

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка системи Інтернету речей для моніторингу та управління кліматом»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології

(код, найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело*

(підпис)

Назарій КОЛОМІЄЦЬ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав:

Здобувач вищої освіти гр.ІСД-41

Назарій КОЛОМІЄЦЬ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:

науковий ступінь,
вчене звання

PhD, Віра МИКОЛАЙЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент:

науковий ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2024

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедруою _____

_____ Каміла СТОРЧАК

« ____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Коломійцю Назарію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка системи Інтернету речей для моніторингу та управління кліматом

керівник кваліфікаційної роботи Віра МИКОЛАЙЧУК, PhD
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «27» лютого 2024 р. № 36

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «31» травня 2024р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Науково-технічна література теми бакалаврської роботи.
2. Концепції IoT та IIoT.
3. Вплив атмосферного тиску на рослини.

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

1. Технології та методології мереж для з'єднань IoT пристроїв в нетипових приміщеннях (парниках).
2. Аналіз технологій та сфер застосування IoT для промисловості.
3. Визначення програмного середовища для розробки системи, розробка та оцінка системи мікроклімату в теплиці.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання: «27» лютого 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	27.02-05.03.2024	
2	Обґрунтування актуальності роботи	06.03-11.03.2024	
3	Аналіз технологій та методологій мереж, для з'єднань IoT пристроїв	12.03-25.03.2024	
4	Аналіз технологій та сфер застосування IoT для промисловості	26.03-08.04.2024	
5	Створення та опис діаграм, які відображають сутність роботи проекційної системи	09.04-20.04.2024	
6	Розробка системи мікроклімату в теплиці	21.04-14.05.2024	
7	Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат	15.05-21.05.2024	
8	Розробка демонстраційних матеріалів	22.05-24.05.2024	

Здобувач(ка) вищої освіти

(підпис)

Назарій КОЛОМІЄЦЬ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник
кваліфікаційної роботи

(підпис)

Віра МИКОЛАЙЧУК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 63 стор., 25 рис., 3 табл., 26 джерел.

Мета роботи – візуалізувати варіант використання системи Інтернету речей з можливістю управління та моніторингу клімату.

Об'єкт дослідження – об'єктом дослідження є система розумної теплиці на основі сучасного багатofункціонального програмного симулятора моделювання мереж Cisco Packet Tracer.

Предмет дослідження – аспекти щодо створення розумної теплиці з урахуванням дротових та бездротових мереж, враховуючи особливості і можливості розробки системи в Cisco Packet Tracer.

Короткий зміст роботи: В даній роботі проаналізована різниця між IoT та PoT, мережеві з'єднання для IoT пристроїв та наведений перелік можливих компонентів для впровадження IoT системи для клімату. Проаналізовані готові системи для контролю та моніторингу клімату. Також, в роботі зображені UML-діаграми як концепція для розроблюваної системи клімату в теплицях.

Останній розділ роботи присвячений розробці системи згідно теми кваліфікаційної роботи, а саме розробка системи IoT пристроїв для керування мікрокліматом. Під основу даної системи було обране приміщення теплиці. Дана розроблена система містить в собі широкий перелік виконавчих пристроїв та датчиків, серед яких є датчик атмосферного тиску, щодо якого був здійснений опис про спосіб та користь його використання в системі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: IOT, POT, WI-FI, ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ IOT, CISCO PACKET TRACER, АТМОСФЕРНИЙ ТИСК.

ABSTRACT

Text part of the master`s qualification work:

63 pages, 25 pictures, 3 table, 26 sources.

The purpose of the work - visualize the option of using the Internet of Things system with the possibility of climate control and monitoring.

Object of research - the object of the study is a smart greenhouse system based on a modern multifunctional software simulator for modeling the Cisco Packet Tracer network.

Subject of research - aspects of creating a smart greenhouse taking into account wired and wireless networks, taking into account the features and possibilities of system development in Cisco Packet Tracer.

Summary of the work: This paper analyzes the difference between IoT and IIoT, network connections for IoT devices, and provides a list of possible components for implementing an IoT system for climate. Ready-made systems for climate control and monitoring are analyzed. Also, the work depicts UML diagrams as a concept for the developed climate system in greenhouses.

The last section of the work is devoted to the development of the system according to the topic of the qualification work, namely the development of the IoT system of devices for microclimate control. The greenhouse room was chosen as the basis of this system. This developed system contains a wide list of executive devices and sensors, among which there is an atmospheric pressure sensor, for which a description was made about the method and benefits of its use in the system.

KEYWORDS: IOT, IIOT. WI-FI, IMPLEMENTATION OF IOT SYSTEMS, CISCO PACKET TRACER, ATMOSPHERIC PRESSURE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДОЛОГІЇ МЕРЕЖ ДЛЯ З'ЄДНАНЬ ІОТ ПРИБОРІВ В НЕТИПОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ (ПАРНИКАХ).....	13
1.1 Огляд концепцій Інтернету речей та Промислового Інтернету речей.....	13
1.2 Аналіз основних методів комунікацій ІоТ.....	16
1.2.1 Технологія Wi-Fi для ІоТ пристроїв.....	16
1.2.2 Технологія Bluetooth в розумній промисловості.....	19
1.2.3 Широко-покриваюча технологія LoRaWAN.....	21
1.2.4 Power-line communication (PLC).....	23
1.3 Методи управління кліматом у приміщеннях.....	26
1.3.1 Універсальна плата Arduino Uno.....	26
1.3.2 Гігрометр для ґрунту.....	28
1.3.3 Розумний контролер спринклеру Orbit B-hyve XR.....	30
1.3.4 Датчик Delta P для систем вентиляції.....	31
1.3.5 RAK Sensor Hub для моніторингу атмосферного тиску та температури...33	
1.4 Постановка завдання.....	34
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СФЕР ЗАСТОСУВАННЯ ІОТ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	36
2.1 Огляд сучасних рішень ІоТ для кліматичного контролю.....	36
2.1.1 Унікальна система клімат-контролю «Wise» з підтримкою Інтернету речей від компанії Swegon.....	36
2.1.2 Система моніторингу та контролю кліматом на основі ІоТ від компанії WebbyLab.....	37
2.2 Вибір підходів до розробки системи ІоТ для моніторингу та управління кліматом.....	38
2.2.1 Методологія Mind Map.....	38
2.2.2 Методологія контекстної діаграми.....	40
2.2.3 Багатовимірна модель даних.....	43

2.3 Дослідження потенційних викликів та обмежень впровадження систем IoT.....	46
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ, РОЗРОБКА ТА ОЦІНКА СИСТЕМИ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ.....	48
3.1 Опис програмного забезпечення для розробки системи IoT для мікроклімату в теплиці.....	48
3.2 Перелік використаних компонентів програмного забезпечення Cisco Packet Tracer.....	49
3.3 Розробка системи для керування мікрокліматом в парниках (в теплицях).....	52
3.4 Твердження щодо використання датчику вимірювання атмосферного тиску в даній системі.....	57
3.5 Перспективи розширюваності функціоналу системи для керування нею через мережу Інтернет.....	59
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	62
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....	65

ВСТУП

Актуальність теми. За останнє десятиріччя розвиток технологій мікроконтролю на базі IoT став досить розвиненим, а його різноматність використання практично всебічна. В зв'язку з специфікою деяких галузей, таких як парники, тераріуми, складські приміщення ферм та лабораторні сховища, виникає потреба в створенні нових видів систем, які могли б застосовуватися в таких галузях. Специфіка використання IoT пристроїв в перелічених галузях обумовлена необхідністю наявних в системі пристроїв та компонентів, які підходять для здійснення моніторингу та керування кліматом. Існують певні обмеження щодо впровадження системи IoT для керування та моніторингу кліматом із за певних переліків причин, серед яких є наднизька або надвисока температура, висока вологість, віддаленість від міста. Саме тому виникає потреба в розробці системи Інтернету речей, здатної забезпечити працездатність та функціональність однієї із перелічених галузей, а саме парників (теплиць).

Мета дослідження – візуалізувати варіант використання системи Інтернету речей з впровадженням можливості проводити моніторинг та управління кліматом.

Завдання дослідження:

- аналіз різниці між IoT та IIoT;
- аналіз основних дротових та бездротових методів комунікації, які підходять для застосування в роботі для пристроїв та датчиків IoT;
- дослідити пристрої та компоненти для впровадження їх в системі клімату;
- аналіз існуючих систем мікроклімату;
- дослідити потенційні виклики та обмеження щодо впровадження систем IoT;
- розробити діаграми моделей системи.

Об'єктом дослідження є система розумної теплиці на основі сучасного багатофункціонального програмного симулятора моделювання мереж Cisco Packet Tracer.

Предмет дослідження – аспекти щодо створення розумної теплиці з урахуванням дротових та бездротових мереж, враховуючи особливості і можливості розробки системи в Cisco Packet Tracer.

Методи дослідження для розробки системи Інтернету речей для моніторингу і керування кліматом включають:

- аналітичний метод. Пошук та аналіз теоретичної інформації про технології, компоненти та існуючі системи;
- моделювання. Розробка діаграм моделей системи згідно методологій для глибокого вивчення та вдосконалення системи для клімату в теплицях.

Наукова новизна отриманих результатів бакалаврської роботи з розробки системи Інтернету речей для контролю та керування кліматом:

- оригінальне представлення діаграм та моделі системи мікроклімату для теплиці;
- відображення кластерних виглядів системи в програмному засобі Cisco Packet Tracer з відображенням системи як реальної моделі теплиці та інших приміщень;
- доповнення системи клімату в теплиці монітором атмосферного тиску та опис щодо користі використання цього монітору в системі.

Практична значущість отриманих результатів.

- покращення ефективності росту та плодоношення рослин за рахунок впровадження в системі датчику атмосферного тиску, що дасть змогу проводити моніторинг і досліджувати найкращі показники атмосфери для рослин;
- надання основи для подальших досліджень та розробок в сфері Інтернету речей для мікроклімату.

Апробація результатів та публікації. Базові результати бакалаврської роботи опубліковано в збірниках тез I Всеукраїнська науково-технічна конференція «Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і світу»[1] на тему

«Інтернет речей для контролю мікроклімату в теплицях» та в V Науково-технічній конференції «Сучасний ста та перспективи розвитку IoT» на тему «Охоронна система Інтернету речей для захисту від сторонніх осіб в теплицях».[2]

Структура роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

1 ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДОЛОГІЇ МЕРЕЖ ДЛЯ З'ЄДНАНЬ ІОТ ПРИБОРІВ В НЕТИПОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ (ПАРНИКАХ)

1.1 Огляд концепцій Інтернету речей та Промислового Інтернету речей

Інтернет речей (ІоТ) – це ідея під'єднання звичайних пристроїв до Інтернету, що дає змогу їм надсилати, отримувати та обробляти дані. Такі пристрої мають оснащення з датчиків, програмного забезпечення й іншими технологіями, мають змогу проводити спілкування та взаємодію з іншими пристроями й системами через мережу Інтернет. Здійснювати контроль над ними можна дистанційно, при цьому можливо проводити моніторингову та звітну діяльність, підвищувати ефективність, точність та економити витрати енергоспоживання чи витратних матеріалів, тощо.[3]

Промисловий Інтернет речей (ІоТ) – це мережа інтелектуальних пристроїв, які мають власні обчислювальні можливості, є під'єднаними до систем, які збирають, відстежують, обмінюються й аналізують дані на промисловому рівні.

ІоТ є підмножиною ІоТ, що передбачає застосування технологій ІоТ для промислового застосування і виконання певних процесів, таких як виробництво, логістика та керування енергоспоживанням. [4] Додатково ІоТ використовує такі технології, як машинне навчання, великі дані, інтелектуальні датчики та міжмашинний зв'язок Machine to Machine (М2М), задля покращення промислових процесів. [3]

Machine to Machine (М2М) – це прямий зв'язок між пристроями, існуючий за допомогою будь-якого каналу зв'язку, дротового та бездротового. Комунікація М2М може вмикати промислове приладдя, що дає змогу датчику або лічильнику передавати отриману інформацію, наприклад таку, як температура або рівень заповненості інвентарю, до прикладного програмного забезпечення, яке здатне використовувати отриману інформацію наприклад для коригування промислового процесу на основі температури або розміщення замовлень для поповнення запасів. [5]

Таблиця 1.1

Порівняння основних характеристик між ПоТ та ІоТ

Перелік характеристик	ПоТ	ІоТ
1. Сфера використання	Орієнтоване застосування зосереджено на промисловості, такій як виробництво, ферми, електростанції, нафтогазова промисловість	Орієнтується для застосування в загальних сферах, починаючи від маленьких пристроїв (носіїв) до роботів та автомобілів
2. Спосіб використання, рівень безпеки	Використовується критичне обладнання та пристрої з відповідальною роботою, які можуть спричинити загрозу життю або інші надзвичайні ситуації в разі несправностей або відмови. Для більшої надійності використовуються більш чутливі і точні датчики а також, за необхідності, спеціально розроблені промислові конструкції з вбудованими датчиками та монітором їхнього керування	Впровадження починається від найменшого рівня, що зменшує ризики надзвичайних ситуацій і загроз життю, а також зменшує необхідність частого моніторингу роботи таких пристроїв

Продовження таблиці 1.1

3. Складність мереж	Має справу з великими мережами	Використовується в невеликих мережах
4. Спосіб програмування	Програмується дистанційно (централізовано)	Легке програмування поза сайтом
5. Навантаження щодо обробки даних	Обробка даних в діапазоні від середнього до високого	Обробка дуже великого обсягу даних
6. Захищеність	Є вимога щодо надійної безпеки для захисту даних і пристроїв	Вимагає ідентифікацію та конфіденційність, в більшості має слабкий рівень захисту
7. Рівень вимог	При впровадженні потребуються дотримання суворих вимог	Вимагає дотримання середніх (помірних) вимог
8. Життєздатність	Розраховано на довговічний життєвий цикл	Розраховано на короткий життєвий цикл продукту
9. Рівень надійності	Має високу надійність	Менша надійність

Підсумовуючи, IoT має ключову позицію як компонент сучасного цифрового ландшафту, який формує майбутнє багатьох секторів, включаючи охорону здоров'я, транспорт, розваги і домашню автоматизацію.

В той самий час, як використання IoT сприяє прийняттю швидших і точніших бізнес-рішень, а також допомагає розвитку компанії, за рахунок кращого розуміння бізнес-процесів, щоб покращувати ефективність тих чи інших процесів.

1.2 Аналіз основних методів комунікацій IoT

1.2.1 Технологія Wi-Fi для IoT пристроїв

Wi-Fi являється однією з найбільш використовуваних бездротових технологій в наш час. Саме ця технологія зіграла важливу роль в розробці інновацій IoT, завдяки повсюдному підключенню різноманітних пристроїв один до одного з використанням мережі Інтернет, як це показано на Рис. 1.1 на прикладі деяких сучасних пристроїв.[6]

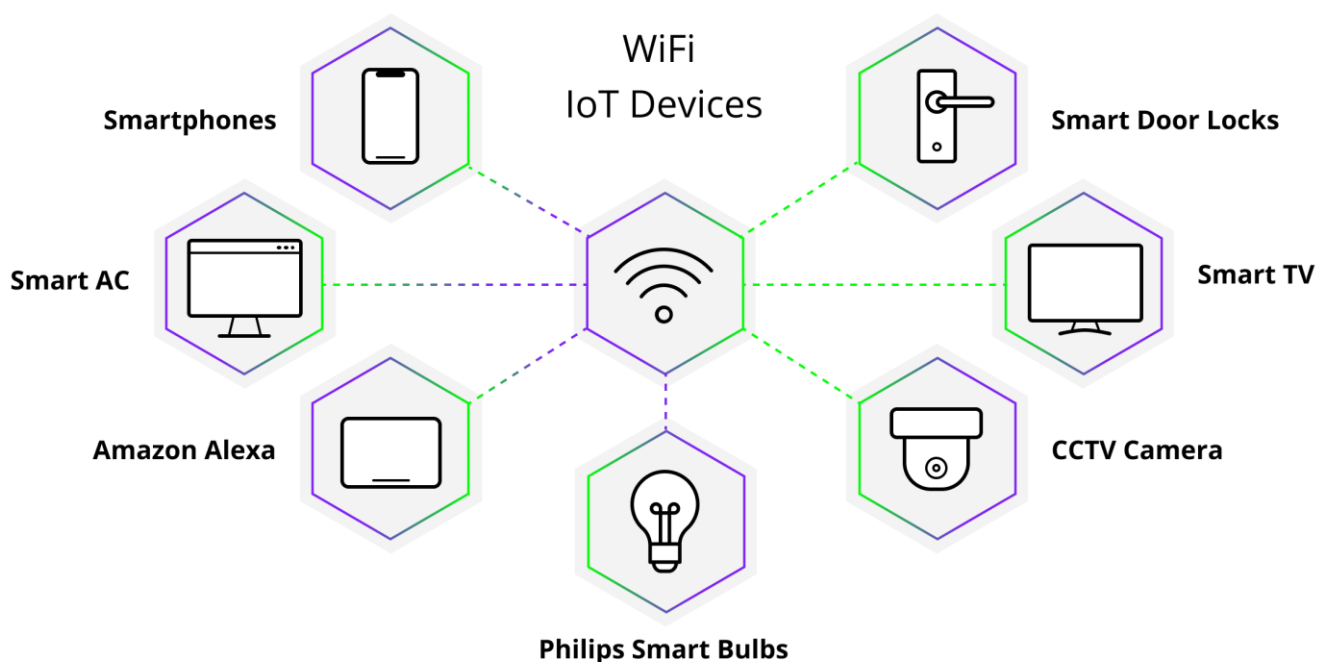


Рис. 1.1 – Приклад IoT пристроїв, працюючих в мережі Wi-Fi

Ця технологія включає в собі наступні компетенції, які позиціонують Wi-Fi, як кращу технологію в використанні для IoT:

- сумісна технологія базована на стандартах. Wi-Fi забезпечує загальну платформу для доставки зростаючого спектру додатків Інтернету речей, які відрізняються вимогами до продуктивності, енергоспоживання та затримки;
- широкодоступне підключення. Системи Інтернету речей часто контролюються за допомогою мобільних пристроїв, а технологія Wi-Fi надає

можливість безперешкодно керувати IoT пристроями з смартфонів, планшетів та ноутбуків. Іншими словами, повсюдний глобальний зв'язок надає можливість користувачам та мережевим операторам під'єднуватися до єдиної системи та здійснювати керування нею;

