

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

ФОЛЬВАРОЧНИЙ Денис Андрійович

**Система віддаленого моніторингу та управління
енергоспоживанням "розумного" будинку / System for
remote monitoring and control of energy consumption of
a smart home**

спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

Кваліфікаційна робота

Виконав: студент групи КІ-41
ФОЛЬВАРОЧНИЙ Денис Андрійович

Науковий керівник
к.т.н. Мельник Г.М.

ТЕРНОПІЛЬ - 2024

АННОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Система віддаленого моніторингу та управління енергоспоживанням "розумного" будинку» зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» освітнього ступеня «бакалавр» містить 68 сторінок пояснюючої записки, 82 рисунка, 12 таблиць, 6 додатків. Обсяг графічного матеріалу 1 аркуш формату А3.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проекту системи управління пристроями у "розумному" будинку.

Методи дослідження включають методи логічної та фізичної структуризації комп'ютерних мереж, методи структурного програмування, теорії графів, елементи математичної логіки.

У розробленому проекті мережі надані необхідні розрахунки й креслення, специфікація устаткування й матеріалів, необхідних для побудови системи управління енергоспоживанням моніторингу "розумного будинку" у середовищі Cisco Packet Tracer.

Ключові слова: МОНІТОРИНГ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.

ANNOTATION

Qualification work on the topic "System of remote monitoring and control of energy consumption of a smart home" in the specialty 123 "Computer Engineering" of the educational degree "Bachelor" contains 68 pages of explanatory note, 82 figures, 12 tables, 6 appendices. The volume of graphic material is 1 sheet of A3 format.

The purpose of the qualification work is to develop a project for a device management system in a smart home.

Research methods include methods of logical and physical structuring of computer networks, methods of structural programming, graph theory, elements of mathematical logic.

The developed network design provides the necessary calculations and drawings, specification of equipment and materials required to build a smart home energy management system for monitoring in the Cisco Packet Tracer environment.

Keywords: MONITORING, ENERGY CONSUMPTION.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Аналіз технологій енергозбереження.....	11
1.1 Енергоефективність	11
1.2 Концепція "розумного будинку"	13
1.3 Архітектура систем моніторингу енергоспоживання	15
1.4 Протоколи передачі даних та постановка задач роботи	17
2 Моделювання системи моніторингу	24
2.1 Моделювання IoT в Packet Tracer.....	24
2.2 Планування мережі	26
2.3 Взаємодії між пристроями	38
3 Реалізація системи моніторингу	55
3.1 Моніторинг IoT-пристроїв	55
3.2 Налаштування моделі зовнішнього середовища	62
3.3. Перевірка ефективності енергоспоживання автоматів IoT-приладів.....	65
Висновки	79
Список використаних джерел.....	817
Додаток А Техніко-економічне обґрунтування розробки	80
Додаток Б Блок схема керування освітленням.....	940
Додаток В Блок схема керування температурним режимом	951
Додаток Г Блок схема управління вікном	962
Додаток Д Створення об'єкту Thing у вигляді IR вогню	973
Додаток Е Копії публікації.....	974

					КР.КІ.07131/20.00.00.002 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Фольварочний Д.А			Система віддаленого моніторингу та управління енергоспоживанням "розумного" будинку	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мельник Г.М.					7	
Консульт.		Савка Н.Я.				ЗУНУ,ФКІТ, КІ-41		
Н. Контр.								
Затвердив								

ВСТУП

У сучасному світі, де питання енергоефективності та раціонального використання ресурсів набувають все більшого значення, системи моніторингу та управління енергоспоживанням будівель відіграють надзвичайно важливу роль. Ці системи дозволяють відстежувати та контролювати споживання енергії різними системами та обладнанням будівлі, забезпечуючи можливості для оптимізації та значного зменшення витрат на енергію, а також зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Актуальність теми дослідження зв'язана із зростаючі вимогами до енергоефективності будівель та зниження їхнього вуглецевого сліду стають пріоритетними завданнями як для приватних власників, так і для державних та комерційних організацій в усьому світі. Впровадження систем моніторингу та управління енергоспоживанням дозволяє досягти суттєвої економії енергетичних ресурсів, одночасно зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище та сприяючи досягненню цілей сталого розвитку.

Крім того, постійне зростання витрат на енергію створює потужний стимул для пошуку ефективних рішень, спрямованих на зниження експлуатаційних витрат будівель. Системи моніторингу та управління енергоспоживанням забезпечують точні та деталізовані дані про споживання енергії різними системами та обладнанням, що дозволяє виявляти області для оптимізації та вживати відповідних заходів для підвищення енергоефективності.

Системи моніторингу та управління енергоспоживанням є невід'ємною частиною "розумних будинків", інтегруючись з іншими системами автоматизації та забезпечуючи можливості для централізованого керування, моніторингу та оптимізації енергоспоживання в режимі реального часу.

Розробка ефективних систем моніторингу та управління енергоспоживанням вимагає ретельного проектування, вибору відповідних

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

технологій та протоколів передачі даних, а також врахування стандартів та специфікацій у цій галузі.

У цьому контексті, використання середовища моделювання Packet Tracer від Cisco відкриває широкі можливості для створення та тестування різних конфігурацій систем моніторингу та управління енергоспоживанням. Це середовище дозволяє моделювати складні мережеві топології, налаштовувати пристрої та симулювати різні сценарії роботи, забезпечуючи гнучкість та ефективність процесу розробки, тестування та оптимізації систем.

Об'єкт дослідження - системи управління та моніторингу енергоспоживання в "розумних" будинках. Предмет дослідження - алгоритми і технології управління енергоспоживанням. Метою роботи є створення системи віддаленого моніторингу та управління енергоспоживанням "розумного" будинку.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести аналіз структури і функцій систем моніторингу та управління енергоспоживанням будівель;
- вивчити технології та протоколи "розумного будинку";
- спроектувати архітектуру та компоненти системи моніторингу та управління енергоспоживанням будівлі з урахуванням вимог і обмежень;
- реалізувати розроблену систему в середовищі Packet Tracer, налаштувати мережеву інфраструктуру, пристрої та інтерфейси користувача.

За результатами роботи опубліковано тези доповіді на ІХ науково-практичній конференції «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» [1]. Копії публікації наведено у додатку Е.

Структура дипломної роботи складається із вступу, трьох основних розділів, техніко-економічного, висновків та списку використаних джерел.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

1.1 Енергоефективність

Встановлення систем автоматизації дозволяє економити ресурси та фінансові кошти. Одним з найефективніших методів енергозбереження є централізація управління освітленням за допомогою спеціально розроблених графіків увімкнення та вимкнення. Використання штор або жалюзі, оснащених різними приводами, дозволяє ефективно використовувати природне світло в будівлі, а також заощаджувати значні кошти та ресурси.

Найефективнішої економії енергії можна досягти завдяки використанню інфрачервоних і світлових датчиків. Інфрачервоні датчики забезпечують автоматичне ввімкнення та вимкнення світла залежно від присутності людини в приміщенні. Датчики освітленості вимірюють інтенсивність світла в приміщенні і, подібно до інфрачервоних датчиків, вмикають або вимикають світло. Крім того, система енергозбереження заснована на контролі температури, причому температура в приміщенні також регулюється.

В умовах обмеженості та невідновлюваності енергетичних ресурсів на планеті чи в окремій країні, проблема раціонального та логічного використання згенерованої електричної енергії стає все більш актуальною. Технології сьогодення і майбутнього, так званий "розумний будинок", дозволяють автоматизувати системи управління всіма електроприладами в будинку, забезпечуючи комфорт, захист і значну економію електроенергії. Основними підсистемами розумного будинку, які забезпечують економію електроенергії, є:

До категорії енергозберігаючих технологій відносяться наступні підсистеми:

- Управління освітленням, яке передбачає можливість ручного і автоматичного управління, що дозволяє реалізовувати сценарії освітлення.
- Контроль мікроклімату в приміщенні, який включає в себе системи управління опаленням і теплими підлогами, вентиляцією і кондиціонуванням.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- Контроль (моніторинг) і управління системами постачання (електрика, газ, вода). Сюди входить контроль витоків води та газу, охоронна та пожежна сигналізація, моніторинг та контроль споживання води, газу та електроенергії.

Обговорюється роль і вплив систем управління освітленням на енергозбереження, з особливим акцентом на автоматизацію електричних систем.

Автоматизація енергозберігаючого освітлення може бути досягнута за наступним сценарієм: "Увімкнення та вимкнення світла за датчиком руху". Основні проходи будівлі обладнані датчиками руху, що дозволяє системі автоматично вмикати та вимикати освітлення у відповідь на рух. Спільна робота датчиків руху з датчиками освітленості дозволяє користувачеві вмикати світло лише тоді, коли природного освітлення стає недостатньо.

Система клімат-контролю: роль і ефект в енергозбереженні, основні елементи. У "розумному будинку" клімат-контроль досягається шляхом впливу на інженерні системи опалення, вентиляції та кондиціонування. Для управління необхідні датчики. До них відносяться датчики температури, встановлені зовні і всередині приміщення. Додатково встановлюється терморегулятор на клапани опалювального контуру і на клапани вентиляційного повітря. Реалізація алгоритмів клімат-контролю безпосередньо впливає на оптимальний режим енергоспоживання кліматичних систем. В цьому випадку виключається одночасна робота кондиціонера і системи опалення, що не дозволяє економити енергію. Однак кондиціонер може працювати спільно з встановленою теплою підлогою, яка підтримує задану температуру в нижній частині приміщення. Система клімат-контролю дозволяє економити енергію, що витрачається на опалення, знижуючи температуру вночі в нежилых кімнатах і спальнях. Крім того, система мінімізує роботу обладнання за відсутності людини, налаштовуючи алгоритми роботи. Найбільший ефект енергозбереження досягається в будинках з автономними котельнями, оскільки контролер керує обладнанням котельні, що дозволяє зменшити споживання газу на опалення.

Також діє система моніторингу та управління інженерними системами та електроенергією. Захист від протікання систем водопостачання, опалення та

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

газопостачання здійснюється за допомогою датчиків та контролера, який отримує інформацію з датчиків, аналізує її за заданими алгоритмами та подає сигнал на клапани та крани. Моніторинг спожитих ресурсів є аналогом захисту від витоків. Прилад обліку з імпульсним виходом контролює споживання енергії та води. Потім контролер аналізує дані і пропонує рішення для економії ресурсів. Однак він також може за алгоритмом перекривати вентилі або відключати виходи від мережі, запобігаючи надмірному споживанню ресурсів. Контроль витоків води та газу забезпечує в першу чергу безпеку, а вже потім економію. Моніторинг та управління споживаними ресурсами дозволяє визначити пріоритетні напрямки енергозбереження та реалізувати обмежувальну функцію споживання. Заміна електрообладнання на більш енергоефективні альтернативи може призвести до збільшення ефективного споживання електроенергії. Ці пристрої можуть суттєво зменшити загальне споживання енергії.

1.2 Концепція "розумного будинку"

Концепція "розумного будинку" стала популярною завдяки швидкому розвитку технологій Інтернету речей (IoT). "Розумний будинок" - це житлова будівля, обладнана системами автоматизації та інтелектуального управління, які забезпечують комфорт, безпеку, енергоефективність та зручність для мешканців.

Основні компоненти "розумного будинку":

- Центральна система управління: Це "мозок" будинку, який керує всіма підсистемами та забезпечує їх інтеграцію. Зазвичай це потужний комп'ютер або хмарна платформа.
- Датчики та сенсори: Різноманітні датчики встановлюються у приміщеннях для моніторингу таких параметрів, як температура, вологість, освітленість, рух, вібрації тощо.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- Актуатори та виконавчі пристрої: Це пристрої, що впливають на навколишнє середовище згідно з отриманими командами. Наприклад, термостати, світильники, замки дверей, зрошувальні системи тощо.

- Мережева інфраструктура: Забезпечує зв'язок між компонентами системи за допомогою дротових чи бездротових технологій передачі даних.

- Інтерфейси користувача: Мобільні додатки, веб-інтерфейси, голосові помічники тощо, які дозволяють користувачам взаємодіяти із системою та керувати нею.

Основні функції "розумного будинку" включають:

- Моніторинг та управління системами опалення, вентиляції, кондиціонування повітря (HVAC)

- Управління системами освітлення та енергопостачання
- Забезпечення безпеки (охоронні системи, контроль доступу)
- Автоматизація побутових пристроїв (пральні машини, духовки тощо)

- Мультимедійні та розважальні системи

- Моніторинг та управління енергоспоживанням

В контексті "розумного будинку" пристрої IoT включають:

- Датчики (температури, освітленості, руху тощо)
- Розумні побутові прилади (холодильники, пральні машини, кондиціонери)

- Системи безпеки та відеоспостереження

- Розумні лічильники (електроенергії, газу, води)

- Розумні освітлювальні прилади

Ці пристрої підключаються до мережі та обмінюються даними з центральною системою управління, забезпечуючи автоматизацію, моніторинг та оптимізацію різних функцій будинку.

Концепція "розумного будинку" та технології IoT є основою для впровадження систем моніторингу та управління енергоспоживанням будівель, дозволяючи збирати дані від різноманітних датчиків, аналізувати їх та оптимізувати використання енергетичних ресурсів.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.3 Архітектура систем моніторингу енергоспоживання

Системи моніторингу та управління енергоспоживанням будівель мають характерну архітектуру.

Загальна архітектура систем моніторингу та управління енергоспоживанням будівель зазвичай складаються з кількох основних компонентів, які взаємодіють між собою для збору даних, аналізу та прийняття рішень щодо керування енергоспоживанням. Загальна архітектура таких систем включає:

- Датчики та вимірювальні пристрої:

Ці пристрої відповідають за збір даних про енергоспоживання різних систем і обладнання в будівлі. Вони можуть вимірювати споживання електроенергії, тепла, газу, води тощо.

- Шлюзи збору даних:

Шлюзи збирають дані з різних датчиків та вимірювальних пристроїв і передають їх до центрального сервера або хмарної платформи для подальшої обробки та зберігання.

- Центральний сервер або хмарна платформа:

Це основний компонент системи, який відповідає за зберігання та аналіз зібраних даних. Тут відбувається обробка інформації, виявлення закономірностей і тенденцій, а також застосовуються алгоритми для оптимізації енергоспоживання.

- Система візуалізації та користувацький інтерфейс:

Ця частина системи надає зручний інтерфейс для відображення даних про енергоспоживання, аналітики та управління різними параметрами системи. Користувачі можуть переглядати поточний стан, історичні дані, отримувати сповіщення та вносити зміни в налаштування системи.

- Система керування та актуатори:

На основі проаналізованих даних та встановлених правил, система керування може автоматично або за командою користувача вносити зміни в

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

роботу різних систем і обладнання будівлі. Це досягається за допомогою актуаторів, які є виконавчими пристроями, що можуть регулювати освітлення, кліматичні системи, електроприлади тощо.

Компоненти та технології системи моніторингу та управління енергоспоживанням будівель використовують різноманітні компоненти та технології для забезпечення своєї функціональності. Розглянемо деякі з основних компонентів:

Датчики:

- Лічильники електроенергії: Вимірюють споживання електроенергії різними системами та обладнанням.
- Датчики температури та вологості: Відстежують кліматичні умови всередині та зовні будівлі.
- Датчики присутності: Визначають присутність людей у приміщеннях для оптимізації освітлення та кліматичних систем.
- Датчики світла: Вимірюють рівень освітленості для регулювання штучного освітлення.
- Датчики тиску та витрати: Відстежують споживання води та газу.

Актуатори:

- Керуючі пристрої для освітлення: Вмикають, вимикають та регулюють рівень освітленості.
- Термостати та кліматичні контролери: Керують системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.
- Реле та перемикачі: Дозволяють вмикати/вимикати різне обладнання та системи.

Шлюзи збору даних:

- використовують дротові (Ethernet, RS-485) або бездротові (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee) інтерфейси для зв'язку з датчиками та актуаторами;
- збирають дані з різних пристроїв та передають їх на центральний сервер або хмарну платформу.

