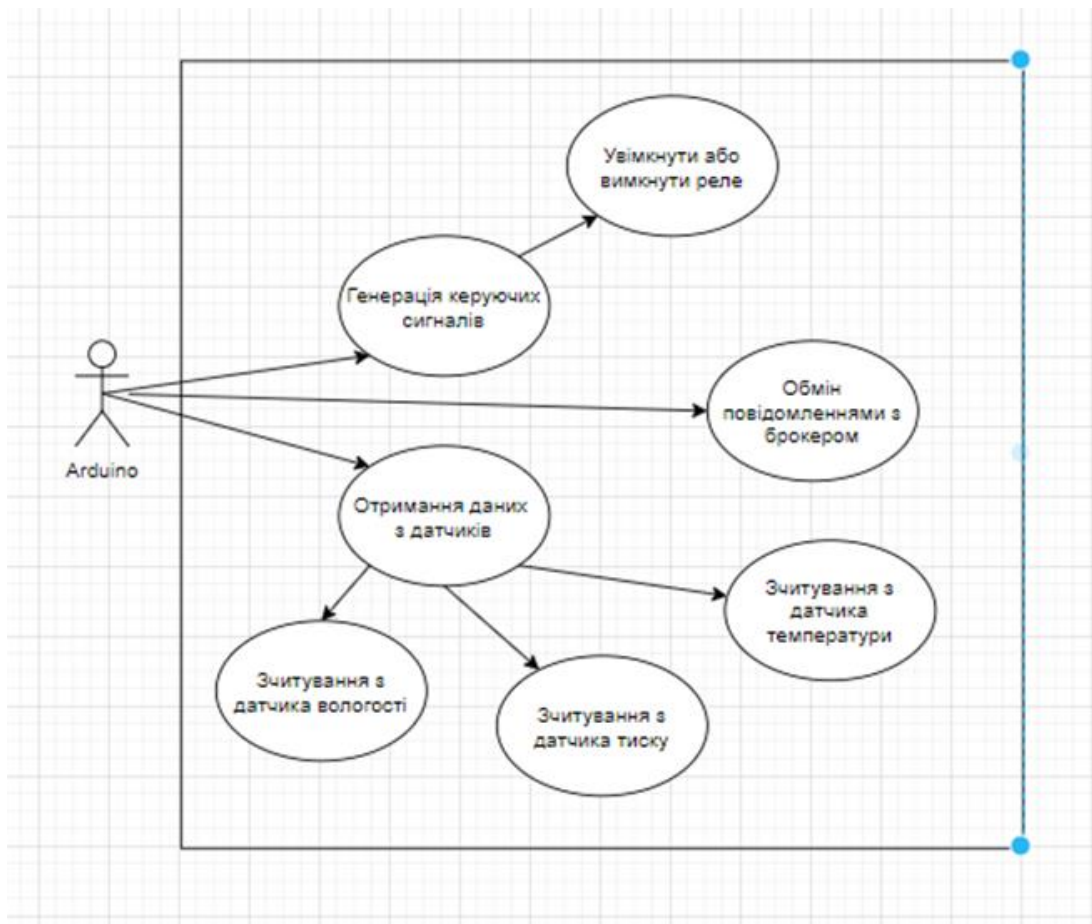


Рисунок 2.1 – Діаграм варіантів використання

Мікроконтролер співпрацює з наявними пристроями системи. Клас "Пристрій" має різні підкласи, включаючи датчики і системи управління реле. Датчики можуть отримувати дані, а системи реле мають опції включення та відключення.

Дані від датчиків зберігаються у базі даних під управлінням PostgreSQL. Для кожного датчика створюється окрема таблиця з використанням команди CREATE. Таблиці містять набір стовпців, включаючи назви датчиків та службові стовпці для збереження часу запису та стану датчиків та пристроїв. Це дозволяє легко відстежувати момент виходу пристрою з ладу.

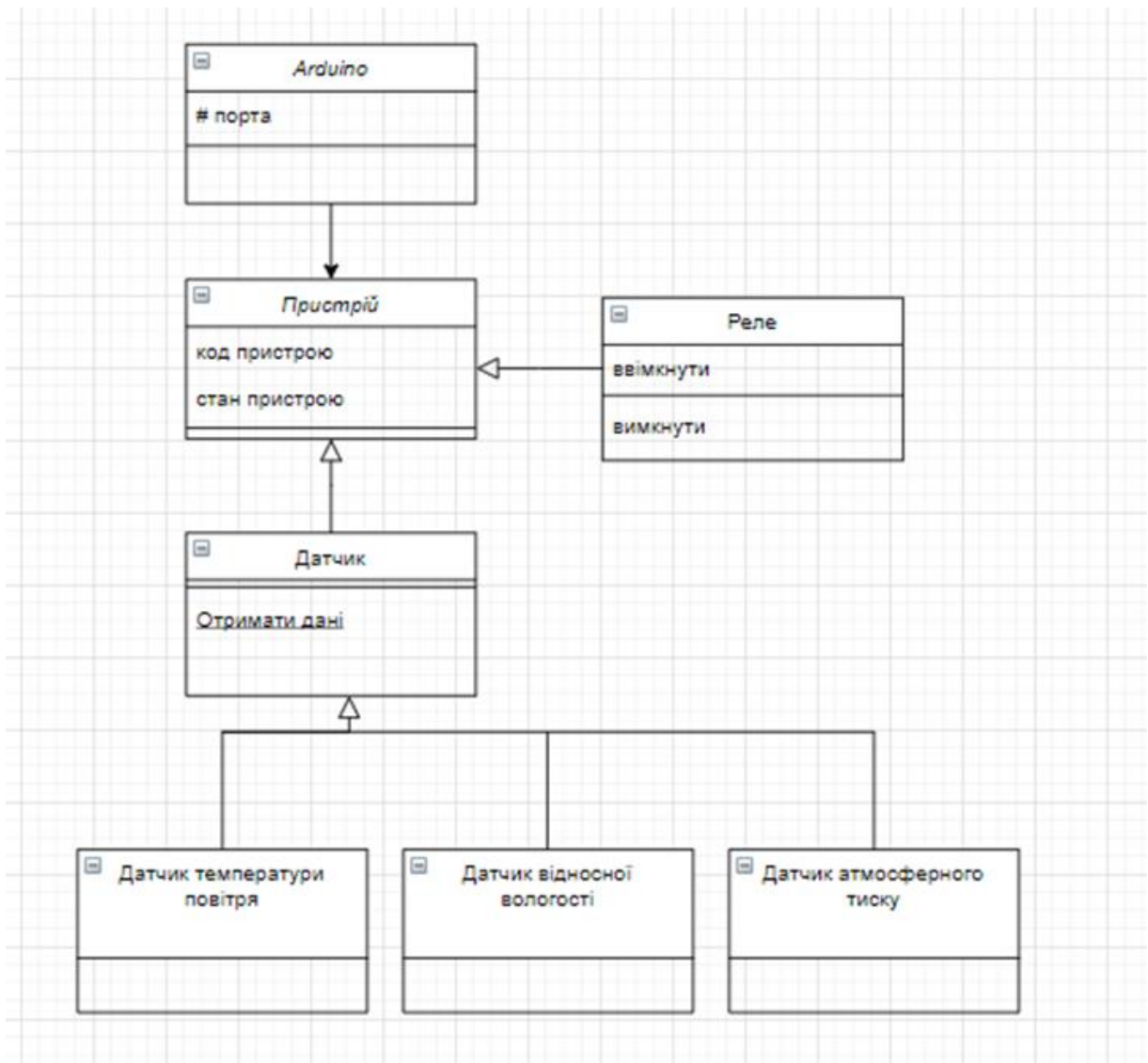


Рисунок 2.2 –Діаграма пакетів

Для забезпечення доступу до бази даних використовується ім'я бази даних, логін, пароль, хост і порт. Система має такі переваги:

- можливість обробки декількох підключень одночасно;
- автоматичне регулювання кількості підключень у разі перевантаження запитами;
- автоматичне відновлення з'єднань та обробка втрачених запитів у разі перезавантаження сервера бази даних.