- захист з'єднання стандартом безпеки WPA3. Wi-Fi забезпечує безпеку WPA3 для захисту інформації, якою користувачі обмінюються в особистому та корпоративному середовищах через програми IoT. Гарантія такого захисту достовірна тільки від сертифікованих за технологією Wi-Fi пристроїв IoT;

- економічність та простота розгортання. Wi-Fi є простим у розгортанні та економічно ефективним, тому що не потребує окремих шлюзів або спеціальних навичок для впровадження IoT програм;

- розташування пристроїв в мережі. Функція Wi-Fi Location надає інформацію про місцезнаходження під'єднаних пристроїв на субметровому рівні, що дозволяє надавати широкий спектр послуг Інтернету речей з урахуванням місцезнаходження для промислових і розумних міських середовищ, забезпечуючи розширені переваги, такі як навігація в приміщенні, мобільність і відстеження активів, управління мережею і географічне огороження області роботи пристроїв;

- надійність з'єднання. Сертифікована функціональність Wi-Fi HaLow покращує радіус дії та доступ до щільних або поганих зон покриття прямої видимості, збільшує кількість пристроїв на точку доступу та підтримує з'єднання з низьким енергоспоживанням, що робить її переважною для пристроїв, які працюють від батарейок. Також, надійність та розширюваність мережі відзначається за використання функції EasyMesh, в якій мережі Wi-Fi здатні за допомогою кількох точок доступу, працюючих разом в одній мережі, підтримувати з'єднання з пристроями на більших дистанціях;

- широка підтримка програм IoT. Серед перелічених функцій та характеристик, технологія Wi-Fi має їхнє спрямування на випадки використання IoT, які підтримують роботу від програм з високою пропускнуною спроможністю та малою затримкою, такі як AR/VR. Wi-Fi CERTIFIED QoS Management має здатність за допомогою певних механізмів забезпечувати визначення

пріоритетності потоків трафіку в мережах (Wi-Fi, Ethernet та 5G) і разом з цим здатне забезпечити найкращу підтримку високотехнологічних та критично важливих для бізнесу програм, які вимагають низької затримки.[6]

Короткий перелік основних характеристик Wi-Fi зазначений на Рис. 1.2

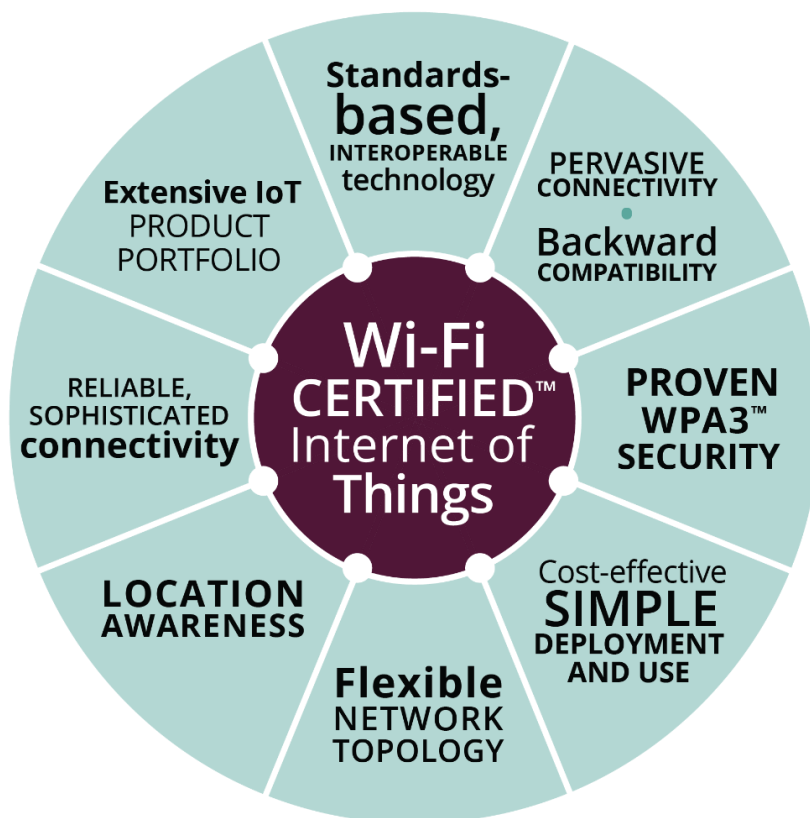


Рис. 1.2 Короткий перелік характеристик технології Wi-Fi

Технологія бездротової мережі Wi-Fi спонукає її використанню в системах IoT зокрема через її розповсюдженість, зрозумілість та простоту налаштування, а також в зв'язку з новітніми технологіями деяких IoT пристроїв, що надає здатність забезпечити їхнє підключення без шлюзу в мережі.

1.2.2 Технологія Bluetooth в розумній промисловості

Існують датчики та інші різноматні пристрої систем розумного будинку та розумної промисловості, які здатні керуватися технологією бездротової передачі даних Bluetooth замість проводового інтернет-з'єднання або з'єднання по мережі Wi-Fi. Однак, при використанні технологій Wi-Fi в неліцензованому діапазоні частот ISM 2,4 ГГц спостерігаються збої роботи Bluetooth, в зв'язку з чим не завжди доцільне використання обох технологій бездротової передачі даних за умови використання великої кількості IoT та інших пристроїв, які використовують бездротову мережу одночасно при певних невеликих дистанціях або в одному приміщенні. Ці збої технології Bluetooth проявляються в спотворенні виконавчих функцій, зокрема в з'єднанні між пристроєм та керуючим гаджетом, або в некоректній передачі даних. Поясненню таких збоїв є електромагнітні перешкоди від інших бездротових мереж та пристроїв, працюючих на такій самій частоті (2,4 ГГц).[7] Додатково на створення збоїв, як для технології Bluetooth, так і на інші безпроводові технології передачі даних може впливати матеріал корпусу пристрою, якість пристроїв та їх відповідність міжнародним стандартам щодо допустимих рівнів перешкод, а також природні явища, такі як потужні магнітні бурі або місця з потужним магнітним, електричним або електромагнітним полем (геопатогенні зони).

Технологія Bluetooth в сучасності є гнучкою і швидкою в порівнянні зі старішими версіями цієї технології. Розрізняють два типи радіозв'язку цієї технології: Bluetooth Low Energy (LE) і Bluetooth Classic.

Тип радіозв'язку Bluetooth Low Energy (LE) чудово підходить для його використання в компонентах та пристроях з низьким енергоспоживанням. В керуванні цієї технології доступно усього 40 каналів неліцензованого діапазону частот ISM 2,4 ГГц разом з технологією (FHSS). Окрім низького енергоспоживання, ще однією перевагою використання цієї технології для IoT пристроїв є підтримка кількох топологій зв'язку, а саме розширення зв'язку «від точки до точки», «широкомовної» передачі і до топології «сітка». Перелічені

топології дають змогу завдяки цій технології підтримувати створення надійних мереж великих пристроїв. Також, дана технологія Bluetooth широко використовується для впровадження ефективного позиціонування пристроїв, що в свою чергу надає змогу використання високоточних служб задля визначення місця розташування пристрою в приміщенні. Саме для останнього, щодо визначення місця розташування пристроїв, Bluetooth LE віднедавна став містити функції, що дозволяють одному пристрою, під'єднаному по мережі Bluetooth, визначати присутність, відстань та напрямок іншого пристрою в одній топології зв'язку. Єдиним недоліком цієї технології є менша кількість доступних каналів, в порівнянні з технологією Bluetooth Classic, що в свою чергу вимагає менш навантажених місцевостей або приміщень пристроями, працюючими на неліцензованого діапазону частот ISM 2,4 ГГц, задля ефективної роботи цієї технології без мікро-затримок та мікро-втрат даних.[8]

Технологія Bluetooth Classic була модернізованою шляхом отримання доступу до 79 каналів неліцензованого діапазону частот ISM 2,4 ГГц з розширеним спектром зі стрибками частоти (FHSS), який дає змогу технології обирати кращий канал для передачі інформації, що в свою чергу допомагає вирішити проблему зі збоями в роботі Bluetooth сумісно з іншими безпроводовими пристроями. Недоліком цієї технології є більше енергоспоживання в порівнянні з технологією Bluetooth (LE), певні мікро-затримки та мікро-втрати даних в зв'язку з частими перемиканнями на інші канали для пошуку менш навантаженого та швидкого каналу передачі даних, а також наявність підтримки всього однієї топології зв'язку.[8]

Підсумовуючи, два різновиди технології Bluetooth чудово вписуються в сучасність цифровізації, а саме в сферах застосування цих технологій як для IoT, так і для інших пристроїв, здатних працювати в бездротовій мережі Bluetooth. Для промислового IIoT чудово підходить технологія Bluetooth Low Energy, оскільки всім датчикам в системі мікроклімату буде достатньо цього різновиду технології, а саме через значну економію електроенергії із за менших в порівнянні з Bluetooth Classic кроків частот, які передаватимуть дані в мережі, як зазначено на Рис. 1.3.



The global standard for simple, secure device communication and positioning

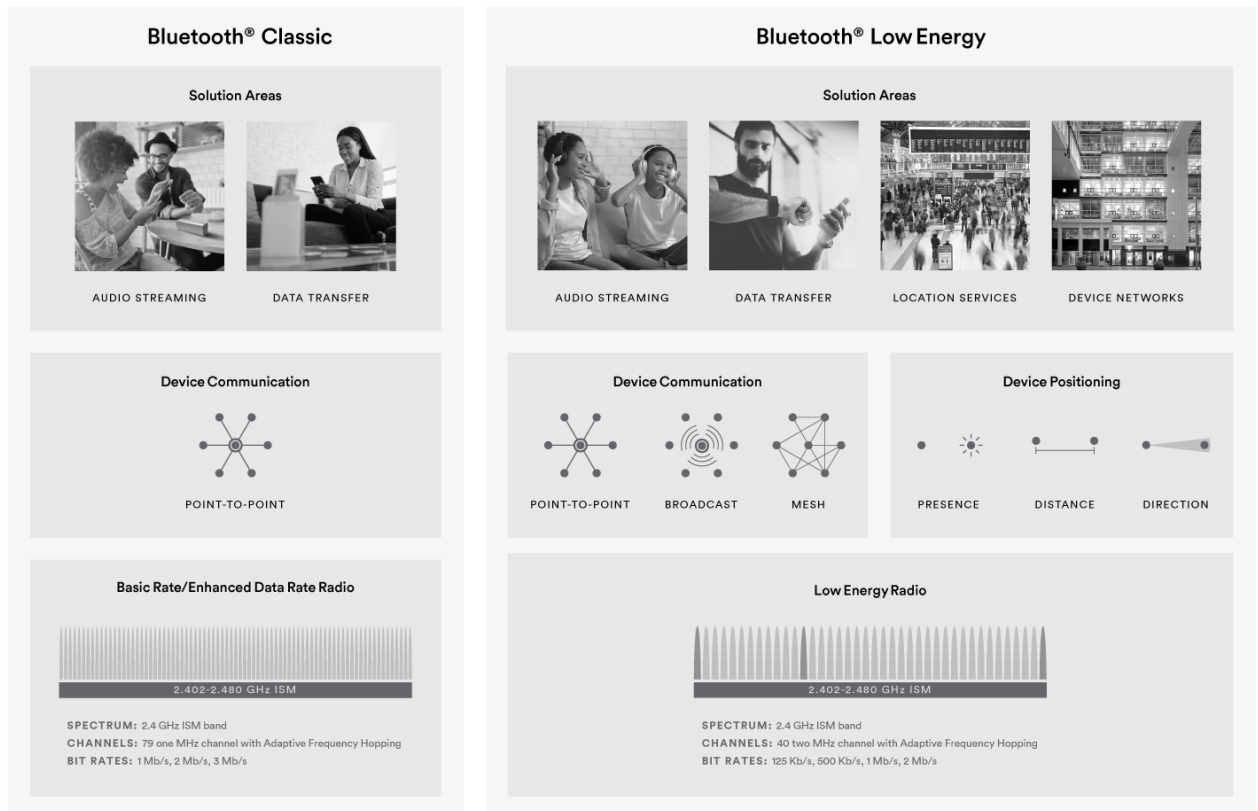


Рис. 1.3 Топології зв'язку доступні для двох технологій Bluetooth і принципи роботи передавача у частотному вигляді відповідно кожній з технологій Bluetooth

1.2.3 Широко-покриваюча технологія LoRaWAN

Зазначається, що технологія LoRaWAN походить від LoRa.

LoRa – є технікою бездротової модуляції, що походить від технології CSS (Chirp Spread Spectrum), завдяки чому має здатність розповсюджувати надійну передачу даних на великі відстані.[9]

LoRaWAN – це протокол мережі, якому властиве низьке енергоспоживання та широкий радіус дії (LPWA). Цей протокол має призначення для його використання як бездротового з'єднання для Інтернету речей, що мають живлення від акумулятору та до Інтернету для регіональних, національних і глобальних

мереж. Даний протокол відповідає потребам Інтернету речей, а саме забезпеченням спрямованого зв'язку з наскрізною безпекою, послугами мобільності та локалізації.

Мережева архітектура протоколу LoRaWAN Рис. 1.4 застосовується в топології «зірка зірок», у якій шлюзи є ретрансляторами повідомлень між всіма кінцевими пристроями та головним (центральним) сервером мережі, не маючи при цьому обмежень щодо використання як комерційної моделі (публічної, приватної, спільної, корпоративної), що надає галузі свободу для впровадження інновацій та диференціювання способів використання протоколу LoRaWAN.[10]

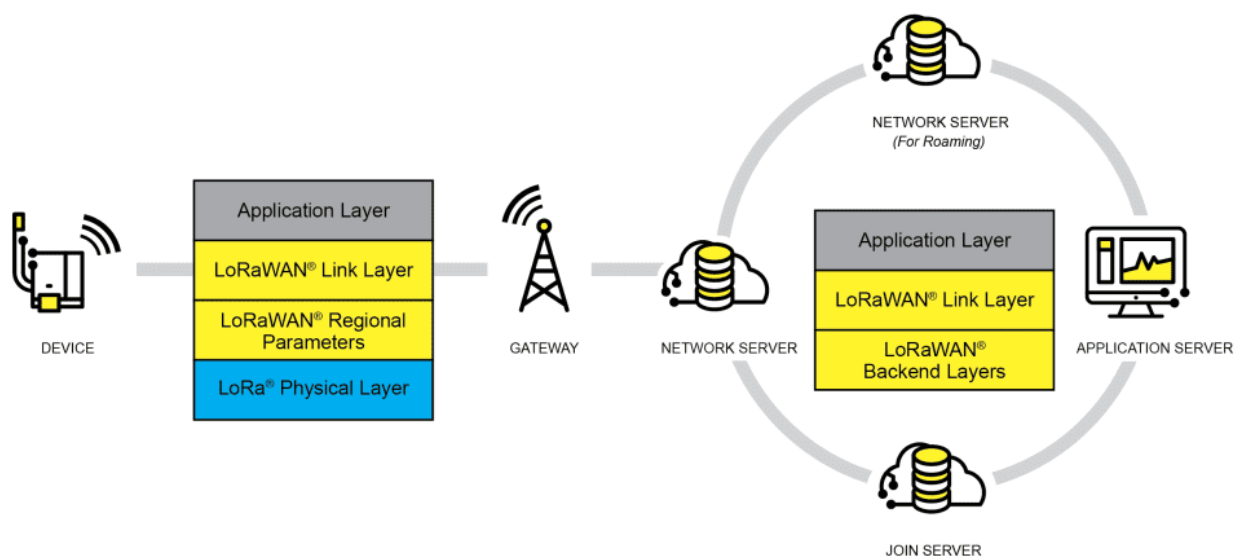


Рис. 1.4 Приклад мережевої архітектури LoRaWAN «зірка зірок»

Виділяються такі переваги протоколу LoRaWAN:

- наднизька потужність. Завдяки низькій швидкості передачі даних від 0.3 до 50 кбіт/с, певні кінцеві пристрої з'єднані в мережу LoRaWAN, які мають оптимізовану роботу в режимі низької потужності, здатні працювати до 10 років від однієї батареї;
- великий радіус використання. Шлюзи LoRaWAN приймають та передають сигнали на відстань понад 10 кілометрів в заміській місцевості і близько до 3 кілометрів в щільно-населених міських районах;

- глибоке покриття в приміщеннях. Мережі LoRaWAN здатні забезпечувати глибоким покриттям всередині приміщень та багатоповерхових будівель;
- висока пропускна здатність. Мережеві сервери LoRaWAN здатні обробляти мільйони повідомлень отриманих від тисячі шлюзів;
- тривкий захист. Протокол LoRaWAN забезпечує безпечний зашифрований стандартом AES-128 зв'язок між кінцевим пристроєм та сервером додатків;
- групове оновлення мікропрограм. Доступна можливість віддаленого оновлення мікропрограм (програм та стеку LoRaWAN) для одного кінцевого пристрою та для групи кінцевих пристроїв;
- роумінг. LoRaWAN надає можливість здійснювати кінцевим пристроям безперебійне перепідключення з однієї мережі в іншу;
- економічність розгортання. Низькі затрати на впровадження мережі: мінімальна інфраструктура, не дорогівартісні кінцеві вузли та програмне забезпечення з відкритим кодом.[9]

Завершуючи аналіз технології даного протоколу повстає висновок що дана система здатна забезпечити працездатність переважно пристроїв, які є датчиками або іншими дрібними пристроями, але не охоронними пристроями, такими як IP-камери. Доступність програмного забезпечення з відкритим кодом, низькими затратами для впровадження та можливістю створення закритої або відкритої мережі є додатковою перевагою для використання даної технології в системі IoT для мікроконтролю.

1.2.4 Power-line communication (PLC)

PLC – це зв'язок що використовується для передавання даних по лініям електропередач, які окрім передачі даних також здійснюють живлення самого пристрою від змінного струму або розподіленої електроенергії споживачами.

Принцип передачі та отримання переданої інформації зображений на Рис. 1.5 полягає в з'єднанні кабелю інтернету з кінцевого IoT пристрою в пристрої центрального координатора (CCO), який під'єднаний вилками в розетку електромережі, що здатна пересилати сигнал на певну відстань, визначеної кожній з категорій технологій і одночасно жити IoT пристрій через LAN-порт. В подальшому, переходячи через електромережу, отриманий сигнал обробляється термінальним вузлом (STA) та надходить туди, куди був призначеним надісланий сигнал.