Центральний сервер або хмарна платформа:

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

– Забезпечує зберігання та обробку зібраних даних про енергоспоживання.

– Використовує алгоритми машинного навчання та аналітики даних для виявлення закономірностей та оптимізації.

– Надає інтерфейс для візуалізації даних, налаштування правил та керування системою.

Протоколи зв'язку:

– Стандартні протоколи, такі як Modbus, BACnet, KNX, використовуються для зв'язку між різними компонентами системи.

– Протоколи Інтернету речей (IoT), такі як MQTT, CoAP, забезпечують зв'язок між пристроями та хмарними платформами.

Ці компоненти та технології дозволяють створювати ефективні системи моніторингу та управління енергоспоживанням будівель, забезпечуючи збір даних, аналіз та автоматизацію процесів для досягнення енергоефективності та зменшення витрат на енергію.

1.4 Протоколи передачі даних та постановка задач роботи

Ефективне функціонування систем моніторингу та управління енергоспоживанням будівель значною мірою залежить від використання стандартизованих протоколів передачі даних. Ці протоколи забезпечують сумісність між різними компонентами системи, а також полегшують інтеграцію з іншими системами будівлі.

Огляд поширених протоколів, що використовуються в системах моніторингу та управління енергоспоживанням.

Протокол Modbus один з найпоширеніших промислових протоколів, який використовується для зв'язку між різними пристроями, такими як лічильники,

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

датчики та контролери. Modbus підтримує як дротові (RS-485, Ethernet), так і бездротові (Modbus over IP) способи передачі даних[15].

Таблиця 1.1 - Різниця серій Modbus

Особливості	Modbus RTU	Modbus TCP	Modbus Plus
Комунікаційне середовище	Послідовний	Ethernet	Пропріетарний
Формат передачі	Двійковий	ASCII або двійковий	Пропріетарний
Швидкість передачі	До 115.2 кбіт/с	До 100 Мбіт/с	До 10Мбіт/с
Максимальна відстань	1200м	Залежить від мережі	До 3000м
Максимальна кількість пристроїв	247	Залежить від мережі	До 32,000
Виявлення помилок	CRC	Контрольна сума TCP	Пропіетарний
Топологія мережі	Господар - Раб	Client-Server	Одноранговий або автобус
Можливість роботи в реальному часі	Немає	Немає	Так

Протокол BACnet (Building Automation and Control Network) для інтеграції та керування різними системами будівлі, включаючи системи опалення, вентиляції, кондиціонування, освітлення та безпеки. BACnet забезпечує можливість взаємодії між пристроями різних виробників[17].



Рисунок 1.1 - Шлюз у BACnet

Відкритий стандарт KNX (Konnex) для автоматизації будівель, який забезпечує зв'язок між різними пристроями, такими як датчики, актуатори та контролери. KNX підтримує різні способи передачі даних, включаючи дротові (twisted pair, powerline) та бездротові (радіочастотні та IP-мережі).

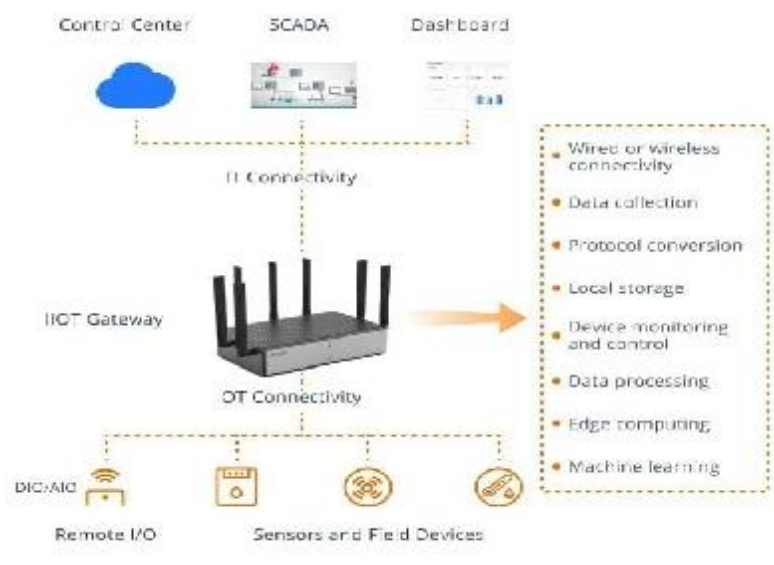


Рисунок 1.2 Принцип роботи KNX

Протоколи Інтернету речей (IoT).

Протокол MQTT (Message Queue Telemetry Transport) - протокол публікації/підписки, який забезпечує ефективний зв'язок між пристроями IoT та хмарними платформами.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

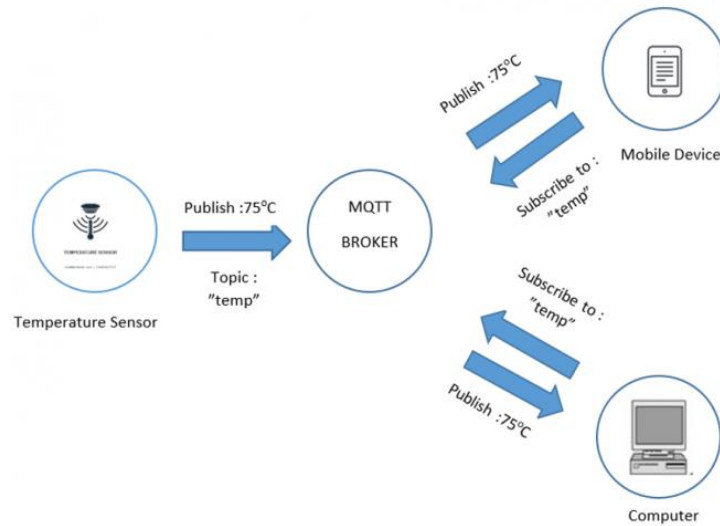


Рисунок 1.3 Приклад роботи MQTT

Протокол CoAP (Constrained Application Protocol) прикладного рівня, розроблений спеціально для пристроїв з обмеженими ресурсами, таких як датчики та актуатори в системах "розумного будинку".

Таблиця 1.2 - Порівняння протоколів передачі даних

Протокол	Тип	Середовище передачі	Максимальна швидкість	Топологія мережі
Modbus RTU	Промисловий	Послідовний (RS-485)	115,2 Кбіт/с	Господар-раб
Modbus TCP	Промисловий	Ethernet	100 Мбіт/с	Клієнт-сервер
BACnet	Автоматизація будівель	IP, MS/TP, RTP	Залежить від середовища	Різні топології
KNX	Автоматизація будівель	Дротові та бездротові	До 9,6 Кбіт/с	Децентралізована
MQTT	IoT	IP-мережі	Залежить від мережі	Публікація/підписка
CoAP	IoT	IP-мережі	Залежить від мережі	Клієнт-сервер

Бездротові протоколи:

- Wi-Fi широко використовується для підключення різних пристроїв до мережі та хмарних платформ;
- Bluetooth забезпечує бездротовий зв'язок на коротких відстанях між пристроями;
- ZigBee бездротовий протокол з низьким енергоспоживанням, призначений для створення мереж датчиків та актуаторів;
- Z-Wave бездротовий протокол для автоматизації будівель, який часто використовується в системах "розумного будинку"[16,18].

Вибір відповідних протоколів залежить від вимог системи, типу пристроїв, необхідної пропускну здатності, дальності зв'язку та інших факторів. Використання стандартизованих протоколів забезпечує сумісність між компонентами різних виробників та полегшує інтеграцію з іншими системами будівлі.

Таблиця 1.3 - Порівняння бездротових протоколів

Протокол	Діапазон	Швидкість передачі	Енергоспоживання	Типове застосування
Wi-Fi	До 100м	До 1 Гбіт/с	Високе	Домашні та офісні мережі
Bluetooth	До 100м	До 24 Мбіт/с	Низьке	Персональні пристрої
ZigBee	До 100м	250 Кбіт/с	Дуже низьке	Датчики, автоматизація
Z-Wave	До 100м	100 Кбіт/с	Дуже низьке	Автоматизація будівель

Стандарти та специфікації, окрім протоколів передачі даних, у галузі автоматизації будівель та систем "розумного будинку" існують різноманітні стандарти та специфікації, які визначають вимоги, рекомендації та найкращі практики. Представники:

Стандарти HomeGrid Forum:

- G.hn (Gigabit Home Networking) - специфікація для високошвидкісних домашніх мереж через існуючі кабелі (силові, коаксіальні, вита пара).
- G.hnem - розширення G.hn для підтримки датчиків і функцій моніторингу енергії.
- AllJoyn: Відкрита програмна платформа, розроблена альянсом AllSeen для спрощення взаємодії між різними пристроями та додатками в системах "розумного будинку". AllJoyn забезпечує стандартизований спосіб виявлення, зв'язку та взаємодії між пристроями різних виробників.
- ISO/IEC 14543-3: Стандарт, який визначає вимоги до систем автоматизації будівель, включаючи архітектуру, протоколи та функціональні можливості [4-7].

Специфікації організацій з стандартизації:

- Стандарти ISO (Міжнародної організації зі стандартизації) для різних аспектів автоматизації будівель та енергоефективності.
- Стандарти IEC (Міжнародної електротехнічної комісії) для електричних та електронних систем в будівлях.
- Стандарти ASHRAE (Американського товариства інженерів опалення, refrigerating та кондиціонування повітря) для систем HVAC та енергоефективності будівель.

Таблиця 1.4 - Огляд стандартів та специфікацій

Стандарт	Організація	Сфера застосування
G.hn, G.hnem	HomeGrid Forum	Домашні мультимедіа, моніторинг енергії
AllJoyn	AllSeen Alliance	Взаємодія пристроїв в "розумному будинку"
ISO/IEC 14543-3	ISO, IEC	Автоматизація будівель, моніторинг

		енергії
ASHRAE	ASHRAE	Системи HVAC, енергоефективність будівель

Дотримання відповідних стандартів та специфікацій забезпечує сумісність, інтероперабельність та відповідність вимогам безпеки й енергоефективності в системах моніторингу та управління енергоспоживанням будівель.

Об'єкт дослідження - системи управління та моніторингу енергоспоживання в "розумних" будинках. Предмет дослідження - алгоритми і технології управління енергоспоживанням. Метою роботи є створення системи віддаленого моніторингу та управління енергоспоживанням "розумного" будинку.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести аналіз структури і функцій систем моніторингу та управління енергоспоживанням будівель;
- вивчити концепції "розумних будинків", Інтернету речей (IoT) та відповідні технології, протоколи передачі даних і стандарти;
- спроектувати архітектуру та компоненти системи моніторингу та управління енергоспоживанням будівлі з урахуванням вимог і обмежень;
- реалізувати розроблену систему в середовищі Packet Tracer, налаштувати мережеву інфраструктуру, пристрої та інтерфейси користувача.

2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

2.1 Моделювання IoT в Packet Tracer

Packet Tracer є потужним інструментом моделювання та симуляції мережевих топологій та систем, розробленим компанією Cisco. Це середовище дозволяє створювати, налаштовувати та тестувати різноманітні конфігурації, включаючи системи моніторингу та управління енергоспоживанням будівель.

Можливості та функціональність у Packet Tracer, програма слугують потужним інструментом моделювання та симуляції мережевих топологій та систем, розробленим компанією Cisco. Це середовище дозволяє створювати, налаштовувати та тестувати різноманітні конфігурації, включаючи системи моніторингу та управління енергоспоживанням будівель.

Packet Tracer пропонує широкий спектр можливостей та функціональності для моделювання мережевих середовищ, зокрема:

Візуальне моделювання топологій: Packet Tracer надає інтуїтивний графічний інтерфейс для створення мережевих топологій, включаючи маршрутизатори, комутатори, кінцеві пристрої, а також різноманітні типи з'єднань.

Налаштування пристроїв: Користувачі можуть налаштовувати різні параметри мережевих пристроїв, таких як маршрутизатори, комутатори та кінцеві станції, використовуючи знайомі інтерфейси командного рядка (CLI) або графічні інтерфейси користувача (GUI).

Моделювання та симуляція: Packet Tracer дозволяє моделювати та симулювати поведінку мережі в різних сценаріях, включаючи передачу даних, маршрутизацію, налаштування мережевих служб і протоколів.

Інструменти моніторингу та аналізу: Packet Tracer пропонує різноманітні інструменти для моніторингу стану мережі, аналізу трафіку, виявлення та усунення несправностей, такі як моніторинг портів, відстеження маршрутів, перехоплення пакетів тощо.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Підтримка різних технологій: Packet Tracer підтримує моделювання та симуляцію різних мережевих технологій, включаючи Ethernet, Wi-Fi, VLANs, маршрутизацію, протоколи динамічної маршрутизації, IPv4 та IPv6, а також технології безпеки, такі як ACL, VPN тощо.

Навчальні матеріали та курси: Packet Tracer часто використовується в навчальних цілях для вивчення мережевих концепцій та технологій. Cisco надає численні навчальні матеріали, лабораторні роботи та курси, засновані на використанні Packet Tracer.

Компоненти та інструменти. Packet Tracer містить різноманітні компоненти та інструменти, які можна використовувати для моделювання систем моніторингу та управління енергоспоживанням будівель.

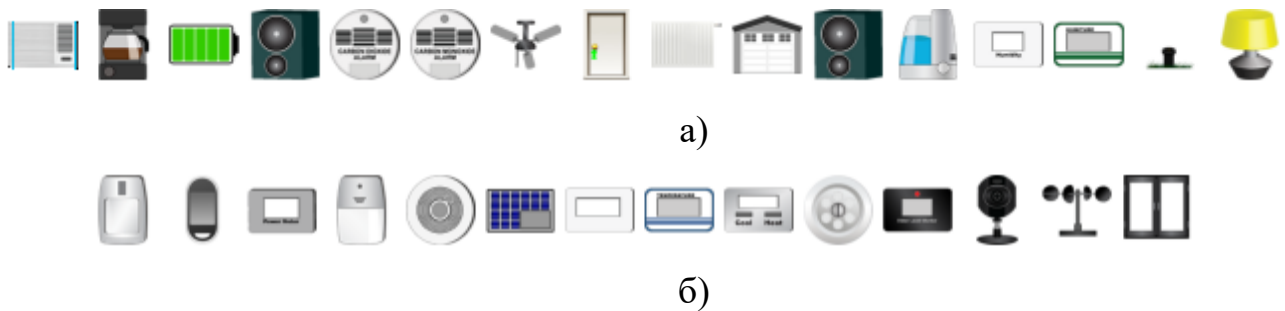


Рисунок 2.1 - Панель елементів IoT

Зокрема представлено:

- Мережеві пристрої: Маршрутизатори, комутатори, точки бездротового доступу, кінцеві станції та інші типові мережеві компоненти.
- Пристрої Інтернету речей (IoT): Датчики, актуатори, контролери та інші пристрої, які можна використовувати для імітації компонентів систем "розумного будинку".
- Хмарні служби: Packet Tracer підтримує моделювання хмарних сервісів та платформ, що можуть бути використані для зберігання та обробки даних від систем моніторингу енергоспоживання.
- Інструменти симуляції та моделювання: Packet Tracer пропонує інструменти для симуляції мережевого трафіку, відстеження маршрутів,

моніторингу пакетів, а також для моделювання різних сценаріїв та умов роботи мережі.

– Інструменти налаштування: Користувачі можуть налаштовувати різні параметри пристроїв, створювати власні конфігурації та скрипти для автоматизації процесів розгортання та налаштування.

– Інструменти візуалізації: Packet Tracer надає різноманітні інструменти для візуалізації даних, включаючи моніторинг трафіку, зображення топології, статистику використання ресурсів тощо.

Використовуючи ці компоненти та інструменти, можна створювати детальні моделі систем моніторингу та управління енергоспоживанням будівель, симулювати різні сценарії роботи, тестувати конфігурації та оцінювати ефективність різних рішень.