Ці особливості забезпечують надійний доступ до інформації про систему для всіх користувачів.

2.3 Апаратна складова частина

Апаратна частина системи IoT для кліматконтролю, яка відстежує показники навколишнього середовища, включає в себе декілька ключових компонентів. Почнемо з датчиків: це основні елементи системи, які безпосередньо вимірюють температуру, вологість, атмосферний тиск та інші важливі параметри. Ці датчики розміщуються у стратегічних точках для точного моніторингу кліматичних умов. Для забезпечення ефективного збору та передачі даних, датчики часто підключаються до мікроконтролерів або мікропроцесорних платформ, таких як Arduino або Raspberry Pi. Ці пристрої діють як центральні вузли, які збирають дані з датчиків, обробляють їх та готують до передачі (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Порівняння Arduino та Raspberry Pi

Критерій	Arduino	Raspberry Pi
Тип Пристрою	Мікроконтролер	Мікропроцесорна платформа
Обчислювальна Потужність	Нижча (8-бітні або 16-бітні мікроконтролери)	Вища (ARM-базовані процесори)
Споживання Енергії	Нижче, підходить для простих задач і проектів з низьким енергоспоживанням	Вище, але все ще ефективно для більшості задач
Підтримувані Інтерфейси	GPIO, I2C, SPI, UART	GPIO, I2C, SPI, UART, USB, Ethernet, HDMI
Можливості Розширення	Обмежені можливості, деякі моделі підтримують щити (shields) для розширення	Широкі можливості, підтримка різноманітних зовнішніх пристроїв
Спільнота та Підтримка	Велика спільнота, багато ресурсів для навчання та документації	Широка спільнота, багато навчальних матеріалів та проектів

Ключовим елементом системи є модулі бездротового зв'язку. Вони можуть включати Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee або інші технології бездротового зв'язку, що дозволяє датчикам і контролерам комунікувати між собою та передавати зібрані дані на центральний сервер або в хмару для подальшої обробки та аналізу.

Для забезпечення надійної роботи системи, важливо також врахувати джерела живлення для датчиків та контролерів. Це може бути як традиційне живлення від мережі, так і автономні рішення, такі як батареї або сонячні панелі, особливо в місцях, де доступ до електромережі обмежений.

Крім того, в систему часто інтегруються спеціалізовані компоненти для контролю й управління кліматичними умовами, наприклад, термостати або системи керування вентиляцією. Ці компоненти можуть автоматично регулювати умови в приміщенні, виходячи з даних, отриманих від датчиків.

Вибір між Arduino та Raspberry Pi для системи IoT кліматконтролю залежить від специфічних потреб проекту. Arduino є ідеальним вибором для проектів, де головне - простота, низьке споживання енергії та вимоги до базового контролю сенсорів та актуаторів. Завдяки своїй простоті та широкій підтримці спільноти, Arduino підходить для навчальних проектів та прототипування, особливо в умовах, де потрібна швидка взаємодія з низькорівневою електронікою.

З іншого боку, Raspberry Pi надає значно більші обчислювальні можливості та підтримку різноманітних операційних систем, таких як Linux. Це дозволяє запускати складніші програми, включаючи веб-сервери, бази даних та аналітичні застосунки. Raspberry Pi є відмінним вибором для більш складних систем IoT, де потрібні такі функції, як обробка відео, збір та аналіз даних в реальному часі або навіть використання елементів штучного інтелекту та машинного навчання.

Обидві платформи також дозволяють інтеграцію з різними бездротовими технологіями для збору та передачі даних, такими як Wi-Fi, Bluetooth або Zigbee. Це робить їх підходящими для різних сценаріїв використання в IoT, де пристрої можуть бути розміщені в віддалених або незручних місцях для забезпечення точного моніторингу кліматичних умов.

Крім того, можливість розширення обох платформ дозволяє адаптувати систему до конкретних потреб проекту. Чи це додавання додаткових сенсорів, інтеграція з іншими системами або розширення функціональності за допомогою додаткових модулів або шилдів, обидві платформи надають гнучкість, необхідну для створення ефективної системи IoT для кліматконтролю.

Загалом, апаратна частина системи IoT для кліматконтролю являє собою складне поєднання датчиків, мікроконтролерів, модулів бездротового зв'язку та контролюючих пристроїв, кожен з яких відіграє свою роль у забезпеченні точного та ефективного моніторингу та управління кліматичними умовами.

Задача підтримки якості повітря навколишнього середовища є однією з ключових в останні декілька десятиліть.

Кліматичні контрольні системи використовуються для регулювання та підтримки параметрів, таких як температура, вологість та обіг повітря в середині приміщень.

Сучасні кліматичні контрольні системи є складними автоматизованими системами, що регулюють якість повітря в середовищі відповідно до даних, отриманих від датчиків температури та вологості.

Описана в роботі система контролю температури та вологості використовує бездротову технологію для передачі вимірювань. Ця система дистанційного моніторингу базується на програмно-апаратних рішеннях Arduino з мікроконтролером Atmega328P [3].

В основі датчика використовується чіп DHT21, вибраний тому що має високі метрологічні властивості. Передача даних з датчика до ПК здійснюється за допомогою кодоімпульсної модуляції.

Система моніторингу клімату серверної кімнати проводить вимірювання та передає дані на пульт системного адміністратора.

Мікроконтролер обробляє отриману інформацію та відображає її на моніторі і в інших пристроях. В разі виявлення критичних рівнів температури чи вологості активізується акустичне оповіщення.

Також розглянуто інший варіант клімат-контролю для приміщень, що включає мікроконтролер AVR Atmega8515 і термодатчик DS18B20 [4].

Цей пристрій працює таким чином: при включенні на дисплей виводиться інформація про підключені температурні датчики, після чого дані з датчиків відображаються на дисплеї.

Потім система порівнює температуру навколишнього середовища з бажаною температурою в приміщенні, і при необхідності активує кондиціонер або обігрівач. Задана температура в приміщенні програмується користувачем.

Для підтримки потрібних кліматичних умов розроблена система контролю та моніторингу температури та вологості на основі Arduino UNO, використовуючи датчик DHT22 через його точність і широкий діапазон даних. Система підключається до комп'ютера через USB і вимагає запуску відповідної програми.

Ця система передає дані в режимі "онлайн" і відображає оновлену інформацію кожні дві секунди. Зібрані дані зберігаються, поки програма не буде закрита. Для відстеження змін передбачено графіки температури та вологості. Система також може бути підключена до звукової сигналізації для попередження про перевищення норм. Можливе підключення терморегуляторів, осушувачів чи зволожувачів для автоматичного підтримання заданих параметрів.

Описано також пристрій для дистанційного моніторингу навколишнього середовища з використанням бездротових сенсорних мереж.

Головні переваги цього пристрою - низьке енергоспоживання та висока швидкість обробки даних мікроконтролером. Універсальність та можливість автономної роботи дозволяють використовувати різні типи температурних датчиків без зміни конструкції, та здійснювати дистанційний моніторинг в складних умовах.

При створенні цього приладу було використано датчик температури та вологості DHT22.

DHT22 - це популярний датчик, що вимірює відносну вологість і температуру, який складається з ємнісного датчика вологості та термістора.

В конструкцію датчика інтегрований аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який перетворює аналогові сигнали в цифровий формат. Цифрові дані на виході АЦП спрощують дизайн пристрою [11].

Цей цифровий датчик працює за протоколом, який використовує один дріт / шину з відкритим колектором, тому необхідно використовувати підтягувальний резистор на 5-10кОм до додатного полюсу живлення.