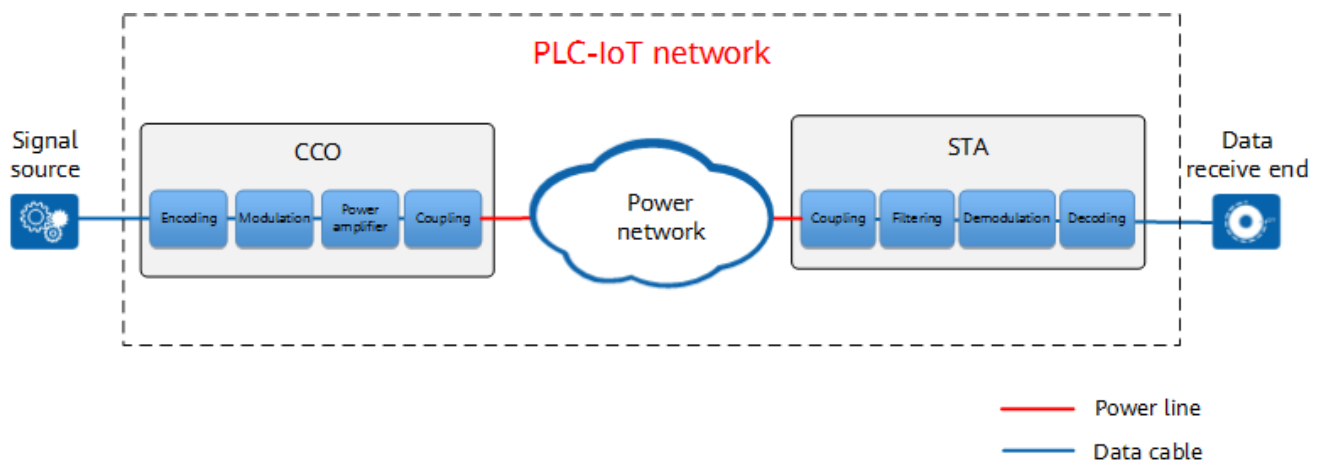


Рис. 1.5 - Мережа PLC-IoT

Технологія PLC розділена на три категорії, кожна з яких здатна забезпечити певні потреби та умови систем IoT на основі представлених в Таблиці 1.2 характеристик кожної з категорій даної технології.

Перелічені категорії PLC мають різні робочі частоти та різні міжнародні стандарти, яким вони мають відповідати:

1. Вузкосмуговий має частоту $< 148,5$ ГГц (EU), < 4950 ГГц (FCC) та відповідає таким стандартам: IEEE P1901.2.
2. Середньо-діапазонний з робочою частотою від 0.7 до 12 МГц і відповідає міжнародному стандарту IEEE 1901.1.

Широкосмуговий при робочій частоті від 1.8 до 100 МГц відповідає міжнародним стандартам IEEE 1901 та ITU-T G.hn.[11]

Для використання PLC в IoT застосовується саме середньо-діапазонна категорія цієї технології.

Мережа PLC складається в топології «зірка» та «дерево».

Таблиця 1.2

Категорії PLC

Категорія	Технічні особливості	Сценарії використання
Вузькосмуговий PLC	Низька швидкість < 150 кбіт/с розрахована на масові з'єднання до 1000 пристроїв одночасно, в зв'язку з чим часта затримка в 200 мс і вище. Відстань передачі до 1 км	Для низької швидкості з'єднання: автоматизація розподільних мереж середньої та низької напруги, зняття показників лічильників
Середньо-діапазонний PLC	Збільшена швидкість передавання даних в діапазоні від 150 кбіт/с до 10 Мбіт/с, з затримкою не вище 50 мс. Відстань передачі близько 500 метрів. Має найвищу надійність серед інших категорій, а саме 99,999%	Підходить для використання з IoT надаючи високу надійність та контроль в режимі реального часу. Використовується для таких пристроїв IoT, як: світлофори, розумні лічильники, керування лампами, тощо
Широкосмуговий PLC	Велика пропускна здатність зі швидкістю від 200 Мбіт/с до 1,5 Гбіт/с з низькою затримкою 50 мс і нижче. Дальність передачі до 200 метрів	Для домашнього широкосмугового доступу та з'єднання

Основним недоліком цієї мережі є незручність дротових з'єднань, серед інших існуючих бездротових рішень, а також затратність на проведення електромережі та проводів до усіх пристроїв в мережі.

Перевагами такої мережі є категоріальна цінність, що дозволяє використовувати певну категорію такої мережі для впровадження її в певних системах, для яких важливі характеристики швидшого чи повільнішого пересилання даних, вища надійність або підтримка більшої кількості пристроїв, а також відповідне до усіх категорій технології - живлення для пристроїв від мережі.

1.3 Методи управління кліматом в приміщеннях

1.3.1 Універсальна плата Arduino UNO

Arduino UNO – це мікроконтролерна плата, яка є електронною платформою з наявним відкритим кодом і зазвичай базується на основі мікроконтролеру AVR Atmega328P.

мікроконтролер	ATmega328P – 8-розрядний мікроконтролер сімейства AVR
Робоча напруга	5В
Рекомендована вхідна напруга	7-12В
Обмеження вхідної напруги	6-20В
Аналогові входи	6 (A0-A5)
Цифрові контакти введення/виведення	14 (з яких 6 забезпечують вихід ШІМ)
Постійний струм на контактах введення/виведення	40 мА
Постійний струм на контакті 3,3 В	50 мА
Флеш-пам'ять	32 КБ (0,5 КБ використовується для завантажувача)
SRAM	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Частота (тактова частота)	16 МГц

Рис. 1.6 Технічні характеристики Arduino UNO

Плата Arduino UNO постачається з вихідним інтерфейсом USB, 6-ма аналоговими входними контактами, 14 цифровими портами вводу та виводу, які використовуються для з'єднання з зовнішніми електронними схемами. Детальніше контакти плати можна розглянути на Рис. 1.7.

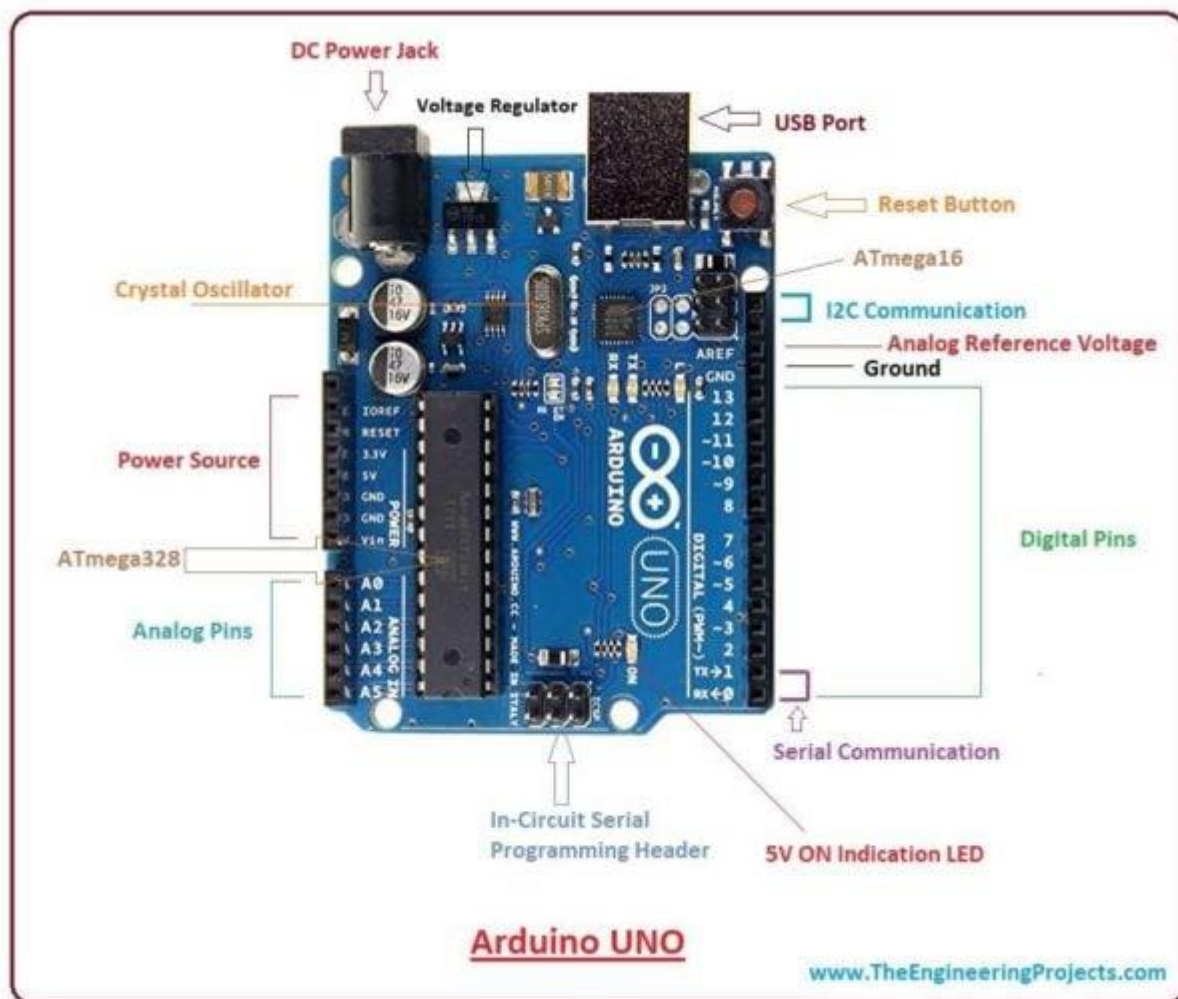


Рис. 1.7 Схема контактів Arduino UNO

Плата наділена усіма необхідними функціями для роботи мікроконтролера а її з'єднання здійснюється безпосередньо з комп'ютером через USB-кабель, через який здійснюється передача даних та коду на мікроконтролер. Створювати та надсилати код можна через програмне забезпечення Arduino IDE, яке є інтегрованим середовищем розробки.[12]

Виділяється дана плата таким переліком особливостей:

- висока робоча частота мікроконтролеру. Розміщений на платі мікроконтролер Atmega328 має низку функцій, серед яких є таймери, лічильники, переривання, ШІМ, ЦП, контакти введення/виведення та висока базова частота 16 МГц, що сприяє більшому виконань інструкцій на цикл;
- кнопка скидання на платі. Така кнопка може бути корисною в разі збою роботи і неможливістю або недоступністю виправити цей збій програмним шляхом. Її функція полягає в скиданні завантаженої програми для плати з Arduino IDE та рестарту в початковому робочому режимі плати;
- ємкісний обсяг флеш-пам'яті.
- конфігуровані контакти.
- низьке електроспоживання.
- вбудоване регулювання напруги.
- Альтернативне живлення.[12]

1.3.2 Гігрометр для ґрунту

За допомогою гігрометра, який зображено на Рис. 1.8 можливо визначити сухість ґрунту для його поливу. Два зонди датчику мають застосування як зовнішні резистори. Оскільки вода є провідником, тому чим більше води в ґрунті, тим краща йде електропровідність та менший опір.[13]

Датчик має такий перелік характеристик:

1. Робоча напруга становить від 3,3 до 5 В постійного струму.
2. Робочий струм: 15 Ма.
3. Цифровий вихід подає сигнал як провідник згідно вологості ґрунту від 0 до 5 В. Аналоговий вихід так само, від 0 до 5 В.
4. Наявність світлодіодів, що вказують на вихід та потужність.
5. Легко використовується з різними мікроконтролерами.

Для досягнення порогового значення вимірювань датчику, при використанні датчику в вологому ґрунті, визначається вихід порту датчику D0 високим значенням, а коли вологість ґрунту перевищує встановлене порогове значення, вихід у модулі має низьке значення D0.

Цифровий вихід D0 може бути підключеним безпосередньо до мікроконтролера для виявлення високих та низьких рівнів значень вологості ґрунту. Для керування модулем зумера, який може формувати обладнання сигналізації про вологість ґрунту, можна також використовувати цифровий порт D0, а з'єднання через аналоговий вихід AO та AD, з'єднані через AD перетворювач, нададуть більш точні визначення вологості ґрунту.[13]

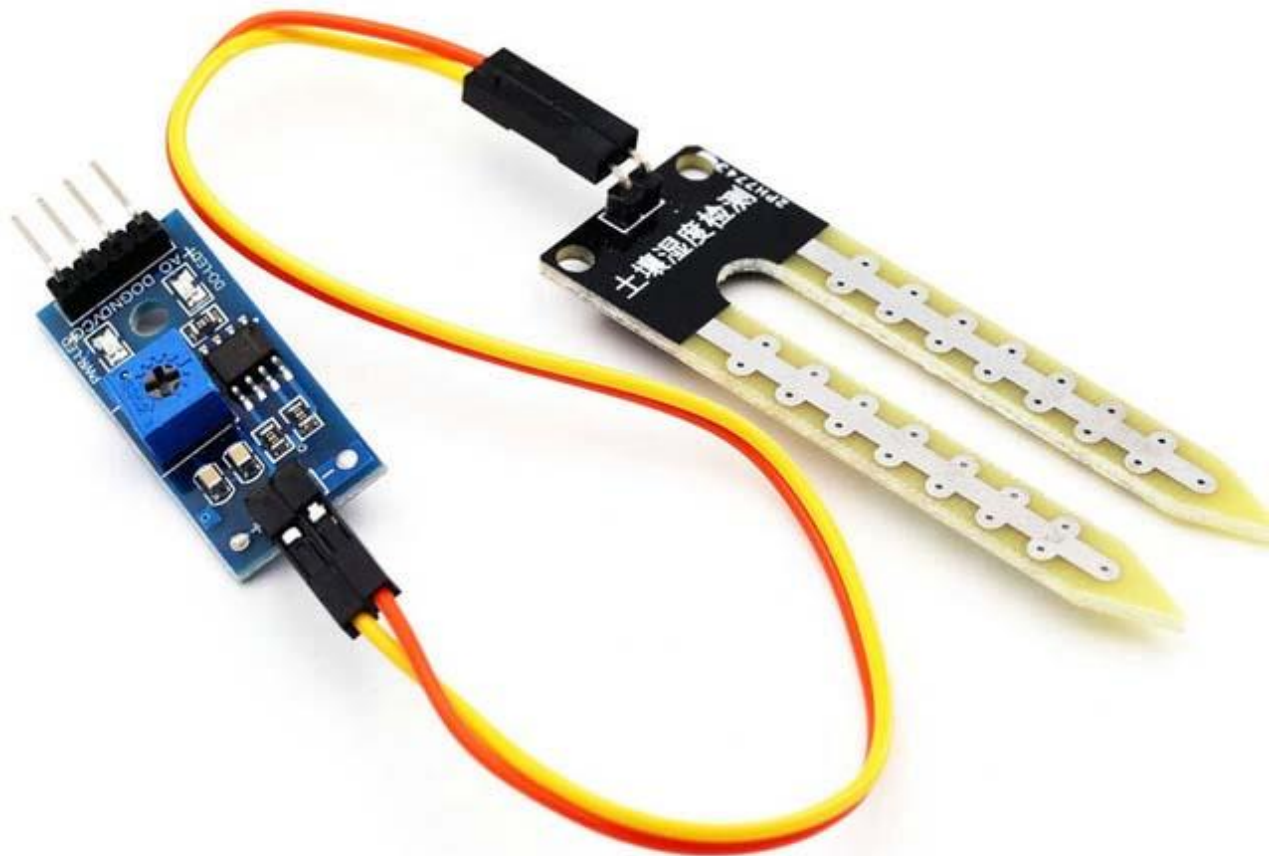


Рис. 1.8 Гігрометр для Arduino

Використання даного гігрометра в поєднанні з платою Arduino Uno можливе при захищеності плати від вологості та пилу, для забезпечення її довготривалого використання. Показники вимірювань гігрометра можна побачити в програмі Arduino IDE.