Таким чином, Packet Tracer є потужним середовищем для моделювання та симуляції, що дозволяє розробникам та дослідникам експериментувати з різними архітектурами та конфігураціями систем без необхідності фізичного розгортання.

2.2 Планування мережі

Для реалізації розумного будинку, який можна автоматично і віддалено контролювати з 3G/4G клієнта, мережа була логічно розділена на чотири зони: домашня мережа, хмара інтернет-провайдера, мережа постачальника послуг (SP) та мережа 3G/4G-провайдера.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

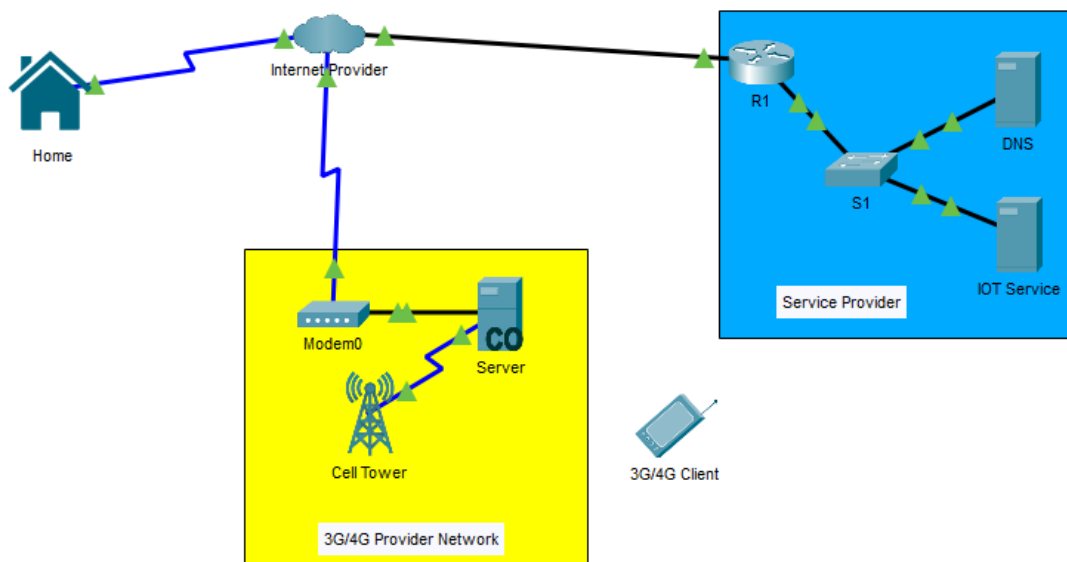


Рисунок 2.2 Топологія мережі розумного будинку

Налаштування IPv4 адреси системи, у таблиці 2.1 наведено IP-адреси всіх пристроїв, які вони отримають після налаштування

Таблиця 2.1 IPv4 адреси всіх пристроїв

Секція	Пристрій	Інтерфейс	IPv4 Address
Service Provider	Router R1	FastEthernet0/0	192.168.1.1
		FastEthernet0/1	10.0.0.1
	DNS server	FastEthernet0	192.168.1.2
	IoT server	FastEthernet0	192.168.1.3
3G/4G Provider	Central Office Server	Магістраль	Динамічний від 10.0.0.2/8
		Cell Tower	172.168.1.1
	3/4G Client	Мобільна Мережа	Динамічний від 172.168.1.2/24
Smart Home	Home Gateway	Internet	Динамічний від 10.0.0.2/8
		LAN	192.168.3.1
	Laptop	Wireless0	192.168.3.2

	IoT Devices	Wireless0	Динамічний від 192.168.3.3/24
--	----------------	-----------	----------------------------------

Інтернет налаштування. Нам потрібно налаштувати всі конфігурації для всіх пристроїв, щоб досягти відповідного зв'язку між домашніми пристроями та серверами. І дозволити 3G/4G клієнту отримати доступ до будинку.

Для забезпечення інтернетом всіх секцій необхідна хмара, яка виконує роль кабельного модему від порту Coax8 до порту FastEthernet9 і від порту Coax7 до порту FastEthernet9, як показано на рисунку 2.3. Тоді як на рисунку 2.4 показано вкладку конфігурації хмари.

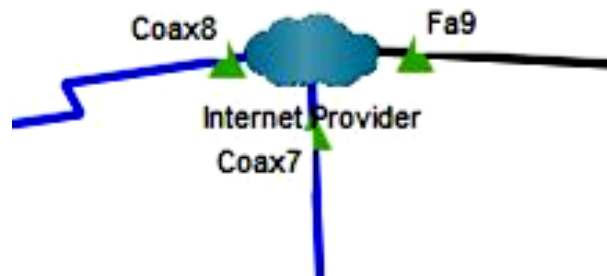


Рисунок 2.3 Підключення до хмари

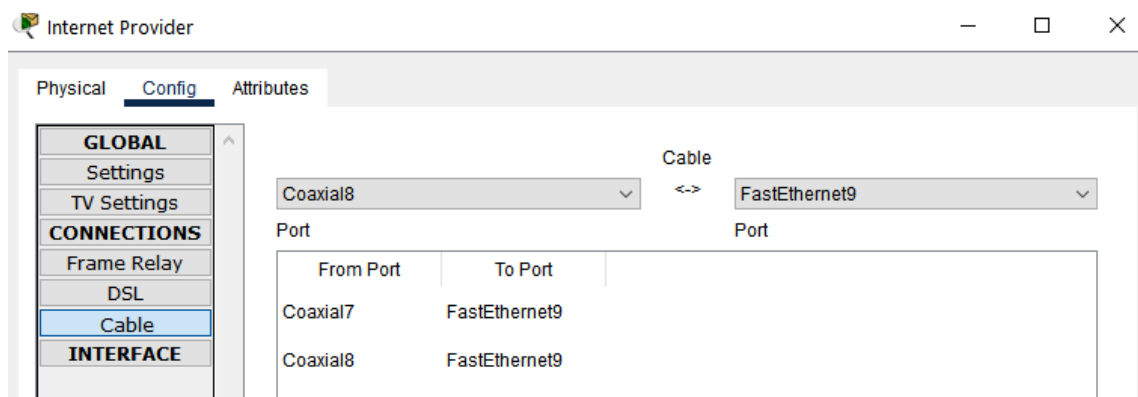


Рисунок 2.4 Конфігурація хмари

В подальшому буде підключено інтерфейс до інтернет-провайдера, обрано IP-адресу WAN 10.0.0.0/8, яка може підтримувати понад 16 мільйонів секцій. Адреси надаються DHCP-сервером, яким є маршрутизатор R1 у розділі постачальника послуг.

Налаштування постачальника послуг. Router (R1) з'єднує локальну мережу постачальника послуг, яка підключена до його FastEthernet0/0 (Fa0/0) з іншими локальними мережами через глобальну мережу, підключену до його інтерфейсу FastEthernet0/1 (Fa0/1).

Наведені нижче команди записуються на вкладку CLI (інтерфейс командного рядка) R1:

```
R1(config)#interface fa0/0
R1(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
```

Рисунок 2.5 Команди для FastEthernet0/0

```
R1(config)#interface fa0/1
R1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0
R1(config-if)#no shutdown
```

Рисунок 2.6 Команди для FastEthernet0/1

Ця адреса інтерфейсу повинна бути встановлена як маршрутизатор за замовчуванням для DHCP-сервера, щоб він надавав адреси з мережі 10.0.0.0/8 з DNS-сервером 192.168.1.2

```
R1(config)#ip dhcp excluded-address 10.0.0.1
R1(config)#ip dhcp pool Folvar
R1(dhcp-config)#network 10.0.0.0 255.0.0.0
R1(dhcp-config)#default-router 10.0.0.1
R1(dhcp-config)#dns-server 192.168.1.2
```

Рисунок 2.7 Налаштування DHCP

Тепер кожен пристрій, підключений до цієї мережі і включає протокол DHCP, повинен отримати адресу з пулу "Folvar" (від 10.0.0.2 до 10.255.255.254)

Switch (S1) є самоконфігурованим, він використовується лише для підключення інтерфейсу Fa0/0 від R1 до декількох пристроїв.

DNS конфігурація мережі. Спочатку ми налаштуємо статичну IPv4-адресу для сервера. IPv6- не буде використовуватися. Сервер буде підключений до мережі "192.168.1.0" з маскою підмережі 255.255.255.0, через інтерфейс FastEthernet0. Адреса шлюзу за замовчуванням "192.168.1.1". Отже,

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

"192.168.1.2" встановлено як і перевіримо стан порту, щоб увімкнути інтерфейс. Перейдемо до пункту налаштувань у тій самій вкладці і додаємо IP-адреси DNS і шлюзу.

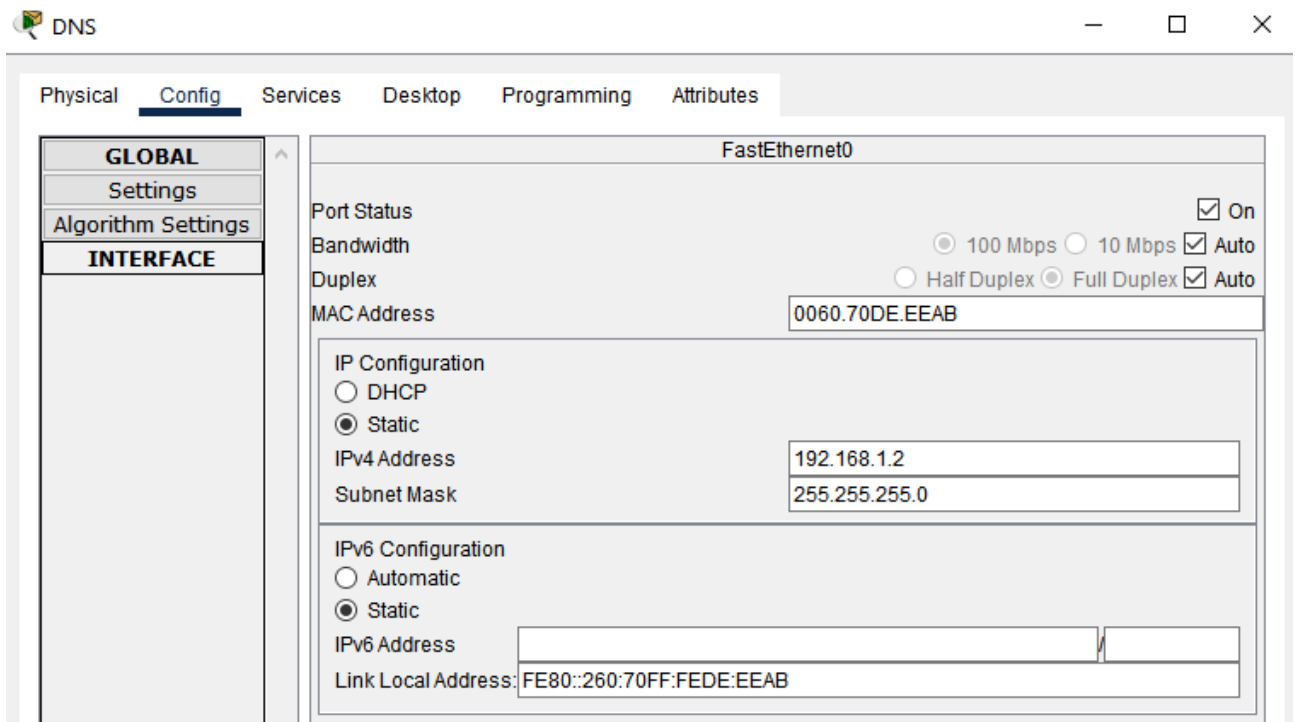


Рисунок 2.8 - Конфігурація DNS сервера

Щоб перевести IP-адресу сервера IoT "192.168.1.3" в домен "mysmarthome.com", ми переходимо на вкладку Services сервера, потім DNS і встановлюємо службу DNS на ON. Додаємо доменне ім'я і IP-адресу.

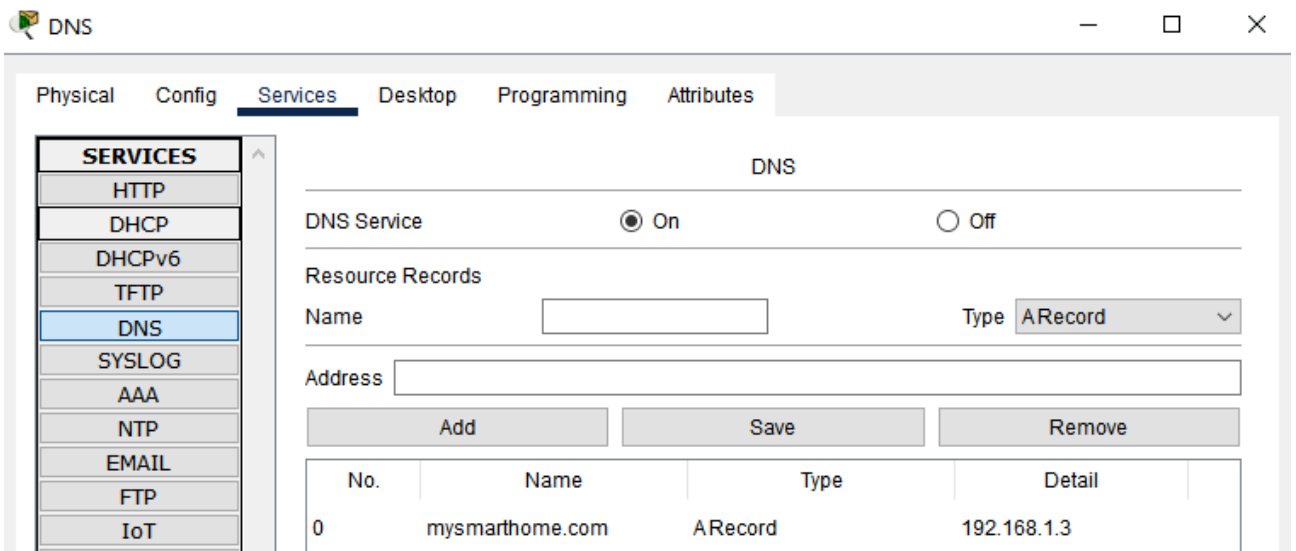


Рисунок 2.9. Налаштування домену

IoT Service: Конфігурація мережі.

Для інтерфейсу FastEthernet0 він також підключений до мережі "192.168.1.0" з підмережею маскою 255.255.255.0. Адреса шлюзу за замовчуванням - "192.168.1.1". Ми змінимо її на "192.168.1.3" і перевіримо стан порту, щоб увімкнути інтерфейс. Перейдемо до пункту налаштувань на тій же вкладці і додаємо IP-адреси DNS і шлюзу.

