

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Інфокомунікацій _____
(повна назва)

Кафедра _____ Інформаційно-мережної інженерії _____
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

_____ Моделювання бездротової мережі розумного будинку _____
(тема)

Виконав:
здобувач 4 року навчання,
групи ТРІМІ-21-2
_____ Діана ЛЕВЧУК _____
(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 172 Телекомунікації та
радіотехніка
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Інформаційно-мережна
інженерія
(повна назва освітньої програми)

Керівник ст. викл. Галина ЛЯШЕНКО
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри _____ _____ Валерій БЕЗРУК _____
(підпис) (власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Не містить відомостей заборонених до відкритого публікування.

Студент / Діана Левчук /

Керівник / Галина Ляшенко /

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інфокомунікацій
 Кафедра Інформаційно-мережної інженерії
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
 Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
 (код і повна назва)
 Тип програми освітньо-професійна
 Освітня програма Інформаційно мережна інженерія
 (повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
 (підпис)
 « _____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Левчук Діані Дмитрівні
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Моделювання бездротової мережі розумного будинку

затверджена наказом університету від 23 травня 2025 р. № 410Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 23 травня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Провести моделювання мережі розумного будинку з використанням Cisco Packet Tracer.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

1. Аналіз технологій бездротового зв'язку, що застосовуються у розумному будинку.

2. Обґрунтування вибору топології та мережевого обладнання.

3. Розробка схеми розумного будинку з розміщенням пристроїв.

4. Моделювання мережі в середовищі Cisco Packet Tracer.

5. Оцінка працездатності та ефективності розробленої мережі.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) _____

1. Слайди презентації у Power Point

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ.	26.05-27.05.2025	виконано
2	Підбір літератури за темою роботи.	26.05-28.05.2025	виконано
3	Виконання розділу 1	29.05-31.05.2025	виконано
4	Виконання розділу 2	01.06-03.06.2025	виконано
5	Виконання розділу 3	04.06-06.06.2025	виконано
6	Виконання розділу 4	07.06-09.06.2025	виконано
7	Виконання розділу 5	10.06-13.06.2025	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	14.06-16.06.2025	виконано
9	Оформлення презентаційного матеріалу, підготовка до захисту у ЕК	17.06-23.06.2025	виконано

Дата видачі завдання 26 травня 2025 р.

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____ ст. викл. Галина Ляшенко
(підпис) (посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 81 с., 47 рис. , 2 табл., 22 джерел, 2 додатки

ІНФОКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, РОЗУМНИЙ БУДИНОК,
ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖІ, БЕЗДРОВОВА ТЕХНОЛОГІЯ, ІоТ,
МАРШРУТИЗАЦІЯ, CISCO PACKET TRACER

Об'єкт дослідження – інфокомунікаційна система розумного будинку, яка забезпечує бездротову взаємодію між інтелектуальними пристроями та надає можливість централізованого керування.

Мета роботи – проєктування ефективної бездротової мережі для системи «розумного будинку» з урахуванням вимог енергоефективності, надійності та безпеки.

У роботі проаналізовано сучасні технології бездротового зв'язку, що використовуються в мережах (Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth); досліджено архітектуру ІоТ-систем; обґрунтовано вибір мережевого обладнання для забезпечення стабільної роботи мережі; розроблено топологію мережі у середовищі Cisco Packet Tracer; змодельовано роботу системи з підтримкою віддаленого доступу. Проведено тестування працездатності мережі та надано рекомендації щодо підвищення її безпеки.

THE ABSTRACT

Explanatory note: 81 p., 47 fig., 2 tabl., 22 sources, 2 app.

INFOCOMMUNICATION NETWORK, SMART HOME, NETWORK DESIGN, WIRELESS TECHNOLOGY, IoT, ROUTING, CISCO PACKET TRACER

Object of research – an infocommunication system of a smart home that enables wireless interaction between intelligent devices and provides centralized control.

Purpose of the work – to design an efficient wireless network for a smart home system, taking into account the requirements of energy efficiency, reliability, and security.

The thesis analyzes modern wireless communication technologies used in networks (Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth); explores the architecture of IoT systems; justifies the selection of network equipment to ensure stable system operation; develops the network topology using Cisco Packet Tracer software; and simulates the system with support for remote access. Network performance testing was conducted, and recommendations for improving its security were provided.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- IoT – Internet of Things – інтернет речей;
- LAN – Local Area Network – локальна мережа;
- WAN – Wide Area Network – глобальна мережа;
- MAN – Metropolitan Area Network – міська мережа;
- PAN – Personal Area Network – персональна мережа;
- WPAN – Wireless Personal Area Network – бездротова персональна мережа;
- VPN – Virtual Private Network – віртуальна приватна мережа;
- SSID – Service Set Identifier – ідентифікатор набору послуг;
- QoS – Quality of Service – якість обслуговування;
- MAC – Media Access Control – контроль доступу до середовища;
- IP – Internet Protocol – інтернет-протокол;
- CLI – Command Line Interface – інтерфейс командного рядка;
- WAP – Wireless Access Point – бездротова точка доступу;
- BLE – Bluetooth Low Energy –блютуз з низьким енергоспоживанням;
- USB – Universal Serial Bus – універсальна послідовна шина;
- ACL – Access Control List – список керування доступом;
- RAID – Redundant Array of Independent Disks – надлишковий масив незалежних дисків;
- ATM – Asynchronous Transfer Mode – асинхронний режим передачі;
- SDN – Software Defined Networking – програмно-визначена мережа;
- PPTP – Point-to-Point Tunneling Protocol – протокол тунелювання «точка-точка»;
- TCP/IP – Transmission Control Protocol / Internet Protocol – протоколи передачі даних TCP/IP;
- SFF – Small Form Factor – малий форм-фактор;
- LFF – Large Form Factor – великий форм-фактор;
- UCS – Unified Computing System – уніфікована обчислювальна система;
- SFP – Small Form-factor Pluggable – модуль малого форм-фактора;
- WPS – Wi-Fi Protected Setup – захищене налаштування Wi-Fi

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МЕРЕЖІ.....	11
1.1 Визначення мережі.....	11
1.2 Класифікація мереж.....	12
1.2.3 Міська мережа.....	16
1.2.4 Глобальна мережа.....	18
1.3 Поняття інтернет речей (IoT).....	20
1.4 Поняття «розумний будинок».....	21
1.5 Ключові складові системи «розумний будинок».....	22
1.6 Основні технології бездротового зв'язку у розумних будинках.....	25
1.6.1 Z-Wave.....	25
1.6.2. Zigbee.....	26
1.6.3. Wi-Fi.....	26
1.6.4. Bluetooth.....	27
1.7 Безпека у розумному будинку.....	27
2 ВИБІР МЕРЕЖНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	30
2.1 Огляд мережного обладнання.....	30
2.2 Вибір мережевого обладнання.....	32
3 ПРОЄКТУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ У CISCO PACKET TRACER.....	40
3.1 Опис програми «Cisco Packet Tracer».....	40
3.2 Схема будинку з розміщенням обладнання.....	41
3.3 Моделювання в Cisco Packet Tracer.....	43

	9
4 ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ.....	59
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66
ДОДАТОК А.....	68
ДОДАТОК Б	80

ВСТУП

У сучасному світі інформаційні технології займають ключову позицію у розвитку багатьох сфер людської діяльності. Однією з найдинамічніших галузей є створення та впровадження концепції «розумного будинку» – системи автоматизації житла, що забезпечує підвищення комфорту, безпеки та енергоефективності за допомогою сучасних технологій.

Актуальність обраної теми полягає в стрімкому зростанні попиту на інтелектуальні системи управління будинком та потребі у розробці ефективних бездротових мереж, що об'єднують різноманітні пристрої: системи безпеки, освітлення, клімат-контролю, мультимедійні комплекси тощо. Безпроводні технології дозволяють мінімізувати витрати на прокладання кабельної інфраструктури та спрощують процес модернізації систем.

Метою даної дипломної роботи є розробка проекту бездротової мережі для розумного будинку, що відповідає сучасним вимогам надійності, безпеки та енергоефективності.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

- аналіз сучасних технологій бездротового зв'язку для розумних будинків;
- розробка оптимальної топології мережі для заданих умов;
- моделювання роботи мережі та оцінка її ефективності;
- розробка заходів щодо забезпечення безпеки передавання даних;

Об'єктом дослідження є система бездротової передачі даних у розумному будинку.

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МЕРЕЖІ

1.1 Визначення мережі

Мережевий зв'язок – це електронне з'єднання комп'ютерів з метою обміну інформацією. Такі ресурси, як файли, програми, принтери та програмне забезпечення, є загальною інформацією, що використовується в мережі. Переваги мережевого зв'язку чітко проявляються з точки зору безпеки, ефективності, керованості та економічної ефективності, оскільки це дозволяє співпрацю між користувачами в широкому діапазоні. По суті, мережа складається з апаратних компонентів, таких як комп'ютер, концентратори, комутатори, маршрутизатори та інші пристрої, які формують мережеву інфраструктуру. Це пристрої, які відіграють важливу роль у передачі даних з одного місця в інше за допомогою різних технологій, таких як радіохвилі та дроти [1].

У сфері комп'ютерних мереж розрізняють численні архітектурні рішення, проте домінуючими є концепції локальних (LAN) та глобальних (WAN) мереж. Локальна обчислювальна мережа (LAN) визначається як система взаємопов'язаних обчислювальних пристроїв, що функціонують у географічно обмеженому середовищі, типовими прикладами якого є житлові, корпоративні або освітні об'єкти. На відміну від неї, глобальна обчислювальна мережа (WAN) характеризується значно ширшим територіальним покриттям, що може охоплювати межі мегаполісів, держав або навіть світові масштаби. Принциповим є те, що глобальні мережі формуються інтеграцією та взаємозв'язком однієї або кількох локальних мереж.

У мережах, де функціонує багато підключених пристроїв, критично важливо уникати колізій даних – ситуацій, коли пристрої одночасно намагаються передавати інформацію одним каналом. Для ефективного виявлення та запобігання таким колізіям використовується спеціальний набір правил, відомий як множинний доступ з визначенням колізій (CSMA/CD).

1.2 Класифікація мереж

Комп'ютерні мережі можна ефективно описати, виходячи з їхнього масштабу та функціонального призначення. Масштаб мережі, у свою чергу, оцінюється двома основними параметрами: географічною площею, яку вона охоплює, та загальною кількістю обчислювальних пристроїв, що є її складовою. Таким чином, мережі можуть мати діапазон від невеликих систем, що об'єднують декілька пристроїв в одній кімнаті, до глобальних інфраструктур, що включають мільйони пристроїв по всій планеті [1].

1.2.1 Персональна мережа

Персональна мережа (PAN) – це комп'ютерна мережа невеликого масштабу, що об'єднує електронні пристрої в безпосередній близькості від окремого користувача. Радіус дії такої мережі зазвичай не перевищує 10 метрів (33 фути), що зумовлює її назву. До типових компонентів PAN належать персональні комп'ютери, смартфони, планшети, принтери, а також різноманітні периферійні та розважальні пристрої, як-от клавіатури, навушники чи ігрові консолі [2].

Залежно від методу з'єднання, персональні мережі поділяються на два основні типи.

1) Бездротова персональна мережа (WPAN). Цей різновид PAN використовує бездротові технології для взаємодії між пристроями. Серед найпоширеніших стандартів WPAN варто виділити Bluetooth, інфрачервоний зв'язок, ZigBee та надширокосмуговий зв'язок. Класичним прикладом WPAN є бездротове сполучення між Bluetooth-навушниками та мобільним телефоном (рис. 1.1).

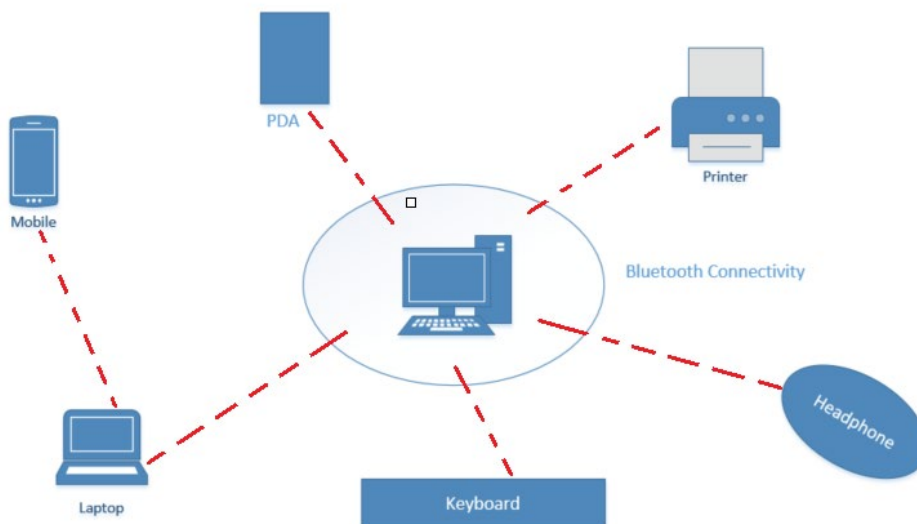


Рисунок 1.1 – Бездротова персональна мережа

2) Дротова персональна мережа. У таких мережах пристрої з'єднуються за допомогою фізичних кабелів. Основними інтерфейсами для дротових PAN є USB (універсальна послідовна шина) та FireWire (рис. 1.2).

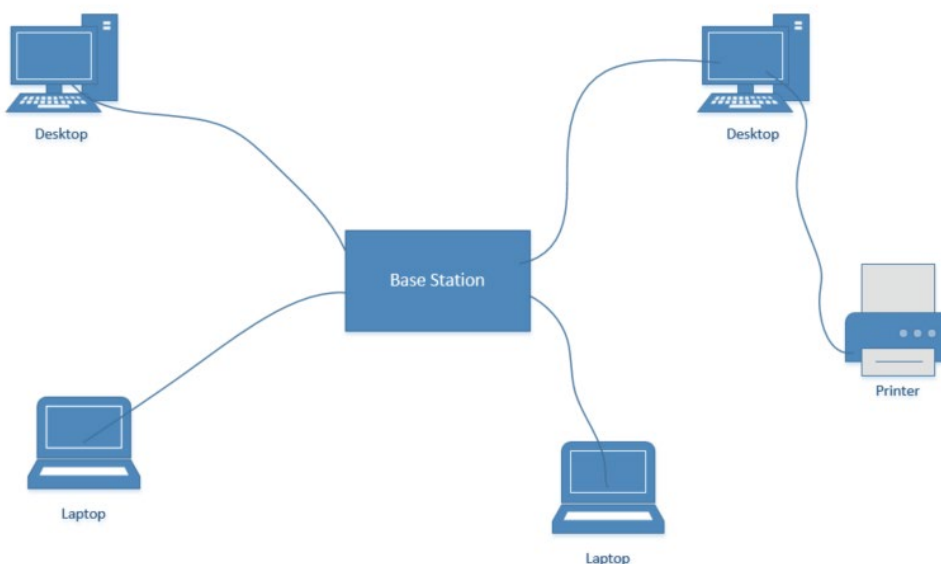


Рисунок 1.2 – Дротова персональна мережа

Хоча пристрої в межах PAN ефективно обмінюються даними між собою, персональні мережі зазвичай не забезпечують прямого доступу до Інтернету, оскільки вони, як правило, не включають маршрутизатор. Однак, доступ до глобальної мережі може бути реалізований опосередковано: один із пристроїв PAN (наприклад, стаціонарний комп'ютер або ноутбук) може бути підключений до локальної мережі (LAN), яка вже має вихід до Інтернету. Таким чином, наприклад, бездротова миша та навушники можуть бути підключені до комп'ютера в рамках PAN, тоді як сам комп'ютер забезпечує зв'язок із зовнішнім світом.

