

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ФАХОВИЙ БІЗНЕС-КОЛЕДЖ
Циклова комісія комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему
**ПРОЄКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ «РОЗУМНОГО
БУДИНКУ» НА ОСНОВІ ІОТ У CISCO PACKET TRACER**

Виконала: студентка групи 1К-22

Спеціальності

123 Комп'ютерна інженерія

Аріна ФОЛЬЦ

Керівник:

Майя ЛЮТА

Черкаси 2026

ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ФАХОВИЙ БІЗНЕС-КОЛЕДЖ

Циклова комісія комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка циклової комісії КІ та ІТ

Наталя ФАЛЬЧЕНКО

(підпис)

«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Фольц Аріні Володимирівні

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування та моделювання мережі «розумного будинку» на основі IoT у Cisco Packet Tracer

Керівник роботи Люта Майя В'ячеславівна, викладач вищої категорії

затверджені наказом закладу фахової передвищої освіти від «06» жовтня 2025 року № 84/1-у.

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 02.06.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: довідникова література про концепцію IoT, «розумного будинку»; віртуальне обладнання в програмі Cisco Packet Tracer

4. Зміст кваліфікаційної роботи: Вступ. Основні поняття мережі та Інтернету речей. Огляд технологій та пристроїв для «розумного будинку». Побудова моделі «розумного будинку» на основі обладнання Cisco Packet Tracer. Тестування та результати. Висновки.

5. Дата видачі завдання 15.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	14.10.2025	
2	Розділ 1. Основні поняття мережі та Інтернету речей	09.12.2025	
3	Розділ 2. Огляд технологій та пристроїв для «розумного будинку»	10.03.2026	
4	Розділ 3. Побудова моделі «розумного будинку» на основі обладнання Cisco Packet Tracer	28.04.2026	
5	Розділ 4. Тестування та результати		
6	Висновки	12.05.2026	
7	Оформлення кваліфікаційної роботи (чистовий варіант)	26.05.2026	
8	Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	02.06.2026	
9	Подання кваліфікаційної роботи на затвердження завідувачці циклової комісії (за 7 днів до захисту)	10.06.2026	

Студент _____
(підпис)

Аріна ФОЛЬЦ

Керівник роботи _____
(підпис)

Майя ЛЮТА

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі виконано проєктування та моделювання системи «розумного будинку» на основі технологій Інтернету речей (IoT) з використанням середовища Cisco Packet Tracer з метою дослідження принципів побудови сучасних мережевих систем автоматизації та підвищення ефективності керування пристроями.

Проведено аналіз основних понять комп'ютерних мереж, визначено їх призначення, класифікацію за розмірністю, а також розглянуто базові принципи функціонування Інтернету речей. Окрему увагу приділено характеристикам IoT, типам пристроїв та ключовим концепціям «розумного будинку», що забезпечують автоматизацію побутових процесів і дистанційне керування системами.

У роботі досліджено сучасні технології побудови мережевої інфраструктури для IoT-рішень, виконано обґрунтування вибору мережевого обладнання та пристроїв для реалізації системи «розумного будинку». Розглянуто можливості платформи Cisco Packet Tracer версії 8.2.x як середовища моделювання мережевих та IoT-систем.

Розроблено модель «розумного будинку» у середовищі Cisco Packet Tracer, виконано конфігурацію мережі, налаштування IoT-пристроїв та забезпечено їх взаємодію. Реалізовано сценарії автоматизації та проведено тестування роботи системи з урахуванням змінних умов середовища. Оцінено працездатність моделі та можливості її подальшого розширення.

Результати роботи можуть бути використані для проєктування, моделювання та впровадження систем «розумного будинку» в навчальних, побутових і комерційних цілях, а також для дослідження IoT-рішень у мережевих технологіях.

Ключові слова: ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, CISCO PACKET TRACER, IoT-ПРИСТРОЇ, КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ, МЕРЕЖЕВА ІНФРАСТРУКТУРА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖ.

ABSTRACT

In this qualification work, the design and modeling of a smart home system based on Internet of Things (IoT) technologies was carried out using the Cisco Packet Tracer environment in order to study the principles of building modern network automation systems and improve the efficiency of device management.

An analysis of the basic concepts of computer networks was conducted, including their purpose, classification by scale, and the fundamental principles of the Internet of Things. Special attention was paid to IoT characteristics, device types, and key smart home concepts that enable automation of household processes and remote control of systems.

The study examines modern technologies for building network infrastructure for IoT solutions. The selection of network equipment and devices for implementing the smart home system was justified. The capabilities of Cisco Packet Tracer version 8.2.x as a simulation environment for network and IoT systems were reviewed.

A smart home model was developed in Cisco Packet Tracer, including network configuration, IoT device setup, and their interaction. Automation scenarios were implemented, and system performance was tested under varying environmental conditions. The functionality of the model and its potential for further expansion were evaluated.

The results of this work can be used for designing, modeling, and implementing smart home systems in educational, residential, and commercial applications, as well as for studying IoT solutions in networking technologies.

Keywords: INTERNET OF THINGS, SMART HOME, CISCO PACKET TRACER, IoT DEVICES, COMPUTER NETWORKS, NETWORK INFRASTRUCTURE, AUTOMATION, NETWORK MODELING.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МЕРЕЖІ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ.....	5
1.1 Визначення мережі.....	5
1.2 Мета використання мереж.....	6
1.3 Класифікація мереж (за розмірністю)	7
1.4 Інтернет речей (IoT)	10
1.5 Характеристики IoT	11
1.6 Пристрої IoT.....	12
1.7 Основні поняття «розумного будинку»	15
РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ».....	22
2.1 Технології для створення мережі	22
2.2 Вибір мережевого обладнання.....	24
2.3 Вибір необхідного обладнання для «розумного будинку».....	28
РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА МОДЕЛІ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ» НА ОСНОВІ ОБЛАДНАННЯ CISCO PACKET TRACER.....	33
3.1 Опис середовища моделювання Cisco Packet Tracer версії 8.0.1	33
3.2 Аналіз інтерфейсу Cisco Packet Tracer та вибір пристроїв	33
3.3 Методика проєктування.....	36
3.4 Конфігурація мережі.....	38
3.5 Налаштування пристроїв IoT	46
3.6 Взаємодія між пристроями.....	49
3.7 Розумний автомобіль	54
РОЗДІЛ 4 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ	56
4.1 Тестування ручного використання пристроїв IoT	56
4.2 Змінні навколишнього середовища.....	60
4.3 Тестування автоматизації пристроїв IoT.....	61
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

Актуальність теми зумовлена стрімким розвитком концепції «розумного будинку» та Інтернету речей (IoT), які стають невід’ємною частиною сучасного інформаційного суспільства. Завдяки широкому поширенню мережевих технологій житлові приміщення перетворюються на інтелектуальні системи, здатні забезпечувати автоматизацію побутових процесів, підвищення рівня безпеки, енергоефективності та комфорту користувачів. IoT-технології дозволяють об’єднувати різні пристрої в єдину мережу, забезпечуючи збір, обробку та аналіз даних у режимі реального часу, а також їх зберігання у хмарних сервісах.

Кваліфікаційна робота присвячена проєктуванню та моделюванню мережі «розумного будинку» з використанням обладнання та програмного середовища Cisco Packet Tracer. Дане середовище є відомим інструментом для моделювання мережевих рішень і дозволяє створювати віртуальні моделі складних IoT-систем, перевіряти їх працездатність та досліджувати принципи взаємодії пристроїв.

Розробка мережі «розумного будинку» потребує не лише технічних знань у сфері комп’ютерних мереж, але й розуміння принципів роботи IoT-систем, вимог користувачів та особливостей інтеграції різних пристроїв у єдину інфраструктуру. У роботі приділено увагу функціональним можливостям системи, а також питанням безпеки, захисту даних і запобігання несанкціонованому доступу до мережі.

Крім того, у роботі здійснено аналіз основних мережевих технологій та принципів побудови IoT-систем, а також розглянуто практичні сценарії використання «розумного будинку» на базі обладнання Cisco. Особливу увагу приділено можливості моделювання та тестування мережевих рішень у віртуальному середовищі.

Очікується, що результати цієї кваліфікаційної роботи сприятимуть удосконаленню підходів до проєктування систем «розумного будинку», підвищенню їх ефективності, надійності та безпеки, а також можуть бути

використані у навчальних, дослідницьких і практичних цілях для подальшого розвитку IoT-технологій.

Мета роботи полягає у проєктуванні та моделюванні мережі «розумного будинку» на основі обладнання Cisco та середовища Cisco Packet Tracer.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- Провести аналіз принципів роботи Інтернету речей та сучасних систем «розумного будинку».
- Дослідити основні мережеві технології та протоколи, що використовуються в IoT-системах.
- Обґрунтувати вибір обладнання та програмного середовища для моделювання мережі.
- Розробити структурну схему та логічну архітектуру системи «розумного будинку».
- Спроектувати мережеву топологію та виконати конфігурацію IoT-пристроїв у Cisco Packet Tracer.
- Реалізувати сценарії взаємодії пристроїв та автоматизації процесів у системі.
- Провести тестування працездатності моделі та оцінити її ефективність і надійність.

Об'єктом дослідження є процес розробки та моделювання мережі «розумного будинку».

Предметом дослідження є імітаційна модель цифрової мережі «розумного будинку» та принципи взаємодії IoT-пристроїв у ній.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні та дослідженні імітаційної моделі мережі «розумного будинку», яка може бути використана як базова платформа для проєктування, тестування та впровадження IoT-рішень у реальних умовах. Розроблена модель дозволяє відпрацювати принципи взаємодії мережевих пристроїв, налаштування IoT-обладнання та організацію автоматизованих сценаріїв керування системами житлового середовища.

РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МЕРЕЖІ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

1.1 Визначення мережі

Комп'ютерна мережа – це сукупність взаємопов'язаних пристроїв, які забезпечують обмін даними та спільне використання інформаційних ресурсів за допомогою стандартизованих протоколів зв'язку. До складу сучасних мереж входять персональні комп'ютери, сервери, смартфони, планшети, мережеве обладнання, датчики Інтернету речей (IoT), системи автоматизації та інші цифрові пристрої.

Основним призначенням комп'ютерних мереж є забезпечення швидкого та надійного обміну даними між користувачами та пристроями, централізоване керування ресурсами, доступ до мережевих сервісів і спільне використання обладнання. Використання мережевих технологій дозволяє підвищити ефективність роботи організацій, спростити адміністрування інформаційних систем, забезпечити віддалений доступ до ресурсів та підвищити рівень інформаційної безпеки.

Сучасна мережева інфраструктура складається з активного та пасивного обладнання. До активного обладнання належать маршрутизатори, комутатори, точки бездротового доступу, міжмережеві екрани та сервери. Пасивна частина мережі включає кабельні системи, розетки, патч-панелі та комутаційні шафи. Передача інформації здійснюється через дротові канали зв'язку (Ethernet, оптоволоконні лінії) або бездротові технології (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Thread, мобільні мережі 4G/5G).

Залежно від територіального охоплення мережі поділяються на локальні (LAN), міські (MAN), глобальні (WAN) та персональні (PAN). Для систем «розумного будинку» найчастіше використовуються локальні мережі, які забезпечують взаємодію між контролерами, датчиками, виконавчими пристроями та серверами керування.

Особливого розвитку набули мережі Інтернету речей (Internet of Things, IoT), у яких фізичні пристрої оснащуються датчиками, засобами обробки інформації та

мережевими інтерфейсами. Це дозволяє автоматизувати керування освітленням, кліматом, безпекою, енергоспоживанням та іншими системами будівлі. У сучасних рішеннях широко використовуються протоколи MQTT, CoAP, HTTP та стандарти Matter і Thread, що забезпечують сумісність обладнання різних виробників.

1.2 Мета використання мереж

Комп'ютерні мережі є основою функціонування сучасних інформаційних систем та забезпечують обмін даними між користувачами, пристроями й сервісами. Особливого значення мережеві технології набули з розвитком концепції Інтернету речей (IoT), де велика кількість пристроїв взаємодіє між собою та передає інформацію в режимі реального часу.

Основною метою використання комп'ютерних мереж є забезпечення надійного, безпечного та ефективного обміну даними між підключеними пристроями. У системах «Розумний будинок» мережа забезпечує взаємодію між датчиками, виконавчими пристроями, контролерами та користувачами.

Основними перевагами використання комп'ютерних мереж є:

- Спільне використання ресурсів. Мережі дозволяють користувачам і пристроям отримувати доступ до спільних ресурсів, таких як сервери, бази даних, принтери, файлові сховища та хмарні сервіси незалежно від їх фізичного розташування.
- Централізоване керування. Мережеві технології забезпечують можливість централізованого адміністрування пристроїв, моніторингу їх стану та керування налаштуваннями з єдиного центру.
- Підвищення надійності роботи системи. Використання резервування даних, дублювання сервісів та сучасних мережевих технологій дозволяє мінімізувати ризик втрати інформації та забезпечити безперервність роботи системи.
- Масштабованість. Комп'ютерні мережі дозволяють легко додавати нові пристрої та сервіси без суттєвих змін існуючої інфраструктури, що особливо важливо для систем Інтернету речей.

- Віддалений доступ. Користувачі можуть здійснювати моніторинг і керування пристроями через мережу Інтернет з будь-якого місця за допомогою комп'ютера або мобільного пристрою.
- Підвищення рівня безпеки. Сучасні мережі використовують механізми автентифікації, авторизації, шифрування даних та міжмережевого екранування для захисту інформації від несанкціонованого доступу.
- Автоматизація процесів. У системах «Розумний будинок» мережа забезпечує автоматичну взаємодію між датчиками та виконавчими пристроями, що дозволяє реалізовувати сценарії автоматичного керування освітленням, кліматом, безпекою та іншими системами.

1.3 Класифікація мереж (за розмірністю)

Комп'ютерні мережі можна охарактеризувати як розміром, так і призначенням. Розмір мережі можна виразити географічною територією, яку вони займають, і кількістю комп'ютерів, які є частиною мережі. Мережі можуть охоплювати будь-що: від декількох пристроїв в одній кімнаті до мільйонів пристроїв, розкиданих по всій земній кулі [2].

Персональна мережа (PAN) – це комп'ютерна мережа для з'єднання електронних пристроїв, зосереджених у робочому просторі окремої людини (рис. 1.1), зазвичай у межах 10 метрів. Однак можливо мати кілька осіб, які використовують ту саму мережу в межах помешкання. Якщо це так, ми можемо називати мережу домашньою мережею (HAN).

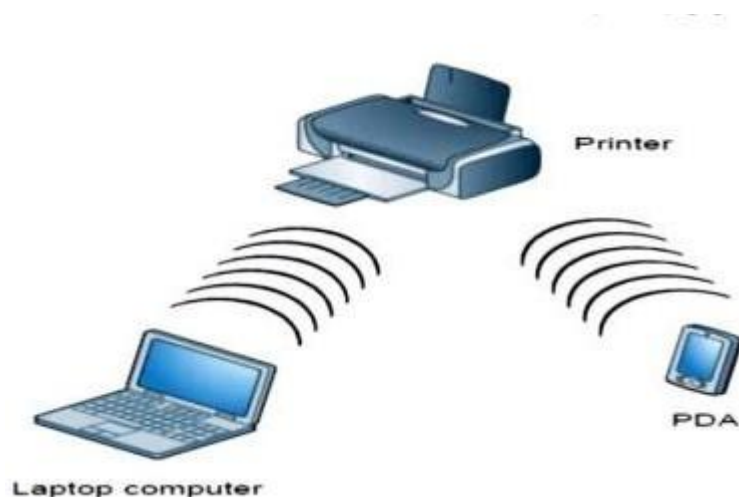


Рисунок 1.1 – Персональна мережа (PAN)

Локальна обчислювальна мережа (LAN), як правило, є приватною власністю та об'єднує комп'ютери в межах обмеженої території, такої як помешкання, школа, лабораторія, університетське містечко чи офісна будівля. Локальна мережа може бути такою ж простою, як два робочих столи та принтер у чиємусь домашньому офісі; або він може поширюватися на всю компанію та включати аудіо- та відео периферійні пристрої. На рисунку 1.2 зображено локальну мережу. Бездротові локальні мережі (WLAN) – це найновіша розробка технології локальних мереж.