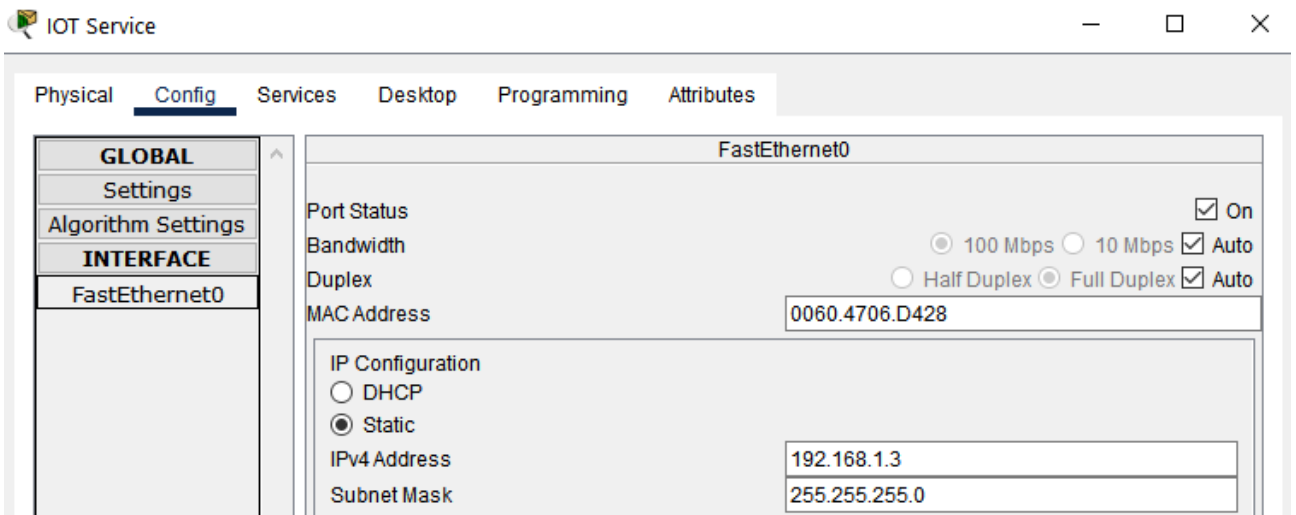


Рисунок 2.10 Конфігурація IoT сервера

Щоб цей сервер працював як IoT-сервер, необхідно увімкнути службу IoT у вкладці Services TAB. Потім необхідно створити обліковий запис на сервері,

запустивши веб-браузер з робочого столу самого сервера і отримати доступ до адреси IoT-сервера "192.168.1.3" або доменного імені "mysmarthome.com". Оскільки у нас ще немає облікового запису, нам потрібно натиснути кнопку "Sign up now". Для прикладу ім'я користувача облікового запису буде "MySmartHomeAccount".

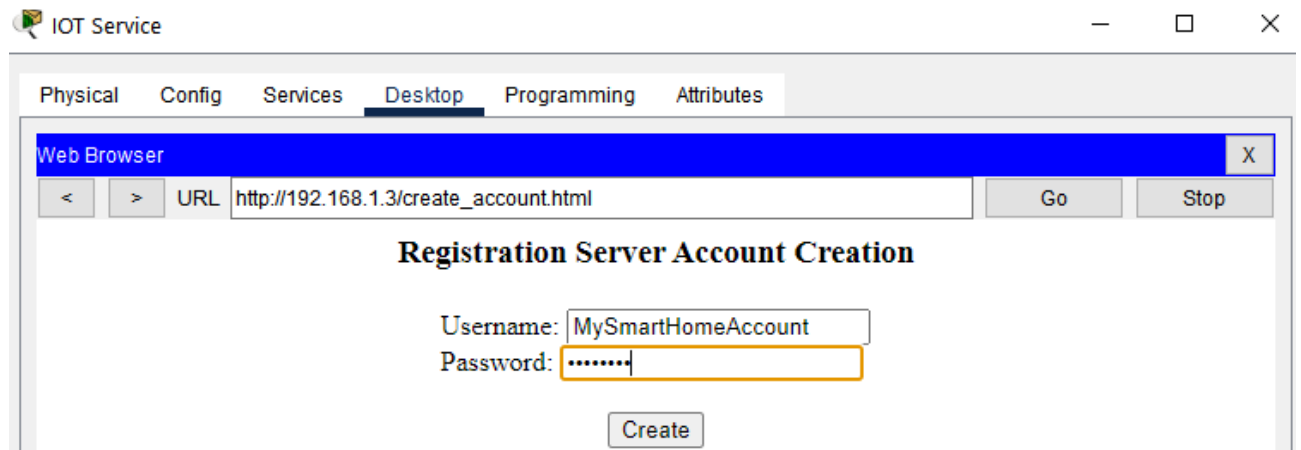


Рисунок 2.11 Створення облікового запису

3G/4G Мережа, налаштування Cell Tower. Ми можемо лише змінити назву провайдера, щоб будь-який 3G/4G-клієнт міг з'єднатися з провайдером набравши відповідне ім'я. Оберемо назву Vodafone.

Centrall Office Server має два інтерфейси: магістральний для підключення провайдера до глобальної мережі та коаксіальний інтерфейс для з'єднання сервера з вежею стільникового зв'язку.

Магістральний інтерфейс: цей інтерфейс підключений до інтернет-провайдера. Отже, він отримає динамічну адресу, як тільки ми увімкнемо протокол DHCP.

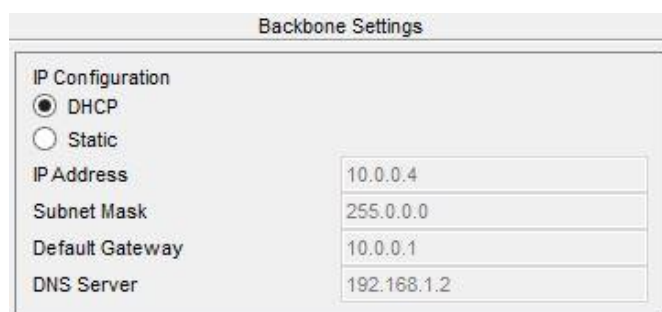
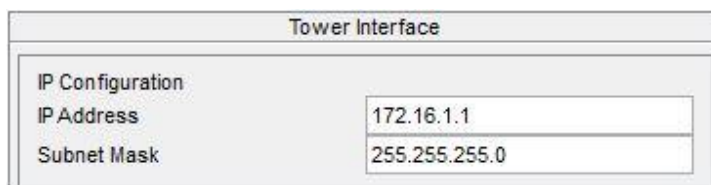


Рисунок 2.12 Інтерфейс магістралі з увімкненим DHCP.

Інтерфейс стільникової вежі: сервер СО працює також як сервер DHCP для всіх пристроїв, які підключені до вежі стільникового зв'язку. Конфігурація на рисунку 2.13. дозволяє серверу СО надавати адреси від 172.16.1.2 до 172.16.1.254.



Tower Interface	
IP Configuration	
IP Address	172.16.1.1
Subnet Mask	255.255.255.0

Рисунок 2.13 Конфігурація інтерфейсу вежі.

Модем після підключення кабелю Ethernet і коаксіального кабелю починає працювати без потреби в додатковій конфігурації.

3G/4G Клієнт, набравши назву 3G/4G-провайдера "Vodafone", телефон буде підключено до вежі. Таким чином, сервер СО призначить клієнту адресу з мережі 172.16.1.0/24.



3G/4G Cell1	
Port Status	<input checked="" type="checkbox"/> On
Provider Name	Vodafone
IP Configuration	
IP Address	172.16.1.100
Subnet Mask	255.255.255.0
DHCP Refresh	

Рисунок 2.14 Конфігурація 3G/4G клієнта.

Шлюзом за замовчуванням буде "172.16.1.1", а DNS-сервер, наданий постачальником послуг буде "192.168.1.2". Налаштування можна перевірити на вкладці "Конфігурація" клієнта.

Після виконання описаних кроків 3G/4G-клієнт буде підключений до Інтернету і отримає повноваження для доступу до сервера IoT. Якщо цей клієнт

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

має правильне ім'я користувача та пароль, він зможе отримати доступ до облікового запису, крім того, йому буде дозволено вносити деякі зміни.



Рисунок 2.15 Топологія дому

Шлюз має три інтерфейси: Інтернет, LAN, Wireless.

Інтерфейс Інтернету: це інтерфейс, який з'єднує будинок з Інтернетом через модем. Оскільки цей інтерфейс підключений до інтернет-провайдера. Після того, як ми виберемо DHCP на вкладці налаштувань інтернету, інтерфейс отримає динамічну IP-адресу з пулу "Folvar", а шлюз за замовчуванням "10.0.0.1" і DNS-сервер "192.168.1.2".

Internet Settings	
IP Configuration	
<input checked="" type="radio"/>	DHCP
<input type="radio"/>	Static
IP Address	10.0.0.3
Subnet Mask	255.0.0.0
Default Gateway	10.0.0.1
DNS Server	192.168.1.2

Рисунок 2.16 Інтерфейс шлюзу дому

Інтерфейси локальної мережі: У цьому проекті прилади мають бездротові інтерфейси, а мережа будинку будинку є WLAN. Ми не використовували інтерфейси Ethernet. Але на цій вкладці ми повинні створити локальну мережу з IP-адресою та маскою підмережі. Ми вибрали "192.168.3.0/24" в якості WLAN. Вона може підтримувати 253 пристрої. Домашнім шлюзом за замовчуванням є DHCP-сервер.

Бездротовий інтерфейс: на вкладці налаштування бездротового інтерфейсу, потрібно встановити особистий SSID та пароль. SSID домашнього шлюзу встановлено на "HomeGateway", паролем виступатиме фраза "MySecretCode".

Wireless Settings	
SSID	HomeGateway
2.4 GHz Channel	6 - 2.437GHz
Coverage Range (meters)	250,00
Authentication <input type="radio"/> Disabled <input type="radio"/> WEP WEP Key: <input type="text"/> <input type="radio"/> WPA-PSK <input checked="" type="radio"/> WPA2-PSK PSK Pass Phrase: MySecretCode <input type="radio"/> WPA <input type="radio"/> WPA2	
RADIUS Server Settings IP Address: <input type="text"/> Shared Secret: <input type="text"/>	
Encryption Type	AES

Рисунок 2.17 Налаштування бездротового інтерфейсу шлюзу

Ноутбук, після того, як ми введемо "HomeGateway" в поле SSID та пароль на вкладці конфігурації бездротового інтерфейсу, ноутбук підключиться до домашнього шлюзу. Якщо ми виберемо DHCP, домашній шлюз надасть ноутбуку динамічну адресу у діапазоні від "192.168.3.2" до "192.168.3.254".

IP Configuration	
<input checked="" type="radio"/> DHCP	
<input type="radio"/> Static	
IP Address	192.168.3.101
Subnet Mask	255.255.255.0

Рисунок 2.18 Надання динамічної IP адреси Ноутбуку

Wireless інтерфейс. Замовчуванням IoT-пристрої в Cisco Packet Tracer мають мережеву карту Ethernet, яка не потребує кабелю для підключення до домашнього шлюзу, тому нам не потрібно взаємодіяти з мережевою картою, щоб дозволити їм підключатися через бездротовий інтерфейс.

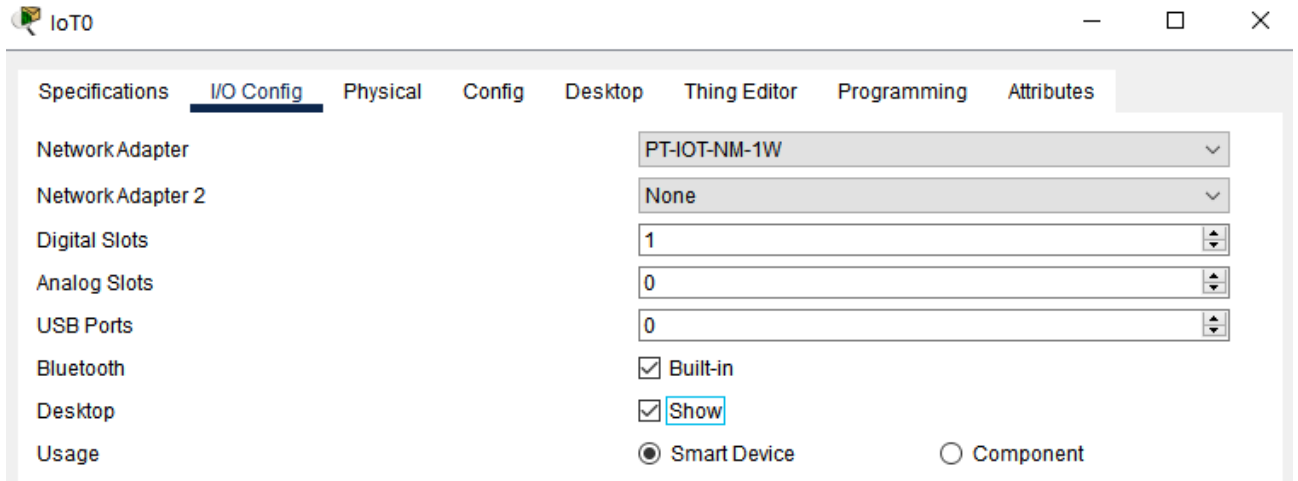


Рисунок 2.19 Вікно налаштування IoT пристрою

Після того, як ми введемо "HomeGateway" у полі SSID інтерфейсу wireless0 та пароль на вкладці config, інтерфейс підключиться до домашнього шлюзу, наш домашній шлюз працює як DHCP-сервер, отже, будь-який пристрій повинен мати IP-адресу з діапазону "192.168.3.3" до "192.168.3.254", оскільки "192.168.3.1" - це адреса шлюзу, а "192.168.3.2" - для ноутбука.

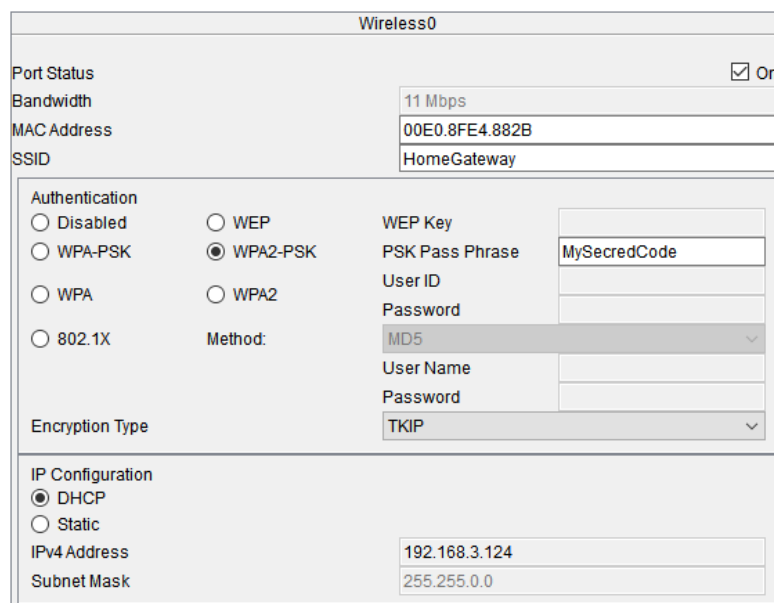


Рисунок 2.20 wireless0 інтерфейс

Пристрої автоматично отримують адреси шлюзу та DNS-сервера за замовчуванням. Як показано на рисунку 2.21

Нарешті, якщо будь-який пристрій підключено до домашнього шлюзу і він отримує IP-адресу, він буде підключений до інтернету.



Gateway/DNS IPv4

DHCP

Static

Gateway 192.168.3.1

DNS Server 192.168.1.2

Рисунок 2.21 Стандартний шлюз та DNS пристрою

Сервер IoT повинен знати всі IoT-пристрої, встановлені в будинку. Пристрої IoT імена за замовчуванням "IoT" плюс номер, нам потрібно зробити чіткі імена для пристроїв, щоб уникнути помилок.

Для реєстрації пристрою на сервері потрібна адреса сервера, ім'я користувача та пароль облікового запису. Всі пристрої повинні використовувати однакові облікові дані IoT, ті ж самі облікові дані були використані власником будинку для проходження автентифікації ті ж самі облікові дані використовувалися власником будинку для проходження автентифікації при підключенні через браузер до IoT-сервера.

На вкладці конфігурації пристрою в полі "IoT Server" потрібно вибрати "Remote Server" та ввести данні.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Рисунок 2.22 Вкладка IoT Server

Для моніторингу цього будинку є два способи: з ноутбука всередині будинку для локального моніторингу, або з 3G/4G-клієнта ззовні, або далеко від дому. Обидва способи мають однакові повноваження і однаковий користувацький інтерфейс для всіх частин.

Якщо власник будинку використовує браузер ноутбука для доступу до сервера IoT, як тільки користувач підключається до "mysmarthome.com", він може візуалізувати стан IoT-пристроїв, зареєстрованих на IoT-сервері.