1.2.2 Локальна мережа

Локальна мережа (LAN) – це комп'ютерна мережа, що об'єднує електронні пристрої в межах обмеженої фізичної області (наприклад, офісу, будівлі чи приватного будинку). Її ключове призначення полягає в забезпеченні спільного доступу до ресурсів (файлів, принтерів, інтернет-з'єднання) між усіма підключеними пристроями (рис. 1.3). Сучасні LAN характеризуються високою швидкістю передачі даних (від 10 Мбіт/с до понад 100 Мбіт/с). Типовими архітектурними конфігураціями (топологіями) є шина, кільце та зірка [3].

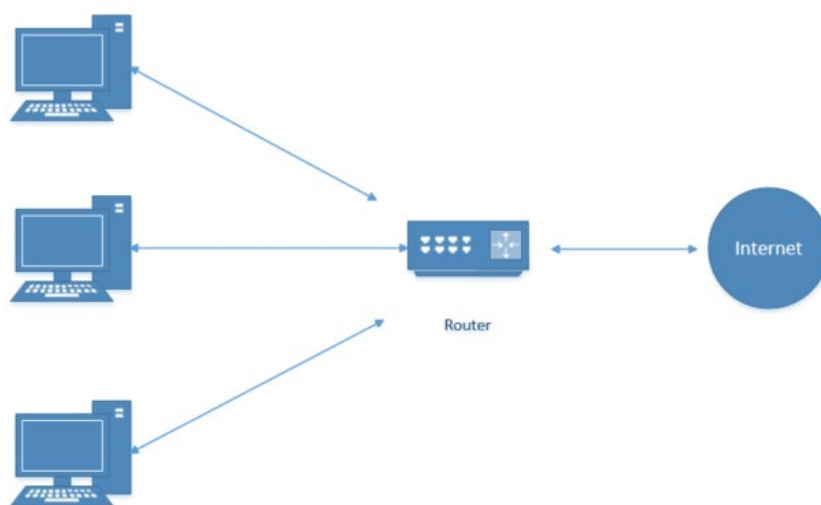


Рисунок 1.3 – Локальна мережа

Функціональність LAN базується на наступних характеристиках:

- обмежене географічне покриття: LAN охоплює порівняно невелику територію, як правило, не виходячи за межі однієї будівлі або кампусу;
- висока пропускна здатність: мережа забезпечує значну швидкість обміну даними;
- ресурсний доступ: пристрої можуть спільно використовувати апаратні (принтери) та програмні (файли, Інтернет) ресурси;
- контрольована безпека: приватний характер LAN дозволяє здійснювати ефективний контроль доступу до мережевих ресурсів, підвищуючи рівень безпеки.

Для забезпечення функціонування локальної мережі необхідна взаємодія таких елементів:

- мережеві вузли (пристрої): будь-які підключені до мережі апаратні засоби (комп'ютери, принтери, смартфони);
- комутатори: пристрої, що керують потоком даних у межах LAN, спрямовуючи трафік до потрібного отримувача;
- маршрутизатори: забезпечують зв'язок LAN з глобальною мережею (Інтернетом);
- фізичні або бездротові середовища передачі: кабелі (наприклад, Ethernet) або бездротові інтерфейси (Wi-Fi), що фізично або бездротово з'єднують пристрої;
- мережеві інтерфейсні карти (NIC): адаптери, встановлені в кожному пристрої для забезпечення підключення до мережі.

Залежно від функціонального розподілу ролей, локальні мережі поділяються на:

- клієнт-серверна LAN: характеризується наявністю центрального сервера, який керує ресурсами, програмами та трафіком для підключених клієнтів. Ця архітектура є типовою для середнього та великого бізнесу, урядових та освітніх установ, де важливе централізоване керування та безпека;

– однорангова LAN (P2P): відсутність центрального сервера. Усі пристрої мають рівноправний статус і спільно використовують ресурси. Цей тип LAN є менш масштабованим і частіше зустрічається у домашніх мережах.

1.2.3 Міська мережа

Міська мережа (MAN) – це тип комп'ютерної мережі, яка охоплює географічну територію, більшу за локальну мережу (LAN), але меншу за глобальну мережу (WAN). Вона призначена для з'єднання пристроїв і мереж у межах одного великого міста, групи міст чи селищ, або будь-якої значної території з кількома будівлями. Важливо зазначити, що термін «метропольна» вказує на масштаб мережі, а не обов'язково на її розташування в урбанізованому районі. MAN зазвичай складається з взаємопов'язаних локальних мереж (LAN), що робить її ефективнішою за WAN, оскільки дані передаються на менші відстані (рис. 1.4) [5].

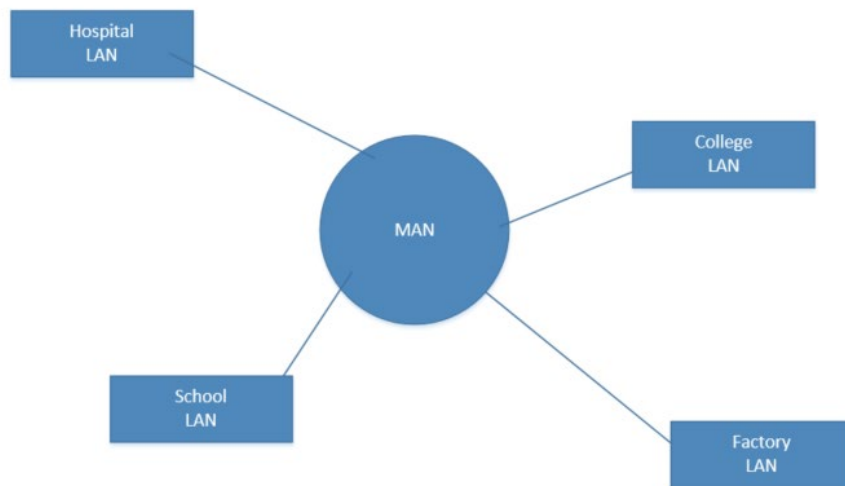


Рисунок 1.4 – Міська мережа

На відміну від мереж, що управляються однією організацією, MAN часто об'єднують мережі кількох незалежних організацій, сприяючи міжорганізаційній комунікації та обміну даними.

Хоча формальне визначення MAN, що базується на стандарті IEEE 802.6, вже застаріло, термін «метропольна мережа» може мати кілька значень у різних контекстах:

- з'єднання LAN на території кампусу або промислового комплексу: кілька локальних мереж можуть бути об'єднані високошвидкісною магістраллю в межах одного великого об'єкта.
- загальноміська мережа: мережа, що об'єднує кілька локальних мереж у межах одного міста для потреб уряду або певної галузі.
- проміжний масштаб: будь-яка мережа, що перевершує за розміром LAN, але поступається WAN.

Архітектура MAN – це складна структура, що забезпечує надійний, масштабований та ефективний зв'язок у міських масштабах. В її основі лежить взаємозв'язок локальних мереж (LAN) за допомогою високопродуктивних магістральних технологій, які переважно використовують волоконно-оптичні кабелі для високошвидкісної передачі даних.

Структурні компоненти:

- технології магістральних мереж. Магістраль MAN формується за допомогою високошвидкісного середовища передачі даних. Волоконно-оптичні кабелі є найбільш поширеними завдяки їхній здатності передавати великі обсяги даних на значні відстані з мінімальними втратами сигналу;
- використання «темного волокна». Часто для побудови MAN застосовується «темне волокно» (dark fiber) – вже прокладені, але невикористані оптоволоконні кабелі. Оренда темного волокна дозволяє організаціям суттєво зменшити витрати та складність розгортання мережевої інфраструктури. Модель може бути і зворотною, коли міська влада будує та обслуговує волоконно-оптичну мережу, а потім здає «темне волокно» в оренду приватним компаніям;
- точки з'єднання. MAN характеризуються наявністю спеціальних точок, де сходяться окремі локальні мережі. Ці точки оснащені мережевими обладнаннями, таким як комутатори та маршрутизатори, які управляють трафіком даних, забезпечуючи їх ефективну маршрутизацію та передачу по всій мережі.

Вибір магістральної технології безпосередньо впливає на продуктивність, надійність та масштабованість MAN. Волоконно-оптичні рішення пропонують переваги у вигляді високої швидкості передачі, низької затримки та стійкості до електромагнітних перешкод, що робить їх ідеальними для магістралі MAN. Розгортання «темного волокна» забезпечує економічно ефективний спосіб швидкого розширення ємності мережі без необхідності будівництва нової інфраструктури.

1.2.4 Глобальна мережа

Глобальна мережа (WAN) є телекомунікаційною інфраструктурою, що охоплює значні географічні простори. Її основне призначення – об'єднання віддалених підрозділів організацій, таких як штаб-квартири, філії, центри обробки даних та інша критично важлива інфраструктура, розташована на великих відстанях, зокрема між континентами (рис. 1.5). Найбільш масштабним і відомим прикладом WAN є Інтернет, що є інтегрованою сукупністю численних менших мереж у глобальному масштабі [7].

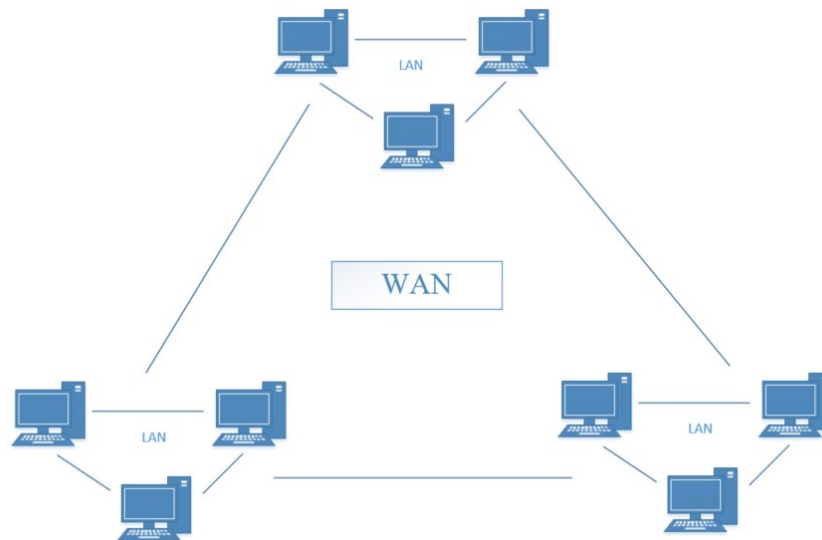


Рисунок 1.5 – Глобальна мережа

Еволюція WAN почалася у 1950-х роках і супроводжувалася впровадженням передових комунікаційних технологій, включаючи асинхронний режим передачі (ATM), комутацію пакетів та програмно-визначені мережі (SDN). Сьогодні WAN відіграють ключову роль у функціонуванні більшості сучасних підприємств, забезпечуючи ефективний обмін інформацією та ресурсами в умовах глобального охоплення.

Архітектурно глобальні мережі формуються шляхом інтеграції численних локальних мереж (LAN), що дозволяє пристроям, підключеним до цих LAN, обмінюватися інформацією та ресурсами через постачальника послуг. WAN забезпечують зв'язок та обмін даними між пристроями по всьому світу, що робить їх незамінними для міжнародних організацій, дозволяючи їм безперешкодно виконувати щоденні операції незалежно від фізичного розташування співробітників.

Зазвичай WAN створюються та управляються постачальниками телекомунікаційних послуг, які надають доступ до своїх мереж підприємствам, освітнім установам, державним секторам та індивідуальним користувачам. Доступ до WAN може здійснюватися через різноманітні канали, включаючи віртуальні приватні мережі (VPN), виділені лінії, бездротові та стільникові мережі, а також через Інтернет.

Функціонування WAN базується на моделі взаємодії відкритих систем (OSI), що забезпечує стандартизацію телекомунікаційних процесів. Ключовими елементами обміну даними в WAN є:

- пакети даних. Невеликі одиниці інформації, що містять як власне дані, так і службову інформацію для маршрутизації (джерело, призначення);
- маршрутизатори та маршрутизація. Пристрої або програмні компоненти, що спрямовують пакети даних оптимальними шляхами через мережу, використовуючи інформацію, що міститься у пакетах;
- кінцеві точки. Фізичні пристрої (комп'ютери, смартфони, сервери), підключені до мережі та здатні обмінюватися даними.

WAN-мережі переважно поділяються на два основні типи за принципом підключення кінцевих точок.

1. Комутовані глобальні мережі. Характеризуються використанням спільної мережевої інфраструктури (наприклад, стільникових веж або центральних комутаційних станцій) для підключення пристроїв. Ці мережі часто застосовують технології, такі як асинхронний режим передачі (ATM), що оперує пакетами фіксованого розміру. Комутовані WAN є оптимальними для високошвидкісної, надійної передачі даних з низькою затримкою, що є критично важливим для багатьох сучасних застосунків реального часу.

2. Точкові глобальні мережі (Point-to-Point WAN). У цій архітектурі дві LAN з'єднуються за допомогою виділеної лінії, яка є приватним з'єднанням, зазвичай орендованим у телекомунікаційного провайдера. Це забезпечує ексклюзивне та приватне використання каналу з фіксованою пропускною здатністю. Сучасні підприємства активно використовують точкові WAN для створення приватних, високошвидкісних з'єднань між віддаленими офісами. Ці мережі функціонують на основі протоколу тунелювання точка-точка (PPTP), який сприяє встановленню віртуальних приватних мереж (VPN) та дозволяє безпечну передачу даних між віддаленими клієнтами та серверами за допомогою протоколу TCP/IP.

1.3 Поняття інтернет речей (IoT)

Інтернет речей (IoT) являє собою інтегровану систему, що складається з фізичних обчислювальних пристроїв, механічних об'єктів та цифрового обладнання, які взаємодіють між собою та зовнішнім середовищем через глобальну мережу Інтернет. Ці об'єкти, часто іменовані «розумними пристроями», відіграють центральну роль у домашній автоматизації, дозволяючи керувати побутовою технікою. Це включає можливість дистанційного програмування та контролю складних інженерних систем, таких як опалення та освітлення, а також систем сигналізації та забезпечення домашньої безпеки. Кожен пристрій в системі IoT має власну IP-адресу, що дозволяє йому автономно збирати, обробляти та передавати дані через мережу. Важливою особливістю цих об'єктів є їхня здатність до взаємодії із зовнішнім середовищем за допомогою

вбудованих технологій, що дає їм змогу приймати рішення без постійної прямої участі людини [8].

Основний вплив IoT на розумний будинок полягає у забезпеченні безперервного зв'язку та взаємодії між різними елементами. Завдяки IoT, побутові прилади, сенсори, системи освітлення, опалення, вентиляції та безпеки стають «підключеними речами», які можуть обмінюватися даними.

Завдяки IoT, «розумні» концепції можуть автоматично контролювати освітлення, змінюючи налаштування або вимикаючи світло за відсутності людей, регулювати температуру, керувати поливом газону, відстежувати стан техніки. Це значно підвищує зручність та економить час.

Підключення пристроїв до інтернету дає змогу керувати ними з будь-якої точки світу через мобільні додатки або веб-інтерфейси. Це означає, що користувач може перевірити статус камер безпеки, увімкнути кондиціонер дорогою додому або перекрити водопостачання у випадку витоків, що значно покращує контроль над житлом.

IoT-пристрої постійно збирають величезні обсяги даних про навколишнє середовище (температуру, вологість, якість повітря), використання ресурсів (споживання електроенергії, води) та поведінку мешканців (шаблони присутності). Ці дані є паливом для подальшої оптимізації та персоналізації системи.

1.4 Поняття «розумний будинок»

Розумний будинок – це комплексна, інтегрована система автоматизації житлового простору, що об'єднує та координує роботу різноманітних інженерних систем і побутових приладів. Головною метою цієї системи є підвищення комфорту, безпеки, енергоефективності та загальної якості життя мешканців завдяки автоматизації рутинних процесів і забезпеченню можливості дистанційного керування [22].

Історія поняття «розумний будинок» сягає кількох десятиліть, коли він використовувався для опису житла з контрольованими схемами

енергоспоживання. Такі системи автоматизації спрощували повсякденне життя, що було особливо цінним для людей похилого віку або з обмеженими можливостями. Сьогодні концепція «розумного будинку» значно розширилася, охоплюючи широкий спектр технологій та застосувань, інтегрованих в єдиний простір [10].