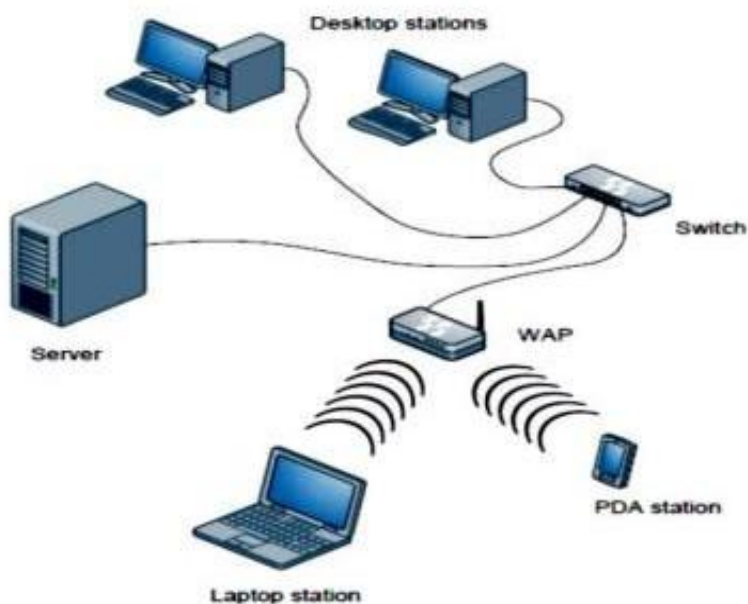


Рисунок 1.2 – Локальна обчислювальна мережа (LAN)

Міська мережа (MAN) – це мережа розміром між LAN і WAN. Термін також використовується для опису взаємозв'язку кількох локальних мереж у столичній зоні. Використовуються високопродуктивні маршрутизатори та оптоволоконні з'єднання, які забезпечують значно вищу пропускну здатність даних, ніж Інтернет. Він розроблений для клієнтів, яким потрібне високошвидкісне підключення, як правило, до Інтернету, і мають кінцеві точки, розташовані в місті або частині міста, як показано на рисунку 1.3.

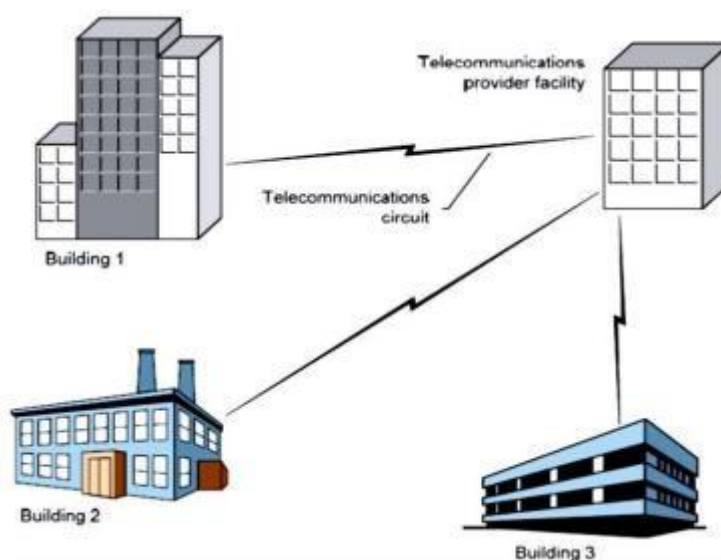


Рисунок 1.3 – Міська мережа (MAN)

Глобальна мережа

У той час як міські мережі з'єднують райони, розташовані поруч одна з одною в сільській або міській місцевості, глобальні мережі (WAN) поширюються на великі географічні території, такі як країни, континенти або навіть увесь світ. WAN показано на рисунку 1.4. може бути такою ж складною, як магістралі, що з'єднують Інтернет, або такою ж простою, як комутована лінія, яка з'єднує домашній комп'ютер з Інтернетом.

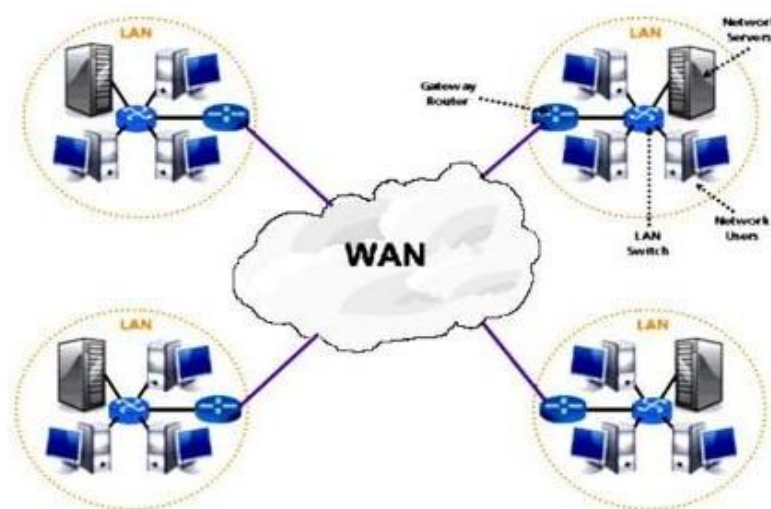


Рисунок 1.4 – Глобальна мережа (WAN)

1.4 Інтернет речей (IoT)

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) – це концепція побудови мережі фізичних об’єктів, оснащених датчиками, виконавчими механізмами, програмним забезпеченням та засобами мережевого зв’язку, що дозволяють їм збирати, передавати та обробляти дані через мережу Інтернет без постійного втручання людини.

Основною ідеєю IoT є створення єдиного інформаційного середовища, у якому пристрої можуть автоматично взаємодіяти між собою, аналізувати отримані дані та виконувати визначені дії. До таких пристроїв належать датчики температури, вологості, освітленості, руху, камери відеоспостереження, розумні розетки, системи безпеки, побутова техніка та інші елементи автоматизованих систем.

Архітектура IoT зазвичай складається з чотирьох рівнів:

- рівень сприйняття (Perception Layer) – включає датчики та виконавчі пристрої, які збирають інформацію з навколишнього середовища;
- мережевий рівень (Network Layer) – забезпечує передачу даних між пристроями та серверами за допомогою технологій Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth, Zigbee, Thread, LoRaWAN, 4G/5G тощо;
- рівень обробки даних (Processing Layer) – виконує зберігання, аналіз та обробку інформації на локальних або хмарних серверах;

– прикладний рівень (Application Layer) – надає користувачеві доступ до сервісів моніторингу та керування через вебінтерфейси або мобільні застосунки.

Однією з найбільш поширених сфер застосування Інтернету речей є системи «Розумний будинок» (Smart Home). У таких системах IoT-пристрої об'єднуються в єдину мережу та забезпечують автоматизоване керування освітленням, кліматом, безпекою, енергоспоживанням та іншими інженерними системами будинку. Користувач може контролювати роботу пристроїв локально або дистанційно через мережу Інтернет.

Сучасні IoT-системи активно використовують протоколи MQTT, CoAP та HTTP для обміну повідомленнями між пристроями, а також новітні стандарти Matter і Thread, які забезпечують сумісність обладнання різних виробників. Крім того, розвиток хмарних технологій та штучного інтелекту дозволяє реалізовувати інтелектуальний аналіз даних і автоматичне прийняття рішень на основі отриманої інформації.

1.5 Характеристики IoT

Інтернет речей (IoT) характеризується низкою особливостей, які відрізняють його від традиційних комп'ютерних мереж та визначають принципи функціонування сучасних автоматизованих систем.

Взаємозв'язок (Connectivity). Однією з ключових характеристик IoT є можливість підключення великої кількості пристроїв до мережі та їхньої взаємодії між собою. Завдяки використанню мережевих технологій Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth, Zigbee, Thread та мобільних мереж 4G/5G пристрої можуть обмінюватися даними в режимі реального часу.

Гетерогенність (Heterogeneity). IoT-системи складаються з різноманітних пристроїв, які відрізняються за функціональним призначенням, апаратними характеристиками, виробниками та протоколами зв'язку. Для забезпечення сумісності між такими пристроями використовуються стандартизовані протоколи та платформи керування.

Масштабованість (Scalability). Сучасні IoT-мережі можуть об'єднувати від

десять до мільйонів пристроїв. Архітектура систем повинна забезпечувати можливість додавання нових вузлів без суттєвих змін існуючої інфраструктури та без погіршення продуктивності.

Динамічність (Dynamic Changes). Склад IoT-мереж постійно змінюється. Нові пристрої можуть підключатися до мережі, а існуючі – відключатися або змінювати свої параметри роботи. Тому система повинна автоматично адаптуватися до таких змін та підтримувати стабільне функціонування.

Автоматизація та автономність. Більшість IoT-пристроїв здатні самостійно виконувати певні дії на основі отриманих даних без безпосереднього втручання користувача. Наприклад, датчик температури може автоматично активувати систему кондиціонування або опалення при досягненні заданих порогових значень.

Обробка та аналіз даних. Пристрої IoT постійно генерують великі обсяги даних, які можуть оброблятися локально або передаватися до хмарних сервісів для подальшого аналізу. Це дозволяє отримувати аналітичну інформацію, прогнозувати події та оптимізувати роботу систем.

Безпека та конфіденційність. Захист даних є одним із найважливіших аспектів IoT. Для забезпечення безпеки використовуються механізми автентифікації користувачів, шифрування інформації, контроль доступу та регулярне оновлення програмного забезпечення пристроїв. Особливого значення набуває захист персональних даних та запобігання несанкціонованому доступу до системи.

Енергоефективність. Значна частина IoT-пристроїв працює від автономних джерел живлення, тому важливою характеристикою є мінімальне енергоспоживання. Для цього застосовуються енергоощадні протоколи передачі даних та режими низького енергоспоживання [11].

1.6 Пристрої IoT

Пристрої Інтернету речей (IoT-пристрої) – це фізичні об'єкти, оснащені датчиками, виконавчими механізмами, мікроконтролерами та мережевими інтерфейсами, які забезпечують збір, обробку та передачу даних через локальну

мережу або Інтернет. Вони є основними елементами будь-якої IoT-системи та забезпечують взаємодію між фізичним і цифровим середовищем.

У системах «Розумний будинок» IoT-пристрої використовуються для автоматизації освітлення, клімат-контролю, безпеки, енергозбереження та моніторингу навколишнього середовища. Залежно від функціонального призначення їх можна поділити на декілька основних категорій.

Датчики (Sensors)

Датчики є пристроями, призначеними для збору інформації про стан навколишнього середовища та перетворення фізичних параметрів у цифрові дані. Отримана інформація передається до контролера або сервера для подальшої обробки.

Найбільш поширеними датчиками в системах Smart Home є:

- датчики температури та вологості;
- датчики руху;
- датчики освітленості;
- датчики диму та пожежі;
- датчики витоку води;
- датчики відкриття дверей і вікон;
- датчики якості повітря та концентрації газів.

Виконавчі пристрої (Actuators)

Виконавчі пристрої або актуатори виконують фізичні дії на основі отриманих команд від контролера або автоматизованої системи керування. Вони перетворюють електричний сигнал у механічний рух або іншу дію.

До виконавчих пристроїв належать:

- розумні лампи та світильники;
- електронні замки;
- реле керування навантаженням;
- електроприводи жалюзі та воріт;
- системи поливу;
- вентилятори та кондиціонери;

- системи опалення та охолодження.

Контролери та шлюзи

Контролери забезпечують керування IoT-пристроями та обробку отриманих даних. Вони можуть працювати як локально, так і через хмарні сервіси.

У сучасних системах використовуються:

- домашні шлюзи (Home Gateway);
- Wi-Fi маршрутизатори;
- IoT-контролери;
- одноплатні комп'ютери (Raspberry Pi);
- мікроконтролери ESP32 та ESP8266.

Контролери виконують роль центрального вузла системи та забезпечують взаємодію між усіма компонентами мережі.

RFID та системи ідентифікації

RFID (Radio Frequency Identification) — технологія автоматичної ідентифікації об'єктів за допомогою радіочастотних міток. RFID-системи складаються з міток, зчитувачів та програмного забезпечення для обробки інформації.

У системах «Розумний будинок» RFID використовується для:

- контролю доступу до приміщень;
- автоматичного відкривання дверей;
- ідентифікації користувачів;
- керування правами доступу до окремих зон будинку.

Розумні пристрої користувача

Важливим елементом IoT-екосистеми є мобільні пристрої користувача, які забезпечують моніторинг та керування системою.

До них належать:

- смартфони;
- планшети;
- смарт-годинники;
- голосові помічники;

– персональні комп'ютери.

Саме через ці пристрої користувач отримує доступ до інформації про стан системи та може дистанційно керувати обладнанням [11].

1.7 Основні поняття «розумного будинку»

У сучасний день «розумний будинок» є комплексною системою, що об'єднує всі підсистеми та забезпечує їх контроль. Людина відіграє мінімальну роль у керуванні окремими процесами, оскільки більшість завдань виконується автоматично.

Сучасний «розумний будинок» є передовим автоматизованим житловим приміщенням. Під цим терміном ми розуміємо систему, яка не тільки зчитує дані з сенсорів, але й передає їх. Вона також здатна розпізнавати конкретні ситуації, що виникають у приміщенні, та реагувати на них. Однією з головних особливостей інтелектуального будинку є об'єднання окремих підсистем в один керований комплекс.

Для керування сучасними системами інтелектуального будинку використовуються технології мобільного або фіксованого зв'язку. Центр управління може бути підключений до Інтернету та хмарного сервісу, які надаються постачальниками устаткування або послуг для «розумних будинків». Це спрощує використання програмного забезпечення та взаємодію з системою «Розумний будинок». Управління всіма параметрами системи здійснюється за допомогою спеціального додатку або веб-інтерфейсу, де можна включати або вимикати пристрої та задавати їх налаштування [12].

«Розумний будинок» часто розглядається як розкіш у житлових приміщеннях і має високу вартість. Зазвичай, замовниками таких рішень є власники котеджів і приватних будинків, але все більше власників квартир також приєднуються до цих систем. Системи домашньої автоматизації стають все популярнішими по всьому світу. Вони можуть бути побудовані з нуля, куплені та встановлені під час ремонту або зібрані з доступних компонентів.

Вимоги до системи «розумного будинку»

Система «Smart Home» має вимоги:

- Доступна за ціною.
- Має модульну структуру.
- Підтримує обладнання від різних виробників.
- Забезпечує можливість масштабування, тобто можливість додавати додаткове обладнання для розширення функціоналу системи.
- Має інтуїтивно зрозумілий та користувачем-орієнтований інтерфейс, який може адаптуватися до потреб користувача.
- Використовує відкрите програмне забезпечення.
- Адаптивна до вимог та особливостей користувачів, включаючи інтерфейс та функціонал системи.
- Має виробництво власних елементів «Smart Home».
- Підтримує багато протоколів взаємодії між компонентами системи.
- Має розвинену технічну підтримку.

На українському ринку існує обмежена кількість компаній, які частково відповідають цим критеріям. Даваймо розглянемо наявні системи.

Наявні системи мереж «Smart Home»

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій системи «Smart Home» набули широкого поширення завдяки можливості автоматизації побутових процесів, підвищення рівня комфорту, безпеки та енергоефективності житлових приміщень. Основою функціонування таких систем є мережа взаємопов'язаних пристроїв, які здійснюють збір, обробку та передачу даних між датчиками, виконавчими механізмами та центральними пристроями керування.

Серед найбільш поширених платформ для побудови систем «Розумний будинок» можна виділити Home Assistant, OpenHAB, Domoticz, Homey та Apple HomeKit. Дані системи підтримують інтеграцію великої кількості пристроїв різних виробників та забезпечують централізоване керування обладнанням через веб-інтерфейс або мобільні застосунки.

Home Assistant є однією з найпопулярніших платформ завдяки відкритому програмному коду, широким можливостям автоматизації та підтримці сучасних протоколів MQTT, Zigbee, Z-Wave, Matter і Thread. Платформа дозволяє створювати складні сценарії автоматизації та забезпечує локальне зберігання даних без використання хмарних сервісів.

OpenHAB також належить до відкритих систем автоматизації та підтримує широкий спектр мережевих протоколів і пристроїв. Перевагою платформи є висока масштабованість та можливість використання в складних IoT-системах.

Domoticz характеризується невеликими вимогами до апаратних ресурсів та простотою налаштування, що робить його придатним для невеликих домашніх мереж. Водночас функціональні можливості системи поступаються більш сучасним рішенням.

Сучасні системи «Smart Home» використовують різні технології передачі даних, серед яких найбільш поширеними є Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth Low Energy (BLE), Thread та Ethernet. Останнім часом активно впроваджується стандарт Matter, який забезпечує сумісність пристроїв різних виробників у межах єдиної екосистеми.

Аналіз існуючих рішень показує, що найбільш перспективним напрямом розвитку мереж «Smart Home» є використання відкритих платформ, які підтримують сучасні стандарти IoT, локальну обробку даних, хмарні сервіси та інтеграцію зі штучним інтелектом для реалізації інтелектуальних сценаріїв автоматизації.

Розглянемо існуючі типи кінцевого обладнання мереж «розумного будинку».

Home Assistant – це сучасна платформа автоматизації системи «Розумний будинок» з відкритим програмним кодом, призначена для централізованого керування та моніторингу IoT-пристроїв. Система забезпечує інтеграцію великої кількості обладнання різних виробників у єдине середовище керування.

Основними можливостями Home Assistant є автоматизація роботи освітлення, кліматичних систем, відеоспостереження, систем безпеки та побутових

пристроїв. Платформа підтримує популярні протоколи та технології зв'язку, зокрема Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, MQTT, Matter і Thread, що дозволяє об'єднувати різноманітні пристрої в єдину мережу.

Home Assistant надає користувачам веб-інтерфейс і мобільний застосунок для віддаленого керування обладнанням, моніторингу стану системи в реальному часі та створення автоматизованих сценаріїв. Завдяки локальній обробці даних забезпечується високий рівень безпеки, конфіденційності та незалежності від хмарних сервісів.