На рисунку 2.3. показаний зовнішній вигляд датчика температури і вологості DHT22.



Рисунок 2.3 - Датчик вологості

Цифровий датчик температури DS18B20 відрізняється своєю компактністю, високою точністю та доступною ціною. Цей датчик використовує 1-Wire інтерфейс, який був розроблений фірмою Dallas. Цей інтерфейс відомий своєю широкою поширеністю та простотою у використанні. Особливо зручною є можливість підключення кількох датчиків паралельно до однієї шини даних.

Чіп DS18B20 легко інтегрується з мікроконтролерами на основі Arduino, AVR, PIC, ARM. Для роботи з Arduino вже розроблена спеціальна бібліотека виробником [12].

На рисунку 2.4 показаний зовнішній вигляд датчика DS18B20.



Рисунок 2.4 - Датчик температури

В якості Ethernet модуля було вибрано W5500. Плата W5500 застосовується для забезпечення підключення мікроконтролерних систем до мережі Ethernet. Зображення цього модуля представлено на рисунку 2.5.

Цей модуль здатен не лише забезпечувати взаємодію пристроїв у місцевій мережі, використовуючи протоколи «TCP» чи «UDP», але й дозволяє здійснювати зв'язок з пристроями, що знаходяться на відстані, наприклад, з серверами, через протокол «HTTP» [13].



Рисунок 2.5– Модуль з'єднання

Arduino Uno розроблений на базі мікросхеми ATmega328, завдяки чому платформа забезпечує користувачу 14 цифрових входів/виходів, у тому числі 6 пінів для ШІМ, а також має 6 аналогових входів. До плати можна підключитися через USB порт для з'єднання з комп'ютером, а також вона має роз'єм для

зовнішнього живлення, кварцовий генератор на 16 МГц, ICSP роз'єм та кнопку перезавантаження [14]. Для забезпечення роботи плати необхідно підключити її через USB кабель до комп'ютера або з'єднати з блоком живлення. Зображення мікроконтролера наведено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6— Мікроконтролер

Arduino Uno оснащено вбудованим стабілізатором напруги, що дозволяє йому працювати з джерелами живлення від 6 до 20 В.

Згідно з деякими джерелами, термін Wi-Fi спочатку використовувався як скорочення від англійського "Wireless Fidelity", що означає "високу точність бездротової передачі". Wi-Fi - це торгова марка Wi-Fi Alliance, яка означає технологію бездротових мереж, побудованих на стандарті IEEE 802.11 [15]. Цей стандарт описує набір специфікацій для передачі цифрових даних через радіоканали. Він працює на фізичному та каналному рівнях моделі OSI і включає два типи обладнання: клієнта з бездротовою мережевою картою та точку доступу, яка є мостом між дротовими та бездротовими мережами.

Wi-Fi має такі характеристики:

— версії IEEE 802.11 b, g, n;

- робочий діапазон частот - 2,4 ГГц;
- ширина каналу - 20 МГц;
- потужність передавача - до +10 дБ;
- радіус дії - до 150 м.

Inter-Integrated Circuit (I²C) - це шина даних, що з'єднує інтегральні схеми, використовуючи дві лінії для передачі повідомлень: SDA для даних і SCL для синхронізації [16]. У системі передачі I²C один пристрій виступає як "ведучий", який генерує тактові сигнали та ініціює передачу даних, а інший - як "ведений", який передає дані за командою ведучого. Кожен пристрій у I²C має унікальну адресу, яка використовується при передачі даних, а тактовий сигнал завжди генерує ведучий.

DHT22 використовує одноканальний інтерфейс для спрощеного зв'язку. Це означає, що використовується одна лінія для передачі даних, яка контролюється для управління даними. Мікропроцесор підключається до лінії передачі даних і не дозволяє пристрою передавати дані, коли інші пристрої використовують шину. Зазвичай для одноканальної шини потрібен зовнішній резистор 4,7 кОм, щоб утримувати шину у високому стані під час простою. Взаємодія між мікропроцесором і датчиком базується на принципі "ведучий-ведений", де ведучий пристрій ініціює зв'язок, а датчик відповідає, дотримуючись встановленої послідовності. Використовується одноканальний формат даних (SDA) для передачі 40 біт даних.

Бездротові технології для передачі даних, такі як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, або LoRaWAN, є ключовими у розробці IoT систем. Вони дозволяють датчикам і пристроям передавати зібрані дані на центральний сервер або хмарну платформу без необхідності фізичного підключення. Це значно спрощує установку та масштабування системи, а також розширює можливості її використання в різних умовах, включаючи важкодоступні місця. Кожна з цих технологій має свої особливості. Наприклад, Wi-Fi забезпечує швидку передачу даних на великі відстані, тоді як Bluetooth є оптимальним для невеликих відстаней і низького енергоспоживання. Zigbee і LoRaWAN використовуються

для створення широкомасштабних мереж з низьким енергоспоживанням, що особливо актуально для розподілених сенсорних мереж.

Протоколи MQTT та CoAP відіграють важливу роль у управлінні повідомленнями в IoT системах. MQTT є легким протоколом обміну повідомленнями, що забезпечує надійну та ефективну передачу даних в умовах обмеженого зв'язку. Його особливості включають підтримку різних рівнів якості обслуговування (QoS) та можливість роботи в режимі «видавець-підписник», що дозволяє зменшити затримки та навантаження на мережу. CoAP, з іншого боку, спеціально розроблений для використання в обмежених мережах, таких як бездротові сенсорні мережі. Він підтримує прості GET, POST, PUT та DELETE запити, схожі на HTTP, але з оптимізацією для низькопотужних та низькопропускних мереж. Обидва протоколи забезпечують ефективний механізм для обміну даними між IoT пристроями та серверами, роблячи їх важливими компонентами в архітектурі сучасних IoT систем.

2.4 Висновки до розділу 2

У даному розділі детально розглянуто питання моніторингу параметрів навколишнього середовища, зокрема температури, вологості та тиску. Проаналізовано принципи роботи відповідних датчиків, а також їх переваги та недоліки.

Запропоновано архітектуру системи моніторингу на базі мікроконтролера Arduino, яка передбачає інтеграцію з базою даних та можливість як локального, так і віддаленого доступу до даних. Особлива увага приділяється вибору датчиків - обґрунтовується застосування цифрових датчиків DHT22 та DS18B20 за рахунок їх точності, надійності та простоти підключення.

Запропоновано комплексне технічне рішення для побудови систем моніторингу навколишнього середовища. Перспективи подальших досліджень

вбачаються у розробці методів аналізу та візуалізації даних, а також інтеграції системи з механізмами оповіщення про небезпечні умови.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

3.1 Програмна частина системи

MQTT є протоколом, спеціально розробленим для сфери Інтернету речей (IoT). Це відкритий і легкий у використанні протокол, створений для ефективного обміну даними між різними пристроями та модулями. Він ефективно забезпечує надійність з'єднань, швидкість передачі даних і забезпечує стабільну роботу систем та програм, захищаючи від збоїв та помилок. MQTT пропонує широкий спектр можливостей, включаючи обмін даними між більш масштабними системами, а також сприяє інтеграції локальних мереж в Інтернет.

Цей протокол функціонує на прикладному рівні стеку TCP/IP, використовуючи порт 1883 за замовчуванням або 8883 для зашифрованих SSL підключень. Це можна побачити на ілюстрації ієрархічної моделі OSI.

Структура MQTT включає MQTT-брокера та MQTT-агентів, які виступають як підписники та видавці. Вони ефективно виконують свої ролі, забезпечуючи надійний обмін даними. Основною задачею видавців є публікація даних, призначених для підписників, що є ключовим для функціонування протоколу.

У MQTT для організації повідомлень використовується ієрархічна структура топіків, які можуть бути як однорівневими, так і багаторівневими, розділені спеціальним символом «/». Наприклад, багаторівневий топік може виглядати як «home/bedroom/temperature».