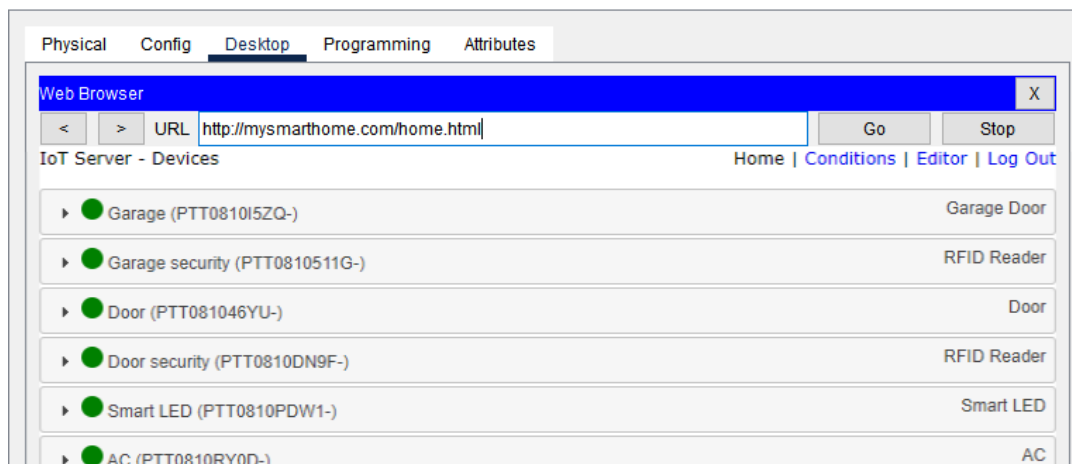


Рисунок 2.23 Статус зареєстрованих пристроїв на IoT-сервері

2.3 Взаємодії між пристроями

Для системи гаража, лише RFID (Garage Security), Garage і Smart LED, які можна зареєструвати на IoT-сервері. Щоб керувати охороною гаража за

допомогою RFID нам потрібно встановити деякі умови на IoT-сервері. Таким чином, використовуються дві картки: одна з авторизованим ID, а інша - з неавторизованим ID. Їхні ідентифікатори пронумеровані цифрами 1 і 2 відповідно.

Алгоритм охорони та освітлення гаража узагальнений в таблиці 2.2 може бути відновлений у чотири кроки:

- RFID-зчитувач спрацьовує, якщо картка знаходиться поблизу нього.
- Якщо зчитується авторизована ідентифікаційна картка, мікроконтролер MCU2 надсилає на сервер сигнал "valid"; в іншому випадку, сигнал "non-valid".
- Якщо жодна картка не наближена до RFID-зчитувача, MCU2 продовжує надсилати сигнал "очікування".
- Якщо сервер отримує сигнал "valid", він відчиняє гараж на 30 секунд і зачиняє його назад. В іншому випадку гараж залишається зачиненим.

Для освітлення гаража датчик освітленості і датчик руху підключаються до слотів D0 і D1 MCU2 відповідно, а розумний світлодіод підключається до гнізда D2 за допомогою IoT-кабелів. Необхідно ввести код на вкладці програмування MCU2, для MCU2 використовується мова Python (див. Додаток Б).

Таблиця 2.2 Алгоритм доступу гаража

Назва функції	Умова	Результат
GarageValid	Garage security status is valid	Set Garage On to true
GarageNotValidOrWaiting	Зберігається при одній з умов: Garage security status is Invalid	Set Garage On to false

	Garage security status is Waiting	
GarageAuthorizedCard	Garage security Card ID=1	Set Garage security status to Valid
GarageUnauthoraizedCard	Garage security Card ID!=1	Set Garage security status to Invalid

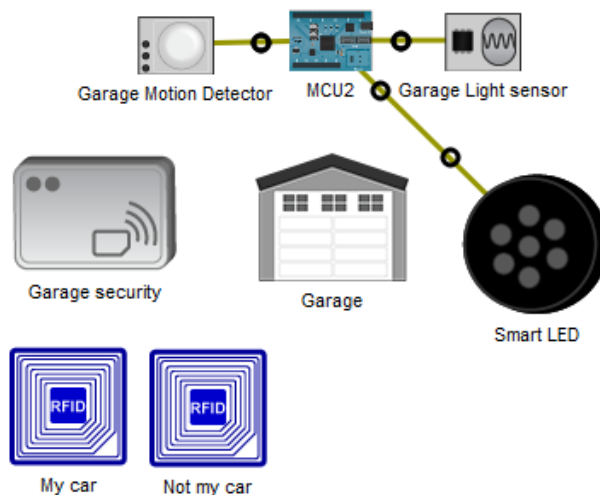


Рисунок 2.24 Система доступу та освітлення гаража

Керування світлодіодом здійснюється відповідно до даних, отриманих від двох датчиків; для цього створено наступний алгоритм, який керує цим процесом:

- якщо є сонячне світло, незалежно від наявності руху, світлодіод не світить.
- якщо сонячного світла немає, MCU перевіряє показники датчика руху:

– якщо є рух, він надсилає сигнал "HIGH" на інтелектуальний світлодіод на 35 секунд.

– в іншому випадку він продовжує надсилати сигнал "LOW" на інтелектуальний світлодіод.

– MCU2 продовжує циклічно перевіряти кожні 3 секунди (див. повну програму в додатку Б).

Крім того, гараж можна відчинити вручну. Для цього необхідно вимкнути попередні умови, наведені в таблиці 2.3. Таким чином, гараж можна відчинити з облікового запису сервера IoT. Ми також можемо перевірити яскравість розумного світлодіода.

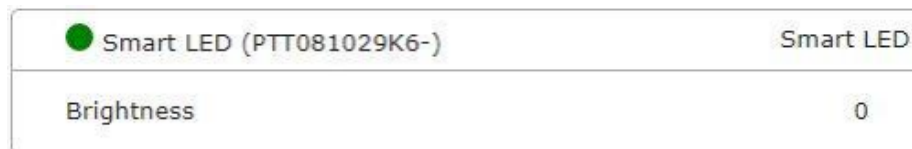


Рисунок 2.25 Перевірка яскравості світлодіода.

Дизайн системи безпеки та освітлення вхідної групи приблизно такий самий, як і дизайн гаража. Але відмінність, у тому, що двері не будуть відчинятися та зачинятися; вони будуть автоматично замикатися та відмикатися за допомогою RFID-зчитувача (на рисунку 2.26 він називається "Door security").

Умови, які створюються на сервері, такі ж самі, як і для гаража, але замість того, щоб відчиняти та зачиняти двері, сервер відчиняє та зачиняє їх.

Ми використовували картки, які відрізняються від карток, що використовуються для охорони гаража: 10 - це ідентифікатор авторизованого користувача, а 20 - для повторного входу. У таблиці 2.3 показано роботу системи безпеки та освітлення вхідної групи.

Таблиця 2.3 - Доступ дверей

Назва функції	Умова	Результат
DoorValid	Door security	Set Door

	status is valid	On to true
DoorNotValidOrWaiting	Зберігається при одній з умов: Door security status is Invalid Door security status is Waiting	Set Door On to false
DoorAuthorizedCard	Door security Card ID=1	Set Door security status to Valid
DoorUnauthoraizedCard	Door security Card ID!=1	Set Door security status to Invalid

MCU4, показаний на рисунку 2.26, відповідає за освітлення дверей, він надсилає сигнал "HIGH" на світлодіод Smart LED, коли немає сонячного світла і є рух поблизу дверей. Програма мікроконтролера така ж програма, як і для освітлення гаража, різниця полягає лише в часі увімкнення, для освітлення дверей потрібно лише 15 секунд, щоб вимкнути розумний світлодіод.

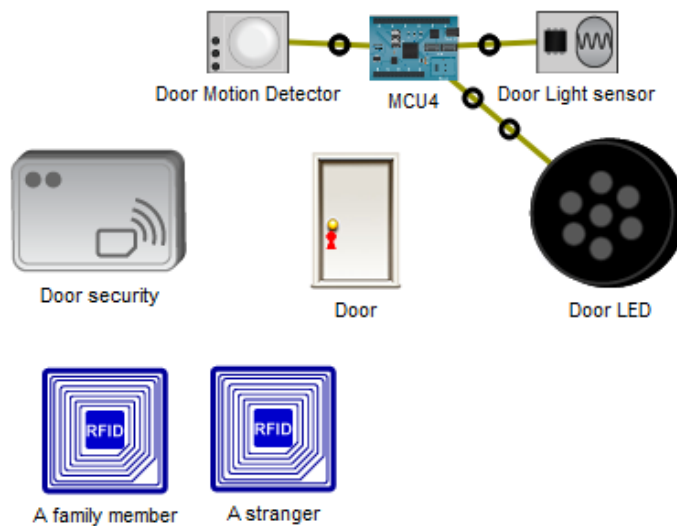


Рисунок 2.26 Система доступу та освітлення входної групи

Окрім того, ми можемо вручну контролювати двері, замикати та відмикати їх. Також ми можемо бачити, відчинені вони чи зачинені. Відчинені вони, чи зачинені, і все це можна зробити з акаунта IoT-сервера, не забуваючи при цьому вимкнути умови, наведені в таблиці 2.3.



Рисунок 2.27 Моніторинг стану дверей

Система в приміщенні складається з двох частин: перша призначена для контролю температури і друга - для вентиляції.

Опалювальний прилад і кондиціонер можна зареєструвати на сервері IoT. Ми дотримуємося тієї ж процедури, щоб зареєструвати їх. Далі, для повної автоматизації нам потрібен датчик температури, який можна знайти в пакетному трекері доступний у Packet Tracer, та мікроконтролер MCU1 (див. рисунок 2.28). Підключаємо виводи D0 і D1 мікроконтролера MCU1 до змінного струму і печі відповідно, а гніздо A1 - до датчика температури. У Packet Tracer підвищує температуру типового офісного приміщення на 10°C за

годину. Кондиціонер охолоджує температуру типового офісного приміщення на -10°C за годину.

У цьому проєкті, особливо влітку, кондиціонер запрограмований на початок охолодження, якщо температура перевищує 30°C , і залишається увімкненим, доки температура не впаде нижче 20°C . Потім кондиціонер знову вимикається і залишається вимкненим, поки температура знову не перевищить 30°C . Взимку опалювальна система запрограмована таким чином, що починає обігрівати приміщення, якщо температура опускається нижче 15°C , і залишається увімкненою, доки температура не перевищить 20°C , потім опалювальний прилад знову вимикається і залишається вимкненою, поки температура знову не опуститься нижче 15°C знову не впаде нижче.

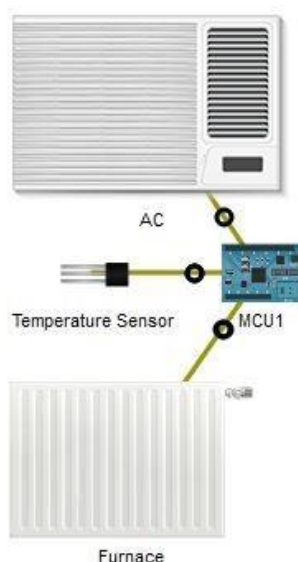


Рисунок 2.28 Система контролю температури

Python також використовується для програмування мікроконтролера MCU1 для виконання цієї задачі; програму наведено у Додатку В. Датчик температури дає значення від 0 до 1023 (відображення від -100C до 100C). Ми також можемо вмикати та вимикати кондиціонер та піч вручну, використовуючи IoT-сервер обліковий запис



Room Window



Room Fan



Room CO Alarm

Рисунок 2.29 Система контролю рівню чадного газу

Всі пристрої на цій частині, які показані на рисунку 2.29, можуть бути зареєстровані на IoT-сервері. CO Alarm використовується як сигналізація і датчик одночасно, сигналізація спрацьовує, якщо вміст чадного газу в приміщенні перевищує 20%. За замовчуванням CO Alarm в пакетному трекері запрограмовано

на ввімкнення при виявленні рівня чадного газу 20%. Щоб виконати автоматизацію цієї частини необхідно задати умови, наведені в таблиці 2.4, у вкладці "Умови роботи IoT-сервера".

Таблиця 2.4. Умови активації вентиляції

Назва функції	Умова	Результат
Room	Room CO Alarm level >20%; <25%	Set Room Window On to true Set Room Fan Status to Low
Room1	Room CO	Set Room Window

	Alarm level >25%	On to true Set Room Fan Status to High
Room2	Room CO Alarm level <2%	Set Room Window On to false Set Room Fan Status to off

Перша умова встановлюється для відкриття вікна і запуску вентилятора в низькому стані, коли рівень CO в діапазоні від 20% до 25%. Коли рівень CO перевищує 25%, друга умова встановлюється, щоб перевести вентилятор у режим підвищеної продуктивності і тримати вікно відкритим. Третя умова спрацьовує, коли рівень CO нижче 2%; вона закриває вікно і вимикає вентилятор. Якщо ці умови вимкнено, вікно вікно можна відкрити вручну за допомогою облікового запису сервера IoT, як показано на рисунку 2.31.

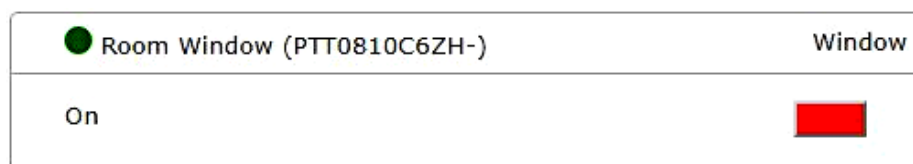


Рисунок 2.31 Моніторинг стану вікна

Ми також можемо перемикатися між трьома станами вентилятора за допомогою тієї самої вкладки IoT-сервера як показано на рисунку 2.32.

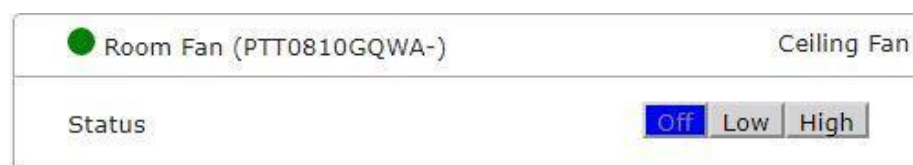


Рисунок 2.32 Моніторинг стану вентилятора

Окрім того, ми можемо бачити, увімкнено чи вимкнено тривогу, як показано на рисунку 2.33, також тривога CO надає серверу інформацію про відсоток викидів CO у навколишнє середовище.

● Room CO Alarm (PTT0810E5XV-)	Carbon Monoxide Detector
Alarm	●
Level	6.7456

Рисунок 2.33 Моніторинг рівня чадного газу

Сад у цьому проекті складається з трьох частин. Перша частина відповідає за протипожежний моніторинг, рисунок 2.34. Друга частина відповідає за автоматичний полив, рисунок 2.36. Третя частина - за моніторинг рівня CO, щоб уникнути втрат врожаю, рисунок 2.38.

Моніторинг пожежних датчиків: На сервері IoT можна зареєструвати як пожежну сигналізацію, так і спринклер пожежної спринклерної установки. Пожежна сигналізація пожежна сигналізація надсилає на сервер сигнал "HIGH" щоразу, коли пожежа наближається до неї або коли вона відчуває пожежу.



Рисунок 2.34 Протипожежна система

Насамперед потрібно задати умови на IoT-сервері, щоб у разі пожежі сервер ввімкнув пожежні. А якщо сигналізація не виявляє пожежі, сервер вимикає спринклери. Ці умови підсумовані в таблиці 2.5. Ми також можемо використовувати обліковий запис сервера Інтернету речей, щоб увімкнути і вимикати спринклери вручну, а також бачити стан пожежної сигналізації.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 2.5 Система моніторингу пожежі

Назва функції	Умова	Результат
FS-ON	Fire Alarm	Set FS1 Status to true
	Fire Detected is true	Set FS2 Status to true Set FS3 Status to true
FS-OFF	Fire Alarm	Set FS1 Status to false
	Fire Detected is false	Set FS2 Status to false Set FS3 Status to false

На сервері IoT можна реєструвати як рівень води, так і дощувальну машину для газону на сервері IoT. Спринклер для поливу газону піднімає рівень води щоразу, коли він вмикається. Монітор рівня води отримує рівень води в навколишньому середовищі і друкує його в "см". Деякі умови в IoT-сервері та наведені в таблиці 2.6, повинні бути додані для автоматизації цієї частини.