Платформа активно розвивається міжнародною спільнотою та вважається одним із найперспективніших рішень для побудови сучасних систем Інтернету речей і «Розумного будинку» (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Інтерфейс системи автоматизації Home Assistant для керування пристроями «Розумного будинку»

OpenHAB (Open Home Automation Bus) – це відкрита платформа автоматизації системи «Розумний будинок», призначена для централізованого керування та моніторингу IoT-пристроїв різних виробників. Платформа працює незалежно від конкретного обладнання та забезпечує інтеграцію великої кількості пристроїв у межах єдиної системи керування.

Основними можливостями OpenHAB є автоматизація освітлення, систем опалення та кондиціонування, відеоспостереження, охоронної сигналізації,

мультимедійних пристроїв та інших компонентів інтелектуального будинку. Платформа підтримує широкий спектр мережевих технологій і протоколів, зокрема Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, MQTT, KNX, Modbus, Bluetooth та Matter.

OpenHAB надає користувачам веб-інтерфейс і мобільний застосунок для віддаленого керування обладнанням, перегляду стану пристроїв та створення сценаріїв автоматизації. Система підтримує локальне зберігання даних і може працювати без постійного підключення до хмарних сервісів, що підвищує рівень конфіденційності та безпеки.

Платформа має модульну архітектуру, яка дозволяє розширювати її функціональні можливості шляхом підключення додаткових модулів та сервісів. Завдяки відкритому програмному коду та активній спільноті розробників OpenHAB є одним із найбільш поширених рішень для побудови сучасних систем Інтернету речей та автоматизації житлових і комерційних об'єктів.

Domoticz – це відкрита платформа автоматизації системи «Розумний будинок», призначена для моніторингу та керування різноманітними IoT-пристроями через єдиний центр керування. Система характеризується невеликими вимогами до апаратних ресурсів, простотою встановлення та підтримкою широкого спектра обладнання.

Основними можливостями Domoticz є керування освітленням, системами опалення та кондиціонування, датчиками руху, температури, вологості, електролічильниками, охоронними системами та іншими пристроями автоматизації. Платформа підтримує популярні протоколи та технології зв'язку, зокрема Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, MQTT, Bluetooth та RF433.

Domoticz надає користувачам зручний веб-інтерфейс і мобільні застосунки для віддаленого моніторингу та керування пристроями. Система дозволяє створювати сценарії автоматизації, налаштовувати повідомлення про події та контролювати роботу обладнання в режимі реального часу.

Однією з переваг Domoticz є можливість роботи на малопотужних пристроях, таких як Raspberry Pi, що робить платформу доступним рішенням для невеликих домашніх систем автоматизації. Завдяки відкритому програмному коду та

підтримці спільноти користувачів система може бути адаптована до різних потреб і сценаріїв використання.

Таким чином, Domoticz є простим та ефективним рішенням для побудови системи «Розумний будинок», забезпечуючи централізоване керування IoT-пристроями, автоматизацію побутових процесів та моніторинг стану обладнання.

Стартовий комплект Fibaro Starter Kit

Набір Fibaro Starter Kit (FIB_Start) включає в себе центральний контролер Fibaro, сенсор руху, димовий сенсор, датчик протікання, сенсори відкриття дверей і вікон, а також модуль для керування електроприладами, який підключається до розетки (рис. 1.6). Ціна цього обладнання становить до 1000 доларів США.[16]



Рисунок 1.6 – Стартовий комплект Fibaro Starter Kit

Цей початковий набір Fibaro може бути розширений. Зв'язок між модулями встановлюється через радіоканал. Ви також маєте можливість додати до системи додаткові датчики температури, вологості, освітлення, а також інші модулі для керування електроприладами.

Висновки до розділу 1

1. Використання технології IoT дозволить управляти домашніми пристроями через Інтернет та налаштувати автоматизовану роботу за допомогою датчиків та попереднього програмування. Завдяки IoT можна контролювати і керувати різними пристроями і системами в будинку віддалено за допомогою мобільного додатка або веб-інтерфейсу. Також IoT-пристрої можуть бути

використані для підвищення рівня безпеки в розумному будинку.

Під час аналізу наявних «розумних» систем і мереж було виявлено, що майже всі існуючі рішення характеризуються виключною унікальністю, оскільки мають закрите програмне забезпечення та обмежені можливості розширення. Повні технічні характеристики цих систем не доступні в загальному доступі, а обладнання, як правило, обслуговується лише однією компанією і має обмежену підтримку з боку сторонніх виробників. Враховуючи це, було прийняте рішення розробити власну «Smart Home» систему, яка відповідає високим стандартам і вимогам.

2. Для досягнення повної інтеграції вузлів мережі необхідно використовувати єдиний підхід. Цей підхід можливий завдяки використанню обладнання від світово відомих виробників, які можуть забезпечити як апаратну, так і програмну реалізацію, а також надати інтегровані рішення для розробки інтерфейсу взаємодії. Один з таких провідних виробників - Cisco Systems, який володіє понад 70% обсягу ринку мережевих рішень у світі.

РОЗДІЛ 2 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

2.1 Технології для створення мережі

У системах «Розумний будинок» використовуються різні мережеві технології для забезпечення взаємодії між датчиками, виконавчими пристроями, контролерами та користувачами. Вибір конкретної технології залежить від вимог до швидкості передачі даних, енергоспоживання, радіусу дії та кількості підключених пристроїв.

1. Wi-Fi (IEEE 802.11ax / Wi-Fi 6) є однією з найпоширеніших технологій бездротового зв'язку для систем «Розумний будинок». Вона забезпечує високу швидкість передачі даних, підтримку великої кількості одночасно підключених пристроїв та покращену енергоефективність. Wi-Fi використовується для підключення камер відеоспостереження, мультимедійних пристроїв, побутової техніки та центральних контролерів.

2. Bluetooth Low Energy (BLE) призначений для підключення пристроїв малого радіусу дії з низьким енергоспоживанням. Технологія широко використовується для роботи датчиків, носимих пристроїв, розумних замків та мобільних пристроїв керування.

3. Zigbee є енергоефективною бездротовою технологією, спеціально розробленою для мереж Інтернету речей. Вона підтримує побудову Mesh-мереж, що дозволяє збільшувати зону покриття та забезпечувати стабільний зв'язок між великою кількістю пристроїв.

4. Z-Wave використовується для автоматизації житлових приміщень та підтримує широкий спектр пристроїв різних виробників. Технологія характеризується низьким енергоспоживанням, високою надійністю та хорошою сумісністю обладнання.

5. Thread – сучасний бездротовий протокол для IoT-пристроїв, побудований на основі IPv6 та стандарту IEEE 802.15.4. Thread забезпечує високу надійність, безпечну передачу даних і підтримує Mesh-топологію мережі. Саме

Thread є однією з базових технологій нового стандарту Matter.

6. Matter – універсальний стандарт взаємодії пристроїв «Розумного будинку», розроблений для забезпечення сумісності обладнання різних виробників. Використання Matter дозволяє інтегрувати пристрої в єдину систему незалежно від бренду та використовуваної платформи керування.

7. Мобільні мережі 4G/5G використовуються для віддаленого доступу до системи «Розумний будинок» та можуть виконувати роль резервного каналу зв'язку. Технологія 5G забезпечує високу швидкість передачі даних, низькі затримки та підтримку великої кількості IoT-пристроїв.

8. Gigabit Ethernet (1000 Мбіт/с) є дротовою технологією передачі даних, яка забезпечує стабільне високошвидкісне з'єднання між центральним контролером, серверами, мережевими сховищами та іншими пристроями, що потребують максимальної надійності.

9. Powerline Networking використовує електричну мережу будинку для передачі даних. Такий підхід дозволяє розширити покриття мережі без прокладання додаткових кабелів та встановлення нових точок доступу.

Для побудови сучасної системи «Розумний будинок» доцільно використовувати комбінований підхід, який поєднує технології Wi-Fi 6, Zigbee або Thread для підключення IoT-пристроїв та Gigabit Ethernet для з'єднання центрального контролера з мережею Інтернет. Така архітектура забезпечує високу продуктивність, надійність та можливість подальшого масштабування системи.

В даній роботі буде використовуватись такі технології:

Gigabit Ethernet (1000 Мбіт/с) використовується для підключення центрального контролера, мережеских пристроїв та обладнання автоматизації до мережі Інтернет через дротові високошвидкісні канали зв'язку. Основними перевагами технології є висока пропускна здатність, мінімальні затримки передачі даних, надійність з'єднання та стійкість до перешкод. Gigabit Ethernet забезпечує стабільну роботу серверів, систем відеоспостереження, мережеских сховищ даних та центральних вузлів керування системою «Розумний будинок».

Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) є однією з основних технологій бездротового зв'язку

для сучасних систем «Розумний будинок». Технологія забезпечує високу швидкість передачі даних, підтримку великої кількості одночасно підключених пристроїв, покращену енергоефективність та підвищену безпеку завдяки використанню протоколу WPA3. Wi-Fi 6 широко застосовується для підключення датчиків, камер відеоспостереження, побутової техніки та мобільних пристроїв користувачів.

Мобільні мережі 4G/5G використовуються для віддаленого доступу до системи «Розумний будинок» та можуть виконувати функцію резервного каналу зв'язку у разі відмови основного інтернет-з'єднання. Використання технологій 4G/5G дозволяє здійснювати моніторинг та керування пристроями з будь-якого місця, де доступна мобільна мережа. Крім того, мережі п'ятого покоління забезпечують менші затримки передачі даних і підтримують більшу кількість IoT-пристроїв порівняно з попередніми поколіннями мобільного зв'язку.

Для сучасних систем автоматизації також широко застосовуються технології Zigbee, Thread та стандарт Matter, які забезпечують енергоефективний обмін даними між IoT-пристроями, сумісність обладнання різних виробників та підвищують надійність функціонування системи «Розумний будинок».

2.2 Вибір мережевого обладнання

Для побудови системи «Розумний будинок» необхідно обрати мережеве обладнання, яке забезпечить надійний обмін даними між IoT-пристроями, централізоване керування та доступ користувачів до сервісів автоматизації. Основними компонентами мережевої інфраструктури є маршрутизатор, комутатор, бездротова точка доступу, сервер керування та хмарні сервіси.

Маршрутизатор

Маршрутизатор є центральним мережевим пристроєм, який забезпечує взаємодію локальної мережі з мережею Інтернет та виконує функції маршрутизації пакетів даних. Для сучасних систем «Розумний будинок» доцільно використовувати маршрутизатори з підтримкою Gigabit Ethernet, VPN, DHCP, NAT та сучасних засобів захисту мережі.

У даному проєкті використовується бездротовий маршрутизатор стандарту Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax), який забезпечує високу швидкість передачі даних, підтримку великої кількості одночасно підключених пристроїв та покращений рівень безпеки завдяки використанню протоколу WPA3.



Рисунок 2.1 – Бездротовий маршрутизатор стандарту Wi-Fi 6

Мережевий комутатор

Комутатор призначений для об'єднання мережевих пристроїв у локальну мережу та передачі даних між ними на основі MAC-адрес. Для побудови системи використовується керований Gigabit Ethernet комутатор з підтримкою VLAN та функцій керування мережевим трафіком.

Використання Gigabit Ethernet забезпечує стабільне високошвидкісне з'єднання між сервером керування, мережевими сховищами даних, камерами відеоспостереження та іншими пристроями системи.



Рисунок 2.2 – Gigabit Ethernet комутатор

IoT-шлюз (Home Gateway)

IoT-шлюз є центральним елементом системи «Розумний будинок» і виконує функції взаємодії між різними типами пристроїв та мережевими протоколами. Він забезпечує реєстрацію пристроїв, керування автоматизацією, збір даних від датчиків та передачу інформації до серверів або хмарних сервісів.



Рисунок 2.3 – IoT-шлюз системи «Розумний будинок»

У якості програмної платформи керування використовується Home Assistant, який підтримує інтеграцію пристроїв через Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, MQTT, Matter та Thread.

Сервер керування

Сервер забезпечує централізоване зберігання даних, обробку подій та виконання сценаріїв автоматизації. У системі можуть використовуватися такі служби:

- сервер автоматизації Home Assistant;
- MQTT-брокер для обміну повідомленнями між пристроями;
- сервер баз даних для зберігання інформації;
- DNS та DHCP-служби;
- система моніторингу та журналювання подій.

Сервер може працювати як на окремому комп'ютері, так і на одноплатних пристроях типу Raspberry Pi або в середовищі віртуалізації.

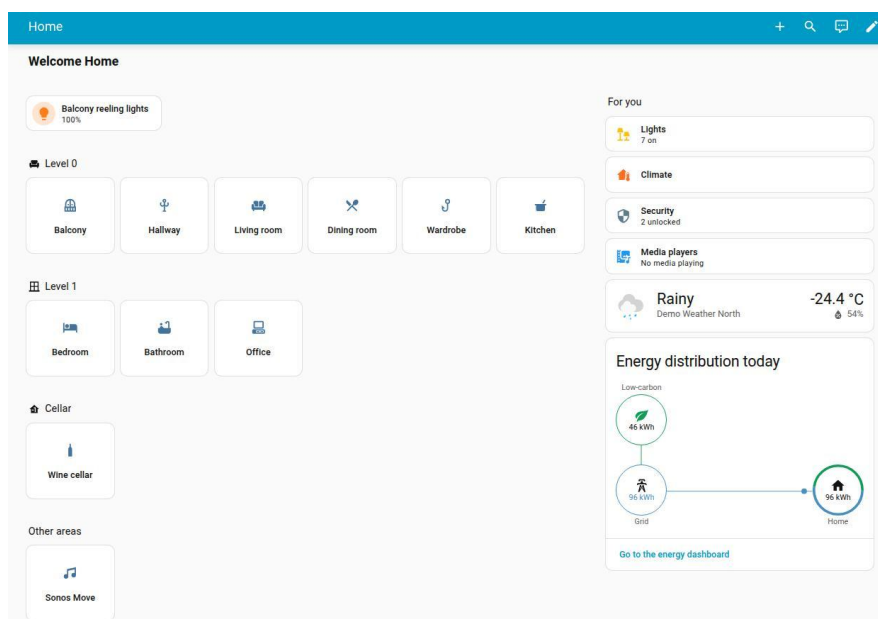


Рисунок 2.4 – Сервер керування Home Assistant

Хмарні сервіси

Хмарні технології забезпечують віддалений доступ до системи, резервне копіювання даних та інтеграцію із зовнішніми сервісами. Завдяки використанню хмарних платформ користувач може здійснювати моніторинг та керування обладнанням через веб-інтерфейс або мобільний застосунок з будь-якої точки світу.

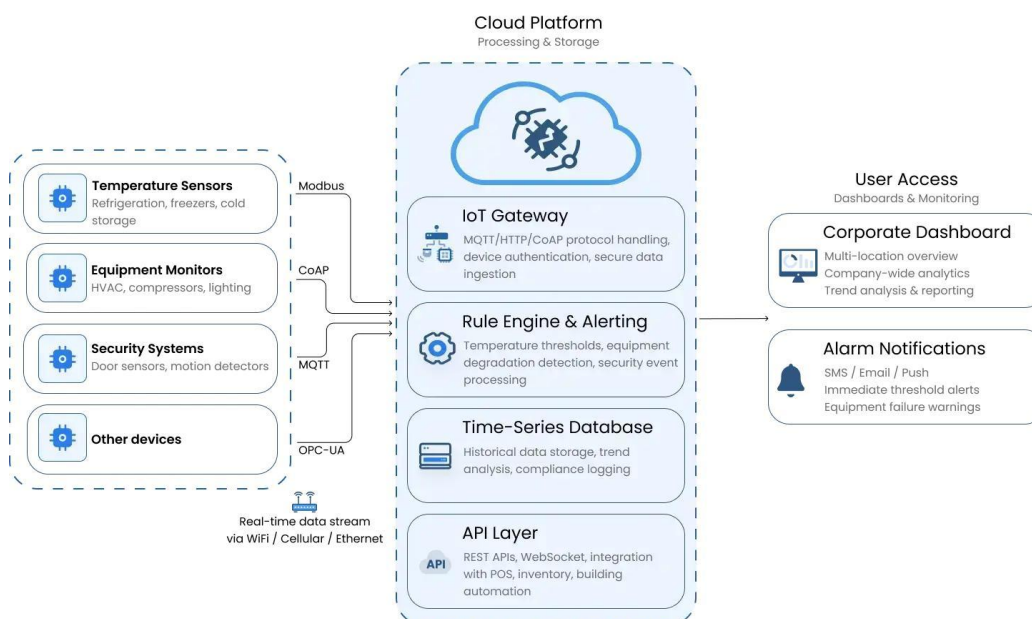


Рисунок 2.5 – Хмарна інфраструктура системи Інтернету речей

Мобільні мережі 4G/5G

Мережі мобільного зв'язку використовуються для резервного підключення до Інтернету або віддаленого доступу до системи. Використання технології 5G забезпечує низькі затримки передачі даних, високу пропускну здатність та підтримку великої кількості IoT-пристроїв.