1.3.3 Розумний контролер спринклеру Orbit B-hyve XR

Інтелектуальний спринклерний контролер B-hyve XR – це високопродуктивний спринклерний таймер.[14]

Варіант контролеру для спринклеру, який зображено на Рис. 1.9 чудово підходить для системи мікроклімату в парниках, і цьому сприяє певний ряд його характеристик:

- з'єднання здійснюється по мережі Wi-Fi та Bluetooth, відповідно чому здійснюється дистанційне керування та програмування контролеру;
- потужні радіоприймачі, працюючі в діапазонах 2,4 ГГц та 5 ГГц;
- точний розподіл використання води;
- контроль поливу відносно побудованого макету границь території;
- визначення рівню посухостійкості відносно регіону;
- захищеність від несанкціонованого доступу, а саме блокування ручного керування з мікроконтролеру дистанційно через додаток;
- водостійкість контролеру;
- посухостійкість;
- гіперлокальна точність;
- функція підлаштування щодо поливу до погодніх умов;
- підтримує 8 або 16 зон поливу а також бездротові клапани регулювання води;

- за допомогою технології Smart WeatherSense контролер отримує дані про місцеву погоду і автоматично коригує графік роботи спринклеру;
- підтримка більшості датчиків дощу та замерзання ґрунту.[14]



Рис. 1.9 Розумний контролер спринклеру Orbit B-hive

1.3.4 Датчик Delta P для систем вентиляції

Delta P – це датчик, який визначає атмосферний тиск повітря, вслід чого отримані дані проходять через спеціальну мікропрограму, яка вбудовує математичні агрегати на основі повного керування штучним інтелектом. Даний датчик є частиною глобального інтегрованого рішення IoT для систем вентиляції. Штучний інтелект в мікропрограмі датчику здатен обробляти дані якими обмінюються датчик з платформою розробника Carl Software IoT, як це

відображено на Рис. 1.10, і безпосередньо на платформі основується на оброблених даних створюються відповідні числові моделі.[15]

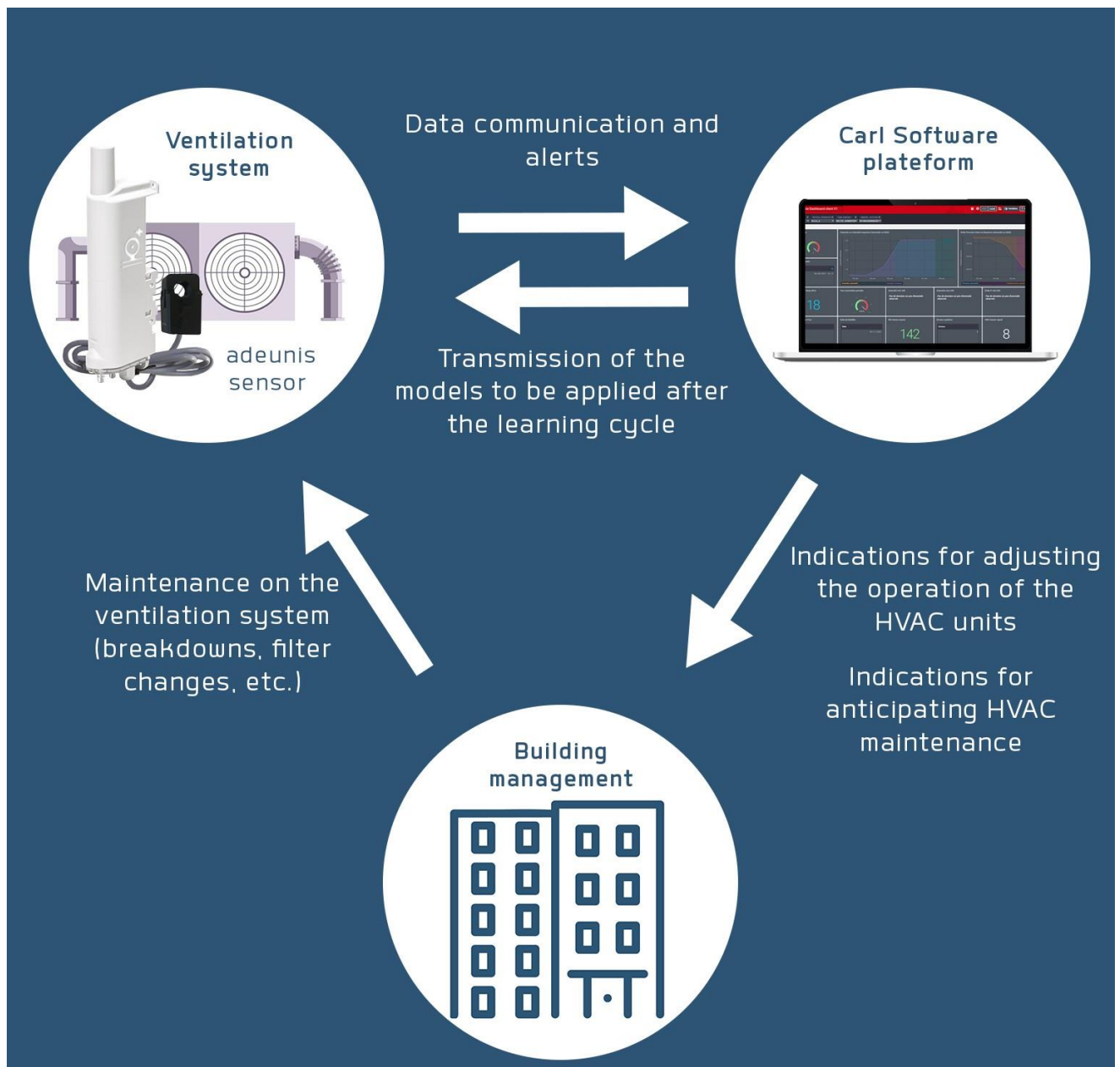


Рис. 1.10 Функція рішення IoT

Завдяки поєднанню платформи, штучного інтелекту та IoT датчику Delta P, вибудовуються такі основні характеристики даного поєднання:

- адаптивність до будь-якої існуючої системи вентиляції;
- завдяки ШІ, відсутня конфігурація датчику;
- визначення нормальних робочих режимів, автоматичний вивід дрейфів та наявність порогових значень небезпек.[15]

1.3.5 RAK Sensor Hub для моніторингу атмосферного тиску та температури

RAK Sensor Hub – це IoT рішення для здійснення моніторингу атмосфери. Даний пристрій, зображений на Рис. 1.11, має низьке енергоспоживання, за рахунок чого може працювати на постійній основі, зчитуючи дані про коливання атмосферного тиску та температури. Датчики цього пристрою вимагають такого розташування, щоб це захищало їх від конденсату вологи, опадів та проникненню в них води, для коректності роботи та точності виміру показників температури та атмосферного тиску. Цей пристрій застосовується для середовищ, де важливе значення має атмосферний тиск, наприклад для вимірювань з подальшим створенням прогнозів погоди.[16]



Рис. 1.11 Пристрій для вимірювань атмосферного тиску та температури RAK Sensor Hub

Даний пристрій має такі характеристики щодо діапазонів вимірювань:

1. Діапазон вимірювання тиску зі значеннями від 260-1260 hPa, з точністю вимірювання $\pm 0,1$ hPa.

2. Діапазон вимірювання температури від -40 °C до $+85$ °C з точністю температури в межах $\pm 1,5$ °C.

Живиться даний пристрій від 2 до 4 неперезаряджуваних батарейок ER18505, що за рахунок низького енергоспоживання цього датчику надасть довготривалу безперервну роботу даного пристрою.[16]

1.4 Постановка завдання

Головною метою створення системи Інтернету речей для моніторингу та управління кліматом в теплицях є розробка моделі системи з поєднаними між собою датчиками та виконавчими пристроями, що відповідають за різні характеристики клімату в теплиці та відповідно впливатимуть на їхнє врегулювання в межах норм для ефективної родючості та росту рослин.

Ключовими аспектами розробки системи є аналіз вже існуючих систем контролю та моніторингу кліматом, підбір кращої бездротової технології для комунікації IoT пристроїв, перегляд програмного середовища розробки та можливих обмежень щодо впровадження системи, а також створення концептуальних образів системи в вигляді діаграм.

Основними вимогами до функціональності системи клімату в теплицях на основі IoT-пристроїв є:

- забезпечення автоматизованого провітрювання приміщення з визначенням рівня протягу вітру в теплиці;
- забезпечення автоматизованого поливу рослин з урахуванням рівню вологи в ґрунті а також температури в приміщенні;
- автоматичне визначення та забезпечення температурних умов відповідно поставлених норм для рослин в парниках;

- здійснення керування системою з різних типів пристроїв з'єднаних в одній мережі;
- проектування системи має передбачати її розширення з урахуванням масштабу теплиці, а також потреб користувачів;
- надійність роботи системи визначатиметься в злагодженості роботи пристроїв та датчиків між собою а також надійністю їхнього з'єднання.

2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СФЕР ЗАСТОСУВАННЯ ІОТ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОСТІ

2.1 Огляд сучасних рішень IoT для кліматичного контролю

2.1.1 Унікальна система клімат-контролю «Wise» з підтримкою Інтернету речей від компанії Swegon

Swegon є провідним виробником та постачальником систем вентиляції та клімату всередині приміщень, який спільно з LumenRadio створили революційну абсолютно бездротову систему клімат-контролю, яку легко встановити, обслуговувати та оновлювати. Дана система є дуже енергоефективною та відповідає найкращим рівням екологічних вимог.[17]

Використовувана технологія базується на «когнітивному співіснуванні», розробленому компанією LumenRadio.

Когнітивне співіснування – це технологія для хаотичного адаптивного перемикавання частоти в реальному часі. Узагальнюючи, ця технологія вимагає прийняття рішення від розумного пристрою кожні 10 мілісекунд. Сам пристрій при використанні даної технології адаптується «на льоту» і є гнучким та стрибкоподібним. Оскільки мета даної технології це задовольнити постійну зміну каналу передачі інформації в мережі, вона має працювати швидко, тому в цій технології передбачено механізм який не створює перешкод для Wi-Fi або будь-якої іншої бездротової мережі.[18]

Система Wise, приклад інтерфейсу якої зображено на Рис. 2.1 – це бездротова система, здатна впровадити обмін даними тисячами датчиків, проводів та заслінок (якщо казати про її впровадження в системі опалення, HVAC) що є безпрецедентним рішенням для клімату в приміщенні.[17]

Ще одна технологія, MiraOne яка також є розробкою LumeoRadio, вбудована в цю систему, і саме завдяки ній існує об'єднання тисячів пристроїв в надійну сітчасту мережу на основі IP.

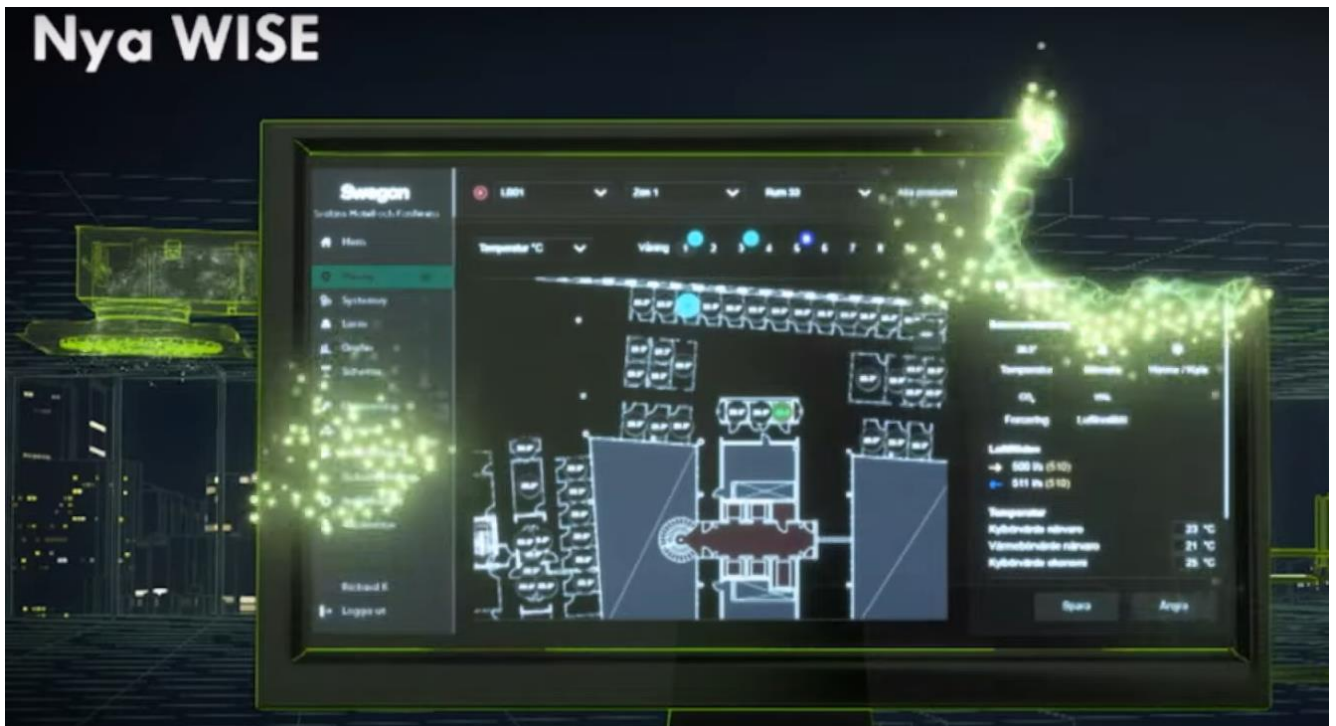


Рис. 2.1 – Приклад використання додатку Swegon для керування системою опалення в приміщенні

2.1.2 Система моніторингу та контролю кліматом на основі IoT від компанії WebbyLab

Командою WebbyLab були розроблені програмований контролер для невеликих теплиць та додаток «2Smart Cloud» для керування та моніторингу IoT пристроїв в теплицях. Контролер не потребує централізованого серверу, оскільки працює безпосередньо з додатком, який керується в будь-якій точці світу на комп'ютерних пристроях з сайту та зі смартфонів через мобільний додаток.

Додаток «2Smart Cloud», який відображено на Рис. 2.2, надає змогу не тільки керувати та проводити моніторинг системи, а ще й автоматизує її, забезпечуючи найкращі умови мікроклімату для теплиць за рахунок керування тими чи іншими IoT пристроями в системі. Також, розумна автоматизація надає низку інших переваг, а саме:

- поліпшення зрошення рослин та внесення добрив;
- контроль інфекцій та запобігання спалаху захворювань рослин;

– запобігання крадіжкам та покращення рівня безпеки.[19]

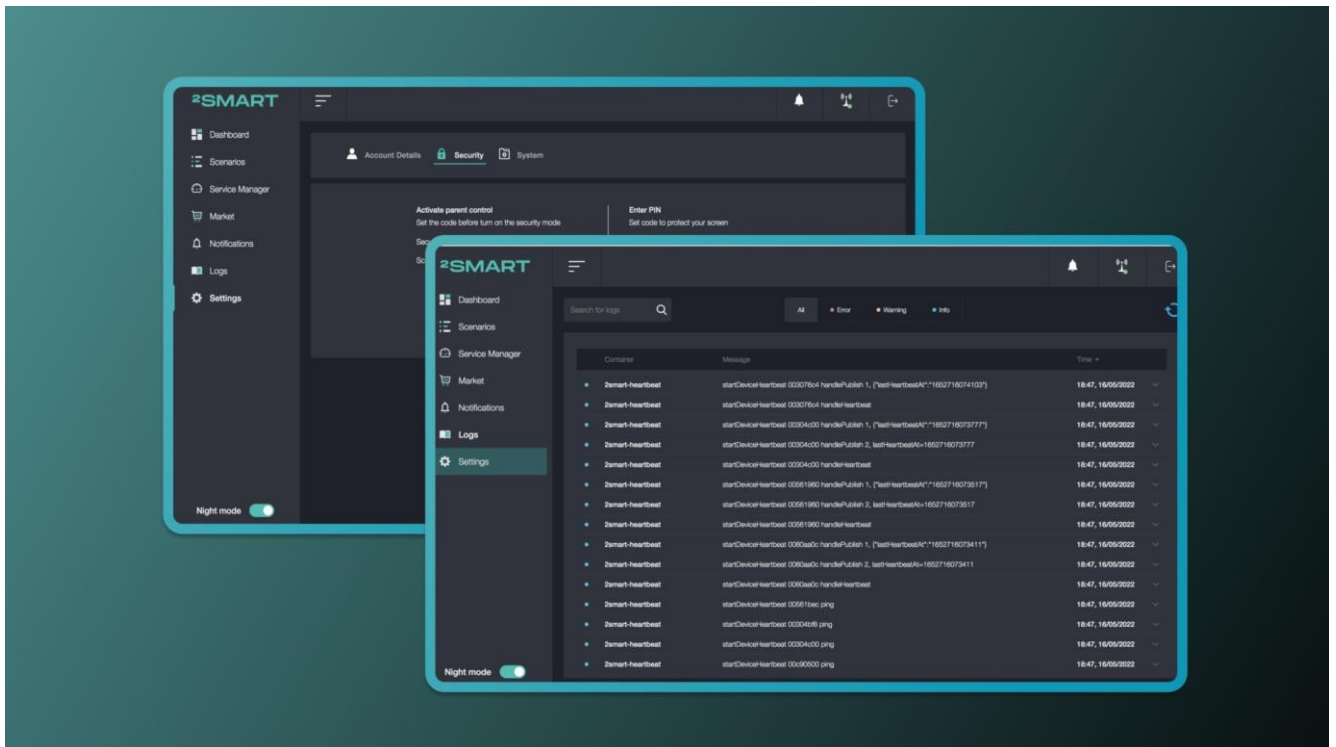


Рис. 2.2 Інтерфейс програми керування пристроями IoT «2Smart Cloud»

2.2 Вибір підходів до розробки системи IoT для моніторингу та управління кліматом

Для розуміння виконавчих функцій компонентів для роботи системи пропонується розглянути систему в трьох методологіях.

2.2.1 Методологія Mind Map

Mind Map – це інтелектуальна мапа, яка є нелінійною візуальною ієрархічною діаграмою та пов’язує поняття з певною темою зв’язками частин цілого (системи). Ключові ідеї мають відгалудження безпосередньо від центральної концепції зображеної в цій мапі, а інші ідеї – далі від неї. Ця візуалізація дає змогу впорядкувати ієрархічно інформацію та побачити зв’язки між різними поняттями.

Метою інтелектуальної мапи є відображення того, як автор планує відобразити свою систему реалізуючи візуально свої ідеї та думки, не турбуючись про їхню структуру, порядок або презентабельність. Завдяки цьому замість опису монотонного потоку інформації виходить перевтілення на барвисте зображення, яке легше запам'ятовується. Зв'язки такого малюнку здатні допомогти знайти нові зв'язки між темами та породити нові ідеї щодо розробки системи.[20]

Основними типами інтелектуальних мап є:

- блок-схеми. Такі типи діаграм відображають окремі етапи послідовного процесу. Часто використовуються для допомоги командам в визначенні важливих кроків в процесі для створення послідовного порядку розташувань кожного процесу.
- деревоподібні діаграми. Надають чудове представлення послідовності подій в вигляді дерева.
- бульбашкові мапи. Містять іменник по центру мапи, оточений прикметниками. Використовується для розвитку креативних думок та втілення своєї творчості що допомагає створювати нові ідеї для проектів.[20]

Mind Map відмінно підходять для відображення різних ідей, а різні типи щодо втілення таких мап тільки збільшують можливості використання даної методології. Серед ідей для чого можна використовувати інтелектуальні мапи, виділяють бізнес планування, проведення зустрічей та керування проектами.

Концепція системи інтелектуальної мапи згідно з темою дипломної роботи передбачає вигляд системи, зображений на Рис. 2.10. Інтелектуальна мапа даної системи по центру має мету, якій відповідають подальші розгалуження з розбиттям на підгрупи відносно меж функціональності датчиків та пристроїв в системі.