Система MQTT підтримує спеціальний показник якості обслуговування (QoS), що відрізняє її від такого протоколу, як CoAP (Constrained Application Protocol). Це дає можливість використовувати різні рівні надійності обміну

даними. Залежно від вибраного рівня, повідомлення можуть вимагати підтвердження доставки або оброблятися без нього.

Рівень QoS 0 передбачає, що відправник надсилає повідомлення без гарантії його доставки. В такому випадку брокер розповсюджує повідомлення до отримувача, але не стежить за тим, чи воно було отримане. Цей сценарій корисний, коли втрата окремих даних не є критичною, наприклад, при постійному моніторингу температури.

Рівень QoS 1 забезпечує, що повідомлення буде доставлено принаймні один раз. Після того, як відправник надішле повідомлення, воно зберігається і пересилається до отримувача, після чого відправник отримує підтвердження про доставку.

Рівень QoS 2 гарантує одноразову доставку повідомлення без дублювання за допомогою складних процедур перевірки. Цей рівень використовується у випадках, де потрібно точно переконатися, що повідомлення було доставлене, наприклад, при спрацюванні сигналізації.

MQTT вимагає мінімальних обчислювальних ресурсів, що робить його ідеальним для вбудованих систем з обмеженою потужністю. Навіть при низькій пропускній спроможності мережі, MQTT забезпечує ефективну передачу даних і мінімальне навантаження на систему.

У відмінності від клієнт-серверного підходу, у моделі "видавець-підписник" MQTT, відправник та отримувач повідомлень зазвичай є розділеними і можуть навіть не знати один про одного. Брокер служить посередником, що передає повідомлення від відправника до отримувача і назад, забезпечуючи їх фільтрацію та правильну доставку до зацікавлених сторін. Брокер аналізує підписки на теми і пересилає повідомлення до підписників, що підписані на ці тем.

На рисунку 3.1 частина програми для платформи Arduino, яка інтегрує різні бібліотеки та модулі для збору та передачі даних через MQTT протокол. Далі опис його основних частин.

```

1  #include <SPI.h>
2  #include <Wire.h>
3  #include <OneWire.h>
4  #include <DallasTemperature.h>
5  #include <Ethernet.h>
6  #include <PubSubClient.h>
7  #include <ArduinoJson.h>
8  #include <Adafruit_BMP280.h>
9  #include <dht.h>
10 #define ONE_WIRE_BUS 5
11 #define BBT "mqtt.beebotte.com"
12 #define TOKEN "token_4g41ZmAfLWgAI29d"
13 #define Channel "Arduino2"
14 #define CoResource "res"
15 #define first "first"
16 #define second "second"
17 #define third "third"
18 #define fourth "fourth"
19 #define pres "pres"
20 #define hum "hum"
21 #define test "test"
22 #define Write true
23 #define DHT11_PIN 7

```

Рисунок 3.1 – Підключення бібліотек

Підключення бібліотек:

- SPI.h, Wire.h: стандартні бібліотеки для забезпечення комунікацій SPI та I2C.
- OneWire.h: бібліотека для роботи з пристроями, що використовують OneWire протокол (наприклад, датчики температури).
- DallasTemperature.h: бібліотека для роботи з датчиками температури Dallas.
- Ethernet.h: бібліотека для підключення до мережі Ethernet.
- PubSubClient.h: клієнт для MQTT комунікацій.
- ArduinoJson.h: бібліотека для роботи з JSON даними.
- Adafruit_BMP280.h: бібліотека для роботи з датчиком тиску та температури BMP280.
- dht.h: бібліотека для роботи з DHT датчиками вологості та температури.

Визначення констант і макро-вказівок:

- ONE_WIRE_BUS 5: встановлює пін, який використовується для OneWire комунікації.
- BBT, TOKEN, Channel тощо: константи для підключення до MQTT брокера Beebotte.
- DHT11_PIN 7: визначає пін, до якого підключений DHT11 датчик.

Створення об'єктів:

- Об'єкти для роботи з датчиками (DallasTemperature, Adafruit_BMP280, DHT).
- Об'єкт для MQTT клієнта.
- Інші необхідні об'єкти для забезпечення зв'язку та обробки даних.

Цей код служить для зчитування даних з датчиків температури, вологості, тиску та інших параметрів, обробки цих даних і відправки їх на MQTT сервер (у даному випадку - Beebotte) для подальшої взаємодії, аналізу чи моніторингу.

На рисунку 3.2 показано код, який використовує декілька датчиків та забезпечує підключення до мережі для передачі даних.

```

1  OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
2  DallasTemperature sensors(&oneWire);
3  Adafruit_BMP280 bmp280;
4  dht DHT;
5  long lastMsg = 0;
6  long lastReconnectAttempt = 0;
7  const int powerled1=3;
8  const int powerled2=4;
9  EthernetClient ethClient;
10 PubSubClient client(ethClient);
11 byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED};
12 IPAddress ip(192, 168, 1, 50);
13 IPAddress gateway(192,168,1,1);
14
15 IPAddress subnet(255,255,255,0);
16 uint8_t sensor1[8] = { 0x28, 0xB0, 0xA7, 0x01, 0x3B, 0x19, 0x01, 0xEB };
17 uint8_t sensor2[8] = { 0x28, 0xB0, 0xB9, 0xE5, 0x3A, 0x19, 0x01, 0xD9 };
18 uint8_t sensor3[8] = { 0x28, 0x6E, 0xC8, 0x5A, 0x3B, 0x19, 0x01, 0x0E };
19 uint8_t sensor4[8] = { 0x28, 0xB9, 0x79, 0xC1, 0x3E, 0x19, 0x01, 0x8D };
20 uint8_t sensor5[8] = { 0x28, 0xE6, 0x9F, 0xEF, 0x3A, 0x19, 0x01, 0x3A };
21 float temp1;
22 float temp2;
23 float temp3;
24 float temp4;
25 float temp5;
26

```

Рисунок 3.2 – Ініціалізація даних

Ініціалізація датчиків і мережевих компонентів:

- `OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);` ініціалізація `OneWire` інтерфейсу для комунікації з датчиками, що використовують цей протокол. `ONE_WIRE_BUS` визначено в попередньому фрагменті коду як пін підключення;
- `DallasTemperature sensors(&oneWire);` створює об'єкт для роботи з датчиками температури Dallas, які підключені через `OneWire`;
- `Adafruit_BMP280 bmp280;` ініціалізація датчика тиску та температури BMP280;
- `dht DHT;` ініціалізація датчика вологості та температури DHT.

Мережеві налаштування:

- `EthernetClient ethClient` та `PubSubClient client(ethClient);` ініціалізація Ethernet клієнта та MQTT клієнта для підключення до мережі та передачі даних;
- `byte mac[];` MAC-адреса Ethernet модуля;
- `IPAddress ip, gateway, subnet;` статичні IP-адреси та налаштування мережі для підключення модуля до локальної мережі.

Ідентифікація датчиків `uint8_t sensor1[8] ... sensor5[8]`. Масиви, що містять унікальні адреси кожного з датчиків Dallas. Це важливо для ідентифікації та отримання даних з конкретних датчиків в мережі `OneWire`.

Змінні для зберігання даних `float temp1, temp2, temp3, temp4, temp5;` Змінні для збереження температури, яку зчитують відповідні датчики.

Цей фрагмент коду створює основу для системи моніторингу, яка зчитує температуру та інші параметри від різних датчиків, інтегрує ці дані та підготовлює їх для відправки через мережу, використовуючи протокол MQTT. За допомогою статичних IP-адрес та мережевих параметрів, система може бути точно налаштована для роботи в певному мережевому середовищі.