Рисунок 2.6 – Базова станція мобільного зв'язку 5G

Таким чином, для реалізації системи «Розумний будинок» доцільно використовувати комбінацію технологій Wi-Fi 6, Gigabit Ethernet, MQTT, Matter та Thread, що забезпечує високу продуктивність, надійність і можливість подальшого масштабування мережі.

2.3 Вибір необхідного обладнання для «розумного будинку»

Для реалізації системи «Розумний будинок» було обрано набір IoT-пристроїв, які забезпечують моніторинг параметрів навколишнього середовища, автоматизацію побутових процесів та підвищення рівня безпеки. Розглянутий будинок складається з п'яти функціональних зон: гаража, житлової кімнати, кухні, саду та системи контролю доступу.

Гараж

У приміщенні гаража встановлюється датчик диму та чадного газу, який використовується для виявлення продуктів горіння та контролю рівня шкідливих газів, що можуть утворюватися під час роботи автомобіля. У разі перевищення допустимих значень система автоматично надсилає сповіщення користувачу та активує вентиляцію приміщення (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Датчик диму

Кімната

Для житлової кімнати передбачено систему контролю мікроклімату та моніторингу якості повітря.

Система моніторингу якості повітря включає датчик чадного газу (CO), який контролює концентрацію шкідливих речовин у приміщенні. У разі перевищення встановленого порогу система автоматично відкриває вікно та вмикає вентилятор для провітрювання приміщення.

Моніторинг чадного газу: цей розділ складається з детектора чадного газу, зображеного на рисунку 2.8 (а), який визначає рівень чадного газу, і, відповідно цих показників, вікно та вентилятор будуть вмикатись та вимикатись.



а)



б)

Рисунок 2.8 – Необхідне обладнання для кімнати: а) Детектор чадного газу; б) Датчик температури

Для підтримання комфортної температури використовується датчик температури, кондиціонер та електричний обігрівач. Автоматизована система

аналізує поточні показники температури та керує роботою кліматичного обладнання відповідно до заданих параметрів.

Сад

У садовій зоні використовується система автоматичного поливу, яка складається з датчика вологості ґрунту та спринклерної установки. Датчик контролює рівень вологості, а система поливу автоматично активується у випадку недостатнього зволоження ґрунту. Такий підхід дозволяє оптимізувати використання водних ресурсів та підтримувати належний стан рослин (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Спринклер для газону

Кухня

Для забезпечення пожежної безпеки на кухні встановлюється датчик диму та температури, автоматичний пожежний спринклер і звукова сирена. У разі виявлення ознак займання система активує спринклер для локалізації пожежі та подає звуковий сигнал тривоги для попередження мешканців (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – Спринклер для пожежі

Система контролю доступу

Для обмеження доступу до приміщення використовується система контролю доступу на базі RFID-технології. Основними компонентами системи є RFID-мітка, RFID-зчитувач та контролер обробки даних. Після ідентифікації користувача система перевіряє права доступу та автоматично відкриває двері.

У сучасних системах «Розумний будинок» RFID може доповнюватися технологіями NFC, біометричною автентифікацією (відбиток пальця або розпізнавання обличчя) та мобільними застосунками, що забезпечує вищий рівень безпеки та зручності використання.



Рисунок 2.12 – Архітектура системи RFID

Висновки до розділу 2

У другому розділі було проведено аналіз сучасних технологій та обладнання, що використовуються для побудови системи «Розумний будинок». Розглянуто основні мережеві технології, зокрема Wi-Fi, Bluetooth Low Energy, Zigbee, Z-Wave, Thread, Matter, Ethernet та мобільні мережі 4G/5G. Встановлено, що найбільш перспективними для сучасних IoT-систем є технології Wi-Fi 6, Thread та Matter, які забезпечують високу швидкість передачі даних, енергоефективність, безпечну взаємодію пристроїв і сумісність обладнання різних виробників.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано вибір мережевого обладнання для реалізації системи. Визначено доцільність використання маршрутизатора, комутатора, IoT-шлюзу, серверного обладнання та хмарних сервісів для забезпечення стабільного функціонування мережевої інфраструктури та централізованого керування пристроями.

Також було виконано вибір необхідного обладнання для окремих функціональних зон будинку. Для забезпечення безпеки передбачено використання датчиків диму, чадного газу, пожежних спринклерів та системи контролю доступу на базі RFID-технології. Для автоматизації процесів керування мікрокліматом та поливом обрано датчики температури, вологості, вентилятори, кондиціонери, обігрівачі та системи автоматичного зрошення.

За результатами проведеного аналізу сформовано структуру системи

«Розумний будинок» та визначено склад обладнання, необхідного для її реалізації в середовищі Cisco Packet Tracer. Обрані технології та пристрої забезпечують можливість створення сучасної IoT-системи з функціями моніторингу, автоматизації, віддаленого керування та підвищеним рівнем безпеки.

РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА МОДЕЛІ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ» НА ОСНОВІ ОБЛАДНАННЯ CISCO PACKET TRACER

3.1 Опис середовища моделювання Cisco Packet Tracer версії 8.2.x

Для моделювання системи «Розумний будинок» використано програмне середовище Cisco Packet Tracer версії 8.2.x. Дана платформа є сучасним програмним інструментом для проєктування, налаштування, аналізу та тестування комп'ютерних мереж і систем Інтернету речей (IoT). Середовище дозволяє створювати віртуальні мережеві інфраструктури різного рівня складності та досліджувати взаємодію між мережевими й IoT-пристроями без використання реального обладнання.

Однією з важливих переваг Cisco Packet Tracer є підтримка технологій Інтернету речей, що дозволяє моделювати роботу датчиків, виконавчих пристроїв, систем автоматизації та засобів віддаленого керування. У середовищі доступні різноманітні IoT-пристрої, серед яких датчики температури, вологості, диму, руху, двері, вікна, освітлювальні прилади, системи вентиляції, кондиціонери, спринклери та інші компоненти сучасних систем «Розумний будинок».

Cisco Packet Tracer надає користувачу графічне середовище для побудови мережевої топології, налаштування параметрів пристроїв та аналізу процесів передавання даних. Усі елементи мережі можуть бути об'єднані в єдину систему, що дозволяє моделювати реальні сценарії функціонування мережі та автоматизованих систем керування.

Основними можливостями Cisco Packet Tracer є:

Моделювання мережевих пристроїв – створення та налаштування маршрутизаторів, комутаторів, серверів, персональних комп'ютерів, бездротових точок доступу та IoT-пристроїв.

Налаштування мережевих параметрів – конфігурація IP-адресації, DHCP, DNS, маршрутизації, VLAN, бездротових мереж та механізмів безпеки.

Підтримка технологій IoT – моделювання взаємодії датчиків і виконавчих механізмів, створення автоматизованих сценаріїв та налаштування умов

спрацювання пристроїв.

Режим симуляції – можливість спостереження за передаванням пакетів у мережі, аналіз роботи протоколів та пошук помилок конфігурації.

Візуалізація роботи системи – графічне відображення мережевої топології та взаємодії між усіма елементами системи в режимі реального часу.

Програмування та автоматизація – створення логічних правил керування пристроями, реалізація сценаріїв автоматизації та моделювання інтелектуальної поведінки системи.

У даній роботі Cisco Packet Tracer використовується для побудови та дослідження системи «Розумний будинок», яка включає мережеву інфраструктуру, датчики моніторингу навколишнього середовища, систему контролю доступу та пристрої автоматичного керування. Використання середовища моделювання дозволяє перевірити працездатність системи, оцінити взаємодію її компонентів та протестувати сценарії автоматизації без необхідності використання фізичного обладнання.

3.2 Аналіз інтерфейсу Cisco Packet Tracer та вибір пристроїв

Cisco Packet Tracer 8.2.x підтримує два режими роботи: логічний (Logical Workspace) та фізичний (Physical Workspace). Логічний режим використовується для створення мережевої топології, налаштування мережевих пристроїв і моделювання взаємодії між ними. Фізичний режим дозволяє відобразити реальне розташування обладнання в будівлях, кімнатах або географічно віддалених об'єктах, що дає можливість моделювати фізичну структуру мережі та аналізувати її роботу в умовах, наближених до реальних (рис. 3.1).

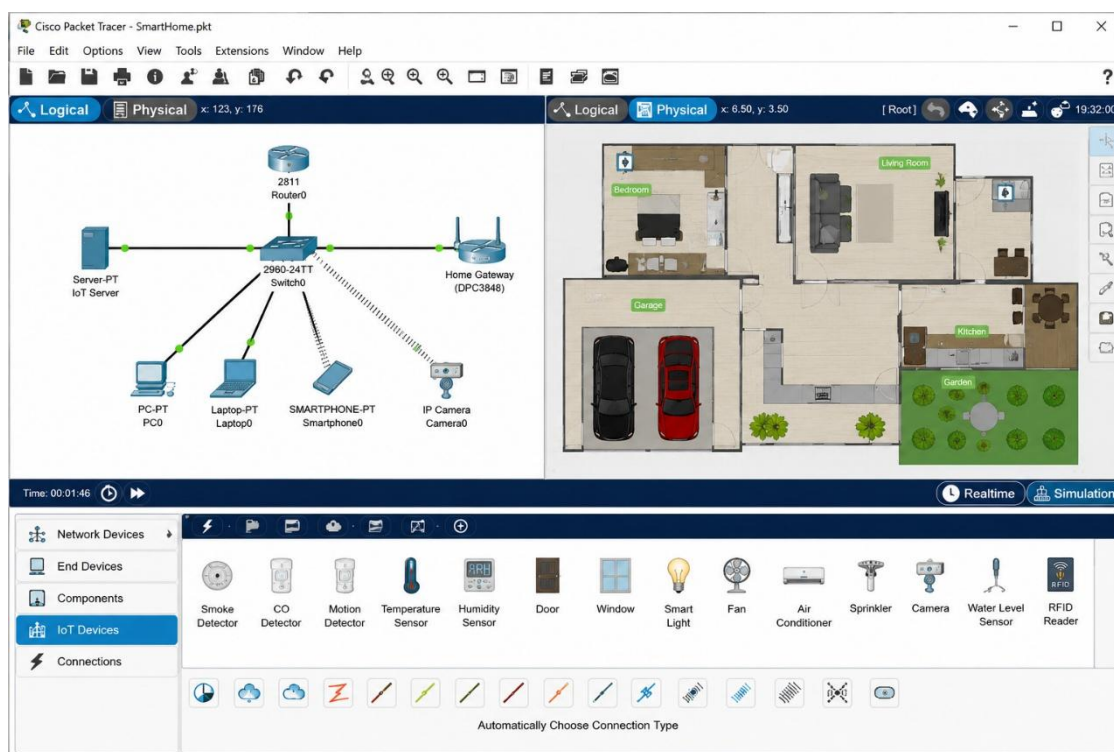


Рисунок 3.1 – Логічний та фізичний робочі простори Cisco Packet Tracer 8.2.x

Логічний робочий простір є основним середовищем для проєктування мережі та систем Інтернету речей. Саме в ньому здійснюється розміщення мережевих пристроїв, IoT-обладнання, налаштування їх параметрів та перевірка працездатності створеної системи. Фізичний режим дозволяє візуалізувати розташування обладнання на об'єкті та оцінити особливості його фізичного підключення.

Однією з переваг Cisco Packet Tracer є можливість використання великої кількості віртуальних пристроїв, які максимально наближені до реального обладнання компанії Cisco та сучасних IoT-пристроїв. Це дозволяє отримати практичні навички роботи з мережевим обладнанням без необхідності використання дорогих фізичних компонентів.

У нижній частині головного вікна програми розташована панель компонентів (Device-Type Selection Box), яка містить категорії пристроїв, доступних для моделювання мережі. Серед них присутні мережеві пристрої (маршрутизатори, комутатори, бездротові точки доступу), кінцеві пристрої (комп'ютери, ноутбуки, смартфони), сервери, IoT-пристрої, елементи безпеки та різні типи мережевих

з'єднань (рис. 3.2).

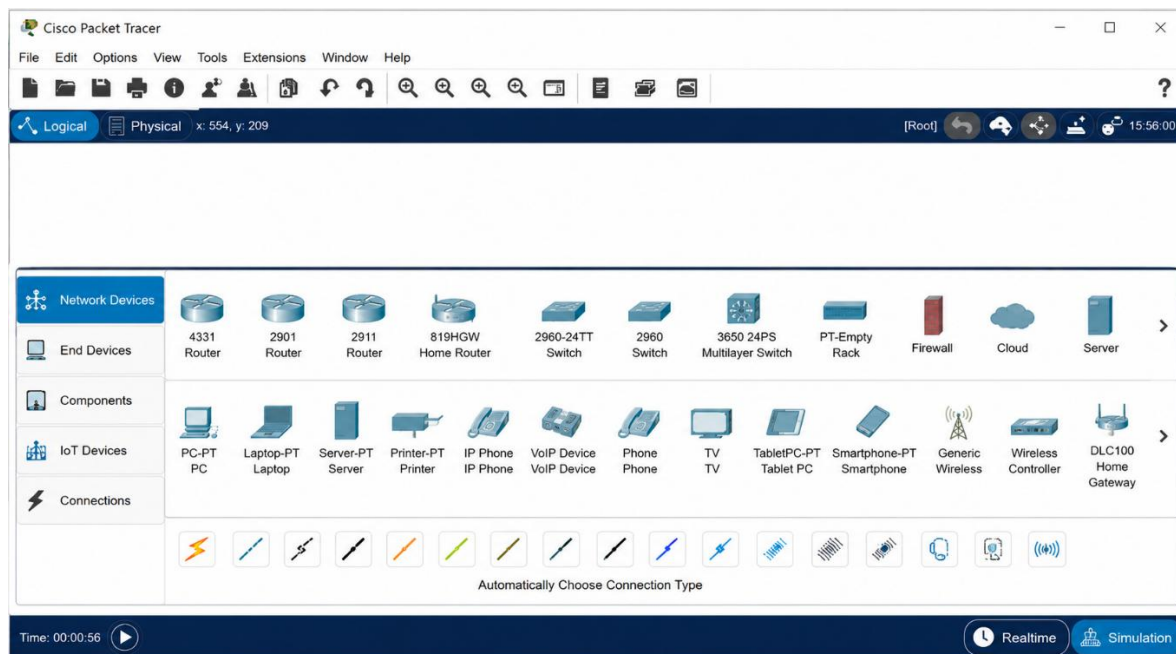


Рисунок 3.2 – Панель вибору мережевих та IoT-компонентів Cisco Packet Tracer

Для реалізації системи «Розумний будинок» особливе значення має категорія IoT Devices, яка містить датчики температури, вологості, диму, руху, RFID-зчитувачі, розумні лампи, двері, вікна, вентилятори, кондиціонери, спринклери та інші пристрої автоматизації. Наявність таких компонентів дозволяє моделювати повноцінні системи Інтернету речей та перевіряти роботу автоматизованих сценаріїв у режимі реального часу.

3.3 Методика проєктування

Проєктування системи «розумного будинку» виконувалося відповідно до сучасних принципів побудови мереж Інтернету речей (IoT), які передбачають централізоване керування пристроями, автоматизацію процесів та можливість віддаленого доступу через мережу Інтернет. Для реалізації проєкту було використано середовище моделювання Cisco Packet Tracer 8.2.x, яке дозволяє створювати та тестувати інтегровані IoT-рішення.

Розроблена мережева архітектура складається з чотирьох основних компонентів: локальної мережі розумного будинку, мережевої інфраструктури

доступу до Інтернету, сервера керування IoT-пристроями та системи віддаленого доступу користувача.

Першим етапом проєктування стало створення локальної мережі розумного будинку. До складу мережі входять різноманітні IoT-пристрої: датчики температури, вологості, диму, датчики руху, інтелектуальні лампи, системи автоматичного поливу, електронні замки та інші виконавчі пристрої. Усі пристрої підключаються до домашнього бездротового шлюзу (Wi-Fi Router або Home Gateway), який забезпечує їх взаємодію та доступ до мережевих сервісів.

Другим етапом є організація підключення до глобальної мережі Інтернет. Для цього домашній шлюз підключається до мережі провайдера через широкосмуговий канал доступу Ethernet або оптичне з'єднання. У моделі Cisco Packet Tracer для спрощення використовується вузол Internet Cloud, який імітує мережу Інтернет та забезпечує взаємодію між локальною мережею і віддаленими сервісами.

Третім компонентом системи є сервер Інтернету речей (IoT Server). Сервер виконує функції централізованого керування пристроями, їх реєстрації, автентифікації та моніторингу. Через вебінтерфейс користувач може переглядати стан датчиків, налаштовувати сценарії автоматизації та отримувати повідомлення про події в системі. Крім того, сервер забезпечує зберігання інформації про підключені пристрої та виконання правил автоматизації.

Четвертим етапом є реалізація віддаленого доступу до системи. Для цього використовується мобільний пристрій користувача (смартфон або планшет), який може підключатися до Інтернету через Wi-Fi або сучасні мобільні мережі 4G LTE та 5G. Після авторизації користувач отримує можливість контролювати роботу пристроїв розумного будинку незалежно від свого місцезнаходження.

Під час проєктування особлива увага приділялася питанням масштабованості та безпеки системи. Архітектура дозволяє додавати нові пристрої без зміни структури мережі, а використання механізмів автентифікації та шифрування забезпечує захист даних під час їх передавання між пристроями та сервером.