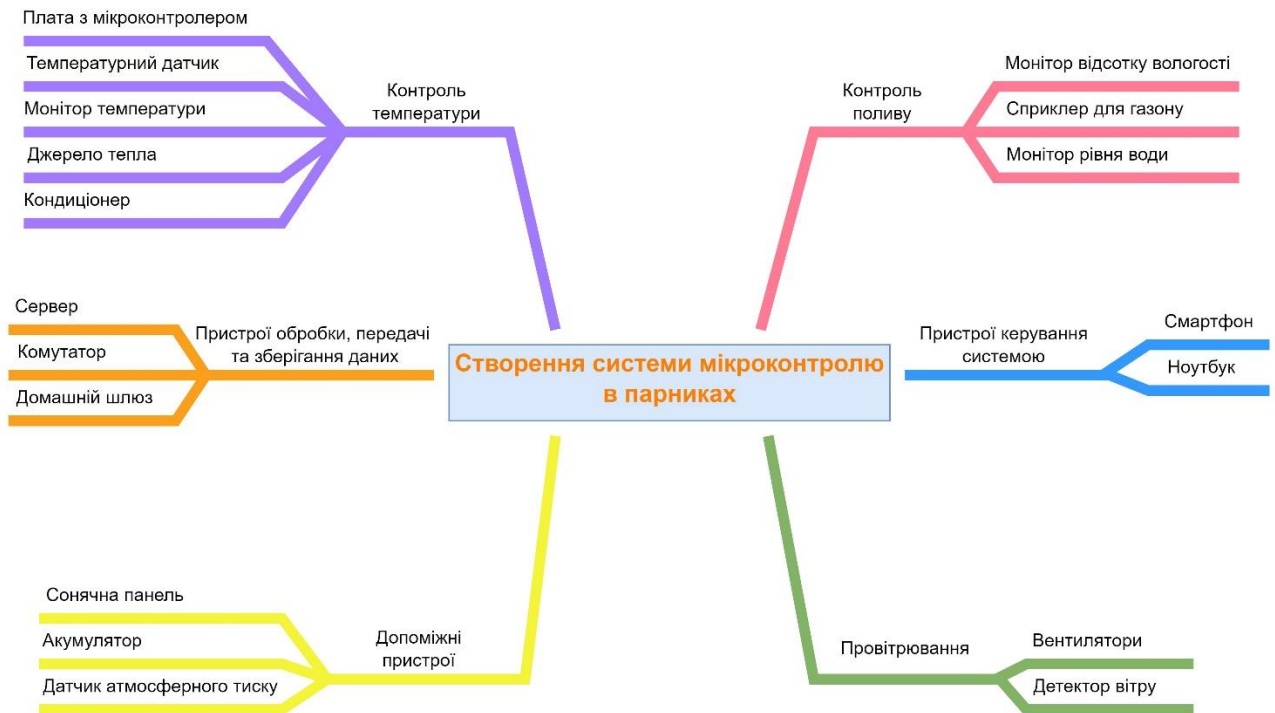


Рис. 2.3 – Mind Map для розробки системи мікроклімату для теплиці

2.2.2 Методологія контекстної діаграми

Контекстна діаграма являє собою візуальне представлення високого рівня, яке здатне забезпечити огляд системи та її взаємодії з іншими об'єктами. Іншими словами, така діаграма зосереджується на взаємозв'язках системи та її середовища.

Основна перевага контекстної діаграми полягає в її простоті, що робить її досконалою для аналізу системи і гарантує, що всі зацікавлені сторони мають єдине розуміння меж системи та інтерфейсів.[21]

Створення контекстної діаграми означає не лише малювання діаграми, оскільки мова йде й про подолання комунікаційного розриву між командою та зацікавленою стороною. Тому причини використання даної діаграми можна описати наступним чином:

- відображення меж системи. Зазначаючи рамки системи, контекстна діаграма дає розуміння того, що знаходиться всередині та поза межами діяльності проекту. Завдяки цьому, здійснюється запобігання

розповзанню обсягу інформації та гарантує, що все буде відображено на одній діаграмі, разом з обмеженнями системи;

- візуалізація взаємодії. Зацікавлені сторони можуть легко розуміти діаграму та візуалізувати її зовнішні сутності, такі як користувачі, інші системи та джерела даних, які взаємодіють із системою. Таке візуальне представлення є набагато інтуїтивно зрозумілим, в порівнянні з текстовими описами, і це здатне полегшити зацікавленим сторонам без технічних знань – складні взаємодії системи;
- ідентифікаційність інтерфейсу та взаємодій. Висвілення взаємодій між системою та зовнішніми об'єктами, має вирішальне значення для розуміння шляхів користувача та точок інтеграції системи.[21]

У сферах контекстних діаграм індикатори потоку даних – це не тільки стрілки, які вказують від однієї до іншої сутності, це лінія життя, яка відображає, як інформація проходить обробку та передавання в системі. Такі показники мають важливе значення щодо підтримки ясності та забезпечення зацікавленим сторонам легкого відстеження руху даних.[21]

Основними компонентами контекстної діаграми являються:

- межа системи. Визначає що знаходиться всередині системи та за її рамками;
- зовнішні сутності. Ідентифікація користувачів, системи та процеси, які проводять взаємодію із системою;
- потоки даних. Відображення обміну інформації між системою і зовнішніми об'єктами.[21]

Виділяються такі переваги контекстної діаграми:

- використання даної методології здатне допомогти всебічно проаналізувати кожен з деталей проекту завдяки інтерпретуванню складних системних взаємодій в інтуїтивно зрозумілі візуальні ефекти, контекстні діаграми здатні полегшити розуміння проекту для всіх, не заглиблюючись в деталі;

- використання даної діаграми зменшує ризик провалу проекту під час його створення;
- оптимізованість зв'язків. Контекстна діаграма може бути точкою відправлення для проведення глибокого аналізу системи;
- є чудовим доповненням для опису проекту.[21]

Однією з головних переваг контекстної діаграми є її здатність аналізувати детальний потік між системою та зовнішніми компонентами. Крім того, дана програма здатна застерегти від додаткових витрат бюджету та зменшити ймовірність зіткнення з ситуаціями високих ризиків під час розробки проекту.[21]

Недоліками використання даної діаграми є:

- діаграма не включає в собі суть процесу та визначення термінів проекту;
- складнощі при створенні для масштабних проектів.[21]

Підсумовуючи, слід зазначити що контекстна діаграма здатна бути потужним інструментом для технічно підкованих менеджерів продуктів, завдяки забезпеченню ясності та сприяючи кращому спілкуванню та керуванню проектами в цілому.

Нижче, на Рис. 2.11 представлена контекстна діаграма відносно системи Інтернету речей для моніторингу та управління мікрокліматом, в якій одинарними стрілками відображені дії, які виконуються без відповіді, які в даній діаграмі стосуються тільки датчиків. Виконавчі пристрої мають відповідь, тобто подвійну стрілку на лінії, оскільки вони отримують сигнал щодо виконання тієї або іншої функції. В даній діаграмі відображені дії користувача стрілками, які надають користувачу відповідь відносно його звернень, таких як авторизація, перегляд звіту або керування пристроями IoT. Безпосередньо і база даних позначена подвійною стрілкою, оскільки це її основний процес, отримувати та надавати дані.

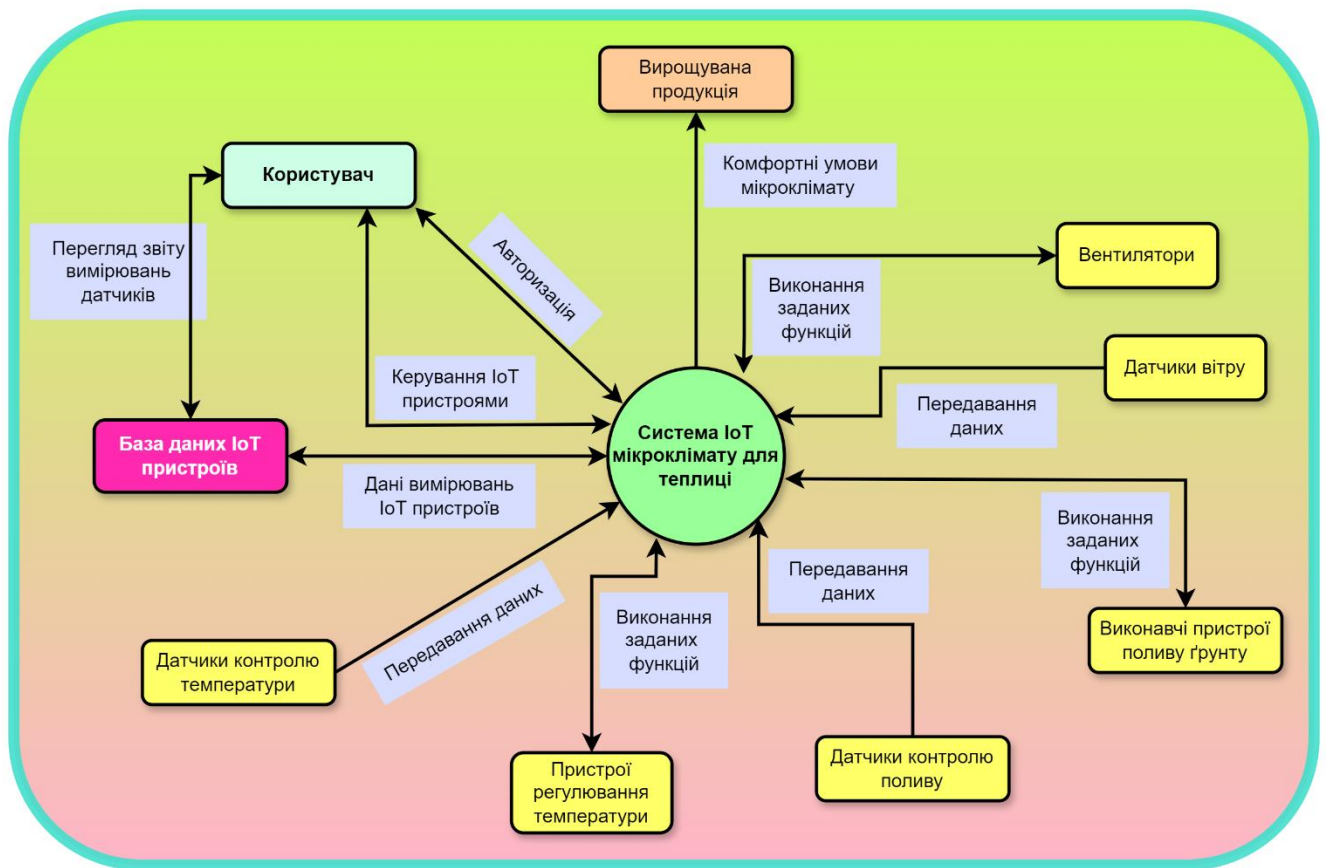


Рис. 2.4 Контекстна діаграма системи мікроклімату для теплиці

2.2.3 Багатовимірна модель даних

Багатовимірна модель даних – це метод, використовуваний для впорядкування даних у базі даних разом із правильним розташуванням і збором вмісту в базі даних. Дана діаграма упорядковує бізнес-дані в одну або іншу з категорій в вигляді кубу або розмірної послідовності в вигляді прямокутної фігури.

Багатовимірна діаграма застосовується для проектування кубів в механізмі OLAP разом з іншими прямокутними розмірностями аналізованих даних.

В бізнес-аналітиці застосовуються бази даних OLAP для надсилання запитів та отримання інформації з різних вимірів, наявних в базі даних. [22]

Заповнення баз даних OLAP здійснюється зі сховища даних та з вітринних баз даних. Така передача даних реалізується на основі реляційного та багатовимірного відображення, при цьому сховище даних або вітринні бази даних стають джерелом даних для бази даних OLAP. Куб OLAP розроблений для

виконання запитів багатовимірного аналізу, а організація його розміру визначається користувачем.[22]

На Рис. 2.12 зображено приклад макету одного із типів багатовимірної діаграми.

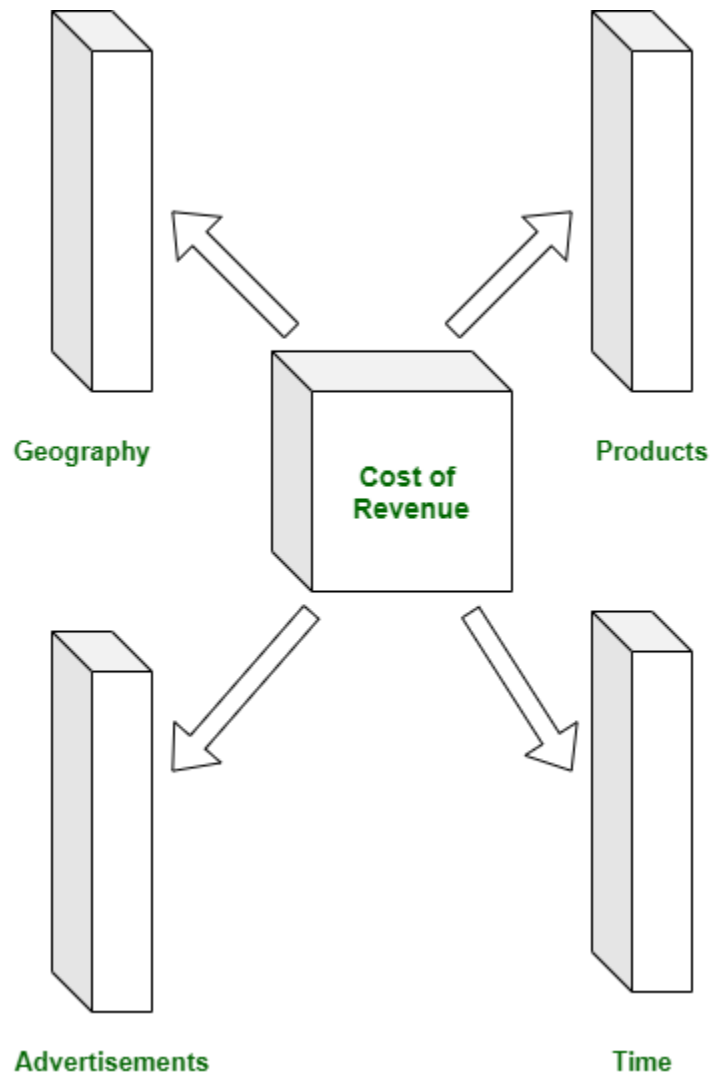


Рис. 2.5 Макетований приклад багатовимірної діаграми

На Рис. 2.13 зображено багатовимірну діаграму для системи контролю та моніторингу клімату в теплицях. Дана система передбачає центральною точку – базу даних, яка складається з різних даних, відносно області їх застосування. В даному випадку багатомірною діаграмою розроблена з урахуванням використання програми Cisco Packet Tracer в системі.

Для IoT Server передбачена авторизація користувачем, домашня сторінка, атрибути для налаштування умов системи та меню редагування, для програмованого кодування умов системи.

Про кожен датчик в базі даних вказані їхні назви (ім'я пристрою), вимірювані показники датчиків, дата вимірювань, що дасть змогу проводити часовий моніторинг а також точка розміщення пристрою, згідно технічної мапи підприємства про розташування датчиків.

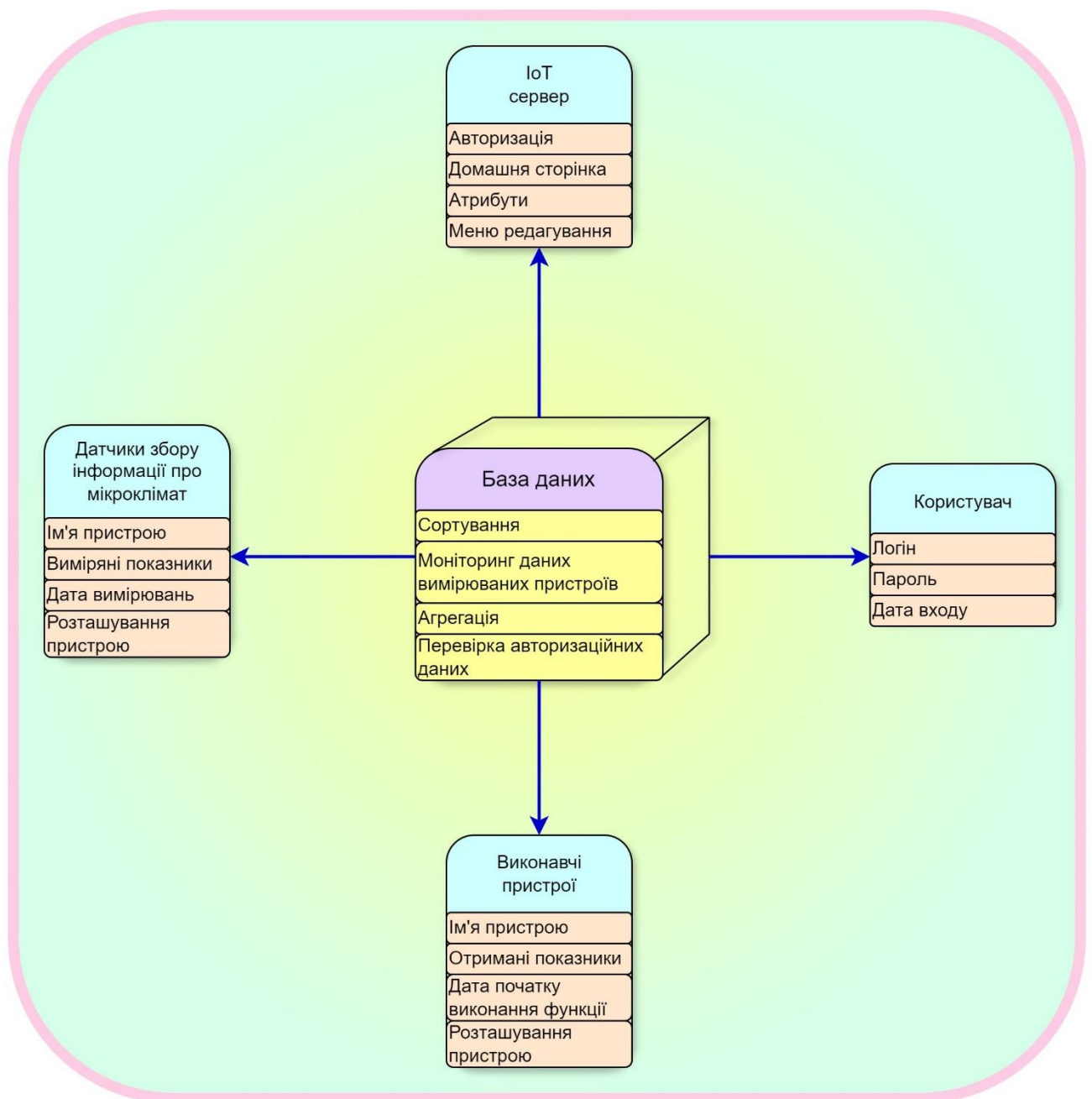


Рис. 2.6 Багатовимірні діаграма системи мікроклімату для теплиць

Аналогічним з датчиками є перелік збереження даних про виконавчі IoT пристрої, тільки замість вимірювань, записуються дані, які передаються цим пристроям, а також дата початку виконання функції пристрою для контролю витрат або відслідковування дії пристрою за часом в разі його виведення з ладу.