Water Level



Lawn sprinkler



Lawn sprinkler2



Lawn sprinkler3

Рисунок 2.35 Система поливу

Перша умова вмикає спринклери, якщо рівень, виміряний датчиком рівня води перевищує 10 см. Друга умова вмикає спринклери, якщо рівень води опускається нижче 1 см. Звичайно, сад не буде поливатися цілий день, для цього умови можна вимкнути коли ми захочемо. І ми можемо зробити полив вручну з облікового запису сервера IoT, як показано на малюнку 2.35

Таблиця 2.6 Контроль рівня води

Назва функції	Умова	Результат
LS-ON	Water Level < 1.0cm	Set Lawn sprinkler Status to true Set Lawn sprinkler2 Status to true Set Lawn sprinkler3 Status to true
LS-OFF	Water Level > 10.0cm	Set Lawn sprinkler Status to

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ

Арк.

49

		false Set Lawn sprinkler2 Status to false Set Lawn sprinkler3 Status to false
--	--	---

Ми вже знаємо про вікна та сигналізацію CO; крім того, вентилятор може бути зареєструвати на сервері IoT. Немає ніякої різниці між сигналізацією CO, яка буде використовуватися тут і між сигналізацією, яка буде використовуватися тут, і тією, яка використовується в кімнаті, немає ніякої різниці.

Сад більший за кімнату, тому використовується два вікна і біля кожного вікна розміщено вентилятор. біля кожного вікна. Для досягнення автоматизації на IoT-сервері встановлюються певні умови. Ці умови наведені в таблиці 2.7

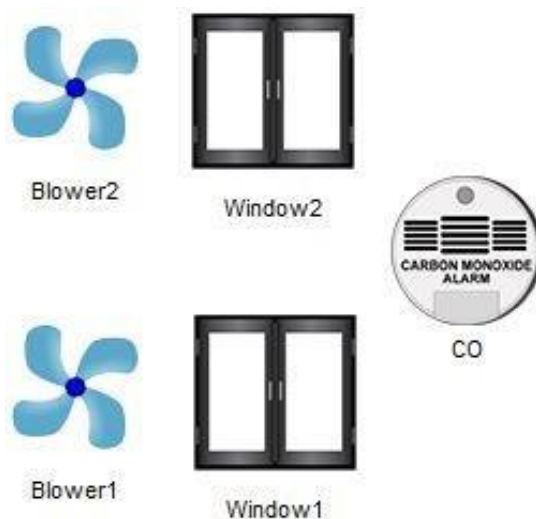


Рисунок 2.36 Система вентиляції

Таблиця 2.7 Автоматизація управління рівнем CO в саду

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Назва функції	Умова	Результат
CO-ON	CO Alarm is true	Set Window1 On to true Set Window2 On to true Set Blower1 Status to High Set Blower2 Status to High
CO-OFF	CO alarm is false	Set Window1 On to false Set Window2 On to false Set Blower1 Status to Off Set Blower2 Status to Off

Система контролю рівня монооксиду вуглецю (CO) в приміщенні обладнана сигналізацією безпеки. Якщо концентрація CO у повітрі перевищує 20%, спрацьовує сигнал тривоги. Сама система не регулює рівень CO автоматично, а лише подає сигнал для того, щоб працівники прийняли рішення про провітрювання приміщення через відкривання вікон та ввімкнення вентиляторів.

Також передбачена можливість вимкнути автоматичний режим роботи і перейти на ручне керування вікнами та вентиляторами, без використання сигналів тривоги від системи контролю CO. Це може знадобитися в разі технічного обслуговування чи виконання певних робіт, коли немає необхідності реагувати на рівень CO.

Кухня складається з двох частин: перша для пожежного спостереження, а друга для відводу диму.

Пожежна сигналізацію для кухні додається сирена додана для сповіщення людей, які знаходяться всередині будинку, вона може бути зареєстрована на IoT-сервері. Той самий дизайн що використовується для саду, тут достатньо одного спринклера.



Рисунок 2.37 Система контролю сигналізації на кухні а) пожежної б) димової

Таблиця 2.8 Алгоритм роботи сигналізації

Назва функції	Умова	Результат
SirenON	Fire Sensor	Set Kitchen Fire

	Fire Detected is true	Sprinkler Status to true Set Fire Siren On to true
SirenOFF	Fire sensor Fire Detected is false	Set Kitchen Fire Sprinkler Status to false Set Fire Siren On to false

Вентиляція приміщення: для цієї частини є тільки вікно, яке можна зареєструвати на сервері. Датчик диму - не є інтелектуальним компонентом. Він вимірює рівень диму в навколишньому середовищі і надсилає аналоговий вихід в діапазоні від 0 до 255, що представляє відсоток диму в повітрі від 0 до 100%. Отже, мікроконтролер мікроконтролер MCU3 необхідний для досягнення повної автоматизації для вентиляції диму. Слот A0 MCU3 підключається до датчика диму, а A1 - до вікна.

Також в Packet Tracer є кавоварка, якою можна керувати на IoT-сервері рисунок 2.39.



Рисунок 2.38 Кавоварка

Для програмування MCU3 використовується мова Python (див. Додаток Г). Датчик визначає рівень диму в навколишньому середовищі. MCU3 отримує нові значення щосекунди. Якщо рівень диму перевищує 20%, вікно отримує від MCU3 цифрову "1", воно відкривається. Якщо рівень диму менше 20%, вікно отримує від MCU3 цифровий "0" і закривається. В іншому випадку вікно залишається у попередньому стані, очікуючи на нове рішення.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ

3.1 Моніторинг IoT-пристроїв

Для цієї частини ми отримуємо доступ до облікового запису сервера IoT, який був налаштований раніше, через 3G/4G-клієнт, який підключений до вишки мобільного зв'язку провайдера "Vodafone".

Набираючи доменне ім'я "mysmarthome.com" у веб-браузері, ми тестуємо як DNS-сервер, так і IoT-сервер, якщо доменне ім'я транлюється в IP-адресу IoT-сервера "192.168.1.3" успішно, це означає, що DNS працює, і якщо ми можемо отримати доступ до IoT-сервера, і з'явилися два поля (ім'я користувача та пароль), це означає, що IoT-сервер працює.

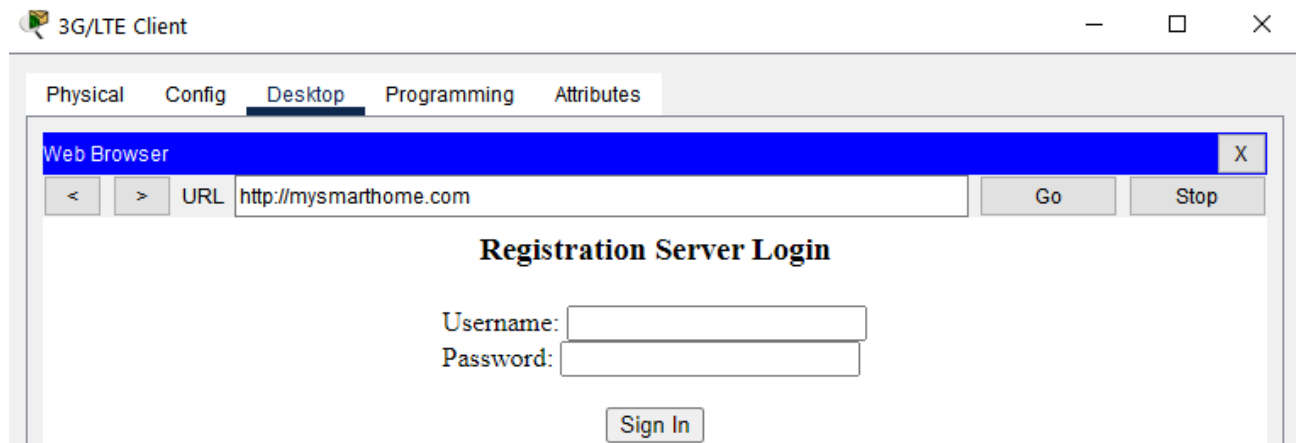


Рисунок 3.1 - Вікно авторизації

Після чого, облікові дані для входу (ім'я користувача та пароль), які були налаштовані раніше використовуються для входу в обліковий запис. Після входу в обліковий запис з'являться IoT-пристрої, які були зареєстровані раніше.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

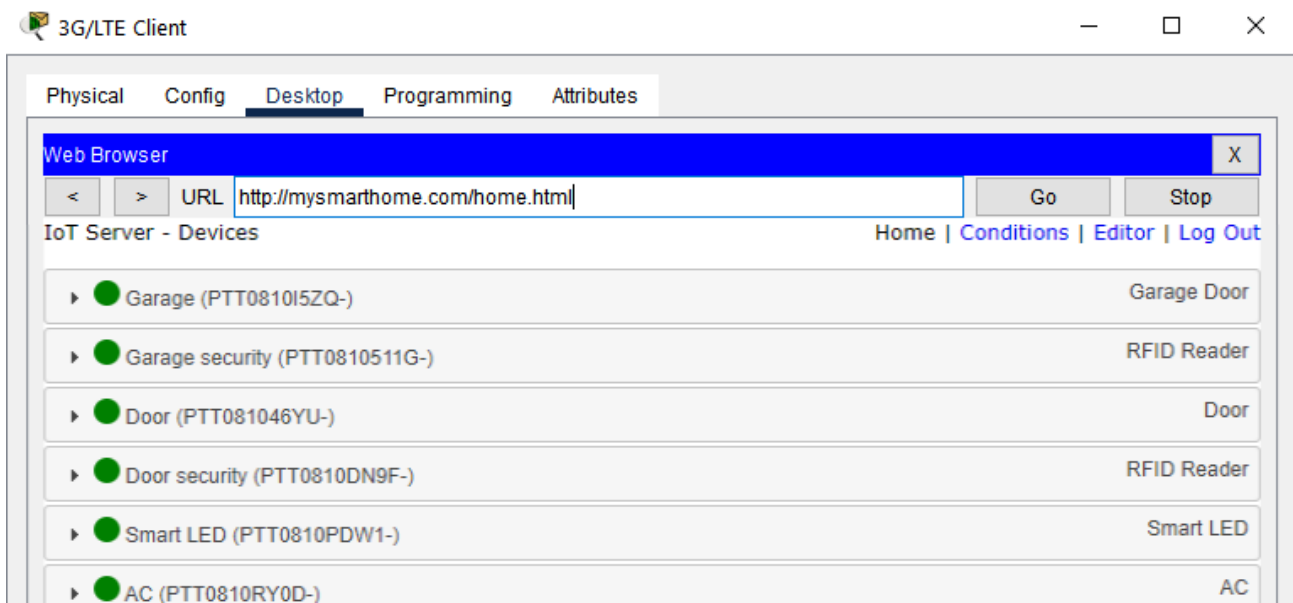
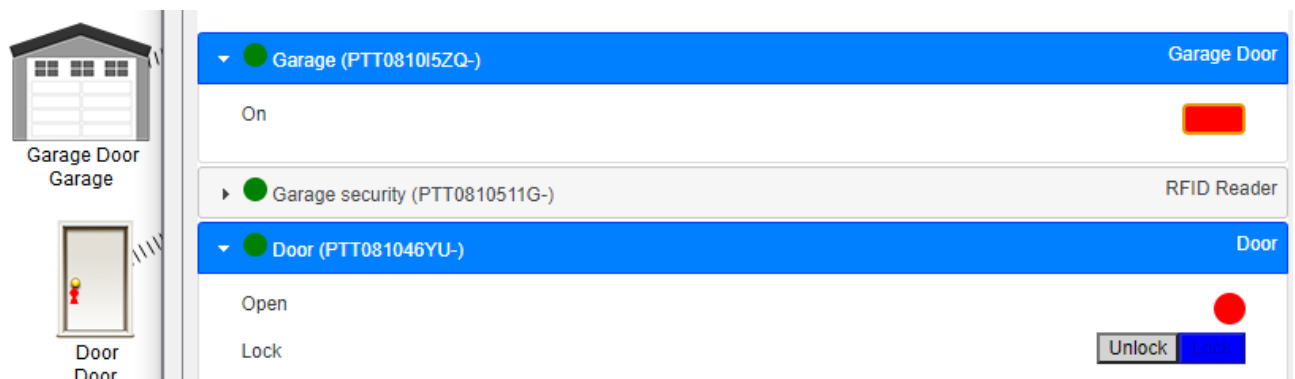
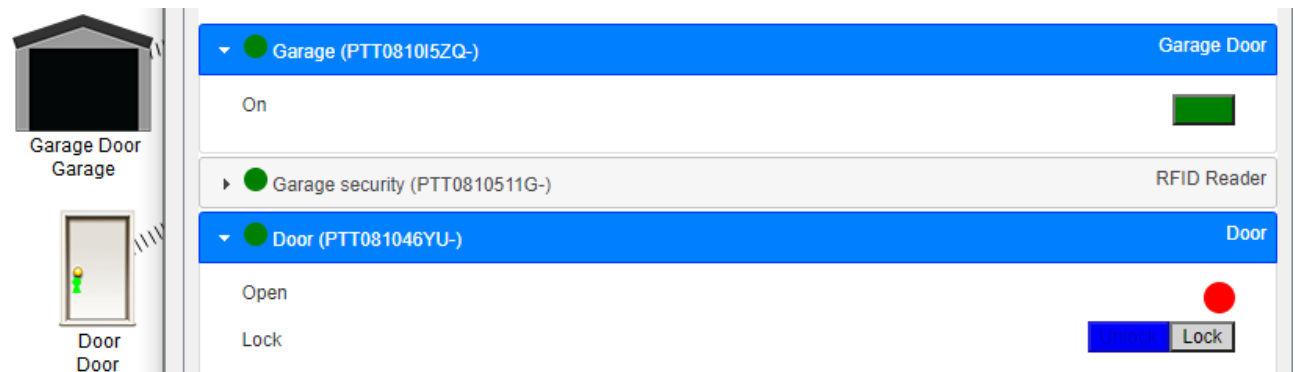


Рисунок 3.2 - Інтерфейс IoT пристроїв під'єднаних до облікового запису

Також ми можемо змінювати стан більшості пристроїв віддалено з веб-браузера 3G/4G-клієнта веб-браузера клієнта, не забуваючи при цьому вимкнути умови.



а)



б)

Рисунок 3.3 - Двері та гараж а) зачинені б) відімкнені

Також після відімкнення дверей їх розблокує і їх можна буде відкрити вручну, натиснувши на двері (ALT+ЛКМ).