У результаті була сформована гнучка та функціональна модель мережі «розумного будинку», яка забезпечує централізоване керування IoT-пристроями,

автоматизацію технологічних процесів, моніторинг параметрів середовища та віддалений доступ користувача через мережу Інтернет.

3.4 Конфігурація мережі

Для забезпечення коректної роботи системи «Розумний будинок» необхідно виконати налаштування всіх мережевих компонентів, серверів та IoT-пристроїв. Конфігурація мережі забезпечує обмін даними між сенсорами, виконавчими пристроями, сервером керування та користувачем, який здійснює віддалений доступ до системи через мережу Інтернет.

IoT-хмара (WAN)

У середовищі Cisco Packet Tracer для моделювання глобальної мережі використовується об'єкт Internet Cloud (WAN). Він забезпечує взаємодію між локальною мережею «розумного будинку», серверною інфраструктурою та віддаленими користувачами.

WAN-сегмент виконує такі функції:

- передача телеметричних даних від IoT-пристроїв до сервера;
- забезпечення доступу користувача до системи через Інтернет;
- маршрутизація трафіку між домашньою мережею та зовнішніми ресурсами;
- підтримка віддаленого моніторингу та керування пристроями.

У моделі Cisco Packet Tracer хмара з'єднує домашній шлюз із серверною частиною та мережею мобільного зв'язку (рис. 3.3).

Конфігурація WAN-сегмента мережі

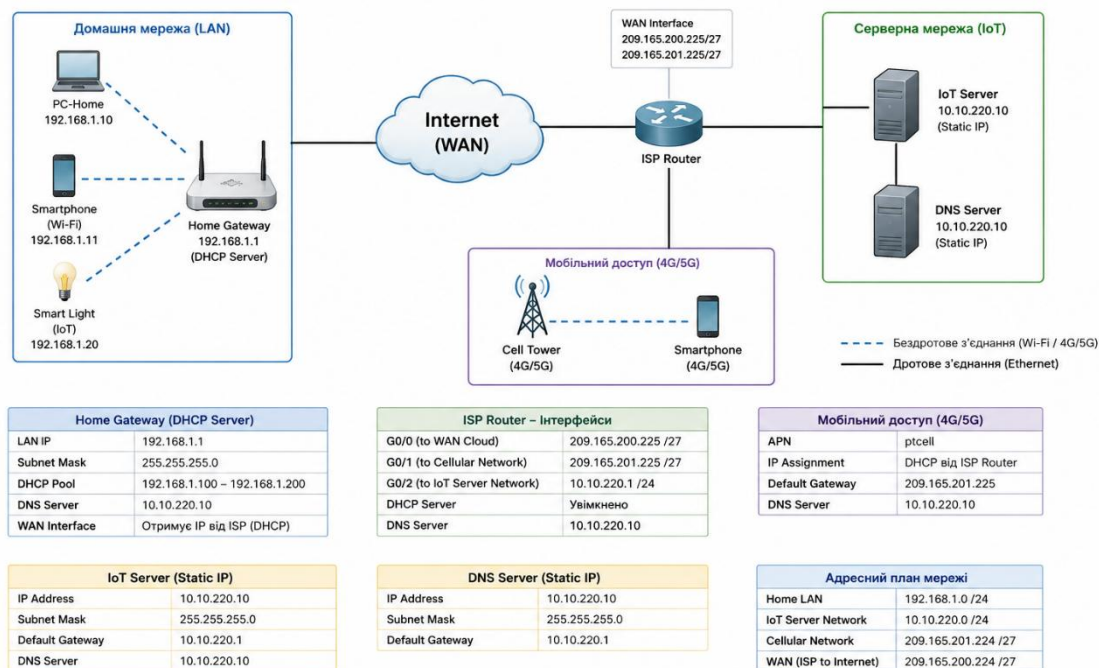


Рисунок 3.3 – Конфігурація WAN-сегмента мережі

Маршрутизатор провайдера (ISP Router)

Маршрутизатор провайдера забезпечує взаємодію між усіма сегментами мережі та виконує функції шлюзу доступу до Інтернету. На ньому налаштовано:

- маршрутизацію між мережами;
- службу DHCP для автоматичної видачі IP-адрес;
- підтримку DNS-запитів;
- обмін даними між серверним сегментом і мережею користувачів.

У Cisco Packet Tracer налаштування маршрутизатора може виконуватись через графічний інтерфейс або командний рядок (CLI). Для моделі використано декілька логічних мереж: локальну мережу IoT, серверний сегмент та сегмент мобільного доступу (рис. 3.4).

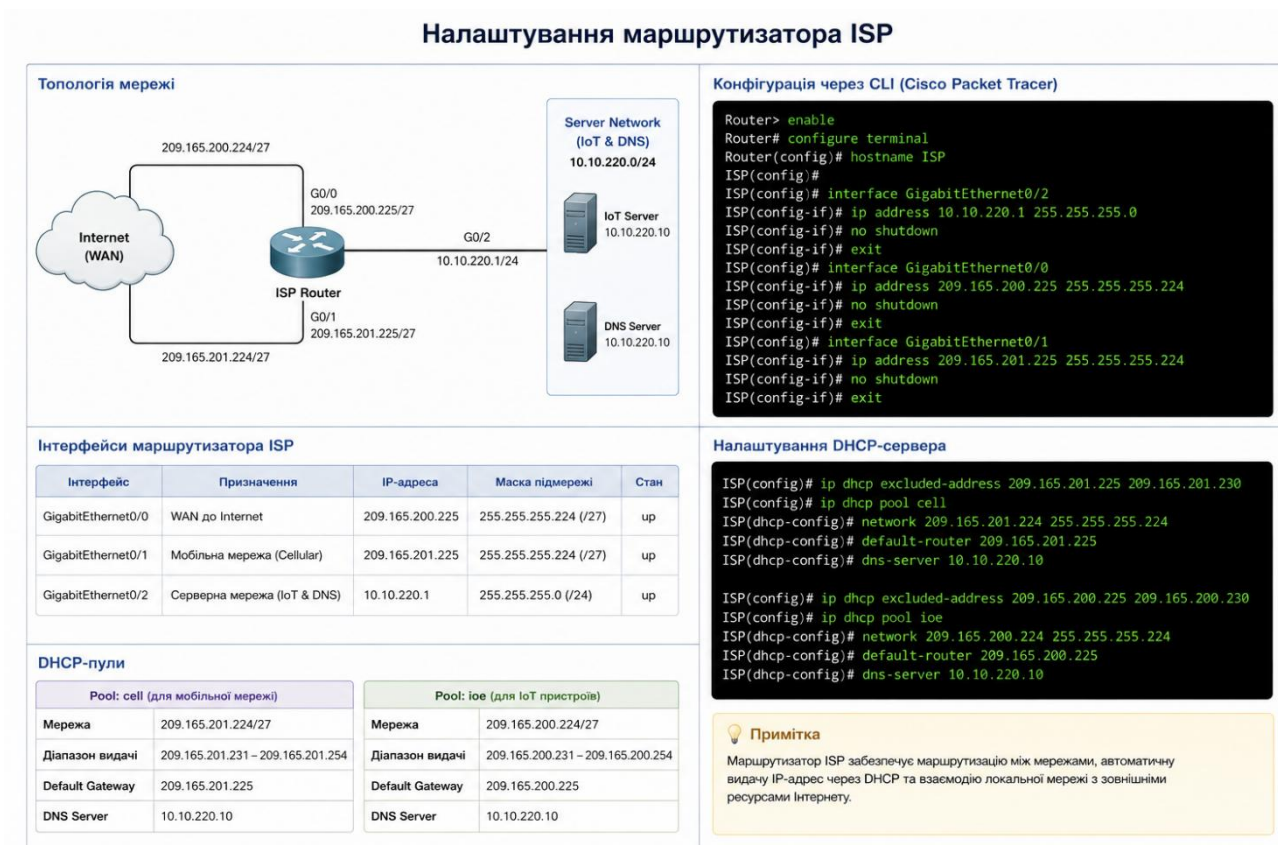


Рисунок 3.4 – Налаштування маршрутизатора ISP

DNS-сервер

Для спрощення доступу до системи використовується DNS-сервер, який забезпечує перетворення доменного імені на IP-адресу сервера керування.

Замість введення IP-адреси користувач може використовувати доменне ім'я, наприклад:

smarthome.local або iot.home

Використання DNS підвищує зручність експлуатації системи та спрощує її адміністрування. DNS-сервер налаштовується зі статичною IP-адресою (рис. 3.5).

Конфігурація DNS-сервера

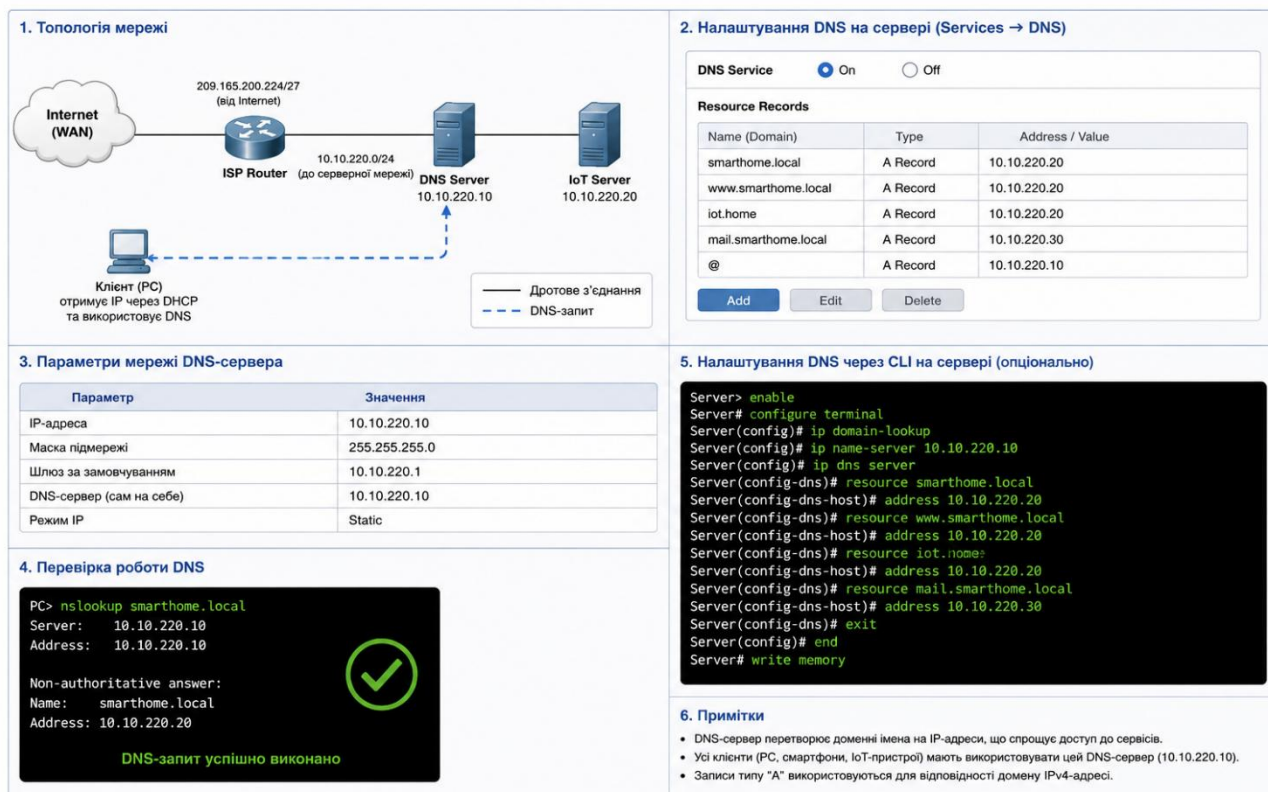


Рисунок 3.5 – Конфігурація DNS-сервера

Сервер IoT

Центральним елементом системи є сервер IoT, який забезпечує:

- реєстрацію пристроїв;
- збір телеметричних даних;
- зберігання інформації;
- виконання сценаріїв автоматизації;
- надання веб-інтерфейсу для керування.

У реальних системах аналогічні функції можуть виконувати платформи Home Assistant, OpenHAB або Domoticz.

Сервер налаштовується зі статичною IP-адресою для забезпечення постійного доступу всіх підключених пристроїв. Під час реєстрації датчиків і виконавчих механізмів вказуються параметри підключення до сервера та облікові дані користувача (рис. 3.6).

Налаштування IoT-сервера

1. Топологія мережі

Інформація:

- Доменне ім'я: smarthome.local
- IP-адреса IoT-сервера: 10.10.220.20
- Маска підмережі: 255.255.255.0
- Шлюз за замовчуванням: 10.10.220.1
- DNS-сервер: 10.10.220.10

2. Налаштування IP-адреси IoT-сервера

IoT Server

Physical Config Services Desktop Programming Attributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

INTERFACE

FastEthernet0

Port Status ☒ On

Bandwidth ☒ 100 Mbps ☐ 10 Mbps

Duplex ☒ Full Duplex ☐ Half Duplex

MAC Address 00D0.97AC.1B01

IP Configuration ☒ Static ☐ DHCP

IPv4 Address 10.10.220.20

Subnet Mask 255.255.255.0

Default Gateway 10.10.220.1

DNS Server 10.10.220.10

3. Налаштування служб IoT-сервера (Services)

IoT Server

Physical Config Services Desktop Programming Attributes

SERVICES

HTTP

HTTP Service ☒ On ☐ Off

Web Page ☒ Default Page ☐ Custom Page (file) Browse

4. Налаштування облікових записів доступу

IoT Server

Physical Config Services Desktop Programming Attributes

SERVICES

IoT

IoT (Registration Server) ☒ On ☐ Off

Username	Password	Privilege	
admin	admin123	Admin	Add
user1	user123	Read/Write	Edit
guest	guest123	Read Only	Delete

5. Реєстрація IoT-пристроїв на сервері

IoT Server

Physical Config Services Desktop Programming Attributes

SERVICES

IoT

Device Name	Device Type	IP Address	Status
Temperature Sensor	Sensor	10.10.220.101	Online
Smart Light	Actuator	10.10.220.102	Online
Door Lock	Actuator	10.10.220.103	Online
IP Camera	Camera	10.10.220.104	Online

Add Edit Remove Refresh

6. Параметри доступу до IoT-сервера

Протокол доступу	HTTP / HTTPS
URL для доступу	https://smarthome.local
IP-адреса	10.10.220.20
Користувач (за замовчуванням)	admin
Пароль (за замовчуванням)	admin123
Призначення	Централізоване зберігання даних, керування та моніторинг IoT-пристроїв

Вхід до системи

Username admin

Password *****

Login

Рисунок 3.6 – Налаштування IoT-сервера

Сервер центрального офісу (Central Office Server)

Сервер центрального офісу використовується для взаємодії між мережею провайдера та стільниковою інфраструктурою.

Основні функції:

- підтримка мобільного доступу;
- обробка мережевих служб оператора;
- передача даних між мобільними пристроями та мережею Інтернет.

У моделі Cisco Packet Tracer сервер автоматично отримує мережеві параметри від маршрутизатора ISP через DHCP (рис. 3.7).

Налаштування Central Office Server

1. Топологія мережі

Призначення:

- Проміжний вузол між стільниковою вежею та ISP Router
- Отримує мережні параметри автоматично (DHCP)
- Передає дані між мобільною мережею та Інтернетом

2. Налаштування IP-адреси (DHCP)

Central Office Server

Physical Config Services Desktop Programming Attributes

FastEthernet0

Port Status: ☒ On

Bandwidth: ☒ 100 Mbps ☐ 10 Mbps

Duplex: ☒ Full Duplex ☐ Half Duplex

MAC Address: 00E0.F9A1.0101

IP Configuration: ☒ DHCP ☐ Static

IPv4 Address: 209.165.201.225

Subnet Mask: 255.255.255.224

Default Gateway: 209.165.201.225

DNS Server: 10.10.220.10

3. Отримані мережні параметри (DHCP)

Параметр	Значення
IPv4-адреса	209.165.201.226
Маска підмережі	255.255.255.224
Шлюз за замовчуванням	209.165.201.225
DNS-сервер	10.10.220.10
Спосіб отримання	DHCP

Перевірка (Command Prompt)

```
C:\> ipconfig
IP Address . . . . . : 209.165.201.226
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.224
Default Gateway . . . . : 209.165.201.225
DNS Server . . . . . : 10.10.220.10
C:\>
```

4. Налаштування служби DNS Client

Central Office Server

Physical Config Services Desktop Programming Attributes

DNS Service: ☒ On ☐ Off

DNS Server: 10.10.220.10

DNS Cache:

Name	IP Address
smarthome.local	10.10.220.20

Add Remove Clear Cache

5. Підключення до стільникової вежі

Интерфейс до Cell Tower

Интерфейс: FastEthernet1

IP-мережа (Cellular): 172.16.0.0/24

IP Central Office: 172.16.0.1

Роль: Шлюз мобільної мережі

Статус підключення

FastEthernet1 ☒ On

IP Address: 172.16.0.1

Subnet Mask: 255.255.255.0

FastEthernet1 (172.16.0.1/24) Cell Tower

6. Примітки

- Central Office Server автоматично отримує IP-параметри від ISP Router через DHCP.
- DNS-сервер налаштований на маршрутизаторі ISP (10.10.220.10).
- Використовується для маршрутизації трафіку між стільниковою мережею та Інтернетом.
- Забезпечує роботу мобільних клієнтів та доступ до IoT-сервера.