2.3 Дослідження потенційних викликів та обмежень впровадження систем IoT

Існує великий перелік перешкод та потенційно проблемних областей, які слід вирішити при використанні Інтернету речей. Нижче представлені деякі з потенційних викликів та обмежень щодо впровадження систем IoT:

- проблеми безпеки IoT пристроїв. Часта вразливість IoT пристроїв до кібератак через слабкість їхньої захищеності. Уражені пристрої здатні призвести до витоку конфіденційної інформації та даних, а в випадках якщо системи IoT керують критичною інфраструктурою – здатні заподіяти навіть фізичної шкоди;
- ненадійність збереження конфіденційності. IoT пристрої здатні збирати великі обсяги персональних даних, що виявляє занепокоєння щодо порушень конфіденційності у разі несанкціонованого доступу до цих даних;
- складнощі сумісності. Із за різності пристроїв та платформ IoT, виникають проблеми сумісності, тому саме це може сприяти утворенню фрагментації екосистем та стати перешкодою ідеальній інтеграції рішень IoT;
- складність та надійність. IoT системи набувають складності через чисельні взаємопов'язані пристрої та технології. В зв'язку з такими складнощами зростає ймовірність технічних та системних збоїв а також проблем їхнього обслуговування;
- етичні нюанси. Масштабне розгортання IoT стимулює створенню етичних питань щодо власності даних і згоди на стеження, що є

вирішальним значенням для відповідального впровадження IoT системи.[23]

Таким чином, враховуючи та вирішуючи перелічені нюанси щодо впровадження IoT системи, можна застерегтися від проблем при впровадженні IoT проекту або від нюансів, які можуть спіткати при користуванні вже готовою IoT системою.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ, РОЗРОБКА ТА ОЦІНКА СИСТЕМИ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦІ

3.1 Опис програмного забезпечення для розробки системи IoT для мікроклімату в теплиці

Packet Tracer (розробка компанії Cisco) – це всеосяжне програмне забезпечення, що використовується зокрема для навчання мережевим технологіям. Ця програма надає унікальне поєднання реалістичного моделювання та візуалізації, можливість оцінювання та розробки дій.[24]

Серед переваг програмного забезпечення Packet Tracer виділяються такі:

- забезпечення реалістичного навчального середовища модулювання та візуалізації, включаючи можливість бачення внутрішніх процесів в реальному часі, які зазвичай приховані на реальних пристроях;
- надання можливості дослідження концепцій та проведення експериментів й проводити перевірку власного розуміння структур побудови мереж;
- дає змогу проектувати, будувати, налаштовувати та усувати несправності різноманітних по складності мереж на віртуальному обладнанні;
- підтримування можливості викладення матеріалу та навчання, за допомогою лекцій, групових та індивідуальних лабораторних робіт та домашніх завдань;
- підтримка розширених функцій від зовнішніх додатків при використанні API, що поліпшить функціональні можливості Packet Tracer в таких сферах, як навчальний план і оцінювання, ігри, доступність та взаємодія з реальним обладнанням.[24]

Приклад інтерфейсу програмного забезпечення Packet Tracer, розробленим компанією Cisco, зображено на Рис. 3.1.

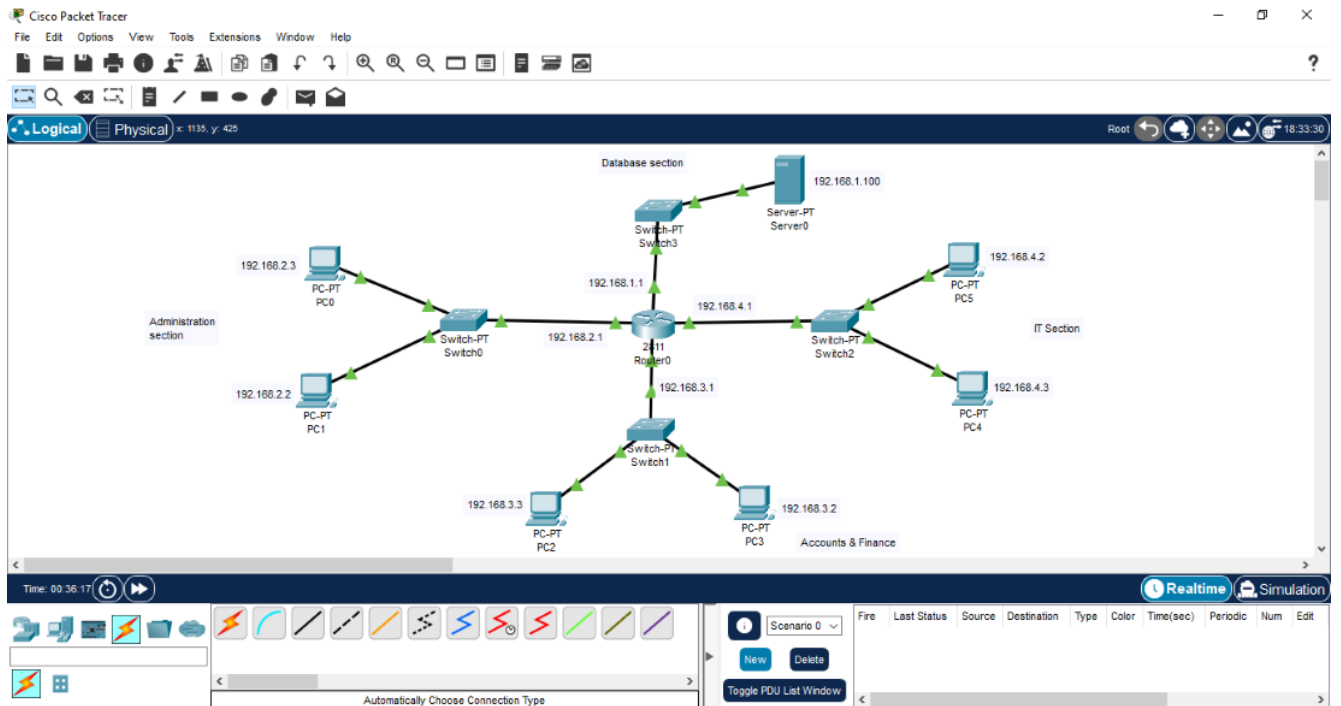


Рис. 3.1 Приклад інтерфейсу програмного забезпечення Cisco Packet Tracer

3.2 Перелік використаних компонентів програмного забезпечення Cisco Packet Tracer





Таблиця 3.1


Компонент	Зображення	Поведінка в програмному навколишньому середовищі
Мікроконтролер (MCU-PT)		MCU в реальному світі - це, наприклад, плати Arduino, такі як щит Arduino Yún Shield
Home Gateway (DLC100)		Забезпечує проводове підключення в 4 порти Ethernet та роздачу бездротової точки доступу. Під'єднаний до Інтернету в порт WAN

Продовження таблиці 3.1

Смартфон		З'єднується по бездротовій мережі Wi-Fi з Home Gateway. За його допомогою можна налаштувати розумні пристрої в теплиці та моніторити їхні показники
Ноутбук		З'єднується через провід Ethernet та по бездротовій мережі Wi-Fi. За його допомогою можна налаштувати розумні пристрої в теплиці та моніторити їхні показники
Температурний сенсор		Приймає числове значення виявленої температури навколишнього середовища
Радіаторна батарея, виконавчий пристрій з нагрівачим елементом		Має вплив на збільшення температури в навколишньому середовищі зі швидкістю 10°C на годину
Кондиціонер, виконавчий пристрій з охолоджуючим елементом		Має вплив на зменшення температури в навколишньому середовищі зі швидкістю -10°C на годину
Температурний монітор		Відображає числові значення визначеної температури навколишнього середовища

Продовження таблиці 3.1

Монітор вимірювання атмосферного тиску		Відображає числові значення визначеного атмосферного тиску
Сприклер для газону		Має вплив на підвищення рівню води зі швидкістю 0,1 см на секунду
Монітор рівню води		Відображає числові значення визначеного рівню води
Монітор вологості повітря		Відображає числові значення відсотку вологості навколишнього середовища
Детектор вітру		При здійсненні руху вітро-захоплюючих елементів відображає наявність протягу вітру в приміщенні
Вентилятор		Має вплив на швидкість вітру, вологість і температуру навколишнього середовища
Сонячна панель		Поглинає виявлене сонячне світло для виробництва електроенергії
Акумулятор		Здатен живити пристрої та заряджатися від сонячної панелі
Сервер		Слугує як IoT Server в даній системі. Застосовується для обробки запитів та передачі даних на інші пристрої в локальній мережі або через мережу Інтернет.

Комутатор		З'єднує декілька вузлів комп'ютерної мережі в межах одного сегменту
-----------	---	---

3.3 Розробка системи для керування та моніторингу мікроклімату в парниках (в теплицях)

Шлях до синхронізації для моніторингу та управління датчиками та виконавчими пристроями розпочинається з налаштувань серверу та комутатору в віддаленому датацентрі, що зображено на Рис. 3.2.

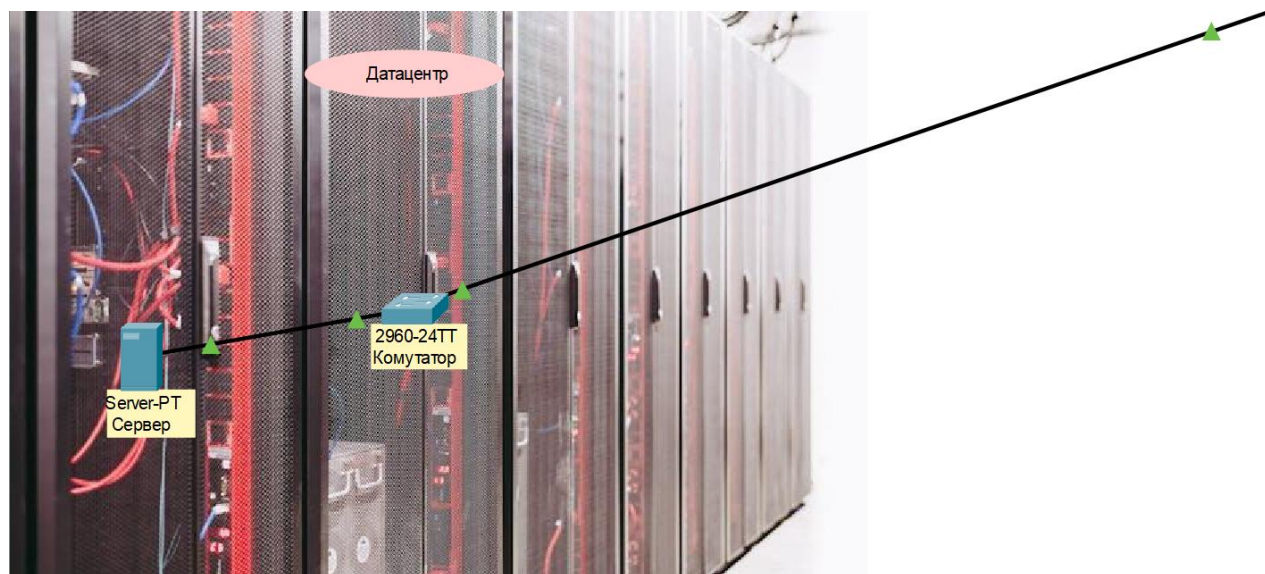


Рис. 3.2 Віддалений дата-центр

Далі, для підключення всіх пристроїв та датчиків в системі, з'єднання від віддаленого дата-центру надходить до домашнього шлюзу, розташованому в службовому приміщенні поруч з теплицею, звідки по налаштованій в шлюзі бездротовій мережі Wi-Fi здійснюється з'єднання з ноутбуком в цьому ж приміщенні і пристроями та датчиками, розташованими поруч в теплиці, що

відображено на Рис. 3.3. Також в домашньому шлюзі було проведено налаштування для трансляції з'єднаних пристроїв та датчиків до IoT Server за IP-адресою серверу.

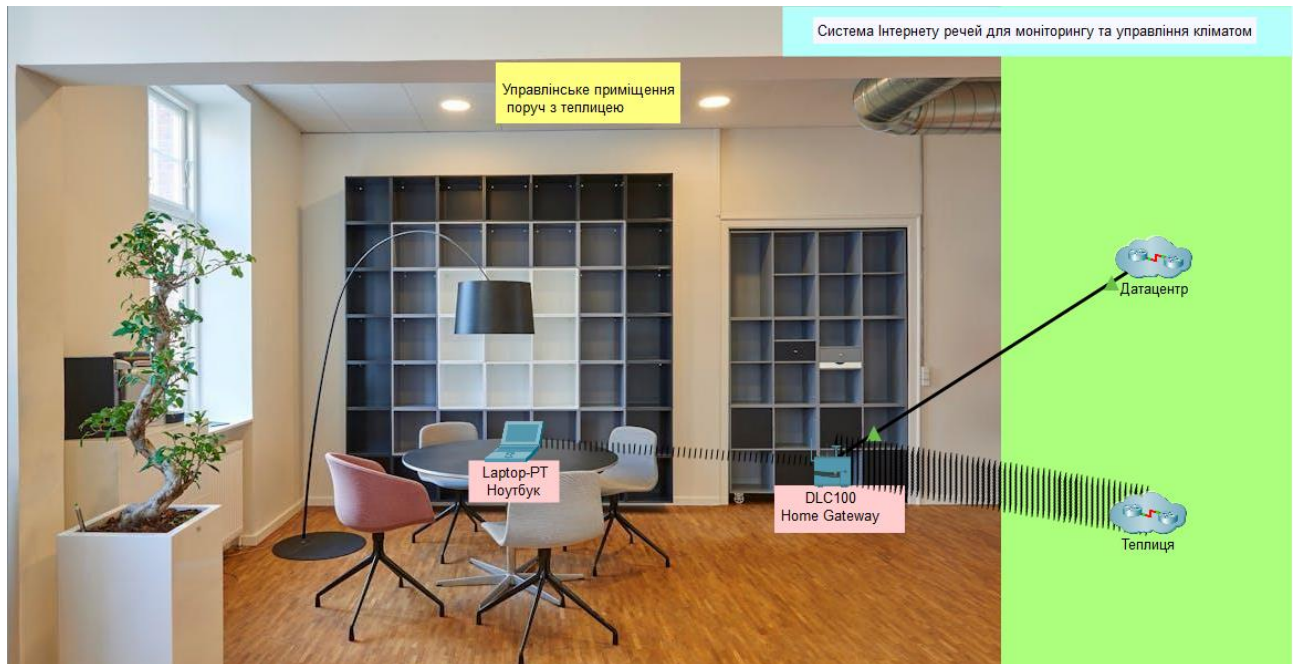


Рис. 3.3 Службове приміщення в якому розташовані домашній шлюз та ноутбук

На Рис. 3.4 зображені IoT пристрої і датчики в теплиці, де датчики проводять вимірювання різних станів клімату а виконавчі пристрої впливають на зміни цих станів, а саме вологість ґрунту, швидкість вітру та температуру.

На Рисунках 3.4 та 3.5 зображені різні стани роботи системи Інтернету речей для клімату в теплиці. На Рис. 3.4 поки немає протягу в теплиці, тому вентилятор працює на повну потужність, теплиця підігрівається до комфортної температури від джерела тепла, а полив ґрунту якраз завершується, оскільки спрацьовує датчик рівня води в ґрунті.

На Рис. 3.5 зображений протилежний випадок роботи пристроїв, коли в теплиці спостерігається протяг вітру із за чого вентилятор вимкнено, автоматичне регулювання температури припинило підігрів в теплиці і ввімкнуло кондиціонер, для наближення до оптимальних умов температури для рослин, а полив ґрунту припинено, оскільки рівень води в ґрунті в даному випадку досяг граничних значень.