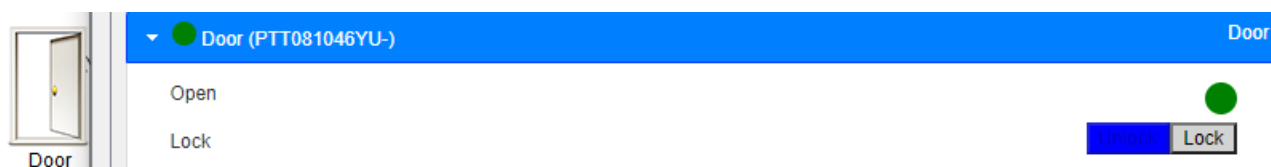
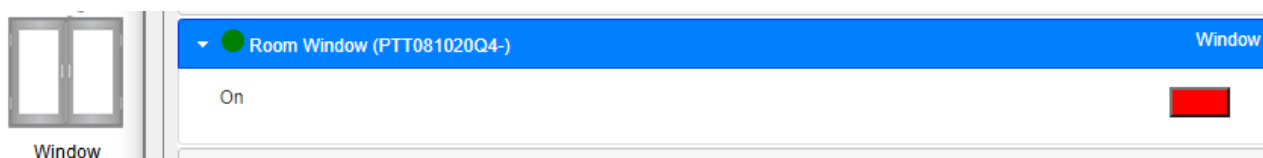
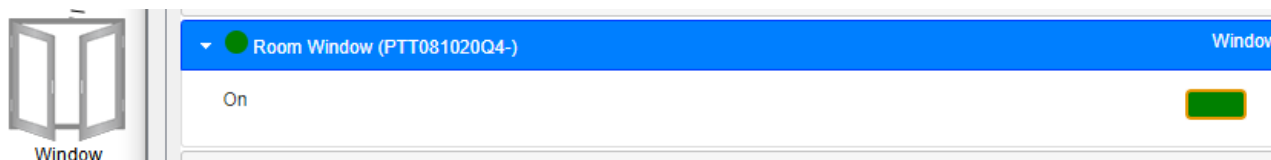


Рисунок 3.4 - Відкриті двері

У нас чотири вікна: одне в кімнаті, одне на кухні і два в саду. За замовчуванням вікна зачинені, як показано на рисунку 3.5 а). Після натискання на червоний прямокутник, він стає зеленим і відкриває вікно, як показано на рисунку 3.5 б). І це працює для всіх вікон.



a)



б)

Рисунок 3.5 - Вікно а) закрито б) відкрито

Вентилятор у приміщенні має три стани: вимкнений, низький та високий. Після вимкнення умов, які пов'язані з вентилятором пов'язані з вентилятором, ми можемо перемикатися між цими трьома станами. За умовчуванням статус вентилятора знаходиться в режимі Off.

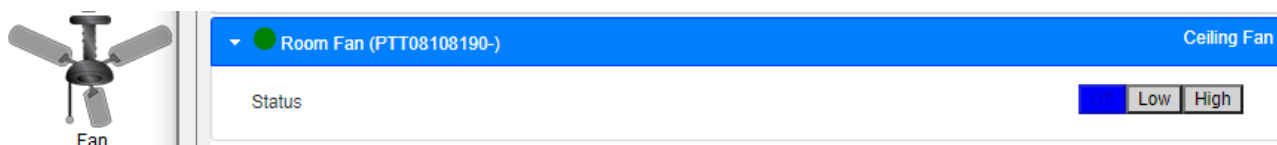
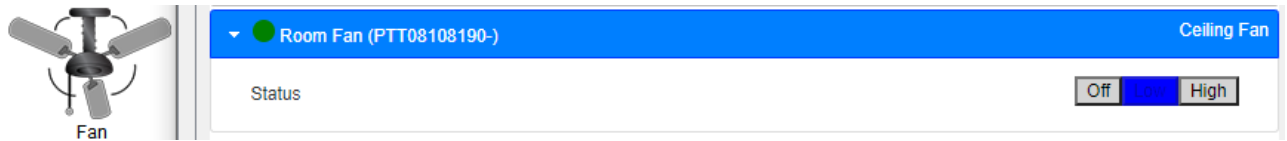


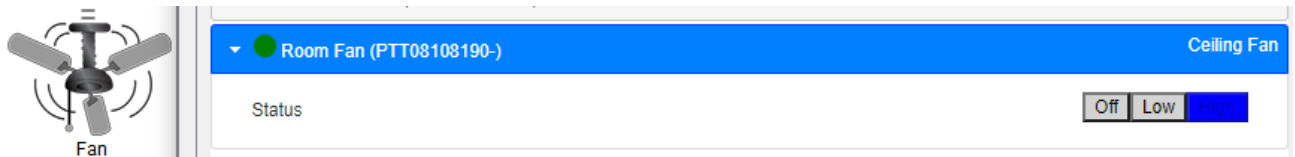
Рисунок 3.6 - Стан вентилятора - Off

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Якщо ми натиснемо на "Низька", вентилятор почне працювати на низькій швидкості, як показано на рисунку 3.7 а). Потім, якщо ми натискаємо на "High", вентилятор збільшує швидкість, як показано на рисунку 3.7 б).



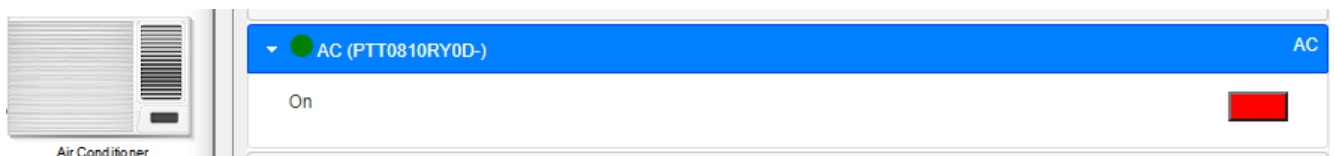
а)



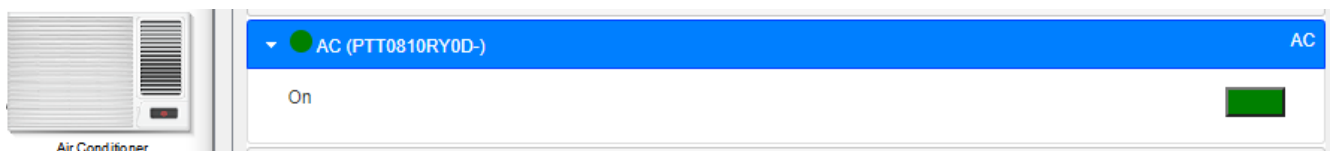
б)

Рисунок 3.7 - Швидкість вентилятора а) Low б) High

Автоматизація кондиціонера здійснюється мікроконтролером, а не IoT-сервером, тому немає ніяких умов для відключення. Його можна увімкнути/вимкнути вручну. Після натискання на червоний прямокутник, показаний на рисунку 3.8 а), він стає зеленим, і змінний струм вмикається. У правому нижньому куті кондиціонера можна побачити маленький червоний індикатор, якщо правому нижньому куті, якщо змінний струм увімкнено (див. рисунок 3.8 б).



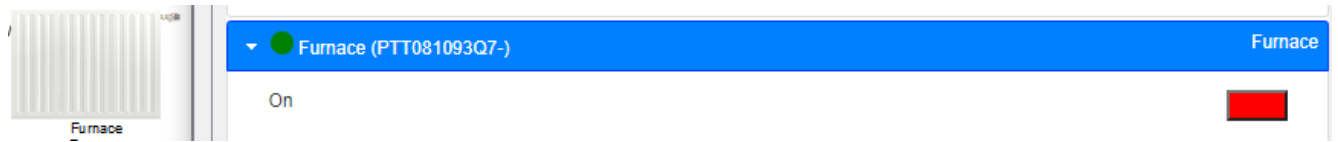
а)



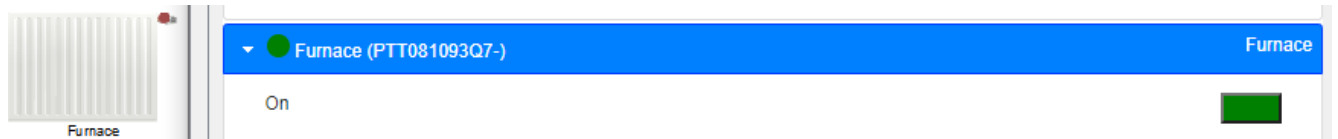
б)

Рисунок 3.8 - Кондиціонер а) вимкнено б) увімкнено

Те саме стосується автоматики опалення, її можна вмикати/вимикати вручну. Потім, після натискання на червоний прямокутник, він стане зеленим, і піч увімкнеться. Для печі червоний світлодіод який вказує на те, що піч увімкнена, розміщений у верхньому правому куті, див. рисунки 3.13 та 3.14.



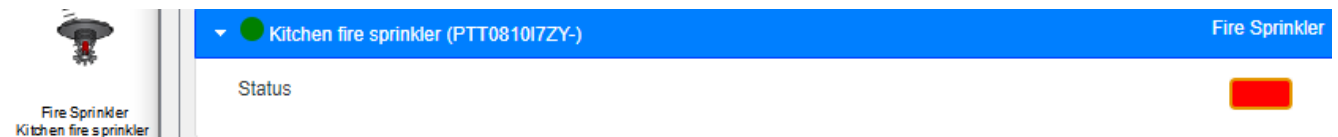
а)



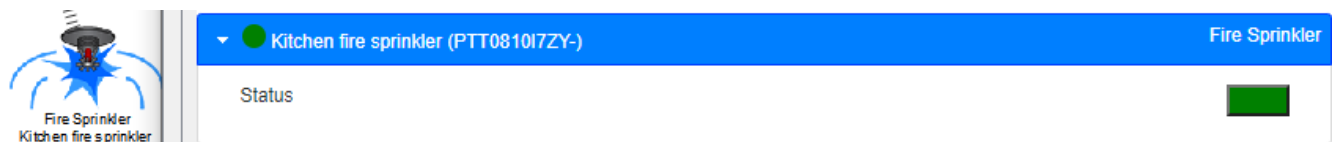
б)

Рисунок 3.9 Нагрівач а) вимкнено б) увімкнено

Пожежні спринклери, після вимкнення умов, які призначені спринклерам. Спринклер кухні або три спринклери саду можуть бути увімкнені вручну, як показано на рисунку 3.10. Далі, якщо натиснути на червоний прямокутник, прямокутник стане зеленим і спринклер почне розбризкувати водою, як показано на рисунку 3.10 б).



а)



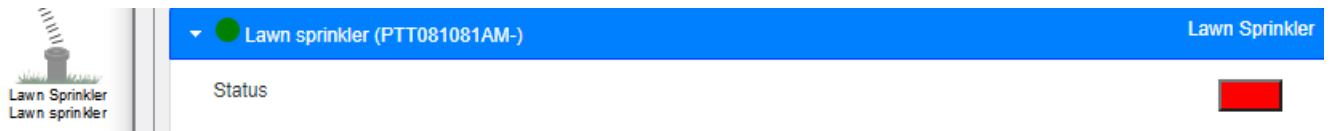
б)

Рисунок 3.10 Пожежний спринклер а) в стані спокою б) в роботі

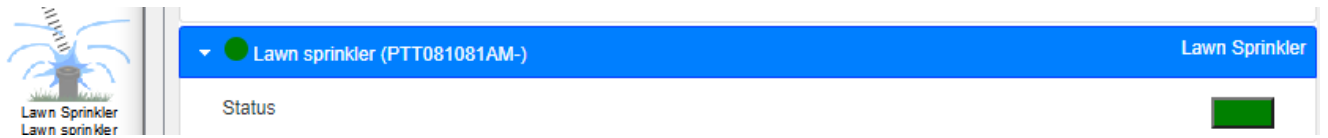
Після вимкнення умов, які призначені спринклерам, їх можна запускати та зупинити вручну. Якщо натиснути на червоний прямокутник, прямокутник

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

стане зеленим, а спринклер для поливу газону почне розбризкувати воду, як показано на рисунку 3.11.



а)



б)

Рисунок 3.11 Спринклер для поливу газону а) вимкнено б) увімкнено

Нагнітаючий вентилятор має три стани: вимкнений, низький та високий. Після вимкнення умов, які пов'язані з двома вентиляторами пов'язані з двома повітродувками в саду, ми можемо перемикатися між цими трьома станами. Якщо ми натиснемо на "Low", вентилятор починає працювати на низькій швидкості. Коли натиснемо на "High", вентилятор збільшить свою швидкість, як показано на рисунках 3.12-14.

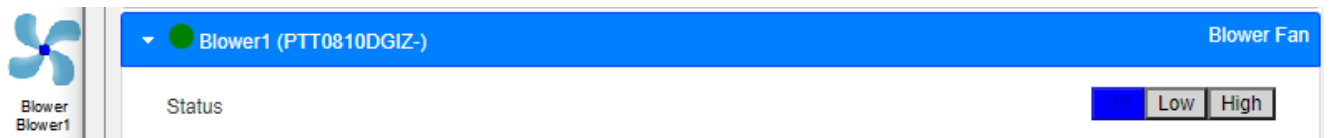


Рисунок 3.12 Стан вентилятора - Off

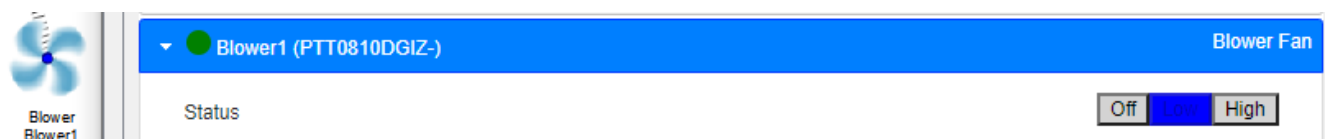


Рисунок 3.13 Швидкість вентилятора - Low

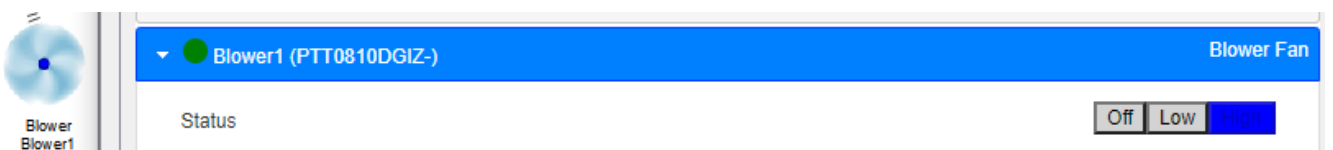
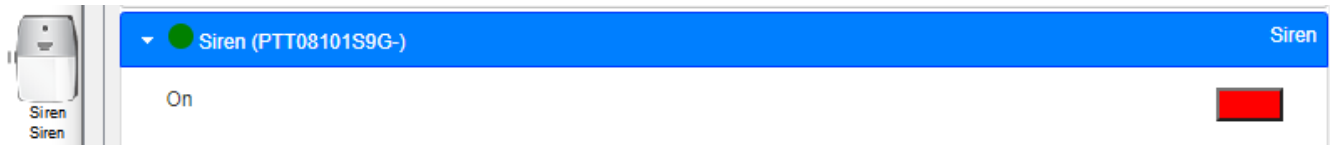


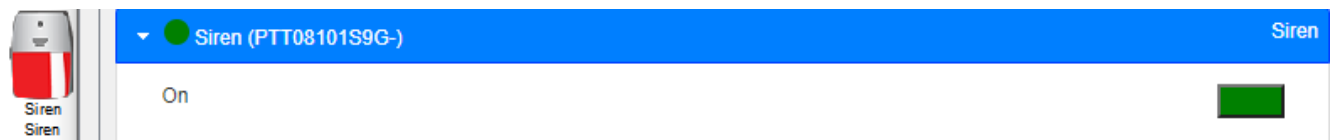
Рисунок 3.14 Швидкість вентилятора - High

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Для ручного управління потрібно вимкнути умови, які вмикають та вимикають сирену, після чого ми зможемо увімкнути/вимкнути її вручну. Так само і для цього пристрою, натискання на червоний прямокутник зробить його зеленим і увімкнить сирену, біла частина сирени буде червоною, якщо вона увімкнена.



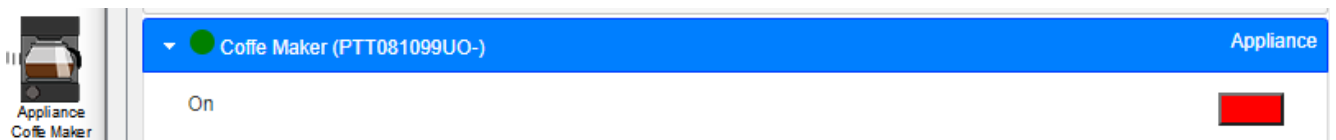
а)



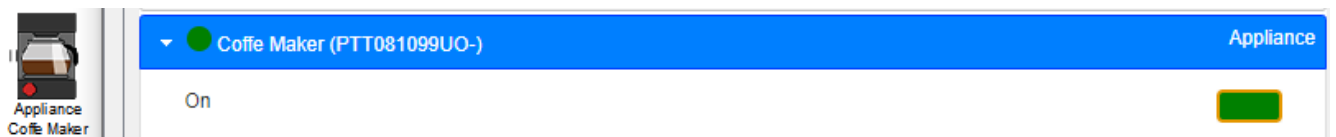
б)

Рисунок 3.15 Сирена а) вимкнена б) увімкнена

Кавоварка є прикладом простого приладу, її, безсумнівно, можна вмикати та вимикати вручну. Так само як і інші, натискання на червоний прямокутник зробить його зеленим і почне готувати каву, червоний світлодіод з'явиться в нижньому лівому кутку приладу, якщо він увімкнений (див. рисунки 3.16).