Рисунок 3.7 – Налаштування Central Office Server

Стільникова вежа (Cell Tower)

Для реалізації віддаленого доступу використовується віртуальна стільникова вежа, яка імітує роботу мобільної мережі 4G/5G.

Стільникова мережа забезпечує:

- підключення смартфонів до Інтернету;
- доступ до веб-інтерфейсу керування;
- отримання сповіщень від системи;
- дистанційний моніторинг роботи пристроїв.

У налаштуваннях вежі задаються параметри мобільної мережі та ім'я точки доступу (APN) (рис. 3.8).

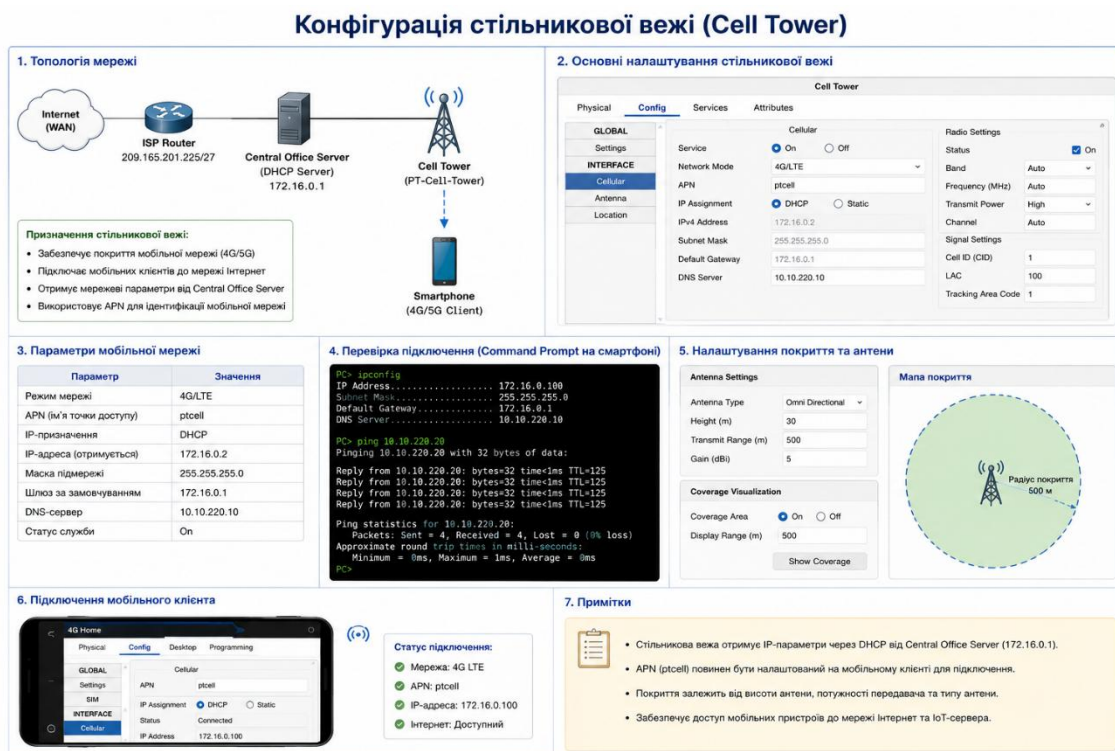


Рисунок 3.8 – Конфігурація стільникової вежі

Смартфон користувача

Смартфон використовується як клієнтський пристрій для дистанційного керування системою «Розумний будинок».

За допомогою веб-інтерфейсу або мобільного застосунку користувач може:

- переглядати стан датчиків;
- вмикати та вимикати пристрої;
- отримувати повідомлення про події;
- змінювати параметри автоматизації.

Для доступу через мобільну мережу налаштовується APN оператора, після чого смартфон отримує доступ до сервера IoT через Інтернет (рис. 3.9).

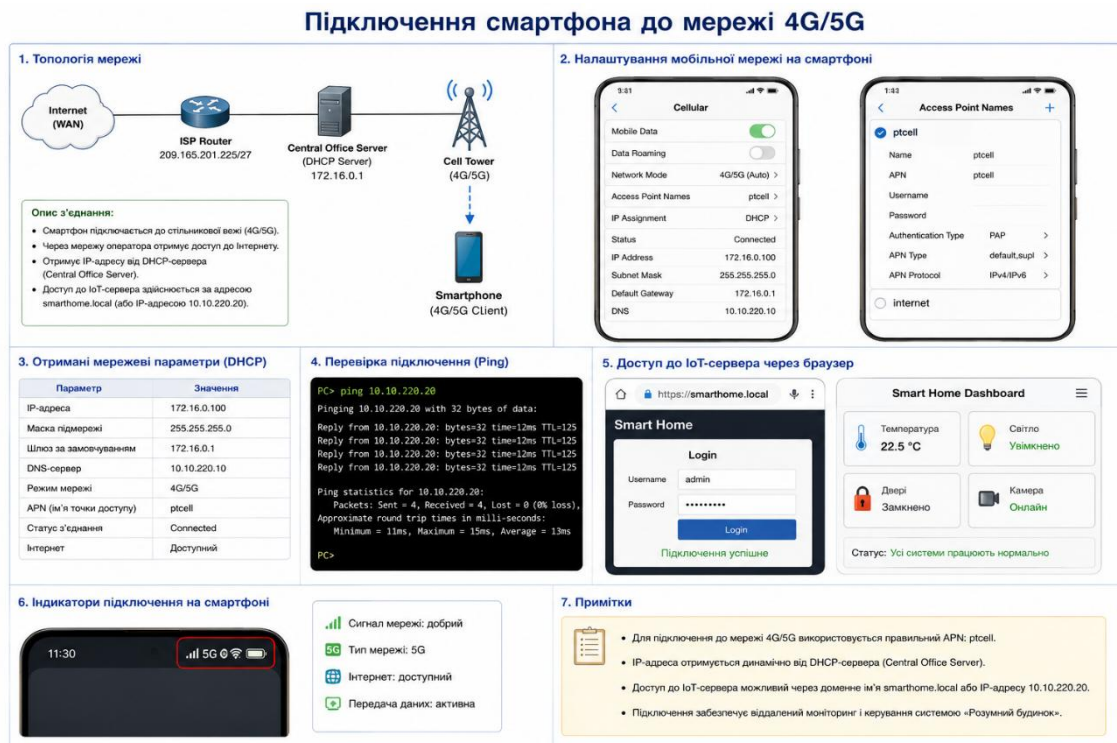


Рисунок 3.9 – Підключення смартфона до мережі 4G/5G

Домашній шлюз (Home Gateway)

Домашній шлюз є центральним вузлом локальної мережі «розумного будинку». Він забезпечує зв'язок між усіма пристроями та мережею Інтернет.

Основні функції шлюзу:

- автоматична видача IP-адрес через DHCP;
- підключення пристроїв через Wi-Fi;
- маршрутизація локального трафіку;
- забезпечення доступу до Інтернету;
- підтримка безпечного бездротового з'єднання.

У моделі використовується бездротова мережа Wi-Fi із захистом WPA2/WPA3. Для підключення пристроїв необхідно вказати SSID домашньої мережі та пароль доступу.

Домашній шлюз містить три основні інтерфейси:

- Internet (WAN) – підключення до Інтернету;
- LAN – локальна мережа;
- Wireless – бездротова мережа Wi-Fi.

Після підключення всі датчики та виконавчі механізми автоматично отримують мережеві параметри та реєструються в системі керування (рис. 3.10).



Рисунок 3.10 – Інтерфейси домашнього шлюзу (WAN, LAN та Wireless)

3.5 Налаштування пристроїв IoT

Налаштування бездротового інтерфейсу

Для забезпечення роботи пристроїв у мережі «розумного будинку» всі IoT-пристрої підключаються до домашнього шлюзу через бездротовий інтерфейс Wi-Fi. У Cisco Packet Tracer більшість IoT-пристроїв за замовчуванням використовують дротовий мережевий адаптер Ethernet, тому для роботи в бездротовій мережі необхідно виконати його заміну.

Для налаштування бездротового підключення потрібно:

1. Відкрити вікно налаштувань потрібного IoT-пристрою.
2. Перейти на вкладку I/O Config.
3. Замінити стандартний мережевий модуль на бездротовий адаптер RT-IOT-NM-1W.
4. Перезапустити пристрій (за потреби) для активації нового інтерфейсу.

Після встановлення бездротового адаптера пристрій отримує можливість підключення до мережі Wi-Fi домашнього шлюзу.

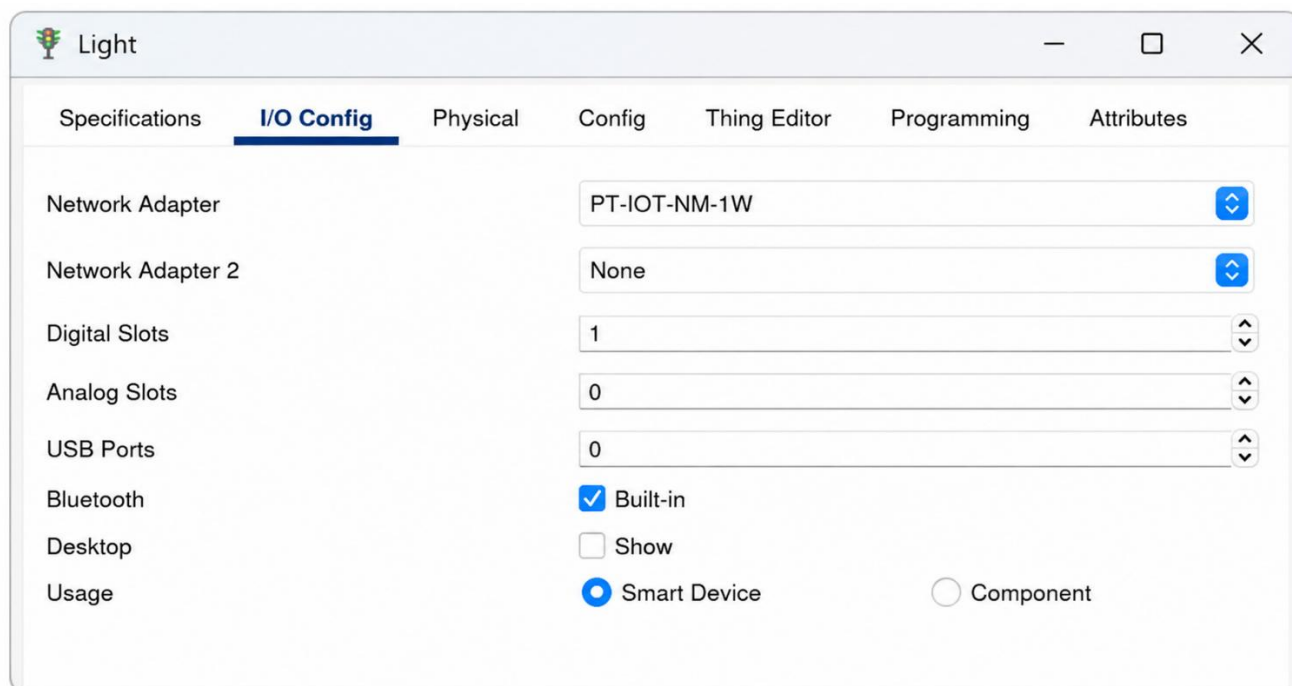


Рисунок 3.11 – Налаштування бездротового мережевого адаптера IoT-пристрою

Підключення пристроїв до домашньої мережі

Після встановлення бездротового адаптера необхідно виконати підключення пристрою до мережі домашнього шлюзу.

Для цього на вкладці Config → Wireless0 у полі SSID вказується ім'я бездротової мережі домашнього шлюзу, наприклад HomeGateway. Після успішного підключення пристрій автоматично отримує параметри мережі через протокол DHCP.

Домашній шлюз виконує функції DHCP-сервера та автоматично призначає:

- IP-адресу пристрою;
- адресу шлюзу за замовчуванням (Default Gateway);
- адресу DNS-сервера.

Завдяки цьому пристрої автоматично інтегруються в локальну мережу та отримують доступ до Інтернету без додаткового ручного налаштування.

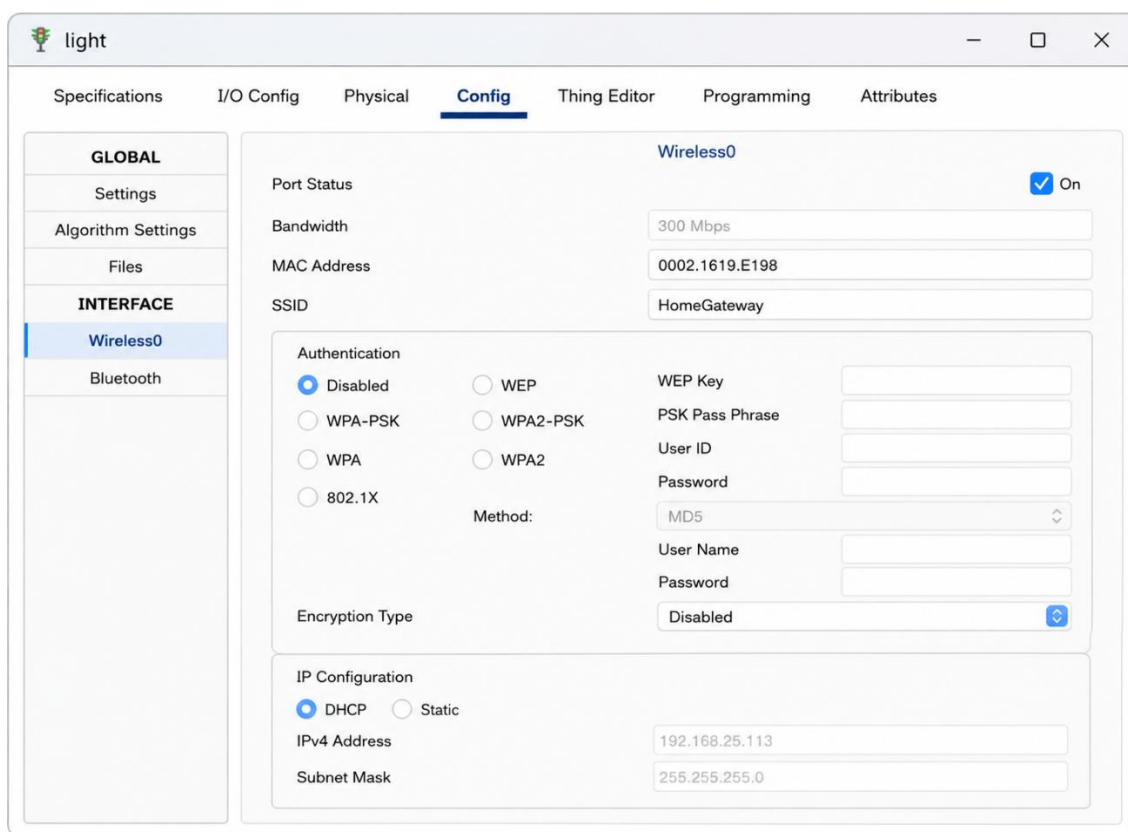


Рисунок 3.12 – Підключення IoT-пристрою до бездротової мережі HomeGateway

Реєстрація пристроїв на IoT-сервері

Для централізованого керування всі IoT-пристрої необхідно зареєструвати на сервері Інтернету речей (IoT Server).

На вкладці Config → IoT Server для кожного пристрою вказуються:

- IP-адреса або доменне ім'я IoT-сервера;
- ім'я користувача;
- пароль доступу.

Після введення коректних параметрів пристрій автоматично проходить реєстрацію на сервері та стає доступним для моніторингу й керування через веб-інтерфейс.

Використання єдиного облікового запису для всіх пристроїв спрощує адміністрування системи та забезпечує централізоване керування елементами «розумного будинку».