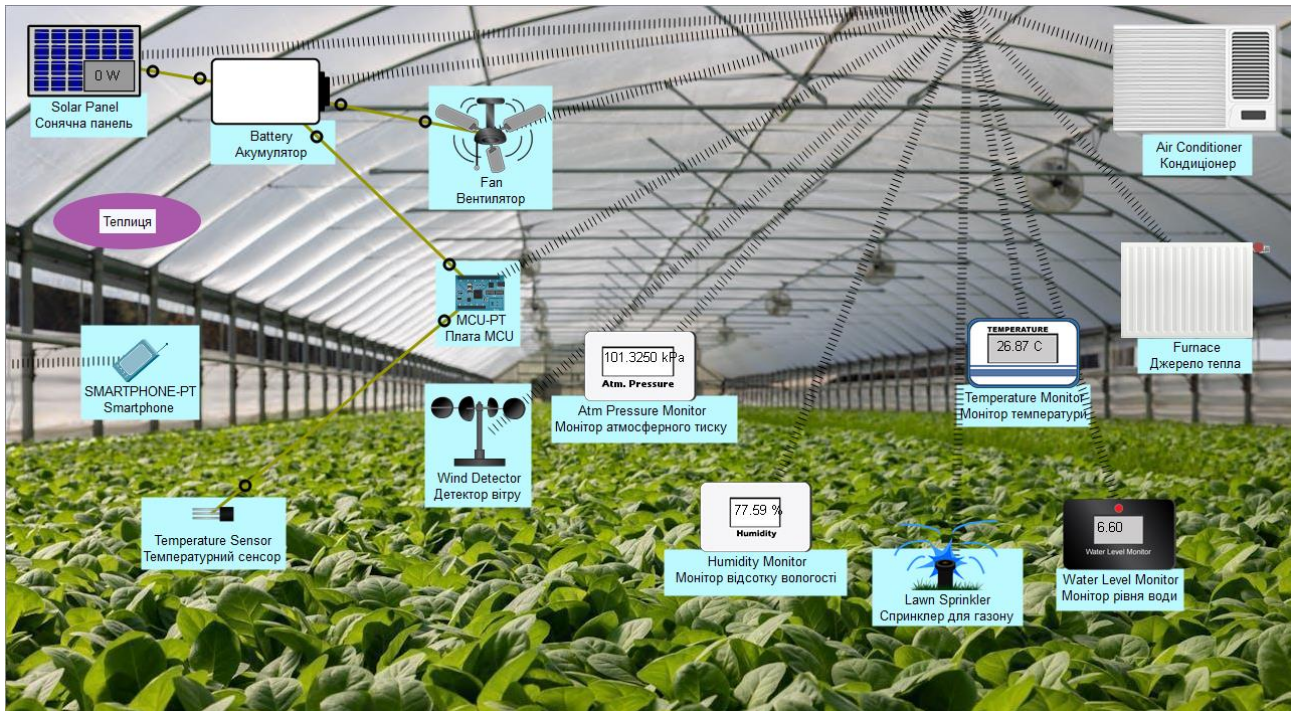


Рис. 3.4 Перший варіант роботи IoT системи мікроклімату в теплиці

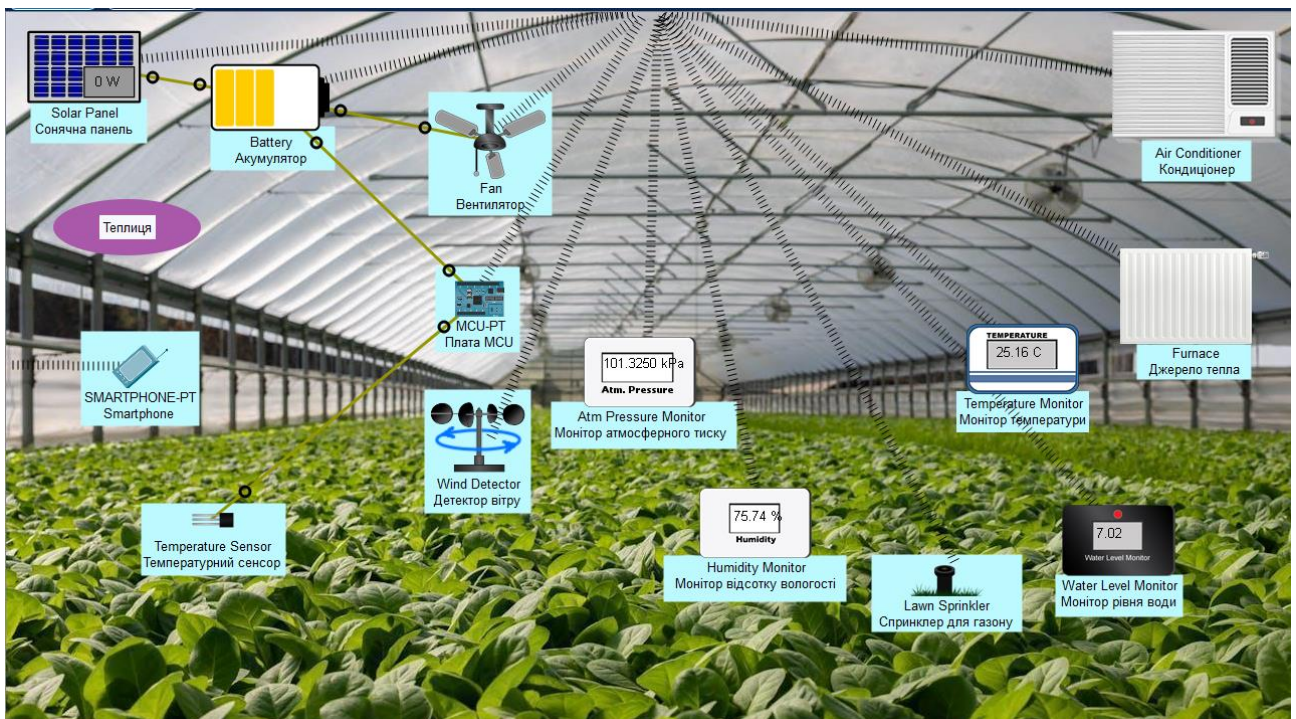


Рис. 3.5 Другий варіант роботи IoT системи мікроклімату в теплиці

Таким чином, були розглянуті два варіанти роботи датчиків та виконавчих пристроїв системи IoT для мікроклімату.

Для виконання заданих функцій виконавчими пристроями, були встановлені певні умови в таблиці станів в програмі Packet Tracer, на різні сценарії роботи цих пристроїв, що зазначено на Рис. 3.6. Отримувані дані з датчиків діють як умова, для виконання тієї або іншої функції пристроями. Сценарії виконання функції того або іншого виконавчого пристрою передбачають ввімкнення або вимкнення такого пристрою.

The screenshot shows a web browser window on a smartphone. The browser address bar displays the URL `http://10.10.10.1/conditions.html`. The page title is "IoT Server - Device Conditions". Below the title is a navigation menu with links for "Home", "Conditions", "Editor", and "Log Out". The main content is a table with the following structure:

Actions	Enabled	Name	Condition	Actions
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Fan off	Детектор вітру Wind is true	Set Вентилятор Status to Off
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Fan on	Детектор вітру Wind is false	Set Вентилятор Status to High
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Heat on	Плата MCU Temperature \leq 625.0 °C	Set Джерело тепла On to true Set Кондиціонер On to false
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Cold on	Плата MCU Temperature \geq 660.0 °C	Set Джерело тепла On to false Set Кондиціонер On to true
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Sprinkler on	Монітор рівня води Water Level \leq 7.0 cm	Set Спринклер для газону Status to true
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Sprinkler off	Монітор рівня води Water Level \geq 7.0 cm	Set Спринклер для газону Status to false

Below the table is an "Add" button. At the bottom left of the browser window, there is a "Top" button.

Рис. 3.6 Таблиця станів IoT пристроїв та задані умови для цих пристроїв

Для моніторингу та ручного керування функціоналом пристроїв, в програмі Packet Tracer доступна домашня сторінка на сайті IoT Server, на якій відображені всі під'єднані пристрої та датчики IoT, що позначено на Рис. 3.7. На цій сторінці, окрім перегляду вимірюваних показників з'єднаних датчиків, безпосередньо можливе здійснення ручного ввімкнення або вимкнення IoT пристрою, а в випадку з вентиляцією – налаштування швидкості обертання вентиляторів.

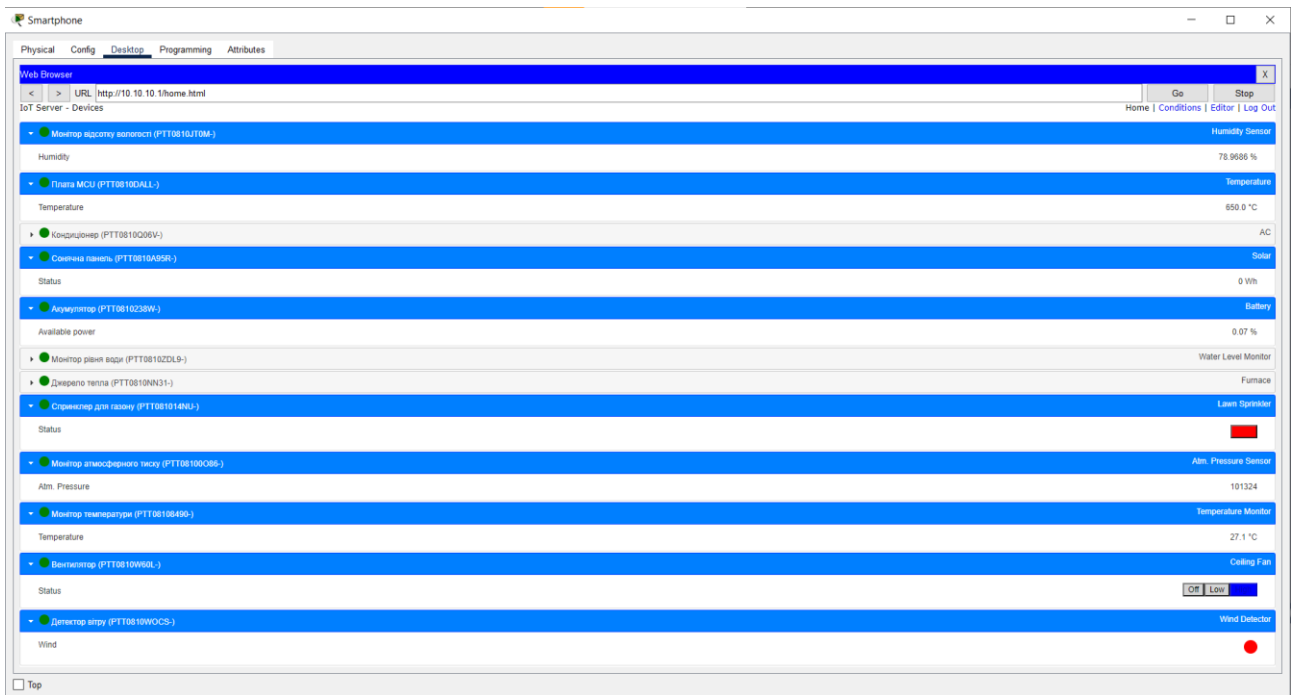


Рис. 3.7 Домашня сторінка для моніторингу та ручного керування IoT пристроями системи клімату в теплиці

Слід зазначити, що вхід за IP-адресою на IoT Server може виконуватися не тільки з ноутбуку та смартфона, а також по дротовому з'єднанню від домашнього шлюзу до стаціонарного комп'ютеру, а також безпосередньо на самому сервері в програмному середовищі Packet Tracer.

Для здійснення виміру температури в системі був використаний датчик температури в з'єднанні з платою MCU, яка забезпечувала обробку та відображення отримуваних даних, а також безпосереднє живлення та роботу датчику по заданому коду:

```
function setup() {
  IoEClient.setup({
    type: "Temperature",
    states: [
      {
        name: "Temperature",
        type: "number",
        unit: "°C",
```



```

    imperialUnit: "°F",
    toImperialConversion: "x*1.8+32",
    toMetricConversion: "(x-32)/1.8",
    decimalDigits: 1
  }
});
}

```

```

function loop() {
  var Temperature = analogRead(A1);

  IoEClient.reportStates([Temperature]);
  delay(500);
}

```

3.4 Твердження щодо використання датчику вимірювання атмосферного тиску в даній системі

Існують твердження щодо впливу атмосферного тиску на рослини, які досліджуються здебільшого для аграрних та космічних цілей. Атмосферний тиск є одним із важливих чинників впливу на життя рослин.

Атмосферний тиск має вплив на рослини в залежності від величини. Чим більше зростає атмосферний тиск, тим кращий вплив на ріст рослин. Саме висота атмосферного тиску впливає на життєдіяльність рослини, тому ефект впливу на рослину зменшується в залежності від величини атмосферної різниці в денний або нічний час.[25]

Слід зазначити що надмірний атмосферний тиск здатен негативно вплинути на рослини, а в поєднанні з високим температурним режимом такий тандем тільки збільшить негативний вплив для рослин. Це обумовлено здатністю високого тиску

знизити всмоктування води та мінералів рослинами, що може призвести до пересихання ґрунтової основи та зневодненню рослин.

Серед впливів атмосферного тиску на рослини, зазначається, що він здатен вплинути на змінення форми та структури рослин в процесі росту. Рослини, здатні реагувати в більшій або меншій мірі на зміни тиску, при зменшенні або збільшенні активних біологічних речовин.[25] Саме проблема з екологічними явищами на нашій планеті здатна підвищити вміст атмосферного тиску і в результаті це може призвести до зменшенню зросту та плодоносності рослин та дерев, як це зображено на Рис. 3.8.[26]

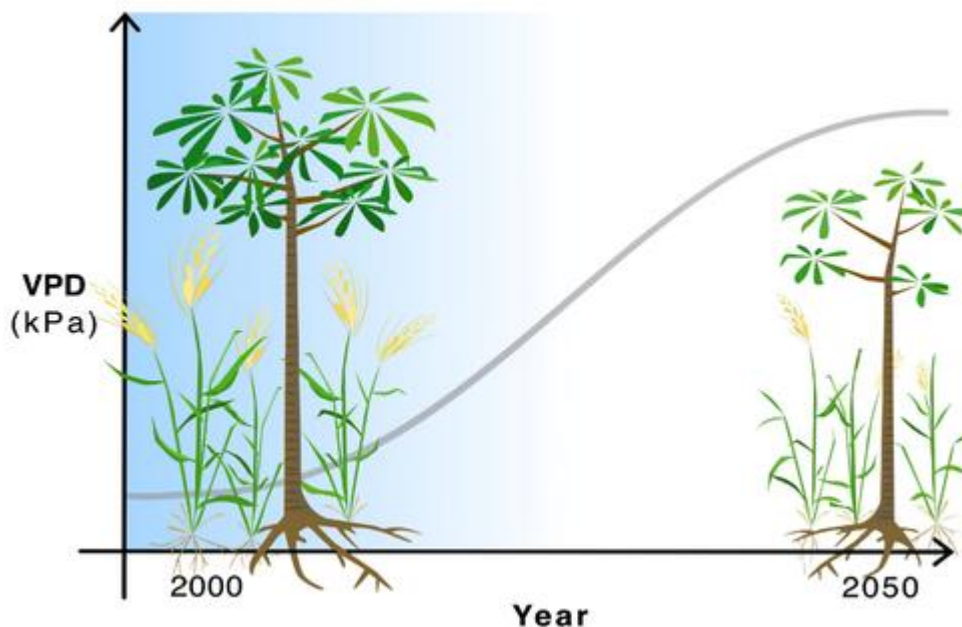


Рис. 3.8 Графік щодо екологічної проблеми впливу збільшеного атмосферного тиску на рослини та дерева в майбутньому

Атмосферний тиск впливає на рослини, а саме на їхні:

- фізіологічні процеси;
- ріст та розвиток;
- плодоношення рослин.

Саме тому, для проведення досліджень та вимірювань щодо впливу тих або інших датчиків на зміну атмосферного тиску, який згодом матиме вплив на

рослини, в системі пропонується використання датчику вимірювання атмосферного тиску.

3.5 Перспективи розширюваності функціоналу системи для керування нею через мережу Інтернет

Завдяки під'єднанню до мережі Інтернет, система IoT для керування мікроклімату здатна надавати дані для моніторингу та керуватися дистанційно в будь-якій точці світу, за наявності доступу до Інтернету у користувача. Таким чином, користувачам даної системи може бути зручно проводити моніторинг або ручне керування пристроями, не знаходячись на території теплиць. Крім того, завдяки можливості задання умов для автоматичного поливу, керування температурою та вентиляцією, необхідність управління користувачем зменшується до достатньо мінімального рівня. Приклад автоматизування системи може бути таким: користувач задав параметри, допустимі для мінімальної та максимальної температури, зазначив максимальний рівень вологості ґрунту обмежуючи рівень поширення води спринклером для газону, надав максимальні оберти вентиляторів для провітрювання теплиці в спеку або зменшив оберти в непогоду або в холодніші пори року. Тому, підключення системи Інтернету речей клімату теплиці дасть змогу позбутися потреби перебувати поруч з теплицею для налаштувань системи клімату в теплиці.

ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської роботи основна увага була приділена на розробці системи «Інтернету речей для моніторингу та управління кліматом». Метою розробки даної системи було представлення варіанту використання системи Інтернету речей, в якій мало бути передбаченим проведення моніторингу та керування IoT пристроями. Дана робота охоплює широкий аналіз інформації, проектування та створення системи.

Основними аспектами виконання даної роботи є:

1. Здійснення огляду різниці IoT від PoT, що дало змогу розрізнити напрям використання системи та зробити висновки щодо потреб розроблюваної системи.

2. Аналізування основних використовуваних бездротових та дротових методів підключення пристроїв IoT. Даний аналіз допоміг визначити найбільш імпонуючі мережеві технології для розроблюваної системи, а в подальшому обрані мережі було використано безпосередньо при розробці системи.

3. Визначення компонентів враховуючи вимоги системи. Був підібраний та проаналізований ряд компонентів, які своїм функціоналом чудово підходили для розробки даної системи.

4. Був проведений огляд існуючих систем та їхнього програмного забезпечення, що дало змогу визначити межі розширюваності системи Інтернету речей для керування кліматом в теплицях.

5. Було проведено дослідження кращих методологій для відображення та опису макету системи, згідно яких здійснювалося б орієнтування в масштабованості, цілісності та функціональності системи при її подальшій розробці. Розгляд та опис використаних методологій допоміг відобразити суть роботи системи та її взаємодією з базою даних.

6. Були розглянуті та проаналізовані ризики і можливі обмеження розгортання систем IoT. На основі здобутого матеріалу, були визначені кращі методи створення комунікацій системи з сервером, а також враховані можливі ризики при використанні даної системи в майбутньому.

7. Для розробки системи був здійснений розгляд програмного середовища, яке могло б задовольнити потреби щодо розгортання системи, її функціональності в поєднанні з чудовим виглядом модельованого простору. На основі даних потреб було обрано програмне забезпечення Cisco Packet Tracer.

При розробці системи для IoT пристроїв була застосована бездротова технологія Wi-Fi. Серед великого переліку компонентів даної системи, була окремо розглянута значимість датчику атмосферного тиску в даній системі. Була проаналізована інформація про вплив атмосферного тиску на ріст, життєдіяльність та плодоносність рослин, на основі чого було прийнято рішення впровадження даного датчику для моніторингу стану атмосфери і на основі отриманих даних про стан атмосфери, прийняття певних заходів по впровадженню додаткових умов для роботи виконавчих пристроїв системи для хорошого впливу на атмосферний тиск рослин в парнику.

В результаті виконання даної роботи було розроблено систему Інтернету речей для моніторингу та управління кліматом в теплицях

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕПЛИЦЯХ. *I Всеукраїнська науково-технічна конференція "Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і світу"* : Всеукраїнська, м. Київ, 28 листоп. 2023 р.
2. ОХОРОННА СИСТЕМА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД СТОРОННІХ ОСІБ В ТЕПЛИЦЯХ. *V Науково-технічна конференція «Сучасний стан та перспективи розвитку IoT»* : Всеукраїнська, м. Київ, 18 квіт. 2024 р.
3. IIoT vs. IoT: Examples and 5 Key Differences.
URL: <https://www.emqx.com/en/blog/iiot-vs-iot-examples-and-5-key-differences>.
4. Difference between IIoT and IoT - GeeksforGeeks.
URL: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-iiot-and-iot/>.
5. Contributors to Wikimedia projects. Machine to machine - Wikipedia.
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_to_machine.
6. Internet of Things | Wi-Fi Alliance. URL: <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/internet-things#:~:text=Wi-Fi%20enables%20users%20to,enterprises%20and%20hybrid-work%20scenarios>.
7. Bluetooth interference: causes and potential solutions - Access Partnership.
URL: <https://accesspartnership.com/bluetooth-interference-causes-and-potential-solutions/>.
8. Bluetooth Technology Overview | Bluetooth® Technology Website.
URL: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/>.
9. What are LoRa and LoRaWAN?.
URL: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>.
10. What is LoRaWAN® Specification - LoRa Alliance®. URL: <https://loralliance.org/about-lorawan/>.