На рисунку 3.3 функція `setup()` виконує початкову налаштування системи, включаючи ініціалізацію комунікації, налаштування мережі та підготовку до подальшої роботи з датчиками та передачі даних.

```

1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3   sensors.begin();
4   pinMode(powerled1, OUTPUT);
5   pinMode(powerled2, OUTPUT);
6   digitalWrite(powerled1, LOW);
7   digitalWrite(powerled2, HIGH);
8   client.setServer(BBT, 1883);
9   while (!Serial) {}
10  if (Ethernet.begin(mac) == 0) {
11    Serial.println("Failed to configure Ethernet using DHCP");
12    Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet);
13  }
14  delay(1000);
15  Serial.println("connecting...");
16  lastReconnectAttempt = 0;
17  client.setCallback(onMessage);
18 }

```

Рисунок 3.3 – Функція запуску

Опис функції `setup()`. Ініціалізація серійного порту `Serial.begin(9600)`, відкриває серійний порт із швидкістю 9600 бод. Це дозволяє здійснювати комунікацію між мікроконтролером та комп'ютером.

Ініціалізація датчиків `sensors.begin()`. Запускає датчики температури Dallas.

Налаштування пінів вихідної потужності:

- `pinMode(powerled1, OUTPUT)` та `pinMode(powerled2, OUTPUT)`.

Встановлює піни LED як вихідні;

- `digitalWrite(powerled1, LOW)` та `digitalWrite(powerled2, HIGH)`.

Встановлює стан одного LED як вимкнений (LOW) і іншого як увімкнений (HIGH).

Налаштування MQTT клієнта `client.setServer(BBT, 1883)`. Вказує MQTT сервер (BBT) та порт (1883) для підключення.

Перевірка серійного з'єднання `while (!Serial) {}`. Цикл, який очікує поки не буде встановлене серійне з'єднання.

Налаштування Ethernet з'єднання, якщо `Ethernet.begin(mac)` повертає 0, це означає, що конфігурація Ethernet через DHCP не вдалася. Тоді використовується `Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet)` для ручної конфігурації з вказаними IP-адресами та мережевими налаштуваннями.

Затримка та подальші налаштування:

- `delay(1000)`. Затримка у 1000 мілісекунд перед продовженням виконання коду;
- `Serial.println("connecting...")`. Виводить повідомлення у серійний порт;
- `lastReconnectAttempt = 0`. Ініціалізує змінну для відстеження спроб повторного підключення;
- `client.setCallback(onMessage)`. Встановлює функцію зворотного виклику, яка буде викликатися при отриманні повідомлень через MQTT.

Рисунок 3.4 наведено функції - зібрати дані з різних датчиків і передати їх далі для обробки або відображення. При цьому використовується перевірка на валідність даних, щоб уникнути помилок при передачі неіснуючих або пошкоджених даних.

```

1 void readSensorData()
2 {
3   sensors.requestTemperatures();
4   temp1 = getTemperature(sensor1);
5   temp2 = getTemperature(sensor2);
6   temp3 = getTemperature(sensor3);
7   temp4 = getTemperature(sensor4);
8   temp5 = getTemperature(sensor5);
9   float pressure = bmp280.readPressure();
10  int chk = DHT.read11(DHT11_PIN);
11  if (!isnan(temp1)) { publish(test, 22, Write);
12  publish(CoResource, temp1, Write);
13  publish(first, temp2, Write);
14  publish(second, temp3, Write);
15  publish(third, temp4, Write);
16  publish(fourth, temp5, Write);
17  publish(pres, pressure*0.00750062, Write);
18  publish(hum, DHT.humidity, Write);
19  }
20  }

```

Рисунок 3.4 –Функція роботи із датчиками

Фрагмент коду представляє функцію `readSensorData()`, призначену для читання даних з різних датчиків та публікації цих даних. Ось детальний опис цієї функції.

Зчитування температури з датчиків Dallas:

- `sensors.requestTemperatures()`. Запит на оновлення показань температури від усіх підключених датчиків Dallas;

- `temp1 = getTemperature(sensor1) ... temp5 = getTemperature(sensor5)`.

Отримання та зберігання показань температури від кожного датчика. Функція `getTemperature` передбачається як користувацька функція, яка читає температуру від певного датчика.

Зчитування даних з BMP280 та DHT11:

- `float pressure = bmp280.readPressure()`. Читання та зберігання показань тиску від датчика BMP280;

- `int chk = DHT.read11(DHT11_PIN)`. Зчитування показань від DHT11 датчика вологості та температури.

Перевірка на коректність даних та публікація:

- `if (!isnan(temp1 )) { ... }`. Перевірка, чи показання температури від першого датчика є дійсними (не NaN - Not a Number);

- У середині умови, викликаються функції `publish`, які надсилають дані на MQTT сервер або інший сервіс. Ці дані включають температуру від кожного датчика, тиск (перетворений з Па в мм рт. ст.), вологість з DHT датчика.

- `publish(test, 22, Write)`. Цей рядок, ймовірно, використовується для демонстрації або тестування, відправляючи тестове значення 22 на сервер.

Для реалізації функції звукового сповіщення на основі значень датчиків температури, вологості та тиску в Arduino, потрібно інтегрувати простий зумер (piezo buzzer) у систему. На рисунку 3.5 наведено функції `alertIfNeeded`, яка активує зумер, коли будь-який із показників виходить за задані межі.

```

1  const int buzzerPin = 9;
2  void setup() {
3      pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
4  }
5  void loop() {
6      float temperature = getTemperature(sensor1);
7      float humidity = DHT.humidity;
8      float pressure = bmp280.readPressure();
9      alertIfNeeded(temperature, humidity, pressure);
10 }
11 void alertIfNeeded(float temperature, float humidity, float pressure) {
12     bool alert = false;
13     if (temperature < 20.0 || temperature > 30.0) {
14         alert = true;
15     }
16     if (humidity < 30.0 || humidity > 70.0) {
17         alert = true;
18     }
19     if (pressure < 980.0 || pressure > 1020.0) {
20         alert = true;
21     }
22     if (alert) {
23         tone(buzzerPin, 1000, 500);
24         delay(1000);
25     }
26 }
27 float getTemperature(uint8_t* deviceAddress) {
28     sensors.requestTemperaturesByAddress(deviceAddress);
29     return sensors.getTempC(deviceAddress);
30 }

```

Рисунок 3.5 – Функція звукового сповіщення

Початково, встановлюється номер піну, до якого підключено зумер (buzzerPin), і цей пін налаштовується як вихідний в функції setup. У головному циклі loop, відбувається зчитування даних з датчика температури, датчика вологості DHT та датчика тиску BMP280. Отримані значення передаються в функцію alertIfNeeded.

Функція alertIfNeeded перевіряє, чи перевищують значення температури, вологості чи тиску встановлені порогові значення. Для температури поріг встановлено між 20 та 30 градусами Цельсія, для вологості - між 30% та 70%, а для тиску - між 980 та 1020 мілібарами. Якщо будь-який показник виходить за межі, змінна alert стає true, і зумер генерує звуковий сигнал частотою 1000 Гц протягом 500 мілісекунд, після чого система чекає 1000 мілісекунд перед наступним перевірнням показників.

Функція `getTemperature` зчитує та повертає значення температури з певного датчика температури, адреса якого передається як аргумент.

Такий код може бути використаний для створення системи раннього попередження про вихід показників навколишнього середовища за норму в промислових або житлових умовах.

У рамках розробки комп'ютерної IoT системи для відстеження кліматичних умов, таких як температура, тиск та вологість, центральну роль відіграє сервер або хмарний сервіс. Цей компонент системи відповідає за збір, зберігання та обробку даних, які надходять від мережі датчиків.

Використання локального сервера для IoT системи моніторингу клімату в промисловості може бути ефективним рішенням для збору, обробки та управління даними, отриманими від різних датчиків. Локальний сервер дозволяє зосередити всю інформацію в одному місці, що спрощує доступ до даних та їхню обробку.