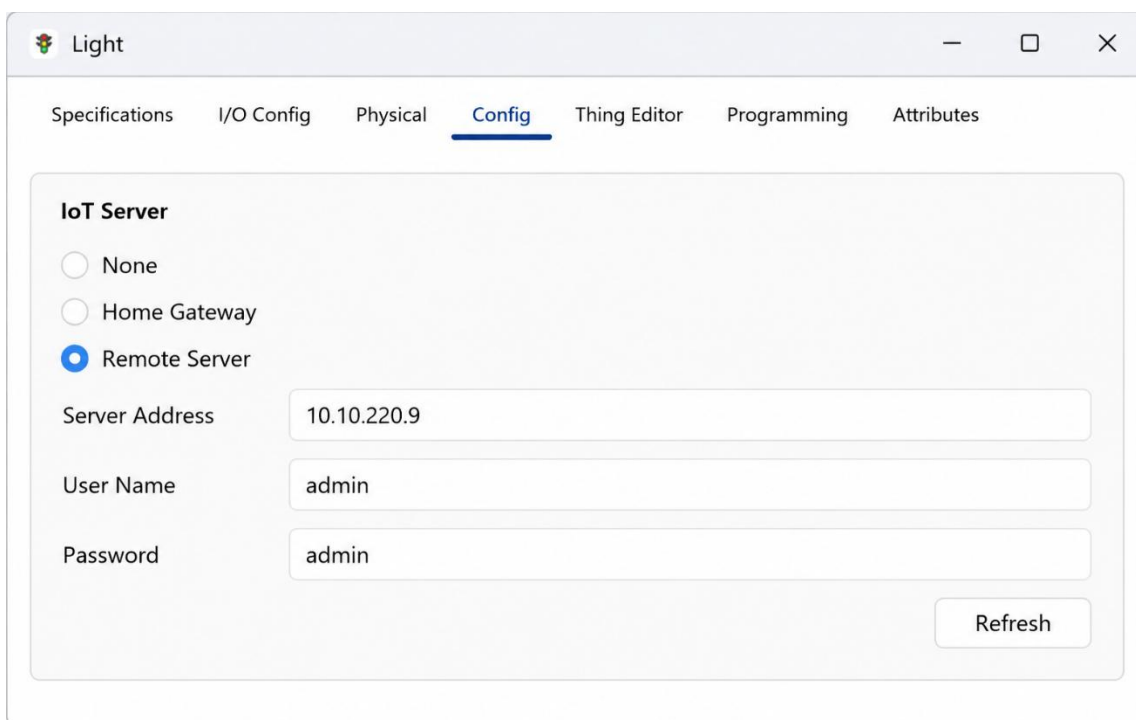


Рисунок 3.13 – Налаштування параметрів підключення до IoT-сервера

Віддалене та локальне керування системою

Після реєстрації всі IoT-пристрої відображаються в інтерфейсі сервера та можуть керуватися як локально, так і віддалено.

У розробленій системі передбачено два способи доступу:

- локальний доступ через персональний комп'ютер або ноутбук, підключений до домашньої мережі;
- віддалений доступ через смартфон або планшет із використанням мобільних мереж 4G/5G та веб-інтерфейсу IoT-сервера.

Такий підхід дозволяє власнику здійснювати моніторинг стану датчиків, керувати освітленням, системами безпеки та іншими елементами «розумного будинку» незалежно від свого місцезнаходження.

3.6 Взаємодія між пристроями

Система контролю доступу

Щоб керувати безпекою та системою освітлення при вході за допомогою RFID, необхідно встановити деякі умови на сервері IoT.

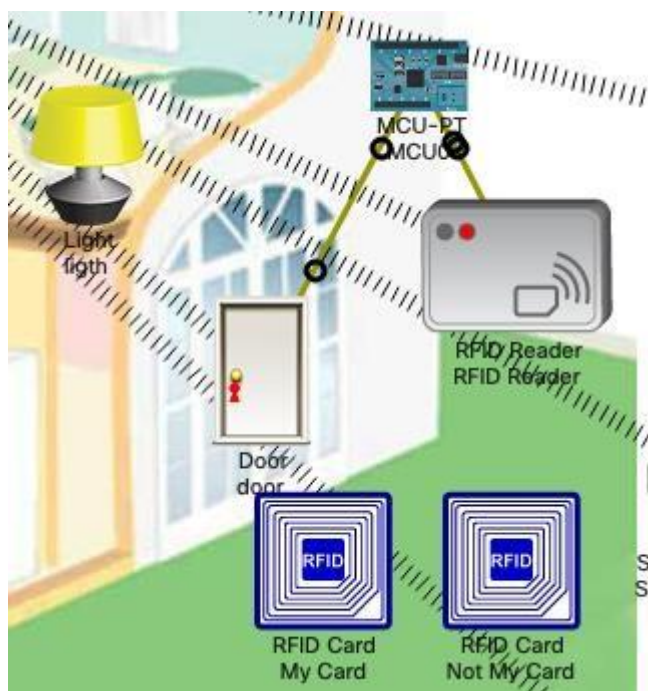


Рисунок 3.14 – Система безпеки та освітлення дверей

Система працює за наступним сценарієм (рис. 3.14) :

- Авторизація карти: якщо ID = 1001, то RFID доступний, в іншому випадку недоступний
- Відкриття дверей: якщо RFID доступні, то двері розблоковуються та відкриваються, інакше - заблоковані
- Вмикання світла: якщо двері відкрились, то вмикається світло

Клімат-контроль

Для підтримання комфортної температури у кімнаті використовуються кондиціонер та обігрівач. Температуру контролює термостат (Рис. 3.15).

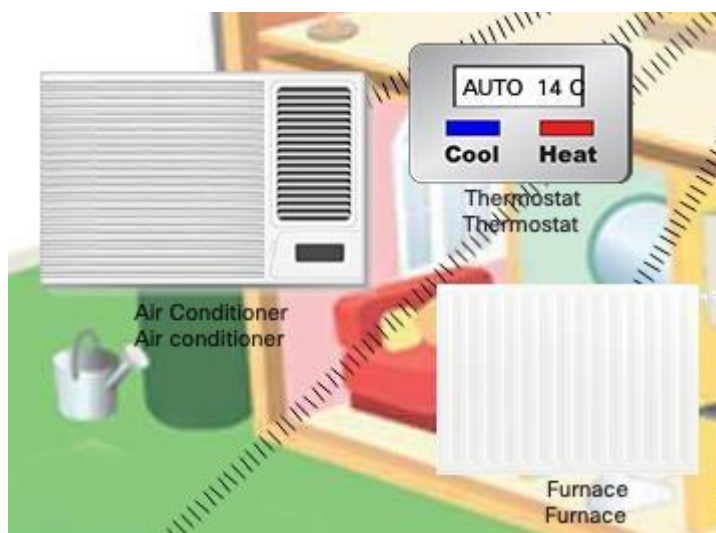


Рисунок 3.15 – Система клімат-контролю

Сценарій клімат-контролю:

- Охолодження: якщо термостат зафіксував температуру більше або дорівнює 23 градусам, то вмикається кондиціонер. В іншому випадку вимкнений.
- Нагрівання: якщо термостат зафіксував температуру меншу або дорівнює 10 градусам, то вмикається обігрівач. В іншому випадку вимкнений.
- При температурі між зазначеними вище обидва пристрої вимкнені.

Система контролю вмісту Carbon Monoxide в кімнаті

Усі пристрої, які необхідні для контролю CO показані на рисунку 3.16. CO Alarm використовується як сигнал тривоги та датчик одночасно, сигнал увімкнеться, якщо окис вуглецю в кімнаті перевищує 20%. Сигнал CO в системі відстеження пакетів за замовчуванням запрограмований на ввімкнення, коли він виявляє рівень чадного газу 20%. Щоб виконати автоматизацію цієї частини, необхідно задати наступні умови на вкладці умов сервера IoT:

-Перша умова встановлена для відкриття вікна та запуску вентилятора в стані Low, коли рівень CO становить від 20% до 25%.

-Коли рівень CO перевищує 25%, встановлюється друга умова, щоб перевести вентилятор у високий стан і тримати вікно відкритим.

-Третя умова працює, коли рівень CO нижче 2%; він закриває вікно та вимикає вентилятор. Якщо ці умови вимкнено, вікно можна відкрити вручну.

Автополив в саду

Для системи автополиву використовуються спринклери та контролер вологості (Рис. 3.23).



Рисунок 3.16 – Автополив в саду

Спринклер для газону підвищує рівень води щоразу, коли вмикається. Монітор рівня води отримує рівень води в навколишньому середовищі та друкує його. Щоб автоматизувати цю частину, слід додати деякі умови на сервері IoT:

- Перша умова вмикає спринклери, якщо рівень, виміряний монітором рівня води, перевищує 55 %.
- Друга умова вмикає спринклери, якщо рівень води падає менше, ніж на 30%. Звичайно, сад не буде поливатися цілий день, для цього умови можна вимкнути, коли захочеться. І ми можемо зробити полив вручну з облікового запису сервера IoT.

Пожежний моніторинг кухні

Для пожежної сигналізації та поливу використовують сирена, спринклер та монітор пожежі. (Рис. 3.17).



Рисунок 3.17 – Моніторинг пожежі

Необхідно додати такі умови:

- Умова для запуску спринклера та сирени, якщо пожежна сигналізація виявить пожежу на кухні

- Умова для зупинки спринклера та сирени, якщо вогню немає кухня.
Моніторинг вихлопних газів в гаражі

При запуску машини в гаражі необхідно контролювати вміст вихлопних газів. Для цього використовується детектор диму. (Рис. 3.18)



Рисунок 3.18 – Моніторинг диму в гаражі

Для автоматичного відкриття воріт в гаражі, необхідно додати наступні умови:

- Якщо детектор диму зафіксував рівень диму більше або дорівнює 0.17, то відкриваються ворота в гаражі
- Якщо рівень диму менше 0.05, то двері закриваються

Всі сценарії прописуються на вкладці умов сервера IoT. (Рис. 3.19)

Actions		Enabled	Name	Condition	Actions
Edit	Remove	Yes	Lamp ON	door Open is true	Set lighth Status to On
Edit	Remove	Yes	Garage Door Open	Smoke Detector Level $\geq$ 0.17	Set Garage Door On to true
Edit	Remove	Yes	Garage Door Close	Smoke Detector Level $\leq$ 0.05	Set Garage Door On to false
Edit	Remove	Yes	AirConditioner ON	Thermostat Temperature $\geq$ 23.0 °C	Set Air conditioner On to true
Edit	Remove	Yes	FurnaceON	Thermostat Temperature $\leq$ 10.0 °C	Set Furnace On to true
Edit	Remove	Yes	AirConditionOFF	Thermostat Temperature $\leq$ 22.0 °C	Set Air conditioner On to false
Edit	Remove	Yes	FurnaceOFF	Thermostat Temperature $\geq$ 11.0 °C	Set Furnace On to false
Edit	Remove	Yes	SprinklerON	Humiture Humidity $\leq$ 55 %	Set lawn sprinkler Status to true Set lawn sprinkler1 Status to true
Edit	Remove	Yes	SprinklerOFF	Humiture Humidity $>$ 55 %	Set lawn sprinkler Status to false Set lawn sprinkler1 Status to false
Edit	Remove	Yes	FireSplinker	Fire Monitor Fire Detected is true	Set Fire Splinker Status to true Set Siren On to true
Edit	Remove	Yes	Fire Splinker OFF	Fire Monitor Fire Detected is false	Set Fire Splinker Status to false Set Siren On to false
Edit	Remove	Yes	OpenWindowFanLow	CO Monitor Level is between 0.2 and 0.25	Set window On to true Set Fan Status to Low
Edit	Remove	Yes	OpenWindowFanHigh	CO Monitor Level $>$ 0.25	Set window On to true Set Fan Status to High
Edit	Remove	Yes	CloseWindowFanOFF	CO Monitor Level $<$ 0.02	Set window On to false Set Fan Status to Off
Edit	Remove	Yes	Door Open	RFID Reader Status is Valid	Set door Lock to Unlock
Edit	Remove	Yes	DoorLock	RFID Reader Status is Invalid	Set door Lock to Lock

Рисунок 3.19 – Сценарії взаємодії пристроїв на вкладці умов сервера IoT

3.7 Розумний автомобіль

Автомобіль у пакеті, який я використовувала для виявлення вуглекислого газу навколо, не має жодної іншої функції, тому він розглядається як старий автомобіль серед пристроїв IoT в Cisco Packet Tracer. На рисунку 3.20 показані специфікації старого автомобіля та його функції.

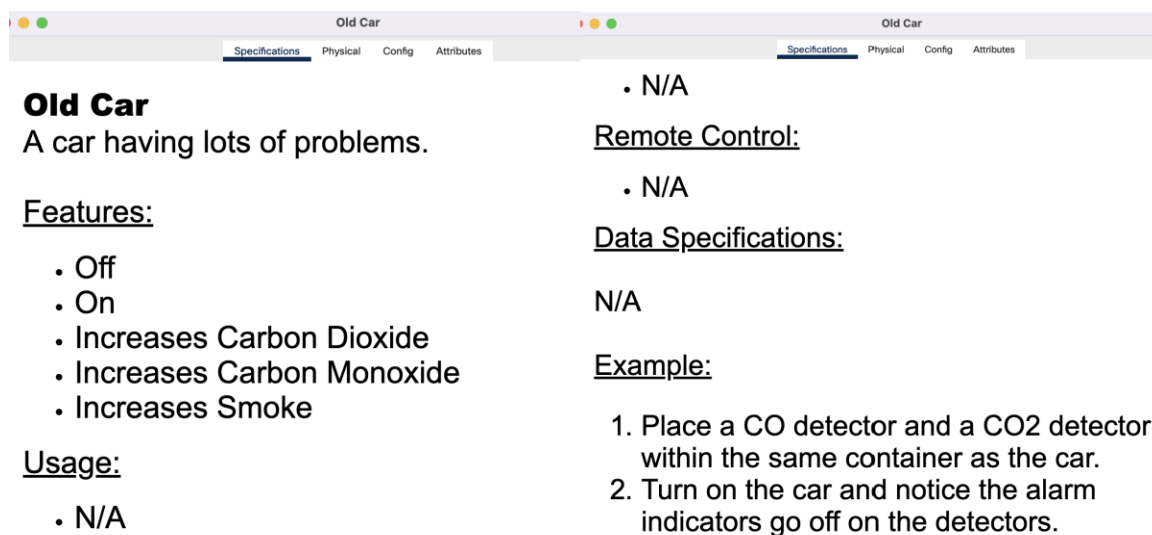


Рисунок 3.20 – Специфікації старого автомобіля

Але програма Cisco Packet Tracer пропонує можливість змінювати функції пристроїв, написавши власний код за допомогою JavaScript, Python і Visual. Під час симуляції мова Python використовувалася для зміни функції старого автомобіля на розумний автомобіль.

Код містить деякі функції для дистанційного переміщення автомобіля, натискаючи різні кнопки: стоп, вгору, вниз, вліво і вправо. Натискаючи ці кнопки на смартфоні або ноутбучі на IoT сервері, ми можемо рухатися в потрібному напрямку. (Рис. 3.21)



Рисунок 3.21 – Управління розумним автомобілем

3.8 Забезпечення інформаційної безпеки системи «Розумний будинок»

Одним із важливих аспектів функціонування IoT-систем є забезпечення інформаційної безпеки. Для захисту системи «розумного будинку» рекомендується використовувати сучасні механізми автентифікації користувачів, шифрування переданих даних за допомогою протоколів TLS, захист бездротової мережі за стандартом WPA3 та регулярне оновлення програмного забезпечення пристроїв.

Додатково рекомендується сегментувати мережу IoT-пристроїв від основної локальної мережі за допомогою VLAN або окремих бездротових мереж. Це дозволяє зменшити ризик несанкціонованого доступу та підвищити рівень кібербезпеки системи.

У даному розділі виконано побудову моделі системи «розумного будинку» в середовищі Cisco Packet Tracer. Проведено вибір необхідного мережевого та IoT-обладнання, виконано його налаштування та забезпечено взаємодію між усіма компонентами системи. Реалізовано автоматизацію окремих процесів, а також продемонстровано можливість програмного керування пристроями за допомогою вбудованих засобів Cisco Packet Tracer. Отримана модель підтверджує можливість створення ефективної та функціональної системи «розумного будинку» на основі технологій Інтернету речей.

РОЗДІЛ 4 ТЕСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

4.1 Тестування ручного використання пристроїв IoT

Гараж

За замовчуванням гараж закрито, як показано на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Закритий гараж

Після натискання на червоний прямокутник він стане зеленим, як показано на рисунку 4.2, і відкриється гараж.



Рисунок 4.2 – Відкритий гараж

Двері

Двері також за замовчуванням заблоковані.



Рисунок 4.3 – Заблоковані двері.

Після натискання нижньої кнопки «розблокувати» відкриваються двері. Двері відкриваються вручну клацання самих дверей (ALT+клацання).



Рисунок 4.4 – Розблоковані двері

Вікна

Вікна за замовчуванням закриті, як показано на рисунку 4.5. Натиснувши на червоний прямокутник, він стає зеленим і відкриває вікно, як показано на рис. 4.6.



Рисунок 4.5 – Зачинені вікна



Рисунок 4.6 – Відчинені вікна

Кімнатний вентилятор

Кімнатний вентилятор має три стани: OFF (ВИМК.), Low(Низький) і High (Високий). Якщо ми натиснемо «Low», вентилятор почне працювати на низькій швидкості, як показано на рисунку 4.7. Потім, якщо ми натиснемо «High», вентилятор збільшить свою швидкість, як показано на рисунку 4.8.



Рисунок 4.7 – Статус вентилятора низький



Рисунок 4.8 – Статус вентилятора високий

Кондиціонер

Кондиціонер можна увімкнути/вимкнути вручну. Після натискання на показаний червоний прямокутник на рисунку 4.9, він стає зеленим і кондиціонер увімкнено. У нижньому правому куті можна побачити маленький червоний світлодіод кондиціонеру, якщо він увімкнений (рис. 4.10).