11. What Is PLC-IoT? How Does PLC-IoT Work? - Huawei.

URL: <https://info.support.huawei.com/info-finder/encyclopedia/en/PLC-IoT.html>.

12. Explore What is Arduino Uno: All details to know about | Robu.in.

URL: <https://robu.in/what-is-arduino-uno/>.

13. Soil Hygrometer Humidity & Soil Moisture Detection Sensor for Arduino. *RoboTechBD*.

URL: <https://www.robotechbd.com/product/sensors/temperature/soil-hygrometer/>.

14. B-hyve XR Smart Indoor/Outdoor Sprinkler Timer.

URL: <https://www.orbitonline.com/products/b-hyve-xr-smart-indoor-outdoor-sprinkler-timer>.

15. IoT solution for ventilation system | Adeunis.

URL: <https://www.adeunis.com/en/produit/iot-ventilation-systems/>.

16. Atmosphere Monitoring | Barometer Pressure Sensor | LoRaWAN®/NB-IoT/Cellular IoT. URL: <https://store.rakwireless.com/products/atmosphere-monitoring?variant=42510932508870>.

17. A unique IoT enabled climate control system - LumenRadio.

URL: <https://lumenradio.com/stories/a-unique-iot-enabled-climate-control-system/>.

18. Cognitive coexistence for dummies - LumenRadio.

URL: <https://lumenradio.com/stories/cognitive-coexistence-for-dummies/>
<https://lumenradio.com/stories/cognitive-coexistence-for-dummies/>.

19. Automated Greenhouse Management with IoT: Monitoring and Controlling | WebbyLab. URL: <https://webbylab.com/blog/smart-greenhouse-solutions-iot-based-environmental-monitoring-and-control/>.

20. How to make a mind map. URL: <https://www.mindmanager.com/en/features/mind-map/>.

21. Creately. What is a Context Diagram and How to Create One? | Creately.

URL: <https://creately.com/guides/context-diagram-tutorial/>.

22. SyBooks Online (Archive). URL: https://infocenter-archive.sybase.com/help/index.jsp?topic=/com.sybase.stf.powerdesigner.docs_12.1.0/html/daug/daugp158.htm.

23. DataIns Technology LLC. What are the pros and cons of IoT?.

URL: <https://www.linkedin.com/pulse/what-pros-cons-iot-data-ins-technology-llc-qkrmc>.

24. Frequently Asked Questions (FAQs) for Cisco Packet Tracer.

URL: <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer/faq#:~:text=Cisco%20Packet%20Tracer%20is%20a,for%20multiuser%20collaboration%20and%20competition>.

25. Вплив тиску на рослину чорна смородина. *Відповіді українцям*.

URL: <https://usprs.com.ua/vpliv-tisku-na-roslinu-chorna-smorodina.html>.

26. Atmospheric drying will lead to lower crop yields, shorter trees across the globe. *University of Minnesota*. URL: <https://twin-cities.umn.edu/news-events/atmospheric-drying-will-lead-lower-crop-yields-shorter-trees-across-globe>.

ДОДАТОК А ПРЕЗЕНТАЦІЯ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка системи Інтернету речей для моніторингу та управління кліматом»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

Виконав: Коломієць Н.В., ІСД-41

Науковий керівник роботи:

Миколайчук В. Р.

Київ - 2024

2

- **Актуальність теми:** В зв'язку з специфікою деяких галузей, одна з яких парники, виникає потреба в створенні нових видів систем, які могли б застосовуватися в цій галузі. Існують певні обмеження щодо впровадження системи IoT для керування та моніторингу кліматом в теплицях, серед яких є низька температура, висока вологість, віддаленість від міста. Саме тому виникає потреба в розробці системи IoT, здатної забезпечити працездатність та функціональність кліматичної системи в теплицях.
- **Наукова новизна:** оригінальність варіанту застосування системи з використанням кластерних приміщень в програмному засобі Cisco Packet Tracer з відображенням системи як реальної моделі теплиці та інших приміщень. Доповнення системи клімату в теплиці монітором атмосферного тиску та описом щодо використання даного монітору в системі.
- **Об'єкт дослідження:** процес моніторингу та управління кліматом у приміщеннях за допомогою системи Інтернету речей (IoT).
- **Предмет дослідження:** методи та засоби реалізації системи Інтернету речей для ефективного моніторингу та управління параметрами клімату з урахуванням дротових та бездротових мереж, враховуючи особливості і можливості розробки системи в Cisco Packet Tracer.
- **Мета дослідження:** візуалізувати варіант використання системи Інтернету речей з можливістю управління та моніторингу клімату.
- **Завдання дослідження:**
 1. Аналіз різниці між IoT та PoT.
 2. Аналіз основних дротових та бездротових методів комунікації, які підходять для застосування в роботі для пристроїв та датчиків IoT.
 3. Дослідити пристрої та компоненти для впровадження їх в системі клімату.
 4. Аналіз існуючих систем мікроклімату.
 5. Дослідити потенційні виклики та обмеження щодо впровадження систем IoT.
 6. Розробити діаграми моделей системи.

Порівняння основних характеристик між IIoT та IoT

Перелік характеристик	IIoT	IoT
1. Сфера використання	Орієнтоване застосування зосереджено на промисловості, таких як виробництво, ферми, електростанції, нафтогазова промисловість	Орієнтується для застосування в загальних сферах, починаючи від маленьких пристроїв (носіїв) до роботів та автомобілів
2. Спосіб використання, рівень безпеки	Використовується в критичному обладнанні та в пристроях з відповідальною роботою, які можуть спричинити загрозу життю або інші надзвичайні ситуації в разі несправностей або відмови	Впровадження починається від найменшого рівня, що зменшує ризики надзвичайних ситуацій і загроз життю, а також зменшує необхідність частого моніторингу роботи таких пристроїв
3. Складність мереж	Має справу з великими мережами	Використовується в невеликих мережах
4. Спосіб програмування	Програмується дистанційно (централізовано)	Легке програмування поза сайтом
5. Навантаження щодо обробки даних	Обробка даних в діапазоні від середнього до високого	Обробка дуже великого обсягу даних
6. Захищеність	Є вимога щодо надійної безпеки для захисту даних і пристроїв	Вимагає ідентифікацію та конфіденційність, в більшості має слабкий рівень захисту
7. Рівень вимог	При впровадженні потребує дотримання суворих вимог	Вимагає дотримання середніх (помірних) вимог
8. Життєздатність	Розраховано на довговічний життєвий цикл	Розраховано на коротший життєвий цикл продукту
9. Рівень надійності	Має високу надійність	Менша надійність

Технологія Wi-Fi для IoT пристроїв



Технологія Wi-Fi має такі характеристики:

- сумісна технологія, базована на стандартах;
- широкодоступне підключення;
- захист з'єднання стандартом безпеки WPA3;
- економічність та простота розгортання;
- розташування пристроїв в мережі;
- надійність з'єднання;
- широка підтримка програм IoT.

Перелік компонентів з різними методами контролю та управління кліматом

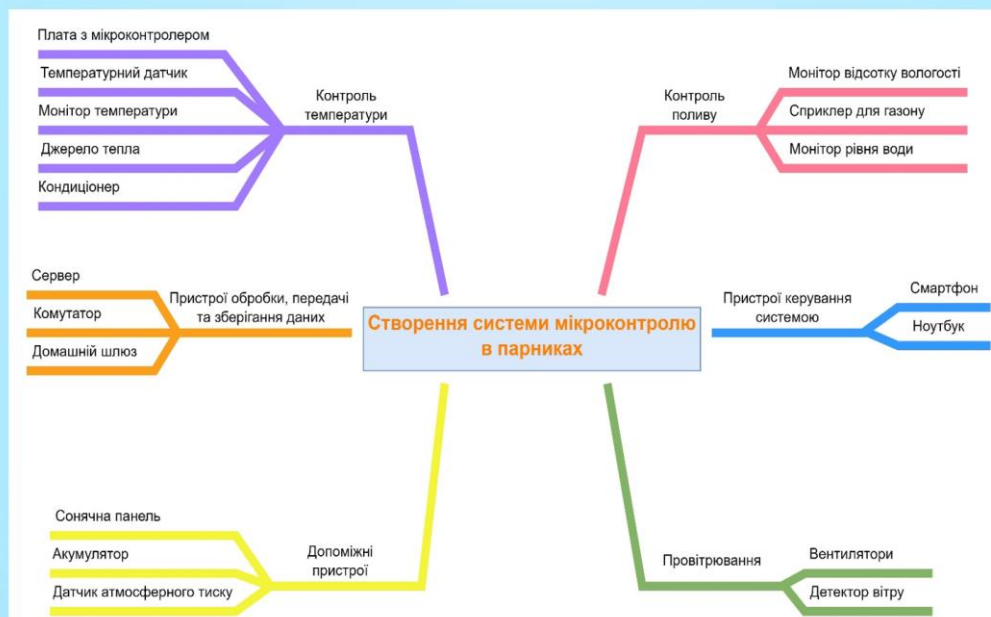
5

1. Датчик Delta P для систем вентиляції.
2. Універсальна плата Arduino UNO.
3. Гігрометр для ґрунту.
4. Розумний контролер спринклеру Orbit B-hyve XR.
5. RAK Sensor Hub для моніторингу атмосферного тиску та температури.



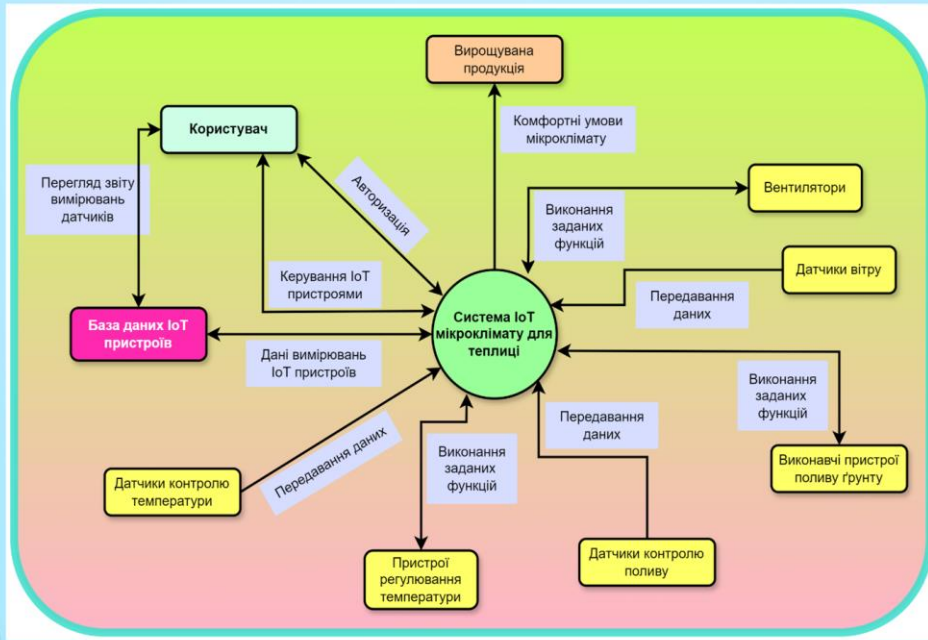
Методологія Mind Map

6



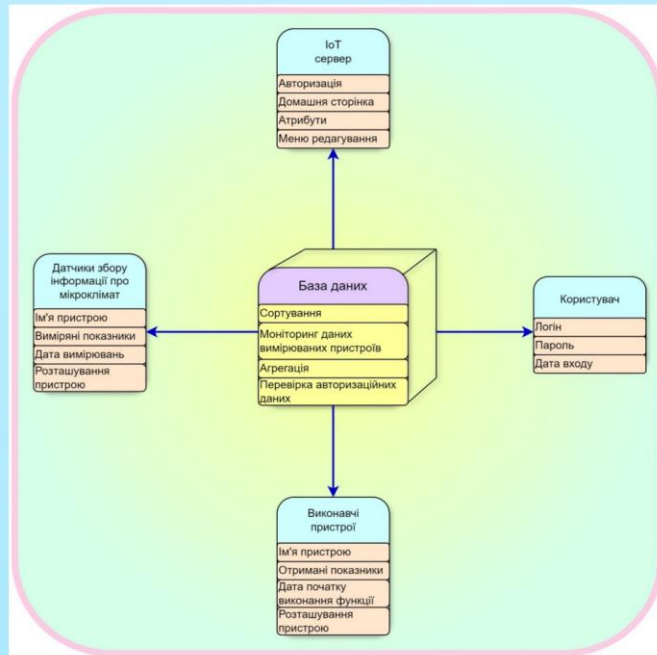
Методологія контекстної діаграми

7

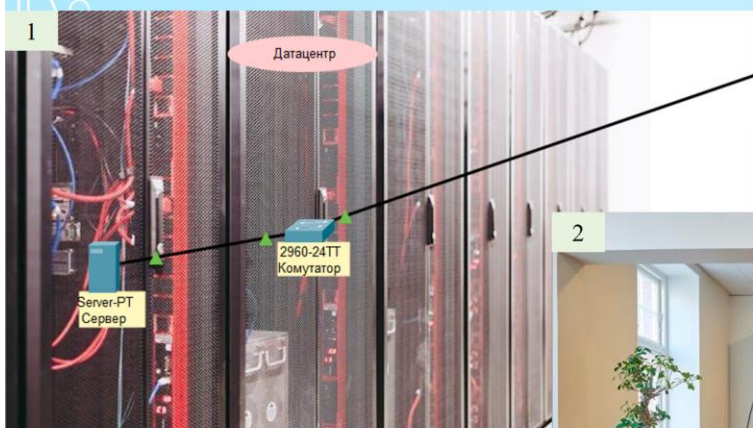


Багатовимірна модель даних

8



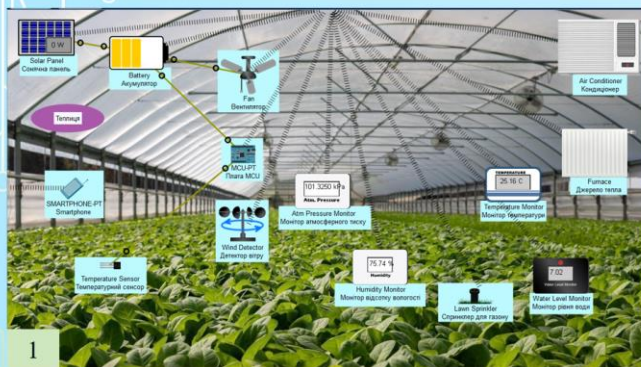
Розробка системи для керування та моніторингу клімату



1. Датацентр.
2. Управлінське приміщення поруч з теплицею.



Варіанти роботи системи клімату в теплиці



Керування та моніторинг IoT пристроями в теплиці

The left screenshot shows a 'Web Browser' window with the URL `http://10.10.10.1/conditions.html`. It displays a table of IoT device conditions and actions:

Actions	Enabled	Name	Condition	Actions
Edit Remove	Yes	Fan off	Детектор вітру Wind is true	Set Вентилятор Status to Off
Edit Remove	Yes	Fan on	Детектор вітру Wind is false	Set Вентилятор Status to High
Edit Remove	Yes	Heat on	Плата MCU Temperature <= 625.0 °C	Set Джерело тепла On to true Set Кондиціонер On to false
Edit Remove	Yes	Cold on	Плата MCU Temperature >= 660.0 °C	Set Джерело тепла On to false Set Кондиціонер On to true
Edit Remove	Yes	Sprinkler on	Монітор рівня води Water Level <= 7.0 cm	Set Спринклер для газону Status to true
Edit Remove	Yes	Sprinkler off	Монітор рівня води Water Level >= 7.0 cm	Set Спринклер для газону Status to false

The right screenshot shows a 'Smartphone' window displaying a dashboard with various sensor data points:

- Монітор вологості повітря (PT10810TDM) Humidity Sensor: 77.4357 %
- Фільтра MCU (PT10810CALL) Temperature
- Спринклер (PT10810200V) Status: On
- Світлова панель (PT10810A55B) Solar
- Акумулятор (PT10810238W) Battery: Available power: 2.8 %
- Монітор рівня води (PT10810DXB) Water Level Monitor: Water Level: 10.0 cm
- Джерело тепла (PT10810M43) Furnace: On
- Спринклер для газону (PT10810492) Lawn Sprinkler: Status: Off
- Монітор атмосферного тиску (PT10810RC6B) Air Pressure Sensor: Air Pressure: 101324
- Монітор температури (PT10810B490) Temperature Monitor
- Вентилятор (PT10810M90L) Calling Fan: Status: Off | Low
- Детектор вітру (PT10810M00C) Wind Detector: Wind: On

Висновки

В даній роботі була визначена різниця між IoT та PoT, що дало змогу розрізнити до якої концепції належатиме система, а саме - до IoT. Було проаналізовано різні технології з'єднання IoT пристроїв та датчиків, і на основі аналізу було визначено, що для використання в системі є доцільною технологія Wi-Fi.

Були показані пристрої, котрі мають різні методи щодо контролю та керування кліматом. Були представлені та розглянуті сучасні рішення IoT для кліматичного контролю.

Перед розробкою було обрано три методи, згідно яких були створені проєкції розроблюваної системи. Також були визначені обмеження та ризики впровадження систем IoT, що дало змогу оцінити майбутні ризики при розробці системи.

Було обране програмне забезпечення Cisco Packet Tracer, яке підходило для моделювання даної системи. Розробка системи була показана та описана в цій роботі, і складалася з переліку приміщень, варіантів роботи системи та показу засобів моніторингу і управління системою клімату в теплиці модельованого програмного середовища. Після опису розробки системи, було обґрунтовано використання датчику вимірювання атмосферного тиску в системі.

Апробація результатів та публікації. Базові результати бакалаврської роботи опубліковано в збірниках тез I Всеукраїнська науково-технічна конференція «Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і світу» на тему «Інтернет речей для контролю мікроклімату в теплицях» та у V Науково-технічній конференції «Сучасний стан та перспективи розвитку IoT» на тему «Охоронна система Інтернету речей для захисту від сторонніх осіб в теплицях».