Перш за все, локальний сервер повинен бути обладнаний необхідним програмним забезпеченням для взаємодії з IoT датчиками. Це включає в себе протоколи зв'язку, які дозволяють серверу отримувати дані від датчиків, що можуть бути розміщені у різних частинах промислового об'єкта. Сервер повинен мати високу обчислювальну потужність, оскільки він буде обробляти великі обсяги даних, що надходять в реальному часі.

Важливо розробити або інтегрувати програмне забезпечення для аналізу даних. Це може включати алгоритми машинного навчання, які допомагають ідентифікувати тенденції, виявляти аномалії або надавати прогнози на основі зібраних даних. Програмне забезпечення також повинно включати інтерфейс користувача, який дозволить операторам легко переглядати та аналізувати інформацію.

Безпека даних є ще одним критичним аспектом. Локальний сервер повинен бути захищений від зовнішніх загроз, включаючи кібератаки та несанкціонований доступ. Це можна забезпечити за допомогою вогнестінок, шифрування даних та регулярних оновлень безпеки.

Важливо забезпечити резервне копіювання даних та план відновлення у випадку відмови системи. Це гарантує, що важлива інформація не буде втрачена і що система може бути швидко відновлена після будь-якого збою.

Таким чином, використання локального сервера для IoT системи у промисловості вимагає ретельного планування та врахування аспектів як збору та обробки даних, так і безпеки та надійності системи.

Хмарні сервіси, такі як Amazon Web Services, Google Cloud Platform чи Microsoft Azure, надають можливість ефективно масштабувати систему залежно від потреб, гарантуючи високий рівень доступності та надійності.

Основною функцією сервера є збір даних з датчиків, які розташовані у різних місцях та вимірюють кліматичні параметри. Після збору даних, сервер обробляє їх, що може включати в себе видалення шуму, агрегацію та аналіз. Отримані дані потім зберігаються для подальшого використання у візуалізаціях, звітах чи аналітичних обчисленнях. Сервер також відіграє роль в управлінні доступом до даних, забезпечуючи їх через API для різних застосунків та сервісів.

Використання хмарних платформ дозволяє гнучко збільшувати або зменшувати обчислювальні ресурси залежно від потреб системи, що є особливо важливим у випадках збільшення кількості датчиків або розширення функціоналу. Такі платформи надають також додаткові інструменти та сервіси, які можна інтегрувати для підвищення ефективності системи, наприклад, для аналізу великих даних, машинного навчання або штучного інтелекту. Це робить хмарні рішення ідеально підходящими для сучасних IoT систем, що вимагають гнучкості, масштабованості та високого рівня обробки даних.

Microsoft Azure, як одна з провідних хмарних платформ, надає різноманітні послуги та рішення, які можуть бути використані в широкому спектрі застосувань. Наприклад, розробники можуть використовувати Azure для розгортання та управління веб-додатками та сервісами, використовуючи Azure App Service, що підтримує різні мови програмування та фреймворки. Для обробки та аналізу великих даних, Azure пропонує сервіси, як HDInsight та

Databricks, які дозволяють працювати з популярними інструментами великих даних, включаючи Hadoop та Spark.

За допомогою Azure Storage, можна зберігати величезні обсяги даних, включаючи неструктуровані дані в Blob Storage або файли у File Storage. Це особливо корисно для компаній, які потребують надійного сховища з високою доступністю.

Microsoft Azure також є потужним інструментом для інтеграції штучного інтелекту та машинного навчання у бізнес-процеси, надаючи інструменти для створення та розгортання моделей штучного інтелекту, як Azure AI та Machine Learning Services.

У сфері Інтернету речей, Azure IoT Hub та IoT Edge надають можливість зв'язувати та управляти мільйонами IoT пристроїв, інтегруючи їх з іншими Azure сервісами для подальшого аналізу даних.

Azure також пропонує рішення для управління контейнерами, як Azure Kubernetes Service, який дозволяє легко розгортати та управляти застосунками на основі контейнерів, забезпечуючи високу масштабованість та гнучкість.

Для забезпечення безпеки, Azure пропонує послуги як Azure Active Directory для управління ідентифікацією та доступом, а також Azure Security Center для моніторингу та захисту від загроз.

Ці та багато інших функцій роблять Microsoft Azure потужним інструментом для підприємств та розробників, які прагнуть інтегрувати хмарні рішення у свої бізнес-процеси та додатки.

Google Cloud Platform (GCP) пропонує широкий спектр послуг, які застосовуються у різних галузях та сценаріях. Одним з важливих застосувань є хмарні обчислення, де GCP використовується для розгортання та управління великою кількістю віртуальних машин, надаючи потужність обчислень для обробки великих обсягів даних, запуску веб-додатків або підтримки складних аналітичних систем.

У сфері великих даних, GCP включає інструменти, такі як BigQuery, який дозволяє швидко аналізувати та зберігати великі обсяги даних, забезпечуючи

інтуїтивний доступ до інформації і розширені можливості SQL-запитів. Також, Google Cloud Storage використовується для зберігання величезних масивів даних, що є критично важливим для бізнесів, що займаються обробкою та аналізом великих даних.

Для розробників, що працюють із штучним інтелектом та машинним навчанням, GCP пропонує такі сервіси, як AI Platform та AutoML, які дозволяють швидко створювати та розгортати моделі машинного навчання, використовуючи передові алгоритми та підходи.

У сфері Інтернету речей, Google Cloud IoT Core дозволяє підключати, управляти та аналізувати дані з мільйонів IoT-пристроїв, що робить GCP ідеальною платформою для компаній, які прагнуть розробити та впровадити інноваційні IoT-рішення.

Крім того, Google Cloud Platform використовується для створення та управління контейнеризованими додатками, зокрема за допомогою Kubernetes Engine, що дозволяє розробникам ефективно керувати масштабованими додатками в контейнерах.

У підсумку, Google Cloud Platform використовується компаніями та розробниками для широкого спектру завдань, від управління великими обсягами даних до створення складних додатків з використанням передових технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання та Інтернет речей.

Beebotte є хмарним сервісом, який надає платформу для з'єднання різноманітних IoT пристроїв та веб-додатків, спрощуючи обмін даними та взаємодію між ними через інтернет. Він пропонує велику гнучкість із використанням MQTT, WebSockets та REST API, що дозволяє розробникам легко інтегрувати різні пристрої та сервіси зі своїми додатками. Beebotte також має різноманітні функції для реального часу, які включають моніторинг даних та тригери для автоматичних дій на основі отриманих даних, що робить його потужним інструментом для створення комплексних IoT рішень.

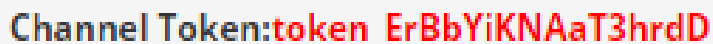
Однією з переваг Beebotte є його зручність у використанні, що дозволяє швидко налаштувати інтеграцію пристроїв без потреби у глибоких знаннях

мережевої інфраструктури. Також платформа надає розширені можливості аналітики, що допомагає розробникам збирати та аналізувати великі обсяги даних, отриманих з IoT пристроїв. Крім того, Veebotte забезпечує безпеку з'єднань та даних за допомогою шифрування, що є критично важливим для комерційних та приватних додатків.

Однак, платформа може мати деякі недоліки, зокрема, залежність від інтернет-з'єднання, що може бути обмеженням у місцях з поганим покриттям. Також, як і будь-яка хмарна платформа, Veebotte може викликати питання щодо приватності даних, оскільки всі вони зберігаються та обробляються на сторонніх серверах. І, нарешті, для великих проектів із великою кількістю операцій можуть виникнути витрати на підписку або транзакції

3.2 Використання комп'ютерної системи

Для ідентифікації та передачі даних мікроклімату від мікроконтролера використовується унікальний токен. Цей токен дозволяє системі розпізнавати конкретного користувача. Як приклад цього процесу можна звернутися до рисунку 3.5, де демонструється токен.