1.5 Ключові складові системи «розумний будинок»

Система «розумний будинок» являє собою комплексну інженерно-технічну інфраструктуру, призначену для автоматизації та інтелектуального управління різноманітними аспектами житлового середовища. Її метою є підвищення комфорту, безпеки, енергоефективності та загальної якості життя мешканців. Структурно, система «розумний будинок» складається з п'яти основних функціональних груп, кожна з яких відповідає за конкретний аспект управління житловим простором.

1. Керування мікрокліматом

Ця група забезпечує створення та підтримання оптимальних кліматичних умов у приміщенні. Вона включає в себе управління:

- опалення (регулювання температури радіаторів та теплої підлоги);
- вентиляція (забезпечення притоку свіжого повітря);
- кондиціонування (управління температурою);
- зволоження (підтримання оптимального рівня вологості);
- фільтрація повітря (забезпечення чистоти повітря в приміщенні).

Інтелектуальні системи клімат-контролю працюють на основі заданих алгоритмів, що дозволяють підтримувати оптимальні параметри мікроклімату з мінімальними енерговитратами.

Наприклад, система може автоматично знижувати температуру в приміщенні під час відсутності мешканців або вночі.

2. Керування освітленням

Ця група відповідає за управління всіма типами освітлення в житловому середовищі:

- природним освітленням (автоматичне регулювання положення жалюзі, ролетів та штор для оптимізації використання денного світла);
- штучним освітленням (регулювання яскравості та кількості увімкнених освітлювальних приладів в залежності від часу доби, погодних умов та потреб мешканців);
- створення динамічних світлових сценаріїв.

Система використовує різноманітні датчики для автоматичного керування освітленням, що забезпечує комфорт, енергозбереження та подовжує термін служби освітлювальних приладів.

3. Система безпеки

Ця група забезпечує захист житла від різноманітних загроз.

1)Захист від проникнення. Використання датчиків руху, об'єму, камер відеоспостереження та систем сигналізації для виявлення та запобігання проникненню.

2)Захист від витоку води та газу. Використання відповідних сенсорів для виявлення витоків та автоматичного перекриття подачі води або газу.

3)Пожежна безпека. Використання датчиків диму та температури для виявлення пожежі та активації системи пожежогасіння.

4)Система відеоспостереження. Забезпечення візуального контролю за приміщенням та прилеглою територією.

5)Забезпечення можливості швидкого виклику допомоги у надзвичайних ситуаціях.

4. Керування системами мультимедіа

Ця група забезпечує інтегроване управління розважальними системами в будинку:

- система багатозонного розподілу аудіо та відео;
- централізоване зберігання та відтворення мультимедійного контенту;
- управління аудіо- та відеообладнанням для створення ефекту кінотеатру в домашніх умовах.

5. Керування побутовою технікою та електромережею

Ця група забезпечує інтелектуальне управління електроживленням та побутовими приладами:

- автоматичне вмикання/вимикання приладів за розкладом або за певних умов;
- дистанційне керування побутовими приладами (пральні машини, посудомийні машини, тощо);
- встановлення таймерів для подачі електроенергії до окремих приладів.

Ця система дозволяє оптимізувати енергоспоживання та підвищити безпеку використання електроприладів.

Окрім функціональних груп, у структурі «розумного будинку» можна виділити наступні основні вузли.

- Сенсори та датчики. Пристрої, що реагують на зміни умов навколишнього середовища (освітлення, температура, рух, тощо).
- Відеокамери. Пристрої для візуального спостереження.
- Прилади автоматичного контролю (ПАК). Контролери та процесори, які аналізують дані з датчиків та приймають рішення щодо відповідної реакції системи.
- Виконавчі механізми та пристрої. Пристрої, що виконують команди від ПАК (засувки, заслінки, регулятори, тощо).
- Активне мережеве обладнання. Забезпечує зв'язок між компонентами системи (дротове та бездротове).
- Силова кабельна мережа та засоби безперебійного живлення. Забезпечують електроживлення системи.
- Розподільне та комутаційне обладнання. Забезпечує розподіл електроенергії та комутацію сигналів.
- Центральний комп'ютер або сервер. Забезпечує координацію всіх компонентів системи, збір та зберігання даних.

1.6 Основні технології бездротового зв'язку у розумних будинках

Ефективне та гнучке функціонування сучасного «розумного будинку» нерозривно пов'язане з використанням надійних бездротових технологій зв'язку. Ці технології дозволяють різноманітним пристроям взаємодіяти між собою без необхідності прокладання складних кабельних мереж, що значно спрощує встановлення, розширює можливості масштабування системи та покращує естетику житлового простору. Вибір конкретної технології або їх комбінації залежить від низки факторів, включаючи вимоги до енергоспоживання, радіусу дії, вартості, зручності використання, можливостей розширення та сумісності між пристроями.

1.6.1 Z-Wave

Z-Wave позиціонується як високоенергоєфективне рішення, що робить його одним з найкращих виборів для реалізації функцій енергозбереження у розумних будинках. Цей протокол вирізняється своєю здатністю інтегрувати пристрої від різних виробників, що значно розширює вибір обладнання для користувачів та дозволяє створювати гнучкі та індивідуалізовані системи. Така інтероперабельність є значною перевагою, дозволяючи уникнути «прив'язки» до однієї екосистеми.

Робота Z-Wave відбувається на нижчих радіочастотах порівняно з Wi-Fi (наприклад, 868 МГц у Європі), що забезпечує меншу схильність до перешкод від інших бездротових побутових приладів. Це також сприяє кращому проникненню сигналу крізь стіни та інші перешкоди, що підвищує надійність зв'язку в межах будинку. Технологія Z-Wave підтримує mesh-мережу, де кожен пристрій може виступати ретранслятором сигналу для інших, тим самим розширюючи загальний радіус дії та забезпечуючи більшу стабільність системи. Це робить Z-Wave також привабливим для комерційних інсталяцій, де надійність є критично важливою [13].

1.6.2. Zigbee

Zigbee є ідеальним варіантом для розгортання систем «розумного будинку», особливо коли користувач віддає перевагу використанню пристроїв від одного виробника або шукає рішення з оптимальним співвідношенням ціни та енергоспоживання. Цей протокол, що базується на стандарті IEEE 802.15.4, характеризується надзвичайно низьким енергоспоживанням, дозволяючи датчикам та невеликим виконавчим пристроям працювати від батарей протягом тривалого часу – часто роками.

Як і Z-Wave, Zigbee використовує mesh-топологію мережі, що дозволяє кожному пристрою (крім кінцевих пристроїв на батарейках) діяти як ретранслятор. Це суттєво розширює радіус дії мережі та підвищує її відмовостійкість, оскільки сигнал може знаходити альтернативні шляхи для передачі. Незважаючи на те, що Zigbee працює на загальноновживаній частоті 2.4 ГГц, що може іноді призводити до інтерференції з Wi-Fi, його спеціалізація на IoT-пристроях забезпечує високу масштабованість та ефективну роботу з великою кількістю компонентів [15].

1.6.3. Wi-Fi

Wi-Fi (Wireless Fidelity) є найбільш поширеною бездротовою технологією у сучасних домогосподарствах, що базується на стандартах IEEE 802.11. Її головними перевагами у контексті «розумного будинку» є виняткова простота використання та широкий радіус дії, що дозволяє легко інтегрувати пристрої у вже існуючу домашню мережу.

Wi-Fi забезпечує високу пропускну здатність, що робить його ідеальним для «розумних» пристроїв, які передають значні обсяги даних. До таких пристроїв належать IP-камери відеоспостереження високої роздільної здатності, мультимедійні системи та смарт-телевізори. Однак, порівняно з Zigbee та Z-Wave, Wi-Fi характеризується вищим енергоспоживанням, що робить його менш придатним для пристроїв, які живляться від батарей та вимагають тривалої автономної роботи. Також велика кількість Wi-Fi пристроїв у одній мережі може створювати навантаження на маршрутизатор.

1.6.4. Bluetooth

Bluetooth – це технологія бездротового зв'язку короткого радіусу дії, що знаходить своє застосування у «розумних будинках» завдяки своїй доступності та постійно зростаючій енергоефективності, особливо у версії Bluetooth Low Energy (BLE). BLE оптимізовано для мінімального споживання енергії, що дозволяє пристроям працювати від невеликих батарей протягом значного часу.

Ця технологія є вигідним рішенням з точки зору вартості, що робить її привабливою для недорогих датчиків, смарт-трекерів та деяких розумних замків, що взаємодіють зі смартфоном користувача. Хоча традиційний Bluetooth мав обмежений радіус дії та топологію «точка-точка», розвиток Bluetooth Mesh дозволив пристроям створювати сіткову мережу, збільшуючи охоплення та надійність. Це розширило сферу застосування Bluetooth у домашній автоматизації, дозволяючи йому конкурувати з іншими протоколами у сегменті малопотужних пристроїв.

Вибір оптимальної технології бездротового зв'язку для «розумного будинку» – це збалансоване рішення, що враховує унікальні характеристики кожного протоколу. Сучасні системи часто використовують комбінації цих технологій, інтегруючи їх за допомогою центральних контролерів, щоб максимізувати ефективність, сумісність та зручність для кінцевого користувача.

1.7 Безпека у розумному будинку

Кожен IoT-пристрій, підключений до домашньої мережі, є потенційною точкою входу для кібератак. У «розумному будинку» це може бути що завгодно: від «розумної» лампочки чи пилососа до камери відеоспостереження. Чим більше пристроїв, тим більша поверхня атаки – сукупність можливих вразливостей, які можуть бути використані зловмисниками.

Збір даних про рух мешканців, їхні голосові команди, шаблони сну, споживання ресурсів, стан здоров'я – все це може бути скомпрометовано. Витік такої інформації може призвести до шантажу, стеження або несанкціонованого

використання особистих даних. Компрометація систем безпеки (замків, сигналізацій, камер) може відкрити шлях до фізичного проникнення у житло.

Зловмисники можуть змінювати налаштування опалення/охолодження, вмикати/вимикати прилади, що може призвести до дискомфорту, значних енергетичних втрат або навіть небезпечних ситуацій (наприклад, перегрів приладів). Прямі фінансові втрати можуть бути пов'язані з крадіжками, пошкодженням майна або оплатою завищених рахунків за енергію внаслідок зловмисних дій.

Проблеми безпеки в «розумних будинках» часто виникають через:

- слабкі налаштування безпеки за замовчуванням. Багато пристроїв постачаються з простими паролями або без них, які користувачі рідко змінюють;
- відсутність регулярних оновлень прошивки (firmware). Виробники можуть не випускати оновлення безпеки, або користувачі не встановлюють їх, залишаючи пристрої вразливими до загроз;
- багато споживачів не усвідомлюють ризиків, пов'язаних з IoT-пристроями, і не вживають базових заходів захисту;
- деякі малопотужні IoT-пристрої не мають достатніх ресурсів для реалізації складних криптографічних алгоритмів;
- ненадійне хмарне сховище. Якщо дані зберігаються у хмарних сервісах, їх безпека залежить від захисту цих сервісів.

Для забезпечення безпеки «розумного будинку» необхідний комплексний підхід, що включає зусилля як виробників, так і користувачів:

1) Безпека на етапі проєктування: розробники повинні інтегрувати безпекові функції на всіх етапах життєвого циклу продукту – від проєктування до впровадження, використання надійних криптографічних протоколів для шифрування даних під час передачі та зберігання, реалізація надійних механізмів аутентифікації та авторизації, вбудовані функції для легкого оновлення прошивки пристроїв.

2) Заходи безпеки для користувачів:

- необхідно змінювати паролі за замовчуванням на складні, унікальні комбінації;

- встановлювати всі доступні оновлення безпеки для пристроїв та маршрутизатора;
- використання міцного Wi-Fi пароля та WPA3 шифрування, захист домашньої бездротової мережі;
- розділення домашньої мережі на кілька сегментів (наприклад, окрема мережа для IoT-пристроїв) може обмежити потенційні збитки у разі компрометації одного пристрою;
- обмеження доступу до хмарних сервісів;
- використання двофакторної аутентифікації.

2 ВИБІР МЕРЕЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Комунікація між різними мережевими сегментами може бути класифікована за принципом їх географічного розташування. У випадку локального взаємозв'язку, коли мережі знаходяться на одній фізичній території, для забезпечення їх функціонального об'єднання є достатнім застосування стандартного мережевого обладнання, такого як концентратори, комутатори та маршрутизатори, що забезпечують фізичний рівень з'єднання. Проте, концепція взаємозв'язку також поширюється на віддалені мережі, що потребує інших підходів до їх інтеграції [16].

2.1 Огляд мережного обладнання

Комутатор (Switch) - це мережевий пристрій, призначений для з'єднання комп'ютерів та інших мережевих пристроїв в межах однієї локальної мережі. Він забезпечує швидкий обмін даними, використовуючи технологію комутації пакетів. Це означає, що комутатор розумно направляє кожен пакет даних до потрібного пристрою, а не розсилає його по всій мережі, значно зменшуючи навантаження та підвищуючи ефективність.

Більшість комутаторів мають від 4 до 48 портів, що дозволяє підключати численні пристрої. Існують два основні типи комутаторів:

- керовані комутатори надають адміністраторам мережі повний контроль над налаштуваннями, дозволяючи оптимізувати трафік, встановлювати правила безпеки (наприклад, за допомогою VLAN) та моніторити роботу мережі;
- некеровані комутатори є простішими у використанні, не вимагають додаткових налаштувань і ідеально підходять для домашнього використання або невеликих офісів.

Комутатори підтримують різні стандарти мережевих протоколів, такі як Ethernet, Fast Ethernet і Gigabit Ethernet, забезпечуючи високу швидкість передачі даних. Завдяки ефективній передачі даних та можливостям контролю доступу,

комутатори є ключовим компонентом для побудови стабільних і безпечних локальних мереж.

Маршрутизатор (Router). Це мережевий пристрій, який використовується для з'єднання комп'ютерних мереж та передачі даних між ними. Він дозволяє забезпечити маршрутизацію пакетів даних між різними мережами, тобто визначенням найкоротшого шляху для передачі даних від одного пристрою до іншого.

Маршрутизатори оснащені кількома мережевими інтерфейсами, що дозволяє підключати їх до різних мереж. Вони вміють працювати з різноманітними протоколами маршрутизації (наприклад, OSPF, RIP, BGP), які допомагають їм знаходити оптимальні маршрути. Крім того, багато маршрутизаторів мають вбудовані функції безпеки, такі як VPN, що забезпечують захист мережі від несанкціонованого доступу.

Завдяки маршрутизаторам мережевий трафік може бути рівномірно розподілений між різними сегментами, що знижує навантаження на кожен з них. Вони також відіграють ключову роль у забезпеченні доступу до Інтернету, підключаючи локальні мережі до провайдерів.

Керування маршрутизатором зазвичай здійснюється через веб-інтерфейс або командний рядок. Адміністратори мережі можуть легко налаштовувати такі параметри, як IP-адреси, таблиці маршрутизації та VPN-тунелі.

Загалом, маршрутизатори є критично важливими компонентами мережевої інфраструктури. Вони гарантують надійну та ефективну передачу даних між різними мережами, допомагають зменшити навантаження та підвищити безпеку мережевого обміну даними.

При виборі активного і пасивного мережного обладнання необхідно враховувати деякі мінімальні вимоги, серед яких можуть бути:

- швидкість передачі даних: мережне обладнання повинно мати достатню пропускну здатність, щоб забезпечити швидку передачу даних;
- кількість портів: мережне обладнання повинно мати достатню кількість портів для підключення всіх пристроїв;

- підтримка стандартів: мережне обладнання повинно підтримувати стандарти мережного з'єднання, такі як Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth і т. д.;
- надійність: мережне обладнання повинно бути надійним і забезпечувати безперебійну роботу мережі;
- масштабованість: мережне обладнання повинно бути масштабованим, щоб забезпечити можливість розширення мережі в майбутньому;
- сумісність: мережне обладнання повинно бути сумісним з іншими компонентами мережі, щоб забезпечити безперебійну роботу системи в цілому;
- зручність управління: мережне обладнання повинно мати зручний і простий інтерфейс управління, щоб забезпечити легку конфігурацію та моніторинг мережі;

2.2 Вибір мережевого обладнання

Різні компанії, які продають мережеве обладнання мають свої невеликі відмінності між собою. Отже, для уникнення різних проблем найкращим варіантом буде використання обладнання від однієї фірми.