Рисунок 4.9 – Кондиціонер вимкнено



Рисунок 4.10 – Кондиціонер увімкнено

Обігрівач

Те ж саме стосується автоматики обігрівача, її можна ввімкнути/вимкнути вручну. Після натискання на червоний прямокутник, він стане зеленим і обігрівач увімкнеться. Для обігрівача червоний є червоний світлодіод, який вказує на те, що обігрівач увімкнено (Рис. 4.12.)



Рисунок 4. 11 – Обігрівач вимкнений



Рисунок 4.12 – Обігрівач увімкнений

Пожежні спринклери

Якщо ми натиснемо на червоний прямокутник, він стане зеленим, а пожежний спринклер почне брызкати водою, як показано на рисунку 4.14.



Рисунок 4.13 – Пожежний спринклер вимкнений



Рисунок 4.14 – Пожежний спринклер увімкнений

Спринклери газону

Аналогічно пожежним спринклерам, без умов автоматизації газонні спринклери працюють наступним чином. Натиснувши на червоний прямокутник, він стане зеленим, а спринклер починає розбризкувати воду, як показано на рисунку 4.16.



Рисунок 4.15 – Спринклер газону вимкнений



Рисунок 4.16 – Спринклер газону увімкнений

Сирена

Те саме для цього пристрою, якщо клацнути червоний прямокутник, він стане зеленим і увімкнеться сирена. Біла частина сирени буде червоною, якщо вона увімкнена. (Рис. 4.18)



Рисунок 4.17 – Сирена вимкнена



Рисунок 4.18 – Сирена увімкнена

4.2 Змінні навколишнього середовища

Змінні - це настроювальні параметри для представлення реальних життєвих умов, таких як кількість сонячного світла, температура, концентрація вуглекислого та монооксиду повітря, рівень води та багато іншого. У Cisco Packet Tracer є понад п'ятдесят різних змінних, які можна відповідним чином налаштувати на основі 24-годинного діапазону часу. На рисунку 4.19 нижче можна побачити кількість сонячного світла та диму протягом усього дня.

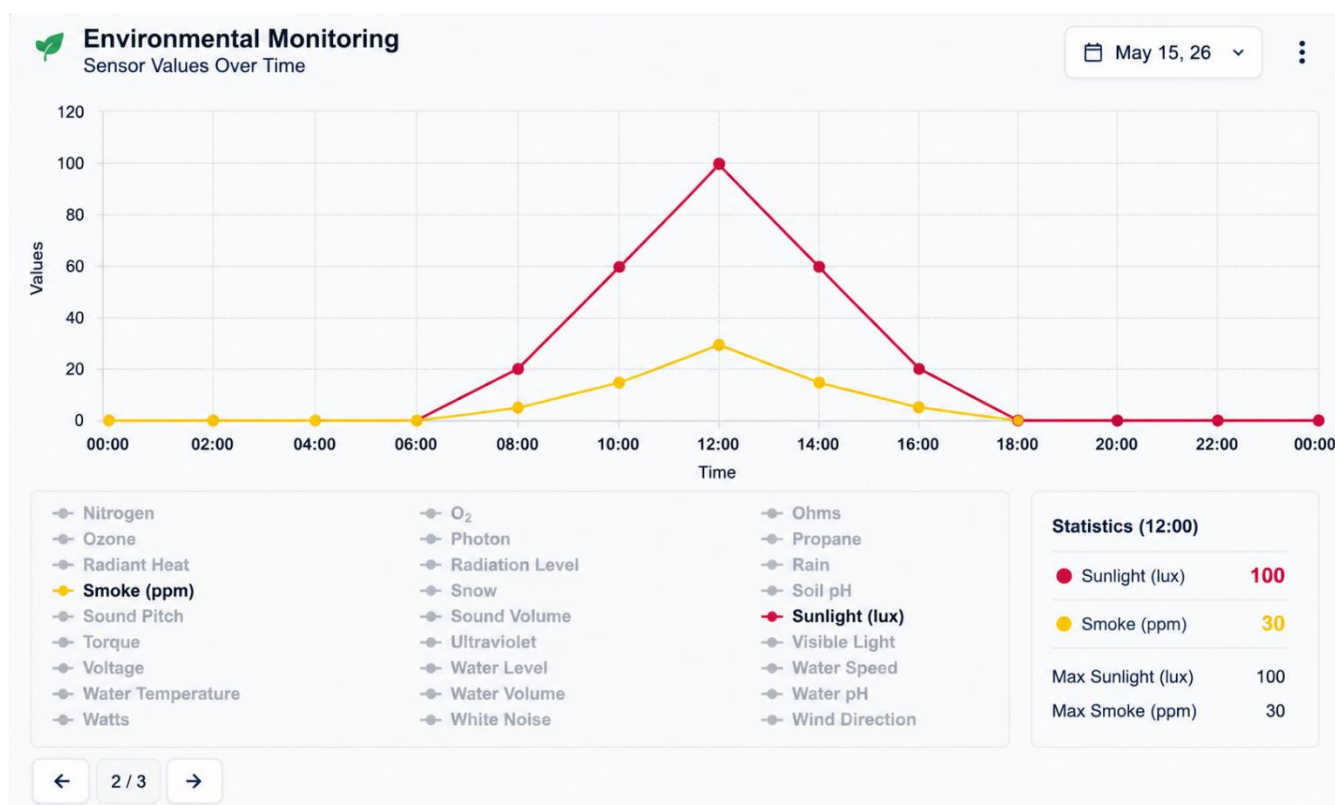


Рисунок 4.19 – Приклад налаштування змінної середовища

Змінні необхідні, щоб впливати на поведінку датчика в моделюванні IoT. Змінні виявляються датчиком і, як наслідок, запускаються дії. Регульовані змінні також допомогли швидко перевірити налаштування логіки IoT.

У наданому моделюванні використовувалися такі змінні:

- рівень чадного газу, щоб знати про рівень CO в кімнаті, щоб вікна були відкриті автоматично. Для цієї частини також можна використовувати старий автомобіль для генерування CO в навколишньому середовищі

- рівень температури навколишнього середовища використовувався протягом випадкового часу доби, щоб активувати датчик температури в кімнаті
- рівень води використовувався монітором важеля води в саду, щоб виявити надлишковий рівень води та зупинити спринклери для поливу газону

4.3 Тестування автоматизації пристроїв IoT

Система контролю доступу

Для цієї частини перевіряється безпека дверей за допомогою двох карток (Моя картка) і (Не моя картка). Створено три сценарії, які описано нижче:

Сценарій 1: авторизовану картку (Моя картка) наближають до зчитувача RFID, щоб перевірити, що відбувається з дверима. У цьому випадку двері розблоковуються, щоб людина могла увійти в будинок, а потім двері знову зачиняються. Під час відкривання дверей, всередині вмикається світло. Отже, перший тест успішний.

Сценарій 2: у цьому випадку неавторизовану картку (невідомої людини) підносять до зчитувача RFID, щоб перевірити, що відбувається з дверима. Двері все ще заблоковані. Таким чином, другий сценарій підтверджено.

Сценарій 3: у цьому випадку жодної картки немає поблизу зчитувача RFID. RFID-зчитувач знаходиться в стані «очікування», і двері не відімкнуться. Отже, третє випробування дверей пройшли успішно.

Автоматичний моніторинг CO

Є два способи контролювати рівень CO в навколишньому середовищі: шляхом зміни його значень у вкладці середовища, як для сонячного світла, або за допомогою старого автомобіля (якщо він увімкнений, рівень CO зростає).

Система моніторингу CO в приміщенні:

Сценарій 1: Вставлено та увімкнено старий автомобіль (можна активувати комбінацією клавіш ALT+клік); таким чином підвищується рівень CO. Сервер IoT може контролювати рівень CO. Коли рівень CO перевищує 20%, але менше 25%, вікно відкривається, і вентилятор працює на низькій швидкості.

Сценарій 2: вікна та вентилятора недостатньо для виведення всього CO з

кімнати, оскільки рівень СО все ще зростає, тому вони залишатимуться включеними, доки не вимкнуть машину. Якщо рівень СО перевищує 25%, то вентилятор починає працювати швидше.

Сценарій 2: вікна та вентилятора залишатимуться включеними, доки рівень СО не стане нижче 2%, тоді вікно закривається і вентилятор вимикається. Отже, цей тест успішно перевірений.

Автоматичний моніторинг диму в гаражі

Сценарій 1: Вставлено та ввімкнено старий автомобіль (можна активувати комбінацією клавіш ALT+клік); таким чином підвищується рівень диму. Коли рівень диму перевищує 0,17, ворота гаража відкриваються.

Сценарій 2: ворота залишатимуться відкритими, доки не вимкнуть машину та рівень диму не знизиться до 0,05, тоді ворота зачиняються. Отже, цей тест успішно перевірений.

Автоматичний контроль температури

Він складається з двох систем: системи охолодження приміщення та системи опалення приміщення. Так, необхідно встановити відповідні значення для температури навколишнього середовища. Для кондиціонера температура має бути встановлена в діапазоні від 23°C до 30°C.

Тоді як для печі температура повинна бути встановлена в діапазоні від 0°C до 10°C.

Система опалення

По-перше, продуктивність обігрівача перевіряється, якщо температура нижче 10°C; таким чином, час коригується близько півночі. Монітор температури використовується для відображення поточної температури.

Коли температура змінюється в часі, ми спостерігаємо за роботою обігрівача.

- Обігрівач налаштований на запуск, якщо температура нижче 10°C, і продовжує працювати нагрівання, поки температура не досягне 11°C.
- По-друге, обігрівач перевіряють після припинення нагрівання та коли температура падає нижче 10°C знову, то обігрівач починає нагріватися.

Система охолодження

Тут повторюється приблизно той самий тест, що і з обігрівачем. Просто проміжок часу змінюється приблизно на полудень.

Кондиціонер налаштований на початок роботи після перевищення температури 23°C і продовжувати охолоджувати, доки температура не впаде нижче 22°C.

- Коли кондиціонер припиняє охолоджувати, він починає працювати знову, коли температура перевищує 23°C. Випробування підвищення температури пройшло успішно.

Система пожежного контролю

Вогонь не входить до змінних середовища. Отже, потрібні предмети, що імітують вогонь.

Цей об'єкт повинен мати властивість «IR» зі значенням, яке можна вважати пожежею. Див. додаток.

Сирену та спринклер перевіримо у разі виникнення пожежі та у зворотному випадку:

- При виявленні пожежі на кухні вмикається сирена і спринклер починає бризкати водою. В іншому випадку сирена та спринклер вимкнені.

Отже, пожежна система контролю кухні працює.

Моніторинг рівня води в саду

Спринклери газону налаштовані на початок розбризкування водою, якщо її рівень нижче 55%, і зупиняються, коли він перевищує 55%. Монітор рівня води показує рівень води в навколишньому середовищі.

-Спочатку ми починаємо спостерігати за поведінкою спринклерів, якщо рівень води менше 55% поки не досягне більше цього рівня, спринклери продовжували розбризкувати воду.

-Досягли 55%, потім вони вимикаються. Випробування пройшло успішно.

За поведінкою спринклерів спостерігали після досягнення рівня води 55% і коли вона зменшується, поки не впаде нижче 55%. Спринклери вимикаються, коли рівень води перевищує 55%, і вони залишаються вимкненими, поки рівень води не впав нижче, тоді вони знову почали кропити. Цей сценарій підтверджує успішність

тесту.

Висновки до розділу 4

1. Був протестований результат створеної моделі розумного будинку. першим етапом перевірено ручне управління пристроями з серверу IoT. Всі доступні елементи працюють справно та піддаються ручному управлінню, поки не підключені умови автоматизації.

2. Cisco Packet Tracer дозволяє налаштувати різні змінні навколишнього середовища на основі 24-годинного діапазону часу. Змінні необхідні, щоб впливати на поведінку датчика в моделюванні, що допомогло швидко перевірити налаштування логіки IoT.

Протестовано автоматизовані системи: входу, моніторингу температури, CO, температури, диму та вогню. За різними сценаріями перевірено коректність спрацювання датчиків та пристроїв. Всі системи пройшли успішне тестування, що підтверджує правильне налаштування пристроїв.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне інженерно-практичне завдання з аналізу, проєктування, моделювання та дослідження системи «Розумний будинок» на основі технологій Інтернету речей (IoT).

Досліджено теоретичні засади побудови IoT-систем та сучасні підходи до організації мережевої взаємодії між пристроями. Проведено аналіз архітектури Інтернету речей, принципів функціонування сенсорних мереж, бездротових технологій передачі даних та протоколів обміну інформацією. Встановлено, що використання IoT-технологій дозволяє підвищити рівень автоматизації житлових приміщень, забезпечити дистанційний контроль обладнання та оптимізувати споживання енергетичних ресурсів.

Обґрунтовано вибір апаратного та програмного забезпечення для побудови системи «Розумний будинок». На основі порівняльного аналізу сучасних мережевих технологій визначено доцільність використання бездротової мережі Wi-Fi для взаємодії пристроїв, а також середовища Cisco Packet Tracer для моделювання та тестування розробленої системи.

Спроектовано структурну, функціональну та мережеву архітектуру системи. Розроблено модель «Розумного будинку», що включає сенсори, виконавчі пристрої, мережеве обладнання та центральний вузол керування. Побудовано мережеву топологію, налаштовано взаємодію між компонентами системи та реалізовано механізми обміну даними між пристроями.

Реалізовано модель системи в середовищі Cisco Packet Tracer та налаштовано автоматизовані сценарії роботи. Забезпечено автоматичне керування освітленням, кліматичними параметрами та іншими компонентами інтелектуального середовища відповідно до заданих умов функціонування. Створена модель демонструє можливість централізованого моніторингу та керування пристроями в режимі реального часу.

Проведено тестування розробленої системи та перевірку працездатності її основних компонентів. Результати моделювання підтвердили коректність

функціонування мережевої інфраструктури, стабільність обміну даними між пристроями та ефективність реалізованих механізмів автоматизації. Під час випробувань не виявлено критичних помилок, що підтверджує можливість практичного використання запропонованого рішення.

Визначено перспективні напрями розвитку системи, які полягають у впровадженні сучасних стандартів Matter і Thread для забезпечення сумісності пристроїв різних виробників, використанні технологій Edge Computing для локальної обробки даних та інтеграції методів штучного інтелекту для створення адаптивних сценаріїв керування і прогнозування поведінки системи. Застосування зазначених технологій дозволить підвищити рівень автоматизації, енергоефективності та безпеки систем «Розумний будинок» нового покоління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Saravanan Anna Malai. *Introduction to Networking*.
2. Yekini N. Asafe, Adebari F. Adebayo, Bello O. *Data Communication & Networking*.
3. Rajaonarison T. M. *Use of Petri Net for Studying a Switching Node in a WAN Network*.
4. Al-Alawi A. I. Wi-Fi Technology: Future Market Challenges and Opportunities // *Journal of Computer Science*. – January 200. – University of Bahrain.
5. Khouchane K., Rabouhi S. *Study of the Installation of a Fiber Optic Network*.
6. Tanenbaum A. S., Wetherall D. J. *Computer Networks*. – 5th ed. – Pearson.
7. Yaibuates M., Chaisricharoen R. ICMP based Malicious Attack Identification Method for DHCP // *Proceedings*. – Chiang Rai, 2014.
8. Chao H.-C., Wn T. Y., Chang S. W., Wang R.-C. The network topology-based domain name service // *Proceedings*. Aizu-Wakamatsu, Japan, 1999. P. 528–533.
9. Rouse M. Internet of Things (IoT) // *IOT Agenda*. 2019.
10. Zennaro M. *Introduction to the Internet of Things*. PhD Telecommunications, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste.
11. Abirami K., Chaudhari A. *Internet of Things (IoT)*.
12. Soliman M. et al. Smart home: Integrating Internet of Things with Web Services and Cloud Computing // *Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*. IEEE, 2013.
13. Majordomo – безкоштовне ПЗ для створення розумного дому. URL: <https://sprut.ai/article/majordomo-besplatnyy-soft-dlya-sozdaniya-umnogo-doma> (дата звернення: 16.05.2026).
14. SENSE Smart Home Platform. URL: <https://sense.com/> (дата звернення: 16.05.2026).
15. Inwion Smart Home Solutions. URL: <https://www.ixbt.com/home/inwion.shtml> (дата звернення: 16.05.2026).

- 16.SweetCheap Online. URL: <http://sweetcheap.online/> (дата звернення: 16.05.2026).
- 17.IEEE 802.11 Wireless LAN Standard. URL: <https://www.ieee802.org/11/> (дата звернення: 16.05.2026).
- 18.Server-Shop. Мережеве обладнання. URL: <https://server-shop.ua/ua/network-equipment/> (дата звернення: 16.05.2026).
- 19.Як правильно вибрати мережеве обладнання // *Укрінформ*. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/3395359-ak-pravilno-vibrati-merezne-obladnanna.html (дата звернення: 16.05.2026).
- 20.Cisco Packet Tracer // Blog. URL: <http://nickshevtsov.blogspot.com/2017/10/cisco-packet-tracer.html> (дата звернення: 16.05.2026).