Channel Token:token_ErBbYiKNAaT3hrdD

Рисунок 3.5 – Формат токена

Для додавання нових датчиків у систему необхідно вказати їх топик, опис та тип даних, які датчик надсилатиме. Для цього треба скористатися функцією «+Resource». Процес додавання нового топика ілюструється на рисунку 3.6.

Configured resources

hum

humidity

number

Resource name

Resource Description

any

+ Resource

Cancel Save

Рисунок 3.6 – Додавання ресурсів

Створення нового віджету вимагає натискання на кнопку «Add Widget», встановлення назви, вибору типу віджету, джерела даних та його розміру. Як виглядає додавання нового віджету, можна побачити на рисунку 3.7.

Add a Widget

Widget Type

Basic Value

Size

Medium (33% wide)

Title

Widget title

Channel

Arduino2

Resource

led

Cancel Done

Рисунок 3.7 – Віджети

Щоб створити графік для відображення певного показника, слід вибрати лінійний тип віджету та визначити колір лінії. Приклад лінійного графіка відображений на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Графік температури

Є можливість комбінувати декілька графіків у одному віджеті. Для цього потрібно вибрати віджет з функцією відображення декількох графіків, назвати кожен з них та визначити для них кольори. Приклад багатолінійного графіка зображено на рисунку 3.9.

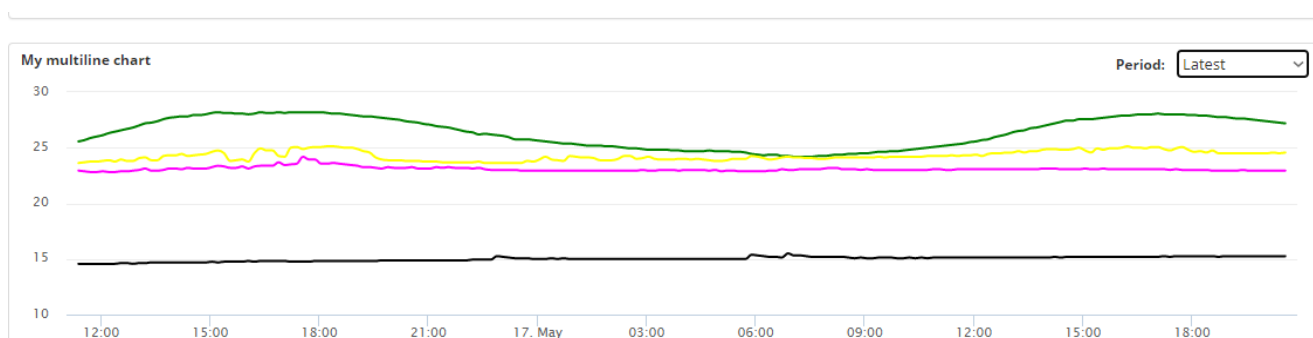


Рисунок 3.9 – Багатолінійний графік

Для управління електричними пристроями можна застосовувати реле. Віджет для управління реле представлений на рисунку 3.10.

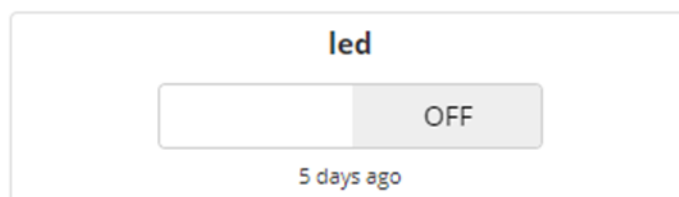


Рисунок 3.10 – Керування пристроями

Для зручного моніторингу даних з кількох датчиків можна використовувати маленькі віджети, які показують актуальні показники, наприклад температуру. Приклад таких віджетів наведено на рисунку 3.11.



Рисунок 3.11 – Керування пристроями

Для аналізу даних за певний період часу можна вибрати відповідний часовий інтервал, як це зображено на рисунку 3.12. У такому випадку буде відображена інформація, яка відповідає вибраному часовому діапазону.

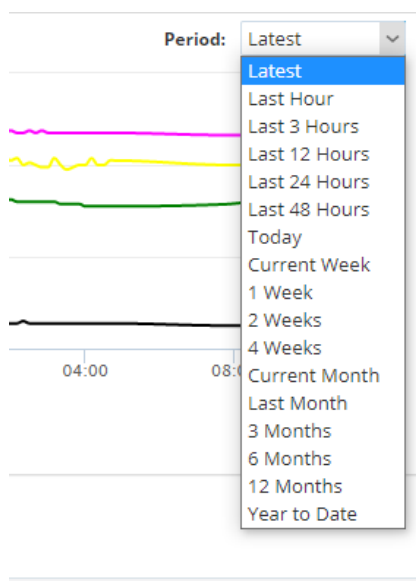


Рисунок 3.12 – Різні інтервали часу

Система IoT для кліматконтролю над показниками навколишнього середовища розгортається для надання точного та автоматизованого моніторингу кліматичних умов, як в приміщенні, так і на вулиці. Вона включає мережу датчиків, розподілених у критично важливих точках, що вимірюють температуру, вологість, тиск та інші релевантні параметри. Дані з цих датчиків передаються до центрального процесора, як правило, через бездротове з'єднання, де вони обробляються та аналізуються.

Система здатна автоматично регулювати умови в приміщенні, наприклад, керувати системою опалення, вентиляції та кондиціонування, забезпечуючи оптимальний рівень комфорту та енергоефективності. Завдяки інтеграції з хмарними технологіями, дані можуть зберігатися та аналізуватися на довгостроковій основі, дозволяючи користувачам відслідковувати тенденції та оптимізувати системи управління відповідно до змін у погоді та кліматичних умовах.

Така система може бути використана в різноманітних сценаріях, включаючи житлові будинки, офісні приміщення, теплиці, промислові об'єкти та багато іншого. Вона не тільки сприяє підвищенню комфорту та безпеки для мешканців або відвідувачів, але й знижує енергетичні витрати, автоматизуючи процеси управління кліматом.

Особливо важливою є система IoT для кліматконтролю в сценаріях, де необхідно забезпечити стабільні умови, наприклад, в лабораторіях, медичних установах або виробничих приміщеннях, де постійне відстеження та управління кліматичними умовами є ключовими для підтримання якості продукції або безпеки процесів.

Завдяки розвитку технологій IoT та збільшенню доступності рішень для автоматизації, системи кліматконтролю над показниками навколишнього середовища стають дедалі більш поширеними, надаючи користувачам можливості для більш глибокого розуміння та контролю над своїм оточенням.

Крім забезпечення комфорту та енергоефективності, система IoT для кліматконтролю над показниками навколишнього середовища грає важливу роль

у створенні здорового та безпечного середовища. Наприклад, вона може моніторити якість повітря, виявляючи наявність шкідливих газів або частинок, що особливо важливо в урбанізованих районах або промислових зонах. Також система може відстежувати рівні вуглекислого газу в офісних або житлових приміщеннях, автоматично регулюючи вентиляцію для підтримання оптимального мікроклімату.

У сільськогосподарській галузі такі системи можуть використовуватися для моніторингу умов у теплицях, забезпечуючи ідеальні умови для росту рослин. Через автоматичне керування температурою, вологістю та освітленням, фермери можуть підвищити продуктивність та ефективність, знижуючи при цьому витрати на управління теплицями.

В контексті "розумного міста", системи IoT для кліматконтролю можуть використовуватися для відстеження та аналізу кліматичних умов у різних частинах міста, допомагаючи міській інфраструктурі адаптуватися до змін погоди та забезпечувати кращі умови для мешканців.

Окрім автоматичного контролю, система IoT кліматконтролю може забезпечувати користувачам детальну інформацію про умови середовища через мобільні додатки або веб-інтерфейси. Це дає змогу користувачам персоналізувати налаштування відповідно до своїх переваг та потреб.