На рисунку 2.1 зображено маршрутизатор Cisco2811



Рисунок 2.1 – Маршрутизатор Cisco2811

Маршрутизатори Cisco 2800 серії належать до лінійки інтегрованих сервісних маршрутизаторів (ISR) і призначені для забезпечення безпечної та

високошвидкісної передачі даних, голосу та відео. Ці пристрої оптимізовані для роботи на швидкості каналу зв'язку, що робить їх ідеальними для конвергентних мереж. Важливою особливістю цих маршрутизаторів є вбудовані засоби апаратного прискорення шифрування, які підтримують стандарти DES, 3DES, AES 128, AES 192 та AES 256. Ця функціональність активується у версіях Cisco IOS Software, що мають можливості забезпечення мережевої безпеки (конфігурації SEC/K9). Існують також бандли HSEC/K9 з додатковими криптографічними модулями для ще більшої продуктивності. Щодо мережевих інтерфейсів, маршрутизатори Cisco 2801 та 2811 оснащені вбудованими портами Fast Ethernet (10/100 Мбіт/с). Більш потужні моделі, Cisco 2821 та 2851, мають вбудовані порти Gigabit Ethernet (10/100/1000 Мбіт/с), що забезпечує значно вищу пропускну здатність для сучасних мережевих потреб [19].

Можливості розширення є ключовою перевагою серії 2800. Пристрої мають слоти для встановлення мережевих модулів (NME), які є зворотно сумісними з попередніми модулями NM. Також присутні слоти для інтерфейсних модулів (HWIC), сумісних з WIC-модулями, що дозволяє гнучко адаптувати маршрутизатор під різні типи WAN-з'єднань. Додатково передбачені слоти для підтримки голосових інтерфейсів (EVM), а також спеціальні слоти на системній платі для модулів обробки голосу та сервісних модулів (PVDM та AIM), що розширює функціонал пристроїв для інтеграції голосових послуг та додаткових сервісів.

Лінійка маршрутизаторів Cisco 2800 серії включає чотири базові моделі. Cisco 2801 – це компактний маршрутизатор висотою 1U з двома портами 10/100Mbps та чотирма слотами HWIC. Cisco 2811, також висотою 1U, має два порти 10/100Mbps, чотири слоти HWIC та один універсальний слот NM/NME. Більш потужні моделі, Cisco 2821 та 2851, мають висоту 2U, оснащені двома портами 10/100/1000Mbps, чотирма слотами HWIC та одним універсальним слотом, причому 2851 підтримує розширеніші типи NME-X та NME-XD модулів.

Окрім базових апаратних конфігурацій, існують популярні програмні або програмно-апаратні пакети (бандли). Конфігурація SEC/K9 включає активований модуль апаратного шифрування, а HSEC/K9 – додатковий

криптографічний модуль для ще більшої продуктивності. Пакет CCME/K9 (Cisco Call Manager Express) надає підтримку офісної телефонії, дозволяючи маршрутизатору функціонувати як IP-АТС з підтримкою до 96 абонентів, залежно від версії апаратного забезпечення. Нарешті, конфігурація SRST/K9 (Survivable Remote Site Telephony) є аналогічною CCME/K9, але призначена для роботи спільно з центральною IP-АТС, забезпечуючи автономний режим роботи віддаленого офісу у разі збою основного зв'язку.

У таблиці 2.1 описанні характеристики маршрутизатора Cisco2811.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики маршрутизатора Cisco2811

Тип продукту	Маршрутизатор
Загальна кількість портів	2
USB	Так
Кількість мережевих портів (Rj-45)	2
Мережеві технології	10/100Base-Tx
Технологія Ethernet	Швидкий Ethernet
Загальна кількість слотів розширення	9

На рисунку 2.2 зображено комутатор Cisco Catalyst 2960-24TT.



Рисунок 2.2 – Комутатор Cisco Catalyst 2960-24TT

Комутатори Cisco Catalyst 2960 серії – це лінійка незмінних (фіксованих) комутаторів, що пропонують порти Fast Ethernet та Gigabit Ethernet. Вони ідеально підходять для невеликих та середніх підприємств, а також для віддалених офісів, надаючи розширені сервіси локальної мережі. Ці комутатори ефективно передають голос, дані та відео, забезпечують безпечний доступ та масштабоване управління, адаптуючись до змінних потреб вашого бізнесу [20].

Особливості та переваги:

- комутатори 2960 серії підтримують розширені можливості, такі як створення складних списків керування доступом (ACL) та покращену безпеку;
- доступні комбіновані гігабітні аплінки, що дозволяють використовувати як мідні 10/100/1000BASE-T Ethernet з'єднання, так і SFP-модулі для оптоволоконних ліній (наприклад, Cisco 1000BASE-SX, 1000BASE-LX, 1000BASE-ZX, 100BASE-FX, 100BASE-LX, CWDM SFP). Це забезпечує гнучкість підключення до різних мережевих середовищ;
- пристрої Catalyst 2960 підтримують QoS для пріоритизації трафіку, покрокове обмеження швидкості (Rate Limiting) на кожному порту з кроком 64 Кбіт/с, а також ACL на основі MAC- або IP-адрес, портів UDP/TCP, та multicast services;
- можливості включають Link Aggregation для швидших з'єднань між комутаторами та серверами, організацію транкових з'єднань на кожному порту за допомогою тегів 802.1q, підтримку до 255 VLAN на комутатор та до 4000 VLAN ID;
- комутатори легко управляються через Cisco Network Assistant, який підтримує широкий спектр моделей Cisco Catalyst.

У таблиці 2.2 описанні характеристики та параметри комутатора Cisco Catalyst 2960-24TT.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики комутатора Cisco Catalyst 2960-24TT

Тип продукту	Комутатор
Загальна кількість портів	24

Продовження таблиці 2.2.

Порт вихідної лінії зв'язку	Так
Кількість мережевих портів (Rj-45)	24
Мережеві технології	10Base-T
Технологія Ethernet	Швидкий Ethernet

На рисунку 2.3 показано домашній шлюз.



Рисунок 2.3 — Домашній шлюз Cisco

Домашній шлюз (home gateway) відіграє центральну роль. Він є критично важливим мережевим компонентом, що забезпечує як взаємодію локальних пристроїв з глобальною мережею Інтернет, так і координацію функціонування різнорідних пристроїв Інтернету речей (IoT) у межах домашньої інфраструктури.

Cisco Model DPC3848 DOCSIS 3.0 24x8 Wireless Residential Gateway є інтегрованим мережевим пристроєм, розробленим для забезпечення високошвидкісного широкосмугового доступу до Інтернету та організації домашньої бездротової мережі (рис. 2.3). Цей пристрій є типовим прикладом «домашнього шлюзу», що поєднує в собі функції кабельного модему,

маршрутизатора та бездротової точки доступу. Він широко використовувався інтернет-провайдерами для надання послуг кінцевим користувачам.

DPC3848 розроблений для забезпечення надзвичайно швидкого підключення до Інтернету. Він використовує технологію DOCSIS 3.0 зі зв'язуванням 24 низхідних та 8 висхідних каналів. Це дозволяє досягати вражаючих швидкостей: до 900 Мбіт/с на завантаження та до 170 Мбіт/с на вивантаження даних. Така продуктивність у 24 рази перевищує швидкість завантаження у порівнянні зі звичайними одноканальними кабельними модемами DOCSIS 2.0. Шлюз повністю сумісний зі стандартами DOCSIS 3.0, 2.0, 1.1 та 1.0, гарантуючи високу продуктивність та надійність з'єднання [21].

Цей шлюз оснащений усім необхідним для організації мережі:

- чотири порти Gigabit Ethernet (10/100/1000BASE-T) для стабільного та швидкісного дротового підключення комп'ютерів, ігрових консолей чи інших мережевих пристроїв;
- високошвидкісне широкосмугове підключення до Інтернету, що значно покращує ваш онлайн-досвід, забезпечуючи плавну роботу з потоковим відео, онлайн-іграми та відеоконференціями;
- один порт USB 2.0 для підключення периферійних пристроїв;
- дводіапазонна бездротова точка доступу (WAP) стандарту 802.11ac, зворотно сумісна з 802.11b/g/n, що забезпечує швидкий та надійний бездротовий зв'язок для всіх ваших пристроїв. Підтримується до восьми ідентифікаторів набору послуг (SSID), що дозволяє легко розділяти мережі, наприклад, для гостей;
- кнопковий перемикач WPS для спрощеного та highly secure налаштування бездротового зв'язку;
- доступні конфігурації з MoCA 2.0 для створення високошвидкісних домашніх мереж, використовуючи існуючу коаксіальну кабельну інфраструктуру.

На рисунку 2.4 показано мережевий сервер Cisco UCS C220 M3 LFF.



Рисунок 2.4 – Мережевий сервер

Мережевий сервер Cisco UCS C220 M3 LFF - це компактний, але потужний стоечний сервер (Rack Server) висотою 1U, призначений для широкого спектру бізнес-додатків. «LFF» у назві означає «Large Form Factor», що вказує на підтримку 3.5-дюймових жорстких дисків, на відміну від SFF (Small Form Factor) для 2.5-дюймових.

Основні характеристики:

- 1U (1 Rack Unit) - займає мінімальний простір у серверній стійці;
- підтримує до двох процесорів Intel Xeon E5-2600 або E5-2600 v2 серій. Це забезпечує високу обчислювальну потужність для різноманітних завдань;
- має 16 слотів DIMM, що дозволяє встановлювати до 512 ГБ (або навіть більше в певних конфігураціях) оперативної пам'яті DDR3, що є критично важливим для віртуалізації та баз даних;
- підтримує до 4 гарячої заміни (hot-swap) 3.5-дюймових жорстких дисків (HDD) або твердотільних накопичувачів (SSD) з інтерфейсами SAS або SATA. Існують також моделі SFF, які підтримують до 8 2.5-дюймових дисків;
- вбудований RAID-контролер підтримує рівні RAID 0, 1, 10 для захисту даних. Можуть бути опції з ROM5 або ROM55 для розширених функцій RAID;
- зазвичай має два вбудовані порти Gigabit Ethernet (1 Гбіт/с) LAN-on-motherboard (LOM);

- забезпечує 2 слоти PCIe для встановлення додаткових карт розширення, таких як мережеві карти (наприклад, Cisco Virtual Interface Card - VIC для 10 Гбіт/с Ethernet), адаптери Fibre Channel та інші;
- підтримує до двох блоків живлення з можливістю резервування 1+1 для забезпечення високої доступності;
- оснащений Integrated Management Controller (CIMC) для віддаленого моніторингу та управління сервером, що спрощує адміністрування.

3 ПРОЄКТУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ У CISCO PACKET TRACER

3.1 Опис програми «Cisco Packet Tracer»

Cisco Packet Tracer є високофункціональним програмним інструментом, розробленим для моделювання та симуляції сучасних комп'ютерних мереж. Його основне призначення полягає в підтримці навчального процесу та дослідницької діяльності у галузі мережевих технологій. Програма поєднує в собі реалістичне моделювання мережевих пристроїв та протоколів з ефективною візуалізацією їхнього функціонування. Це дозволяє користувачам не тільки створювати різноманітні мережеві топології, але й наочно спостерігати за процесами передачі даних, роботою маршрутизаторів, комутаторів та інших мережевих елементів. Окрім базових можливостей симуляції, Packet Tracer інтегрує інструменти для оцінювання знань та створення індивідуальних завдань, що підвищує його дидактичну цінність. Функції багатокористувацької співпраці та конкуренції сприяють формуванню інтерактивного та динамічного освітнього середовища, де студенти та викладачі можуть спільно вирішувати практичні задачі, обмінюватися досвідом та поглиблено вивчати мережеві концепції. Таким чином, Cisco Packet Tracer виступає як незамінний інструмент для практичного освоєння теоретичних знань у сфері комп'ютерних мереж [17, 22].

Одна з головних переваг Packet Tracer – можливість створення віртуальної мережі без фізичного обладнання. Користувач може моделювати взаємодію між маршрутизаторами, комутаторами, комп'ютерами, серверами, мобільними пристроями, а також IoT-елементами, такими як сенсори або камери.

Packet Tracer підтримує два режими роботи: реальний час (Real-time), де мережа працює так само, як у житті, та симуляційний режим (Simulation), де можна побачити покроковий рух пакетів по мережі. Це дозволяє краще розуміти, як працюють мережеві протоколи та як реагує система на помилки чи затримки.

Кожен пристрій у Packet Tracer має налаштування, які можна змінювати вручну. Наприклад, маршрутизатори та комутатори можна конфігурувати за допомогою CLI (Command Line Interface), як і в реальних Cisco-пристроях. Також доступні графічні інтерфейси для спрощеної конфігурації базових параметрів.

У нових версіях програми є фізичний режим (Physical view), де користувач може бачити кімнати, стійки (rack), кабелі та розміщення обладнання в межах віртуального середовища.

Packet Tracer має модуль для створення сценаріїв розумного будинку чи міста, де можна додавати пристрої Інтернету речей (IoT). Наприклад, можна налаштувати ввімкнення світла при відкриванні дверей або запуск сигналізації за датчиком руху. Такі пристрої можна програмувати за допомогою JavaScript або Python, що дає змогу створювати складні логічні сценарії.

3.2 Схеми будинку з розміщенням обладнання

Для реалізації концепції «розумного будинку» було спроектовано схему будинку. На рисунку 3.1 представлено план-схему будинку створений у програмі «Sweet Home», що складається з шести основних зон:

1. Зал
2. Кухня
3. Спальня кімната
4. Прихожа
5. Коридор (кімната керування)
6. Ванна кімната

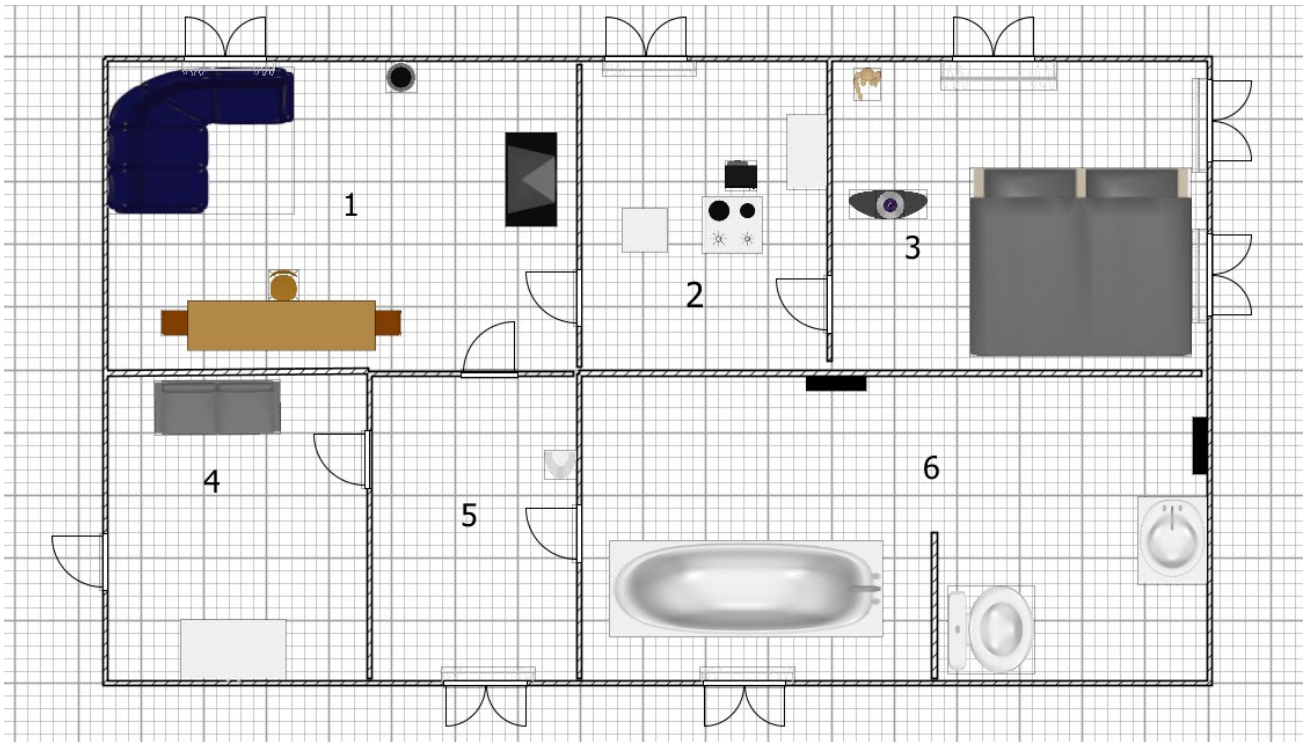


Рисунок 3.1 – Схема будинку

На рисунку 3.2 реалізовано схему планування приміщення з розставленими датчиками: зал (1), кухня (2), спальна кімната (3), прихожа (4), коридор (кімната керування) (5) та ванна кімната (6). центральним елементом даної системи є Home Gateway, розташований у коридорі (5), який виступає як основний контролер, забезпечуючи бездротове підключення та координацію роботи всіх інтелектуальних пристроїв, що візуалізується пунктирними лініями зв'язку.