На закінчення, інтеграція з технологіями штучного інтелекту та машинного навчання може надати додаткові можливості для оптимізації системи. Штучний інтелект може аналізувати дані з датчиків для прогнозування потреб у кліматичному контролі, автоматично адаптуючи систему до змін у навколишньому середовищі, що може призвести до значного підвищення ефективності та комфорту.

Застосування системи IoT для кліматконтролю також поширюється на індустріальні та комерційні сектори. Наприклад, у виробничих умовах, де точне регулювання клімату є критично важливим для якості продукції, ця технологія може автоматично підтримувати необхідні умови, виявляючи і коригуючи будь-які відхилення в реальному часі. Це може включати контроль за вологістю та

температурою у виробничих зонах, складах, а також у місцях зберігання чутливих до клімату товарів, як-от фармацевтичні продукти або харчові продукти.

У готельному бізнесі та сфері гостинності, система IoT для кліматконтролю може бути використана для створення індивідуалізованого досвіду для гостей. Готелі можуть використовувати ці системи для автоматичного налаштування умов в кімнатах відповідно до переваг гостей, що вже вказані в їхньому профілі бронювання.

Крім того, розумні системи IoT можуть зіграти ключову роль у реагуванні на екологічні кризи або надзвичайні ситуації. Наприклад, вони можуть використовуватися для моніторингу умов, що можуть спричинити пожежі, повені або інші природні катаклізми, і надсилати попередження та вказівки для евакуації або інших заходів безпеки.

На закінчення, інтеграція системи IoT для кліматконтролю з іншими домашніми або офісними розумними системами може забезпечити цілісний підхід до управління будівлею. Наприклад, вона може працювати разом з розумним освітленням, безпекою та системами енергетичного управління для створення ефективного, зручного та безпечного середовища.

3.3 Висновки до розділу 3

У розділі описується розробка системи моніторингу на основі мікроконтролера Arduino та протоколу MQTT.

Використано протокол MQTT через його переваги для систем Інтернету речей: ефективність, надійність, безпека. Реалізовано архітектуру на основі брокера та агентів-підписників.

Розроблено програмну частину для збору даних з датчиків (температури, вологості, тиску), їх обробки та передачі через MQTT. Використано бібліотеки Arduino для різних типів датчиків.

Налаштовано мережеву взаємодію із використанням статичного IP для інтеграції в локальну мережу. Дані передаються на хмарний сервіс Beebotte.

На базі Beebotte створено систему візуалізації та моніторингу даних у режимі реального часу з використанням різних віджетів. Є можливості побудови графіків, збереження даних, управління пристроями.

Отже, розроблена гнучка та масштабована система моніторингу на основі Arduino та хмарних сервісів з використанням сучасних Інтернет-технологій.

ВИСНОВКИ

У цій роботі була створена та впроваджена комплексна програмно-апаратна система для автоматизованого контролю параметрів мікроклімату, таких як температура повітря, вологість та атмосферний тиск, без необхідності втручання людини. Висновки з роботи можна підсумувати наступним чином:

- аналізуючи існуючі рішення для моніторингу мікроклімату, було виявлено їхні переваги та недоліки, що допомогло сформулювати вимоги до нової системи;
- вибір інструментарію для розробки програмного забезпечення був здійснений з урахуванням специфіки програмної та апаратної структури;
- представлено детальний опис архітектури програмного забезпечення створеної системи;
- реалізовано програмно-апаратний комплекс для відстеження параметрів мікроклімату навколо будівель.

Створена система може бути застосована в якості метеорологічної станції, інтегрованого елементу в системі "Розумний будинок". Система відповідає таким критеріям як мобільність, здатність до масштабування, модульність, багатоканальність та автоматизоване створення звітів.

Ключові переваги розробки включають:

- автоматизацію процесів збору, обробки та передачі даних до центру обробки даних;
- можливість швидкого додавання нових пристроїв в систему управління;
- використання зовнішнього джерела живлення для стабільної роботи пристрою;
- здатність передавати інформацію на віддалені пристрої через мережу Ethernet, забезпечуючи широкі можливості інтеграції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Hafizi N., Vural S. M. An IoT-Based Framework of Indoor Air Quality Monitoring for Climate Adaptive Building Shells. *Internet of Things*. Cham, 2022. P. 89–109. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-96486-3_7.
2. Lloret J., Parra L. *Industrial Internet of Things. Mobile Networks and Applications*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s11036-022-02014-5/>
3. Omprakash Vaishya S. IOT Based Home Automation Using Arduino. *Advancement of IoT in Blockchain Technology and its Applications*. 2022. Vol. 1, no. 3. P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.46610/aibtia.2022.v01i03>.
4. Bell C. *Arduino Programming. Beginning IoT Projects*. Berkeley, CA, 2021. P. 71–125. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-7234-3_3.
5. *Internet of Things for Mitigating Climate Change Impacts on Health* / R. A. Rayan et al. *Artificial Intelligence and Internet of Things*. Boca Raton, 2021. P. 317–330. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003097204-14>.
6. Kurniawan A. IMU Sensor: Accelerator and Gyroscope. *Beginning Arduino Nano 33 IoT*. Berkeley, CA, 2020. P. 79–102. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6446-1_3.
7. Saeed N., Al-Naffouri T. Y., Alouini M.-S. Around the World of IoT/Climate Monitoring Using Internet of X-Things. *IEEE Internet of Things Magazine*. 2020. Vol. 3, no. 2. P. 82–83. URL: <https://doi.org/10.1109/miot.2020.9125423>.
8. Steinhorst S. *Internet of Things. it - Information Technology*. 2020. Vol. 62, no. 5-6. P. 205–206. URL: <https://doi.org/10.1515/itit-2020-0047>.
9. Tyler N. *Arduino Kit Simplifies Iot Development*. *New Electronics*. 2020. Vol. 53, no. 19. P. 9. URL: [https://doi.org/10.12968/s0047-9624\(22\)61636-5](https://doi.org/10.12968/s0047-9624(22)61636-5).
10. *Decentralized Internet of Things* / J. A. Alzubi et al. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2019. Vol. 10, no. 2. P. 251. URL: <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2019.00295.x>.

11. Salam A. Internet of Things for Environmental Sustainability and Climate Change. Internet of Things. Cham, 2019. P. 33–69. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35291-2_.
12. Sunehra D. Raspberry pi based pollution and climate monitoring system using internet of things. International journal of advanced research in engineering & technology. 2019. Vol. 10, no. 2. URL: <https://doi.org/10.34218/ijaret.10.2.2019.005>.
13. Giaccardi E. Things Making Things: Designing the Internet of Reinvented Things. IEEE Pervasive Computing. 2018. Vol. 17, no. 3. P. 70–72. URL: <https://doi.org/10.1109/mprv.2018.03367737>.
14. Roy H. IoT based classroom automation using arduino. International journal of trend in scientific research and development. 2018. Volume-2, Issue-2. P. 306–313. URL: <https://doi.org/10.31142/ijtsrd9404>.
15. Industrial internet of things. International journal of advances in scientific research and engineering. 2017. URL: <https://doi.org/10.7324/ijasre.2017.32538>.
16. Internet of Things (IoT) / E. Bertino et al. ACM Transactions on Internet Technology. 2016. Vol. 16, no. 4. P. 1–7. URL: <https://doi.org/10.1145/3013520>.
17. IoT: Building Arduino-Based Projects / B. Russell et al. Packt Publishing, 2016. 736 p.
18. Madakam S. Internet of Things: Smart Things. International Journal of Future Computer and Communication. 2015. Vol. 4, no. 4. P. 250–253. URL: <https://doi.org/10.7763/ijfcc.2015.v4.395>.
19. Zeng H.-s. On internet and internet of things. Journal of computer applications. 2013. Vol. 32, no. 4. P. 893–899. URL: <https://doi.org/10.3724/sp.j.1087.2012.00893>.