У різних кімнатах будинку розміщені IoT-пристрої, що реалізують можливості «розумного будинку». У залі (1) зосереджені компоненти керування мікрокліматом (Thermostat з показаннями «21 °C» та опціями «Cool/Heat»). Кухня (2) оснащена засобами пожежної безпеки, такими як Fire Sprinkler та Smoke Detector. Спальна кімната (3) містить пристрої для оптимізації мікроклімату (Humidifier та Humidity Monitor з показанням «70.64 % Humidity»). Прихожа (4) включає автоматичні двері (Door) та світло (Light). Ванна кімната (6), освітлення (Light), вентиляція (Fan). Також у зоні навколо будинку

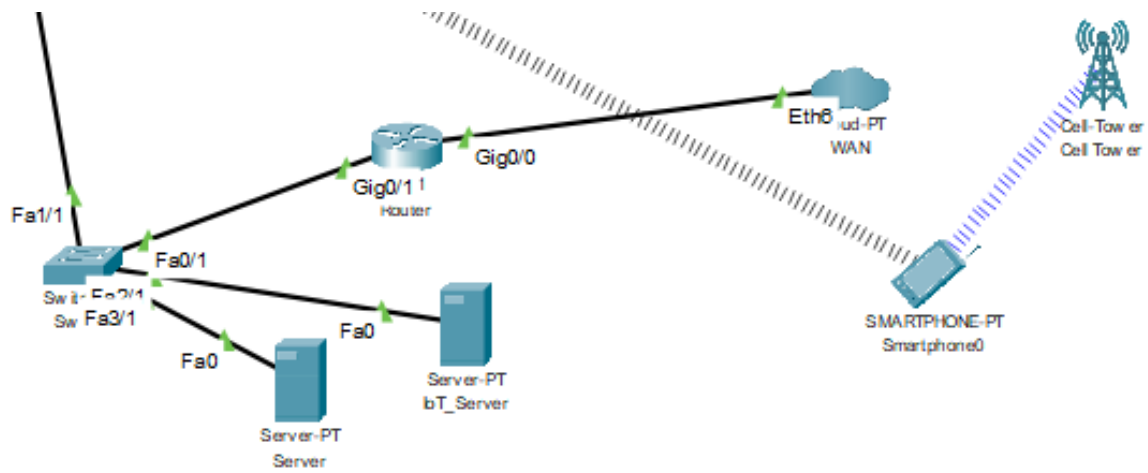


Рисунок 3.3 – Топологія мережі

Компоненти:

- Home Gateway – слугує IoT-хабом, через який підключені інтелектуальні пристрої (вентилятор, лампа).
- Комутатор – забезпечує провідне з'єднання між шлюзом, сервером та маршрутизатором.
- Сервер IoT – відповідає за обробку запитів та зберігання інформації, отриманої від IoT-пристроїв.
- Маршрутизатор – здійснює маршрутизацію між локальною мережею та глобальною мережею через мобільний зв'язок.
- Cell Tower – моделює 3G/4G з'єднання для підключення мобільного пристрою.
- Smartphone – дозволяє керувати пристроями розумного будинку через віддалений доступ.
- WAN Cloud – використовується для моделювання глобального доступу до Інтернету.

В основі мережевої структури лежить HomeGateway (Домашній шлюз), який є центральним елементом для IoT-пристроїв. Ці пристрої підключаються до HomeGateway бездротовим способом, використовуючи, такі технології як Wi-Fi. Шлюз, у свою чергу, з'єднаний з комутатором Switch, функція якого полягає у розподілі мережевого трафіку. Switch направляє дані до Server, де, відбувається

збір, обробка та зберігання інформації з IoT-пристроїв, а також до Router, який є точкою виходу до зовнішніх мереж. Важливою складовою є можливість віддаленого доступу до системи. Смартфон користувача з'єднується з мережею через Cell Tower (стільникову вежу), яка далі сполучена з Router. Це дозволяє команді зі смартфона через мобільний інтернет дістатися до домашньої мережі. З Router трафік прямує далі в WAN (глобальну мережу), забезпечуючи доступ до зовнішніх ресурсів, таких як хмарні сервіси, що можуть надавати розширені функції аналізу та керування.

Описана мережева конфігурація забезпечує кілька ключових переваг для функціонування розумного будинку.

По-перше, вона дозволяє реалізувати централізоване керування IoT-пристроями. Завдяки HomeGateway та Server, всі дані та команди обробляються в єдиному центрі, що спрощує налаштування сценаріїв автоматизації та моніторинг стану будинку.

По-друге, ця архітектура гарантує віддалений доступ до системи через мобільний інтернет. Незалежно від місця перебування, користувач може контролювати та налаштовувати роботу розумного будинку за допомогою смартфона, що підвищує зручність та безпеку.

По-третє, передбачається інтеграція із сервером збору даних, можливість тестування реакції системи на запити ззовні. Це дає можливість не лише виконувати команди, а й збирати детальну статистику про використання ресурсів, поведінку пристроїв та інші параметри, що є основою для подальшої оптимізації енергоспоживання.

На рисунку 3.4 задано ім'я домашнього шлюзу.

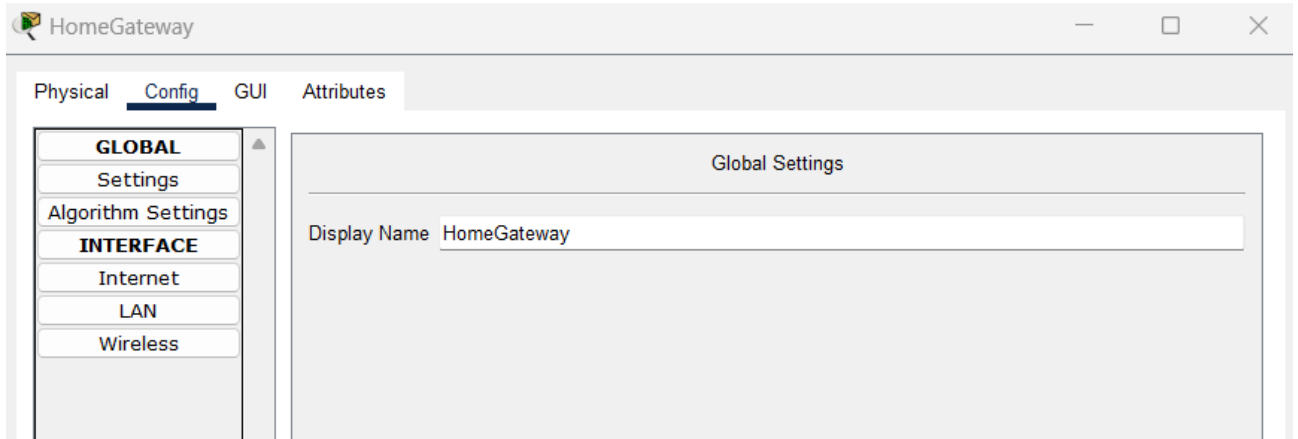


Рисунок 3.4 – HomeGateway

На рисунку 3.5 проведено підключення шлюзу до смартфона у полі SSID.

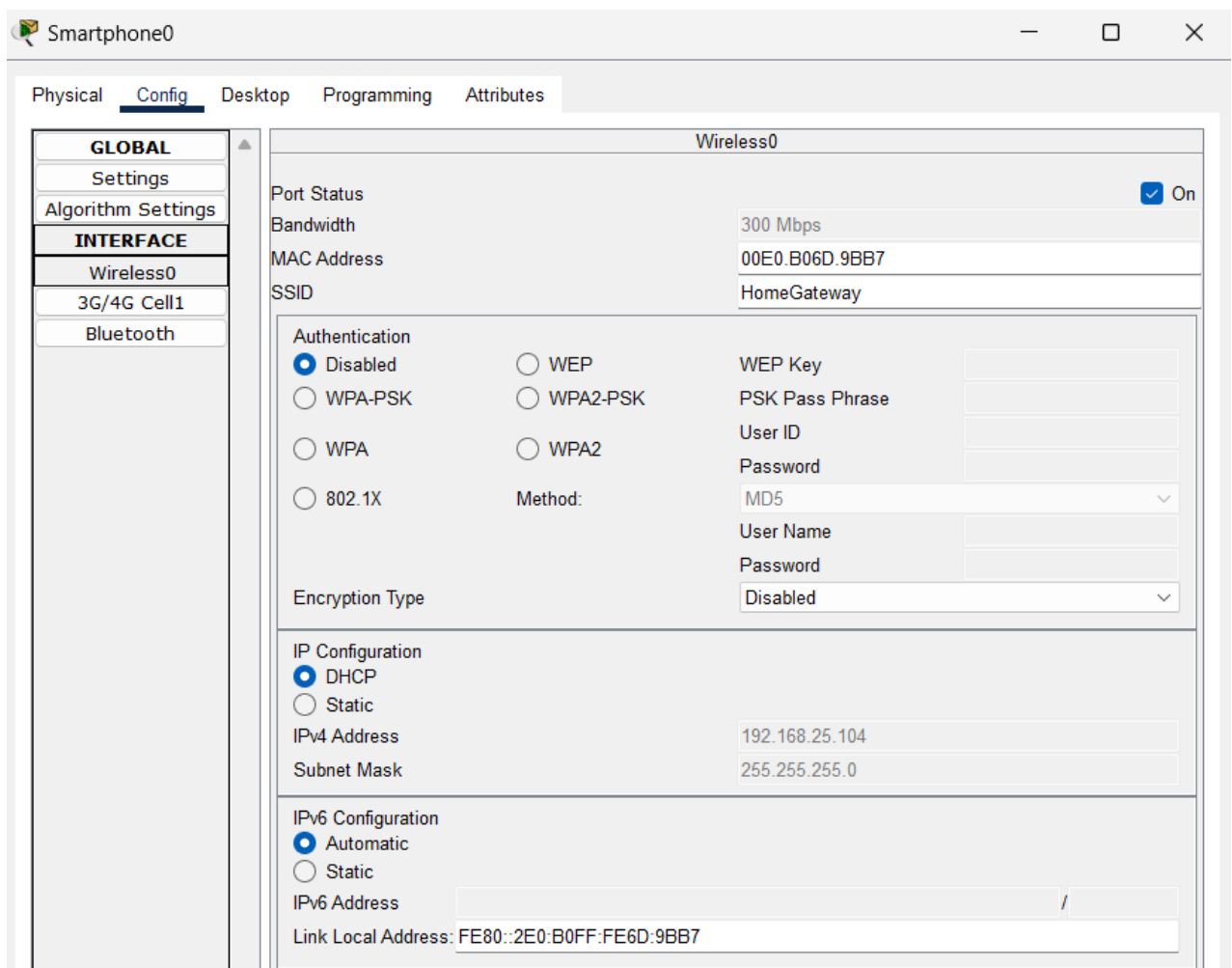


Рисунок 3.5 – Підключення шлюзу до смартфона

Ключовим етапом у моделюванні проєкту є налаштування пристроїв Інтернету Речей (IoT). За замовчуванням, симуляційне середовище Cisco Packet Tracer надає IoT-пристрою мережевий адаптер Ethernet, що вимагає фізичного кабельного з'єднання з домашнім шлюзом. Однак, для реалізації концепції бездротового розумного будинку, необхідно змінити цей адаптер на бездротовий.

Для цього потрібно виконати декілька дій, а саме відкрити вікно конфігурації пристрою, де представлено розширений список вкладок (рис. 3.6, 3.8), обрати вкладку «I/O Config» (Input/Output Configuration), що відповідає за налаштування мережевих інтерфейсів пристрою. У цьому розділі пристрій зазвичай підтримує можливість вибору між кількома типами мережевих карт. Для забезпечення бездротового підключення необхідно обрати мережевий адаптер PT-IOT-NM-1W. Цей модуль дозволяє пристрою встановлювати бездротове з'єднання, усуваючи потребу у кабелях та перетворюючи його в бездротову систему розумного будинку.

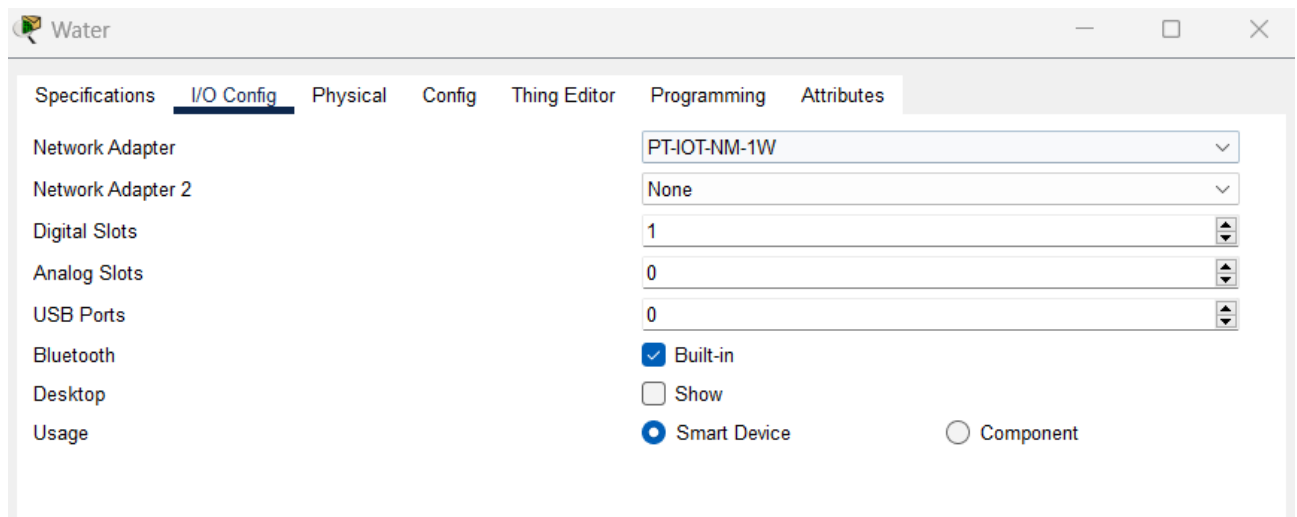


Рисунок 3.6 – Вкладка Config для спринклера

Після того як для IoT-пристроїв було встановлено бездротовий адаптер, наступним кроком є їхнє підключення до домашньої мережі. Це забезпечує їм

доступ до інтернету та дозволяє взаємодіяти з іншими компонентами розумного будинку.

Для цього потрібно перейти на вкладку «Config» (Конфігурація) вибраного пристрою. У розділі, бездротового інтерфейсу (Wireless0), обрати поле SSID (Service Set Identifier), де необхідно ввести назву домашньої мережі (HomeGateway). Це ідентифікатор бездротової мережі, до якої пристрій намагатиметься підключитися (рис. 3.7, 3.9). Далі інтерфейс пристрою автоматично підключиться до домашнього шлюзу. HomeGateway функціонує як DHCP-сервер (Dynamic Host Configuration Protocol), що означає, що він автоматично призначає IP-адреси всім підключеним пристроям. Таким чином, кожен IoT-пристрій отримає унікальну IP-адресу.

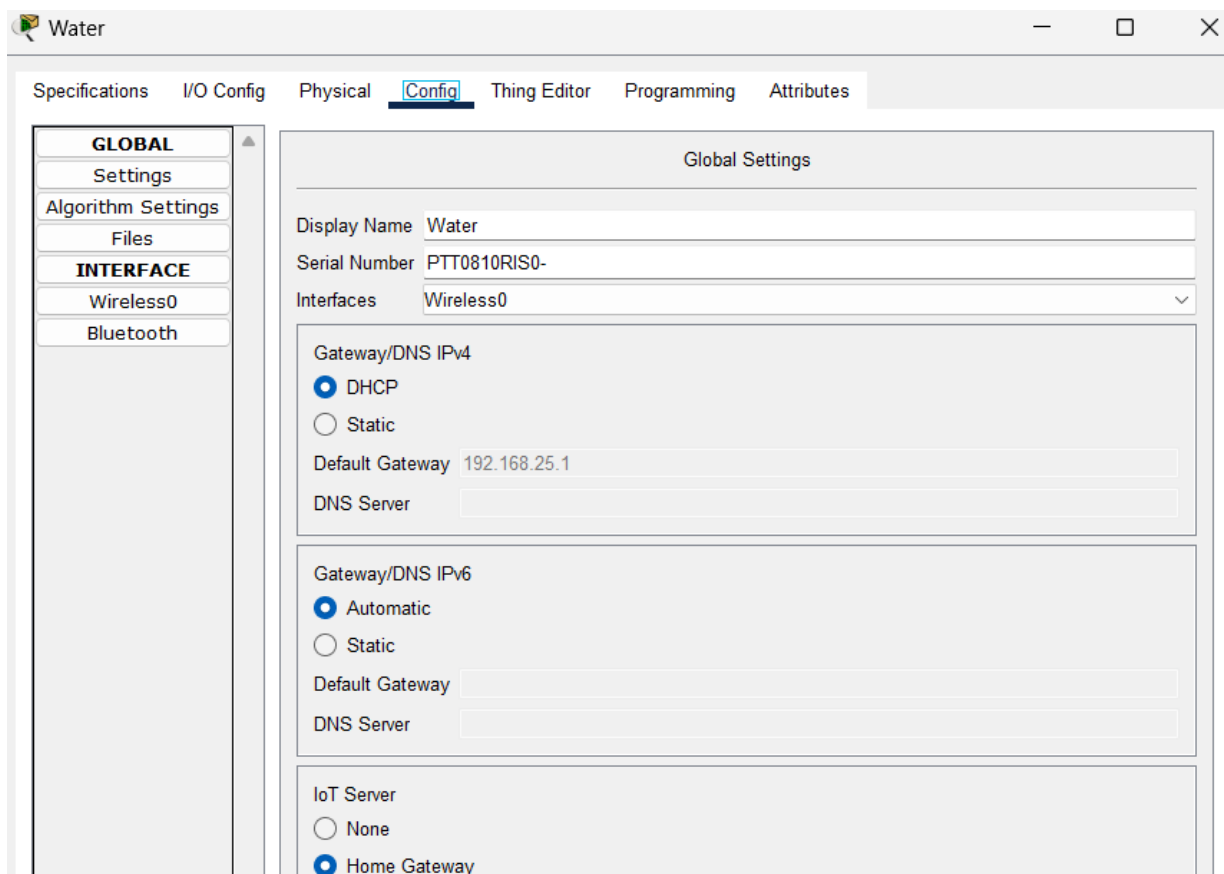


Рисунок 3.7 – Config для спринклера

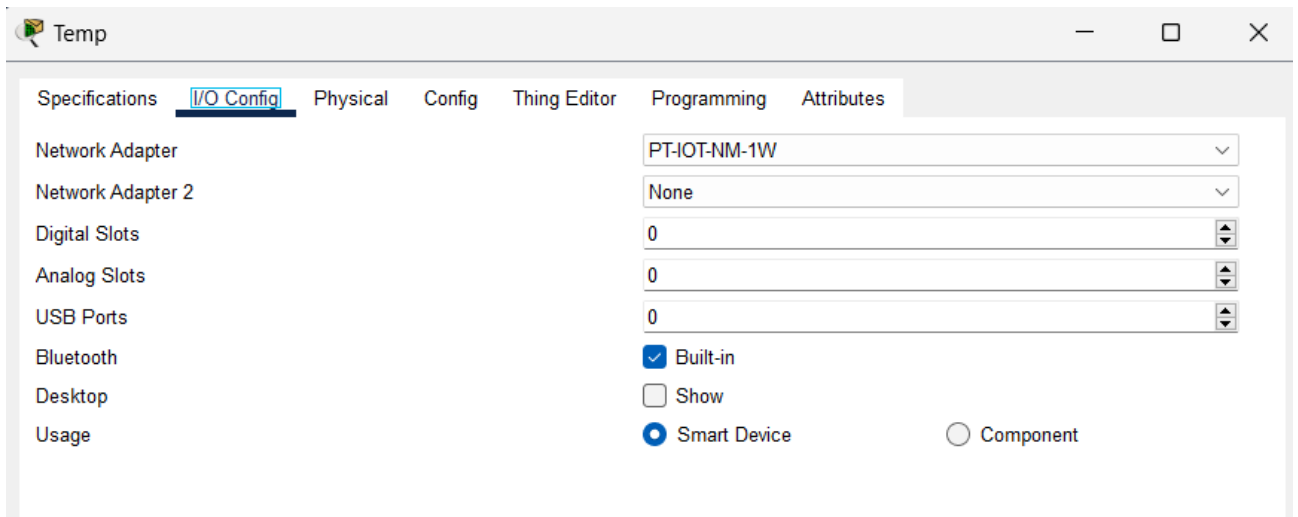


Рисунок 3.8 – I/O confing для термостату

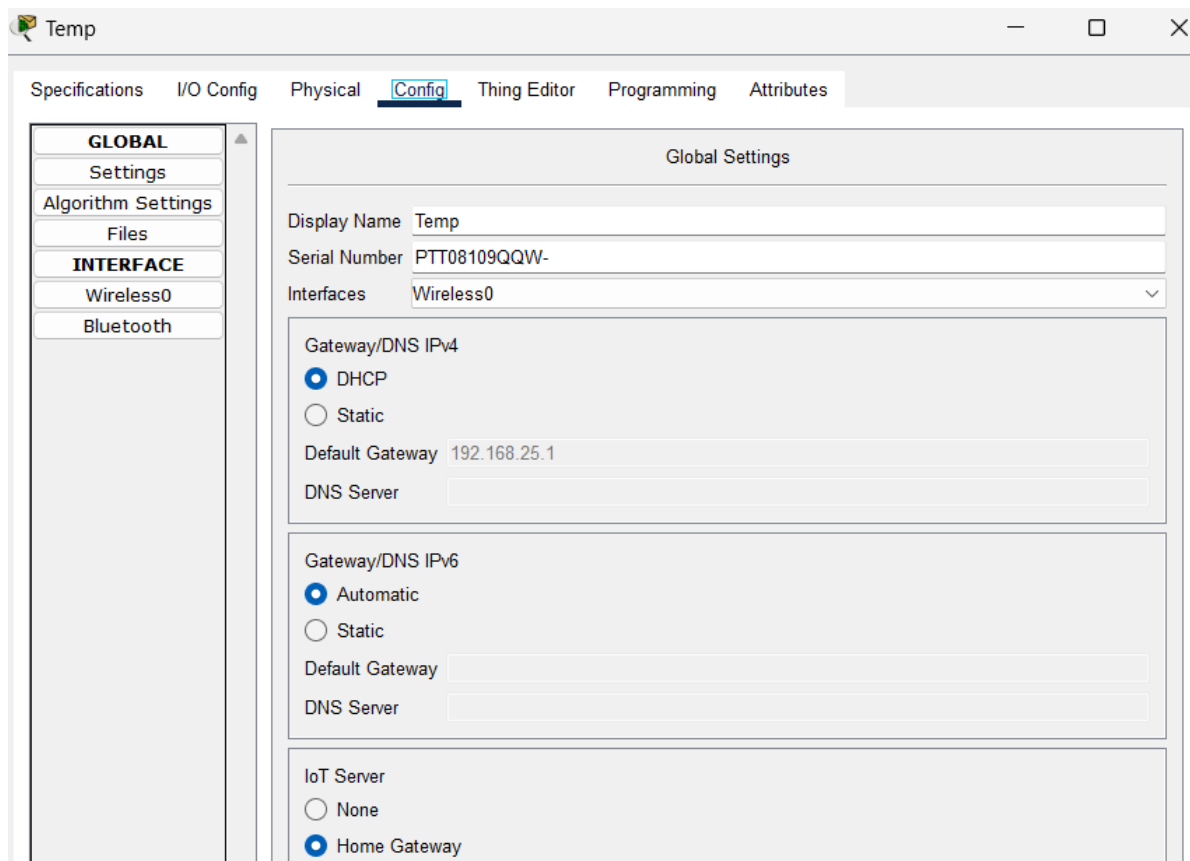


Рисунок 3.9 – Confing для термостату

Датчики є невід'ємною частиною будь-якої системи «розумного будинку», виступаючи його сенсорною системою, яка збирає життєво важливу інформацію про навколишнє середовище та фіксує події. Точне налаштування цих

компонентів та забезпечення їхньої ефективної взаємодії є запорукою надійності та функціональності всієї системи.

Для забезпечення оптимального мікроклімату у приміщенні критично важливим елементом є система клімат-контролю, центральною ланкою якої виступає розумний термостат (рис. 3.10). Цей пристрій не просто вимірює температуру; він активно збирає дані з навколишнього середовища, трансформуючи їх у доступний для аналізу та використання формат.

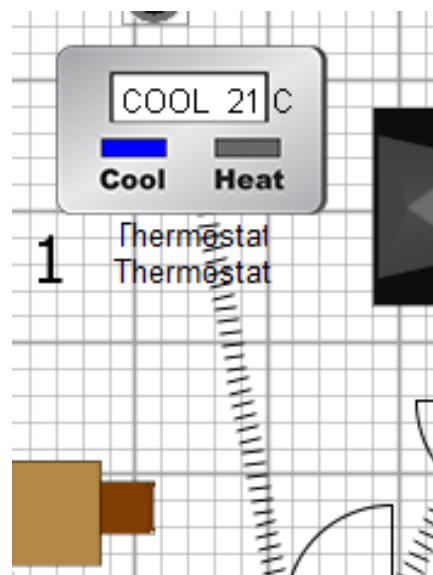


Рисунок 3.10 – Термостат

В автоматичному режимі термостат функціонує на основі заздалегідь визначених правил, які забезпечують ефективне охолодження або нагрівання (рис. 3.11).

Для режиму охолодження: якщо температура, зафіксована термостатом, досягає або перевищує 25°C , система автоматично активує охолодження, встановлюючи цільову температуру на рівні 20.0°C .

Для режиму нагрівання: у випадку, коли температура опускається нижче 10°C , термостат ініціює процес нагрівання, також встановлюючи 20°C .

Edit Remove	Yes	Cooling	Thermostat Temperature ≥ 25.0 °C	Set Thermostat Auto Cool Temperature to 20.0 °C
Edit Remove	Yes	Heating	Thermostat Temperature < 10.0 °C	Set Thermostat Auto Heat Temperature to 20.0 °C

Рисунок 3.11 – Налаштування термостата

Системи пожежної сигналізації інтегровані для забезпечення швидкого та ефективного реагування на надзвичайні ситуації (рис. 3.12). Основними виконавчими пристроями тут є спринклер та монітор диму, що діють на основі заздалегідь запрограмованих умов (рис. 3.13).

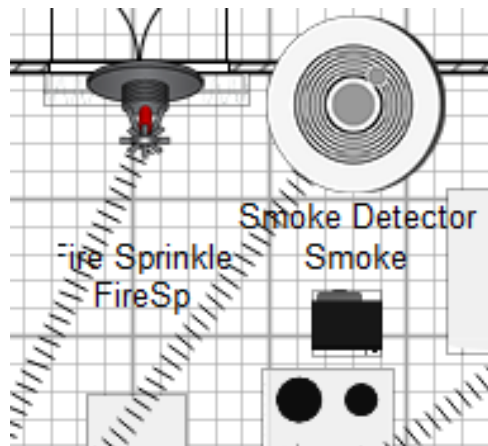


Рисунок 3.12 – Пожежна безпека

При виявленні загрози пожежі, система миттєво реагує, активуючи засіб гасіння. Якщо монітор диму підтверджує, що небезпеки на кухні більше немає, тоді зупиняється робота спринклера. Ця умова дозволяє системі автоматично припинити подачу води, як тільки загроза пожежі на кухні буде повністю усунута.

Edit	Yes	Smoke_on	Smoke Alarm is false	Set FireSp Status to true
Remove				
Edit	Yes	Smoke_off	Smoke Alarm is true	Set FireSp Status to false
Remove				

Рисунок 3.13 – Налаштування пожежної безпеки

Для підтримки оптимального рівня вологості у приміщенні та створення комфортного мікроклімату, система може автоматично керувати зволожувачем повітря на основі показників датчика вологості (рис. 3.14). Це дозволяє уникнути надмірної сухості або, навпаки, зайвої вологості, які можуть негативно впливати на здоров'я та стан меблів.

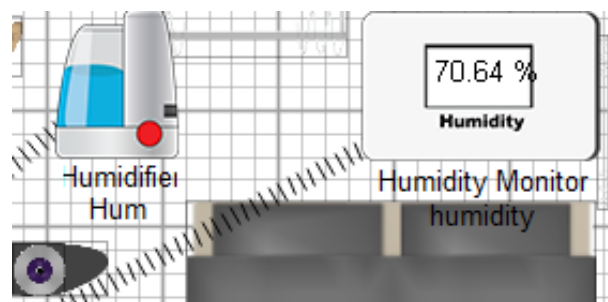


Рисунок 3.14 – Зволожувач повітря

Робота зволожувача повітря регулюється за допомогою спеціальних умов, що базуються на показаннях датчика вологості (рис. 3.15). Зазвичай, ці умови налаштовуються для автоматичного ввімкнення та вимкнення пристрою, підтримуючи вологість у бажаному діапазоні.

Для запобігання надмірній сухості повітря та підтримки комфортного рівня вологості, зволожувач активується, якщо рівень вологості, виміряний датчиком, становить менше ніж 40%: це правило гарантує, що зволожувач почне працювати, як тільки повітря в приміщенні стане занадто сухим, підвищуючи вологість до більш комфортних значень.

Після досягнення оптимального рівня вологості або якщо рівень вологості, виміряний датчиком вологості, становить більше ніж 65%, пристрій автоматично вимикається. Ця умова дозволяє системі автоматично вимкнути зволожувач, коли вологість досягає бажаного або максимально допустимого рівня, запобігаючи надмірному зволоженню, яке може бути шкідливим та сприяти розвитку плісняви.

Edit	Yes	Hum_on	humidity Humidity < 40 %	Set Hum Status to false
Remove				
Edit	Yes	Hum_off	humidity Humidity > 65 %	Set Hum Status to true
Remove				

Рисунок 3.15 – Налаштування зволожувача повітря

Автоматичне увімкнення світла при відчиненні дверей (рис. 3.16). Це рішення не тільки підвищує комфорт, але й може сприяти безпеці, забезпечуючи миттєве освітлення при вході до приміщення.

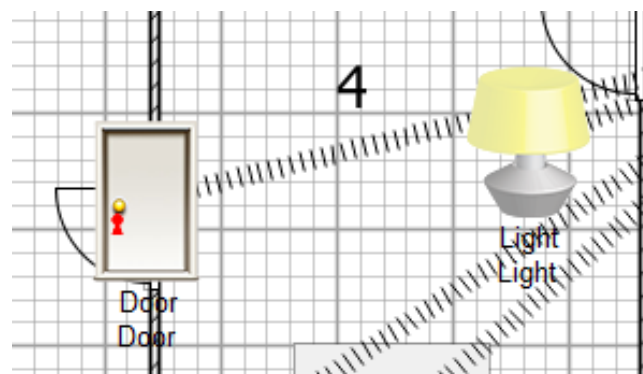


Рисунок 3.16 – Освітлення в приміщенні

Для реалізації необхідно декілька умов (рис. 3.17). Коли датчик відкриття дверей фіксує зміну статусу на відчинено, тоді лампа переходить у стан увімкнено. Коли двері зачинені, то автоматично світло вимикається.

<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Light_on	Light Status is On	Set Door Lock to Unlock
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Light_off	Light Status is Off	Set Door Lock to Lock

Рисунок 3.17 – Налаштування освітлення

Керування вентиляцією на основі стану освітлення (рис. 3.18).

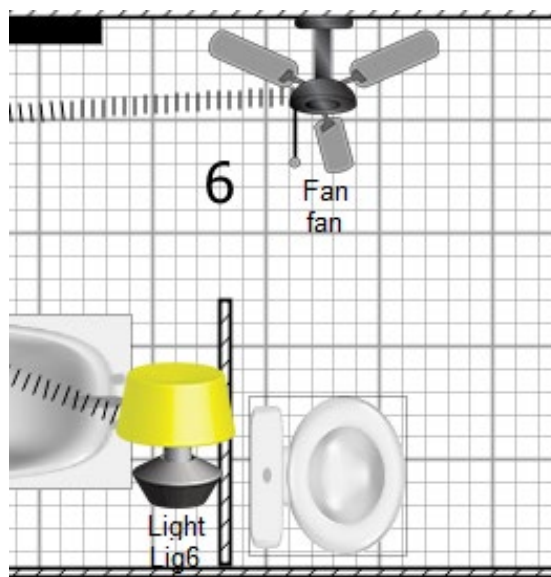


Рисунок 3.18 – Вентиляція

Для виконання потрібно провести налаштування (рис. 3.19). Цей сценарій призначений для автоматичного увімкнення вентилятора, коли в приміщенні активується освітлення. Це може бути корисно для забезпечення циркуляції повітря або зменшення вологості, коли мешканці перебувають у ванній кімнаті.

Якщо статус освітлення увімкнено, тоді статус вентилятора перейде на високу швидкість. Таким чином, щойно світло увімкнеться, вентилятор автоматично почне працювати на високій швидкості, забезпечуючи ефективну вентиляцію приміщення.

Якщо навпаки, то цей сценарій забезпечує автоматичне вимкнення вентилятора, коли освітлення в приміщенні деактивується. Це допомагає заощаджувати енергію та зменшує шум, коли вентиляція не потрібна.

Edit Remove	Yes	fan_on	Lig6 Status is On	Set fan Status to High
Edit Remove	Yes	fan_off	Lig6 Status is Off	Set fan Status to Off

Рисунок 3.19 – Налаштування вентиляції

Керування камерами спостереження є ключовим для ефективного моніторингу (рис. 3.20). Замість безперервного запису, що вимагає значного обсягу пам'яті та енергії, камери можуть активуватися лише тоді, коли це дійсно необхідно.

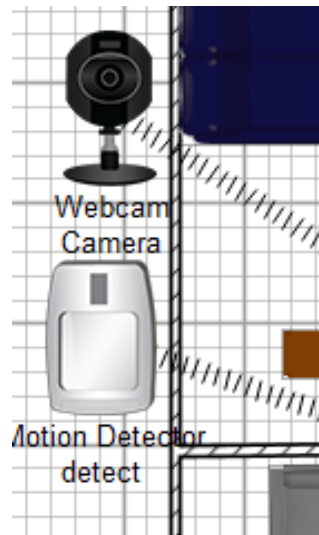


Рисунок 3.20 – Веб-камера та датчик руху

Сценарій призначений для автоматичного ввімкнення камери спостереження при виявленні будь-якої активності або загрози (рис. 3.21). Це

дозволяє зосередити запис на важливих подіях, забезпечуючи ефективний моніторинг.

Якщо статус детектора позитивний, камера переходить в активний режим, починає запис. Таким чином, камера автоматично вмикається лише тоді, коли є потреба в її роботі, що оптимізує споживання енергії та обсяги збережених даних. Для уникнення безперервного запису та економії ресурсів, камера автоматично вимикається, коли її робота не є необхідною або коли загроза минула.

Edit Remove	Yes	Cam_on	detect On is true	Set Camera On to true
Edit Remove	Yes	Cam_off	Camera On is false	Set Camera On to false

Рисунок 3.21 – Налаштування камери

Система автоматичного поливу (рис. 3.22). Ця система функціонує на основі даних, отриманих від датчиків, що дозволяє оптимізувати графік залежно від погодних умов. Представлені умови демонструють, як температура навколишнього середовища може автоматично активувати або деактивувати систему поливу (рис. 3.23).

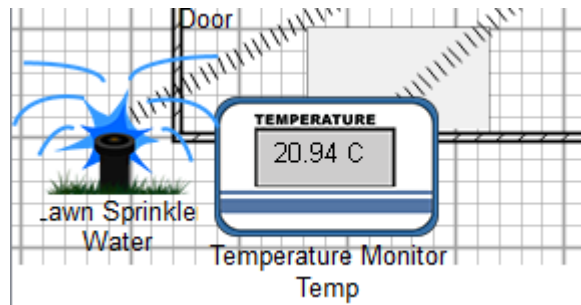


Рисунок 3.22 – Автополив

Цей сценарій призначений для ввімкнення системи поливу тоді, коли температура повітря знаходиться в оптимальному діапазоні, що є сприятливим для росту рослин і зменшує випаровування води.

Якщо температура знаходиться в діапазоні від 20.0°C до 25.0°C, то система вважає поточну температуру ідеальною для поливу. Це правило забезпечує, що полив відбувається за помірних температур, уникаючи зрошення під палючим сонцем або у занадто холодну погоду.

<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	water_on	Temp Temperature is between 20.0 °C and 25.0 °C	Set Water Status to true
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	water_off	Match all: <ul style="list-style-type: none"> • Temp Temperature < 20.0 °C • Temp Temperature > 25.0 °C 	Set Water Status to false

Рисунок 3.23 – Налаштування автополиву

На рисунку 3.24 показано налаштування самого навколишнього середовища.

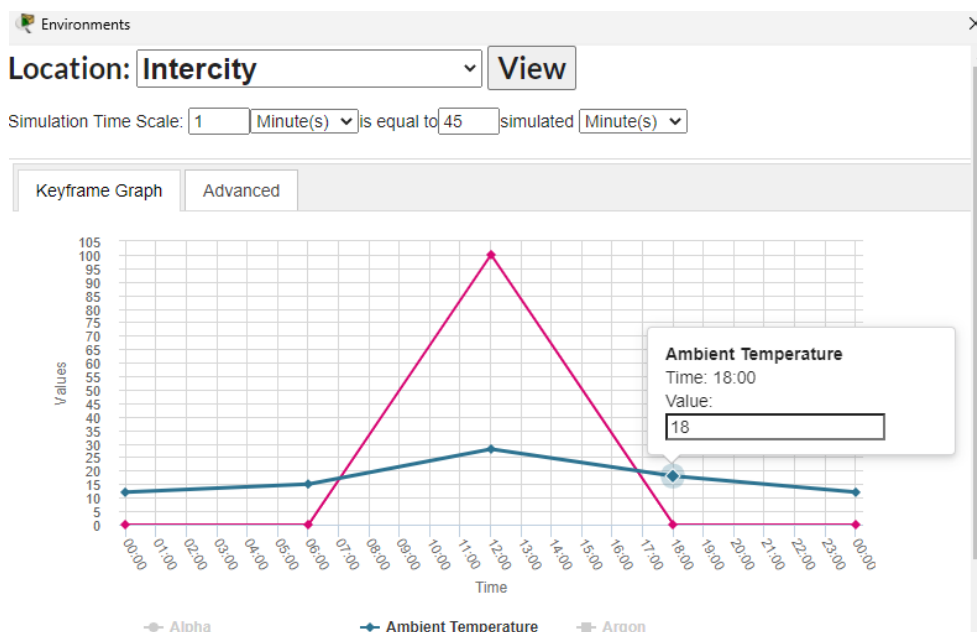


Рисунок 3.24 – Графік зміни температури

Прописані сценарії взаємодії пристроїв на вкладці умов сервера IoT
(рис. 3.25)

Actions	Enabled	Name	Condition	Actions
Edit Remove	Yes	water_on	Temp Temperature is between 20.0 °C and 25.0 °C	Set Water Status to true
Edit Remove	Yes	water_off	Match all: • Temp Temperature < 20.0 °C • Temp Temperature > 25.0 °C	Set Water Status to false
Edit Remove	Yes	Cam_on	detect On is true	Set Camera On to true
Edit Remove	Yes	Cam_off	Camera On is false	Set Camera On to false
Edit Remove	Yes	Smoke_on	Smoke Alarm is false	Set FireSp Status to true
Edit Remove	Yes	Smoke_off	Smoke Alarm is true	Set FireSp Status to false
Edit Remove	Yes	Light_on	Light Status is On	Set Door Lock to Unlock
Edit Remove	Yes	Light_off	Light Status is Off	Set Door Lock to Lock
Edit Remove	Yes	Cooling	Thermostat Temperature >= 25.0 °C	Set Thermostat Auto Cool Temperature to 20.0 °C
Edit Remove	Yes	Heating	Thermostat Temperature < 10.0 °C	Set Thermostat Auto Heat Temperature to 20.0 °C
Edit Remove	Yes	Hum_on	humidity Humidity < 40 %	Set Hum Status to false
Edit Remove	Yes	Hum_off	humidity Humidity > 65 %	Set Hum Status to true
Edit Remove	Yes	fan_on	Lig6 Status is On	Set fan Status to High
Edit Remove	Yes	fan_off	Lig6 Status is Off	Set fan Status to Off

Рисунок 3.25 – Сценарії взаємодії пристроїв

Описані сценарії взаємодії демонструють широкі можливості IoT-системи для створення «розумного будинку», де пристрої можуть автономно реагувати на зовнішні та внутрішні зміни, забезпечуючи комфорт, безпеку та ефективність.

4 ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

Було проведено тестування, де метою є перевірка функціональності, надійності та продуктивності розробленої моделі. Проведена перевірка всіх компонентів системи: освітлення, вентиляція, безпека.

На рисунку 4.1 показано за замовченням вимкнений спринклер.



Рисунок 4.1 – Вимкнений спринклер для газону

На рисунку 4.2 показано, що при натисканні червоної кнопки датчик спрацьовує.

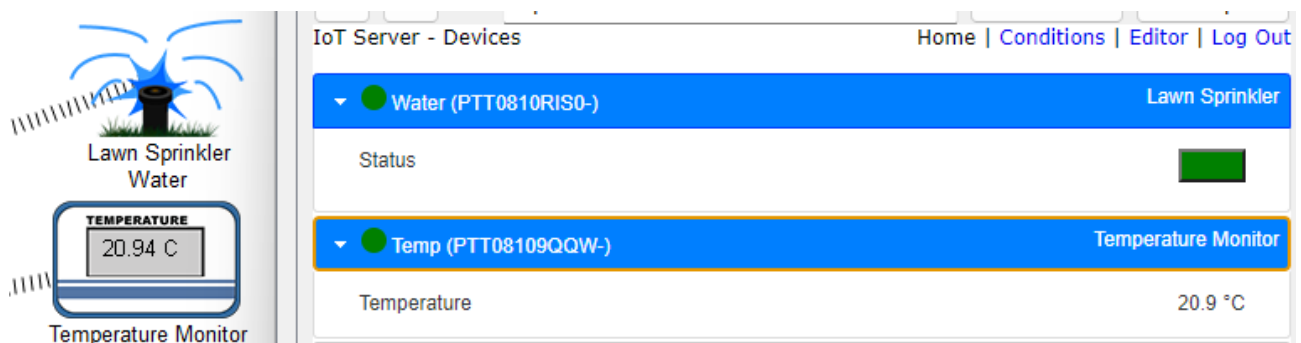


Рисунок 4.2 – Увімкнений спринклер для газону

На рисунку 4.3 показано за замовченням вимкнена камера.

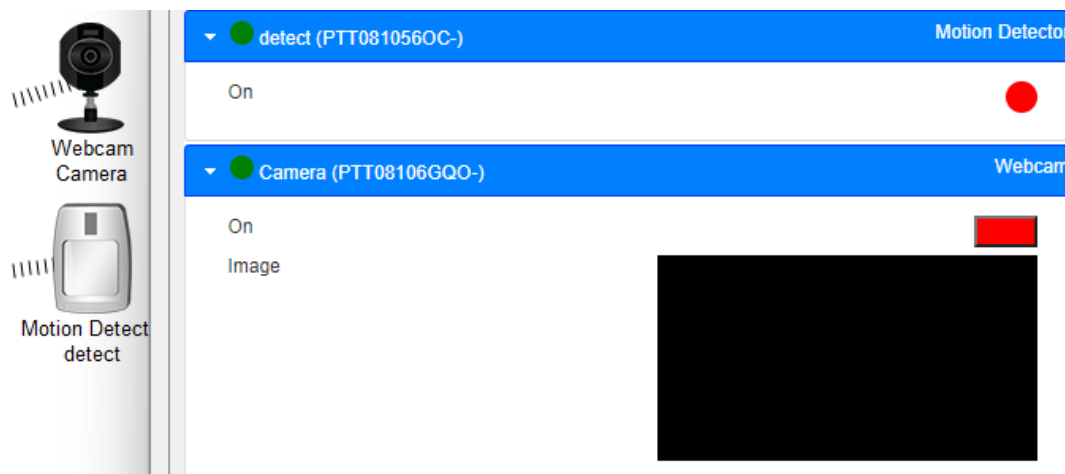


Рисунок 4.3 – Вимкнена камера

На рисунку 4.4 показано, що при натисканні червоної кнопки датчик спрацьовує.

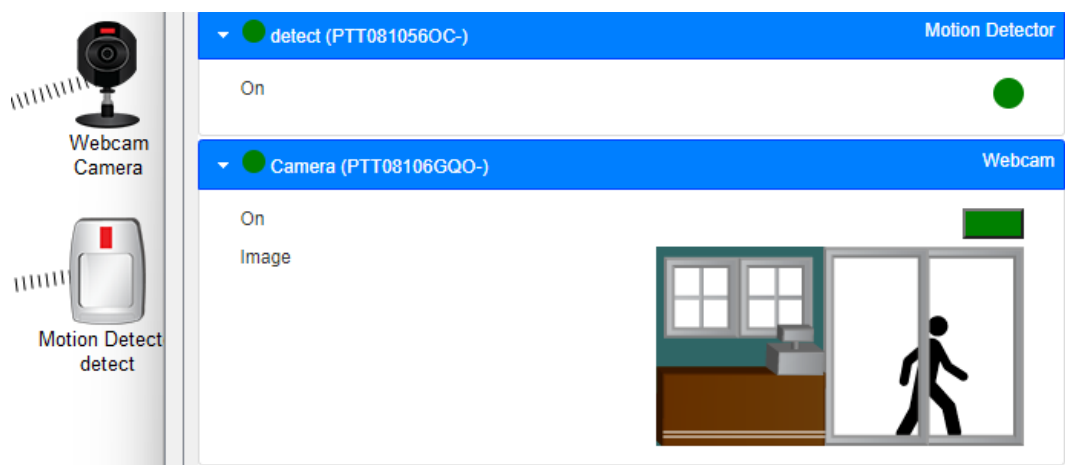


Рисунок 4.4 – Увімкнена камера

На рисунку 4.5 показано за замовченням вимкнений спринклер.



Рисунок 4.5 – Вимкнений спринклер пожежний

На рисунку 4.6 показано, що при натисканні червоної кнопки датчик спрацює.

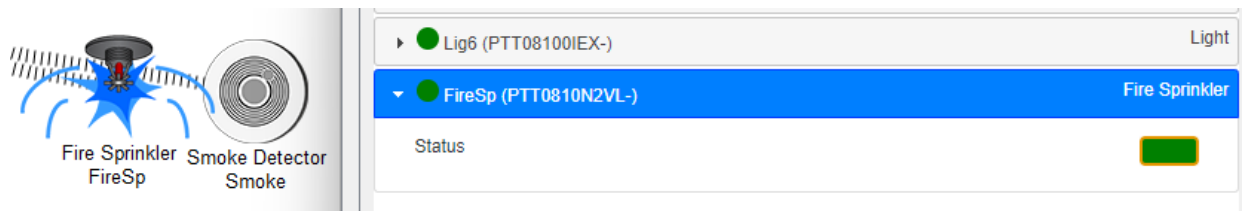


Рисунок 4.6 – Увімкнений спринклер пожежний

На рисунку 4.7 показано за замовченням вимкнений датчик освітлення.

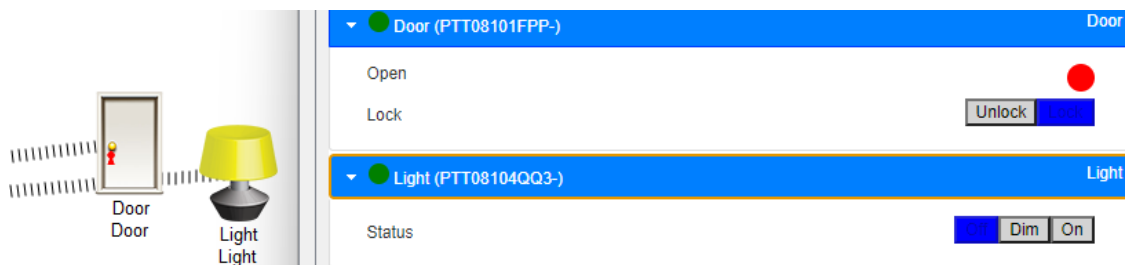


Рисунок 4.7 – Вимкнено світло

На рисунку 4.8 показано, що при натисканні червоної кнопки датчик спрацьовує.

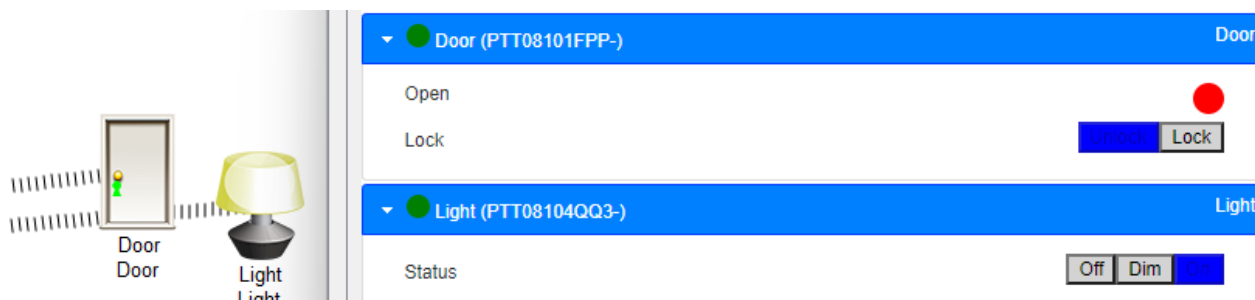


Рисунок 4.8 – Увімкнене світло

На рисунку 4.9 показано за замовченням вимкнений датчик термостата.

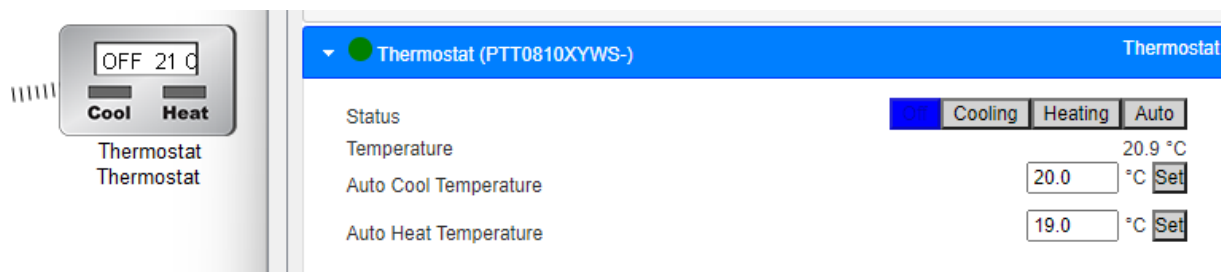


Рисунок 4.9 – Вимкнений термостат

На рисунку 4.10 показано, що при натисканні червоної кнопки датчик спрацьовує.

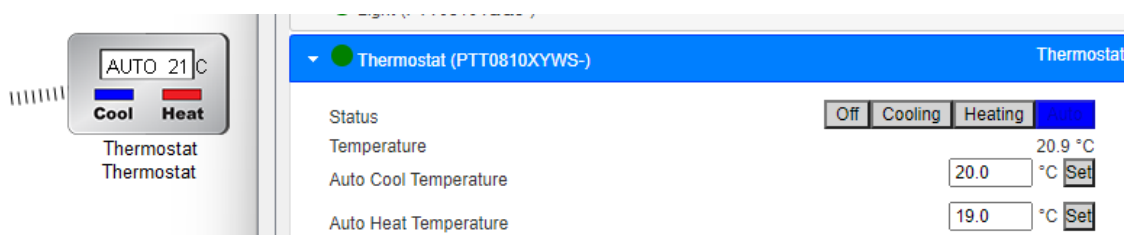


Рисунок 4.10 – Увімкнений термостат

На рисунку 4.11 показано за замовченням вимкнений датчик зволожувача повітря.

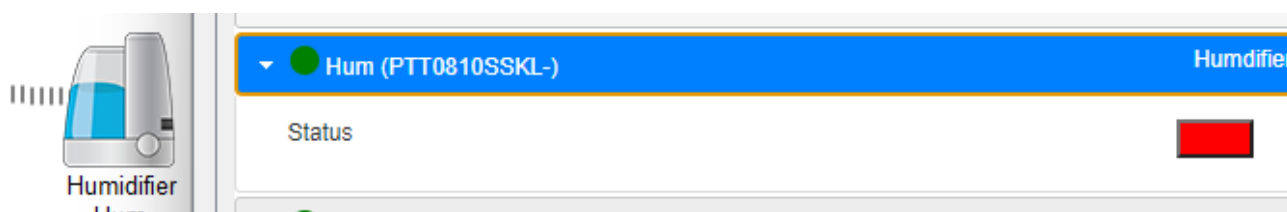


Рисунок 4.11 – Вимкнений зволожувач повітря

На рисунку 4.12 показано, що при натисканні червоної кнопки датчик спрацьовує.

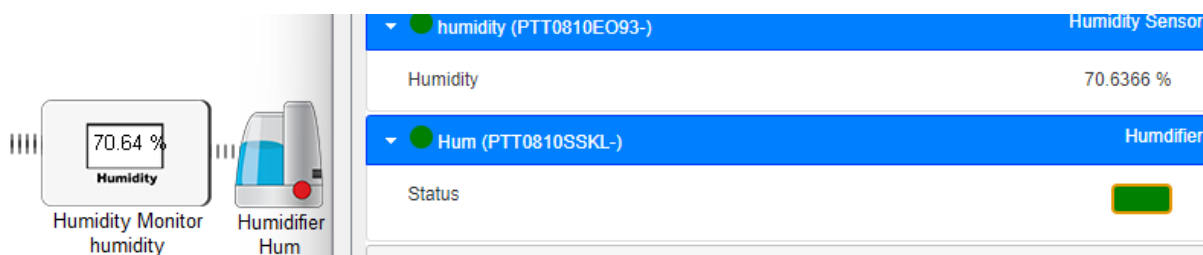


Рисунок 4.11 – Увімкнений зволожувач повітря

На рисунку 4.13 показано за замовченням вимкнений датчик вентиляції.

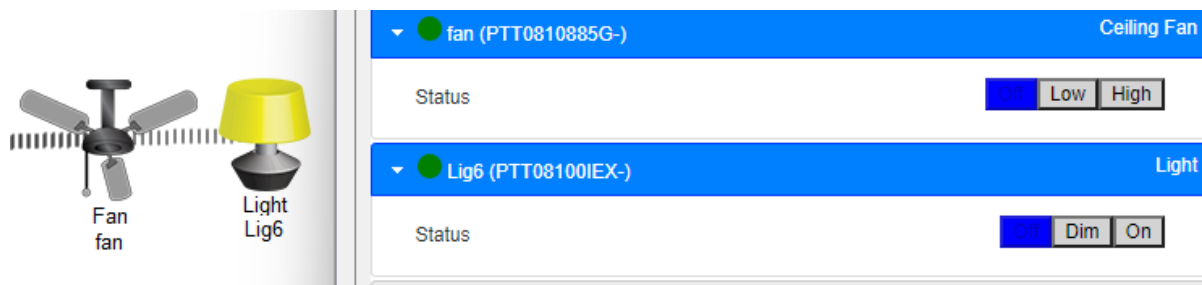


Рисунок 4.12 – Вимкнений вентилятор

На рисунку 4.14 показано, що при натисканні червоної кнопки датчик спрацьовує.

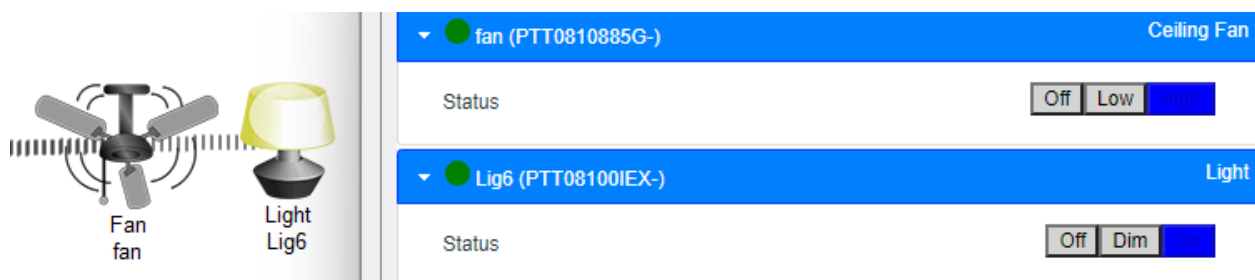


Рисунок 4.13 – Увімкнений вентилятор

Тестування моделі розумного будинку було підтверджено її загальну працездатність та відповідність основним функціональним вимогам. Більшість ключових сценаріїв автоматизації, таких як управління освітленням та кліматом продемонстрували стабільну та коректну роботу, інтегровані пристрої взаємодіють належним чином.

ВИСНОВКИ

У ході даної роботи було розроблено модель мережі «розумного будинку» з використанням симуляційного середовища Cisco Packet Tracer. Основна мета полягала у створенні функціональної та масштабованої IoT-системи на базі обладнання Cisco для підвищення комфорту, безпеки та енергоефективності житлового простору.

На початковому етапі було проведено аналітичний огляд сучасних технологій побудови локальних комп'ютерних мереж. Було вивчено принципи роботи IoT-пристроїв, архітектуру системи розумного будинку, а також особливості взаємодії пристроїв через Wi-Fi, Ethernet.

У процесі реалізації було створено структуру мережі, яка охоплює всі основні житлові зони: зал, кухню, спальню, ванну кімнату, прихожу та коридор. До системи було додано датчики руху, освітлення, температури, вологості, диму, відкриття дверей, а також пристрої автоматизації: розумні лампи, вентилятори, камери.

Особливу увагу було приділено налаштуванню домашнього шлюзу (Home Gateway), підключенню пристроїв через бездротову мережу та конфігурації IoT-сценаріїв. Було реалізовано сценарії автоматичного реагування пристроїв на зміну параметрів середовища.

Проведене тестування підтвердило працездатність мережі, її адаптивність до зміни умов, а також можливість централізованого керування. Система продемонструвала ефективність у симуляційному середовищі та може бути адаптована для реального впровадження з використанням фізичного обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Yekini N. Asafe, Adebari F. Adebayo, and Bello Olalekan. Data communication & Networking
2. . Overview of Personal Area Network. GeeksforGeeks. 29.10.2022. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/overview-of-personal-area-network-pan/>.
3. What Is a LAN?. Cisco. URL: [https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/what-is-a-lan-local-area network](https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/what-is-a-lan-local-area-network).
4. What is LAN (Local Area Network)? Understanding LAN's Working, Types and Features. GeeksforGeeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-lan-local-area-network/>.
5. Lawrence Harte. Introduction to Data Networks: PAN, PDN, LAN, MAN and WAN Technologies and Systems.
6. Metropolitan Area Network (MAN): Infrastructure, Applications, and Security Insights. Network Encyclopedia. URL: <https://networkencyclopedia.com/metropolitan-area-network-man/>.
7. D.S. Gaikwad, N.D. Lambe. Computer Network Technology.
8. Rouse, Margaret (2019). «Internet of things (IoT)». IOT Agenda
9. Leonardo B. Furstenau, Yan Pablo Reckziegel Rodrigues, Michele Kremer Sott. Internet of things: Conceptual network structure, main challenges and future directions. Science Direct. 2023. T. 9 : Procedia Computer Science. C. 677–687..
10. Soliman, Moataz, et al. «Smart home: Integrating internet of things with web services and cloud computing.» Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2013 IEEE 5th International Conference on. Vol. 2. IEEE, 2013.
11. Rasha El-Azab. Smart homes: potentials and challenges. CleanEnergy. 2021. T. 5. C. 302–315.
12. Борислав Цвіркун. Розумний будинок: інноваційні рішення. BFB. 17.12.2024. URL: <https://bfb.org.ua/rozumnyj-budynok-innovacijni-rishennya/>
13. Ojash. Zigbee vs Z-Wave vs Bluetooth vs WiFi – Detailed Comparison. JustSmarter. 2024.

14. Smart Home: Architecture, Technologies and Systems / Min Li та ін. *Procedia Computer Science*. 2018. Т. 131. С. 393–400.
15. John Teel. Comparison of Wireless Technologies (Bluetooth, WiFi, BLE, Zigbee, Z-Wave, 6LoWPAN, NFC, WiFi.... *hackster.io*.
16. https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/3395359-ak-pravilno-vibratimerezne-obladnanna.html
17. Cisco Packet Tracer. URL: <https://www.netacad.com/cisco-packet-tracer>.
18. Cisco. URL: <https://www.cisco.com>.
19. Cisco. Маршрутизатор Cisco 2811. URL: <https://xn--h1aemkx.com.ua/marshrutizator-cisco-2811>.
20. STACK SYSTEMS. Комутатор Cisco WS-C2960-24TT-L. URL: <https://stack-systems.com.ua/kommutator-cisco-ws-c2960-24tt-l?srsltid=AfmBOoo7Ao4oJ6xDfXauJQjZCr2dgzxiVCv1XZm8p68AYRYxXsoZcgzY>.
21. GDI. Cisco DPC3848. URL: <https://www.gditechnology.com/portfolio/cisco-dpc3848/>.
22. Левчук Д. Д. Планування бездротової мережі розумного будинку. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : Тези доповідей п'ятнадцятої міжнародної науково-технічної конференції, 24–25 квітня 2025 р. – Т. 3. – Баку–Харків–Жиліна, 2025. – С. 34