а)



б)

Рисунок 3.16 Кавоварка а) вимкнена б) увімкнена

Це пристрої IoT, які можна контролювати вручну з сервера IoT, деякі інші пристрої можна лише контролювати, наприклад, розумні світлодіоди, RFID-

зчитувачі, сигналізатори чадного газу та монітор рівня води. Ще однією важливою особливістю інструменту Cisco Packet Tracer є можливість розділення мережі на фізичному рівні, використовуючи під-середовища, кластери, такі як місто, будівля, контейнери та електромонтажні шафи. З основного вигляду інструменту можна дуже швидко перемикатися між логічним і фізичним рівнями, як показано на рисунку 3.17.



Рисунок 3.17 Перехід між Логічними та фізичними рівнями

3.2 Налаштування моделі зовнішнього середовища

Кожен фізичний під-рівень, окрім монтажних шаф, постачається з великим набором повністю налаштовуваних змінних оточення в Cisco Packet Tracer. Ці змінні є параметрами, які можна налаштувати для відображення реальних умов, таких як кількість сонячного світла, температура, концентрація вуглекислого газу та чадного газу в повітрі, рівень води та багато іншого. Налічується більше п'ятдесяти різних змінних, що можна налаштувати відповідно до 24-годинного часового діапазону, забезпечуючи високий ступінь реалізму та деталізації.

Змінні оточення надають широкі можливості для імітації різноманітних реалістичних умов, що впливають на поведінку датчиків та пристроїв Інтернету речей (IoT) у симуляції. Вони дозволяють моделювати складні сценарії, такі як зміни погодних умов, коливання рівнів забруднення, рух людей та транспортних засобів, а також багато інших факторів, що відображають динаміку реального світу.

Налаштування змінних можна виконувати з надзвичайно високою деталізацією, відтворюючи найтонші нюанси та динамічні зміни в

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

навколишньому середовищі. Наприклад, інтенсивність сонячного світла може змінюватися протягом дня відповідно до руху сонця по небосхилу, враховуючи кути падіння променів та періоди сходу й заходу сонця. Температура може коливатися залежно від пори року, часу доби та кліматичних умов у певному регіоні. Рівень вуглекислого газу може зростати в присутності великої кількості людей або транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання, відображаючи реалістичні умови забруднення міських зон.

Деякі ключові змінні оточення, доступні в Cisco Packet Tracer, включають, але не обмежуються:

– Сонячне світло імітує інтенсивність сонячного випромінювання, що впливає на роботу датчиків освітленості, сонячних панелей, систем керування освітленням та інших пов'язаних пристроїв.

– Температура моделює зміни температури навколишнього середовища, що безпосередньо впливає на системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, а також на робочі характеристики багатьох електронних компонентів та пристроїв.

– Вологість імітує рівень вологості в атмосферному повітрі, що є критично важливим для систем контролю вологості, кліматичних систем, датчиків вологості та запобігання утворенню конденсату на електронних компонентах.

– Вуглекислий газ (CO₂) моделює концентрацію вуглекислого газу в атмосфері, що впливає на роботу датчиків якості повітря, систем вентиляції та кондиціонування, а також має значення для моніторингу рівня забруднення та екологічних ініціатив.

– Чадний газ (CO) імітує концентрацію чадного газу, що є надзвичайно важливим для систем виявлення загрози, систем безпеки та попередження про небезпечні рівні забруднення.

– Рівень води моделює рівень води в басейнах, водоймах, системах водопостачання та каналізації, що впливає на роботу систем поливу, контролю витоків, запобігання повеням та управління водними ресурсами.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

– Рух людей імітує присутність та пересування людей у приміщеннях або на відкритих територіях, що впливає на роботу датчиків руху, систем охорони, енергозбереження, керування освітленням тощо.

– Рух транспортних засобів моделює рух автомобілів, вантажівок, велосипедів та інших транспортних засобів, що впливає на датчики руху, системи контролю трафіку, моніторингу забруднення та керування транспортними потоками.

Ці змінні можна налаштувати індивідуально для кожного компонента симуляції або глобально для всього середовища моделювання. Вони можуть бути статичними (незмінними) або динамічними, змінюючись з плином часу згідно із заздалегідь визначеними профілями, сценаріями або алгоритмами.

Гнучкість налаштування змінних оточення в Cisco Packet Tracer забезпечує надзвичайно потужний інструмент для моделювання різноманітних реалістичних умов та тестування поведінки систем Інтернету речей (IoT) у різноманітних сценаріях. Це дозволяє експериментувати, аналізувати та оптимізувати свої IoT-рішення перед впровадженням у реальному світі, забезпечуючи високий рівень надійності, ефективності, безпеки та відповідності вимогам реальних умов експлуатації.

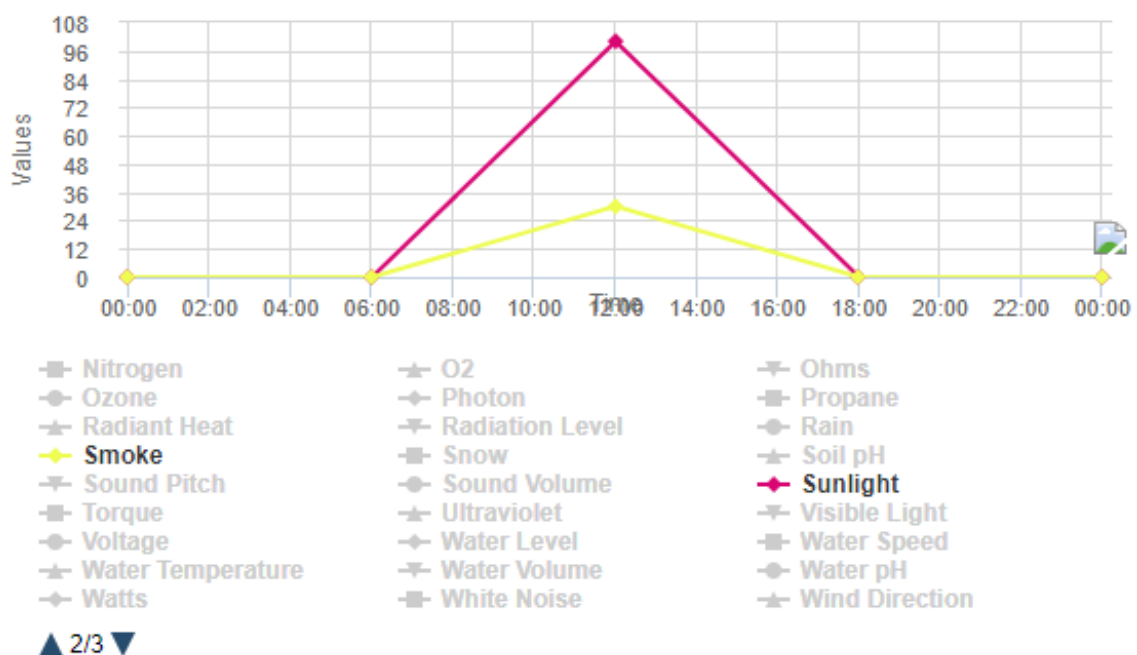


Рисунок - 3.18 Рівень задимленості та сонячного світла

3.3. Перевірка ефективності енергоспоживання автоматів IoT-приладів

У цій частині перевіряється поведінка гаража за допомогою двох карток (My Car) і (Not my Car), а також за допомогою розумного світлодіода, чи є сонячне світло, чи ні. Отже, нам потрібно встановити значення для змінної сонячного світла, як показано на рисунку 3.19.

На рисунку 3.19 чітко видно, що з 18 вечора до 6 ранку змінна сонячного світла дорівнює 0. Тоді як з 6 ранку до 18 вечора кількість сонячного світла змінюється.

Випадок 1: Підносимо авторизовану картку (My car) до RFID-зчитувача і перевіряємо, що відбувається з гаражем. При цьому ми переконуємося у відсутності сонячного світла, встановивши час в діапазоні від 18 вечора до 6 ранку. Оскільки біля гаража стоїть автомобіль, отже, біля датчика руху буде рух. Отже, розумний світлодіод загоряється на 35 секунд, а гараж відчиняється на 30 секунд.

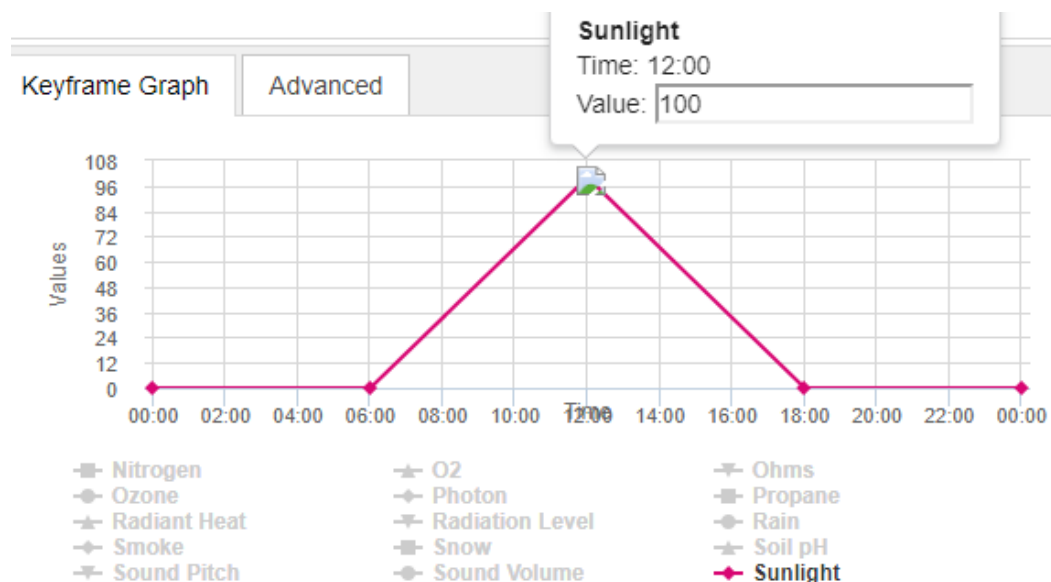


Рисунок 3.19 Значення змінної сонячного світла (у відсотках) протягом доби

Результат очікуваний: гараж відкритий на 30 секунд, а потім знову закривається. Розумний світлодіод також залишається увімкненим протягом 35

секунд, а потім вимикається. Отже, перший сценарій було підтверджено (див. рисунок 3.20)

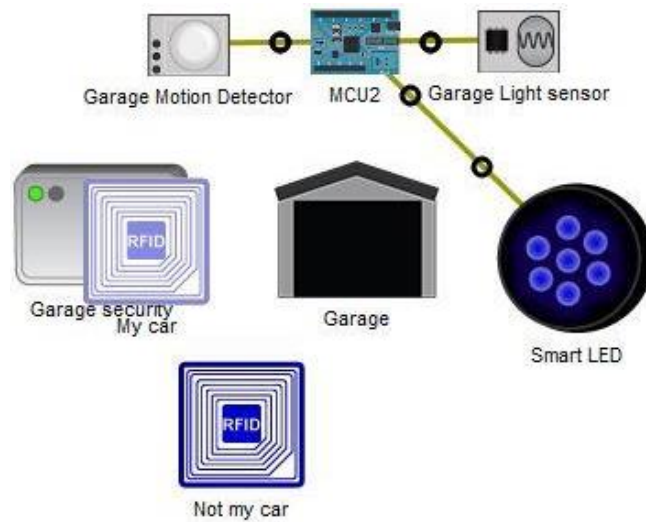


Рисунок 3.20 Система доступу та освітлення гаража Випадок 1

Випадок 2: Підносимо неавторизовану картку до RFID-зчитувача і перевіряємо, що відбувається з гаражем. Одночасно переконуємося, що є сонячне світло, встановивши час в діапазоні від 6 ранку до 18 вечора, і робимо рух біля датчика руху. Отже, розумний світлодіод не загориться, і гараж не відчиняється.

Результат також очікуваний: гараж все ще зачинений, а розумний світлодіод все ще вимкнено. Отже, другий тест пройшов успішно (див. рис. 3.21).

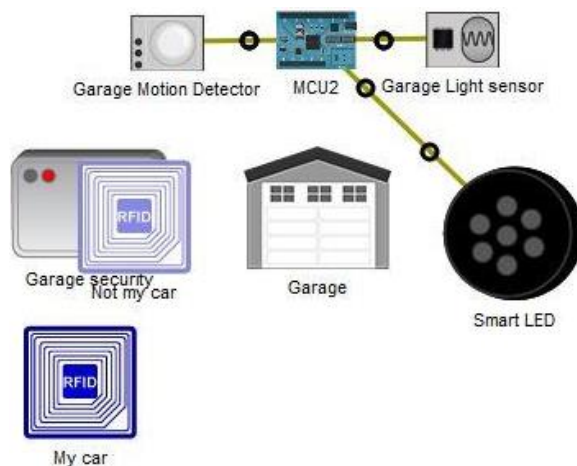


Рисунок 3.21 Система доступу та освітлення гаража Випадок 2

Випадок 3: Не піднесено жодної картки до RFID-зчитувача і встановлено час в інтервалі (від 18:00 до 6 ранку), як показано на рисунку 3.22, щоб сонячне світло було 0. Таким чином, RFID-зчитувач перебуває в стані "очікування", тому гараж не відчинятиметься і незважаючи на відсутність сонячного світла, не буде ніякого руху, а інтелектуальний світлодіод не буде світитися, як показано на рисунку 3.23.

Current Time: 01:00:00 Edit Start

Рисунок 3.22 Встановлення часу

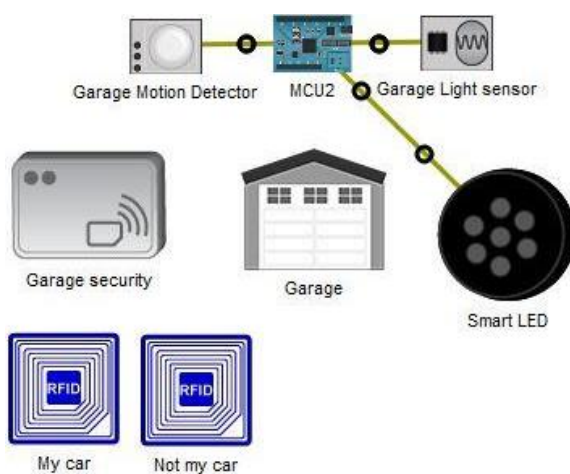


Рисунок 3.23 Система доступу та освітлення гаража Випадок 3

Вхідна група, де тестується безпека дверей за допомогою двох карток (Family member) та (Stranger). Для змінної сонячного світла використовуються ті ж значення, що і для тестування освітлення гаража для цього випадку, і створюються три сценарії, як показано нижче:

Випадок 1: Картку користувача (Family member) підносять до RFID-зчитувача, щоб перевірити що відбувається з дверима. У той же час, ми переконуємося, що є сонячне світло, встановивши час в діапазоні від 6 ранку до 6 вечора і забезпечимо рух біля датчика руху (якщо біля дверей хтось є, то дверей, датчик руху буде активовано). У цьому випадку двері відчиняються на 10 секунд, тому щоб людина могла увійти в будинок, а потім двері знову будуть заблоковані, а розумний світлодіод все ще буде вимкнено, тому що датчик

освітленості зафіксував сонячне світло. Отже, перший тест пройдено успішно (див. рис. 3.24).

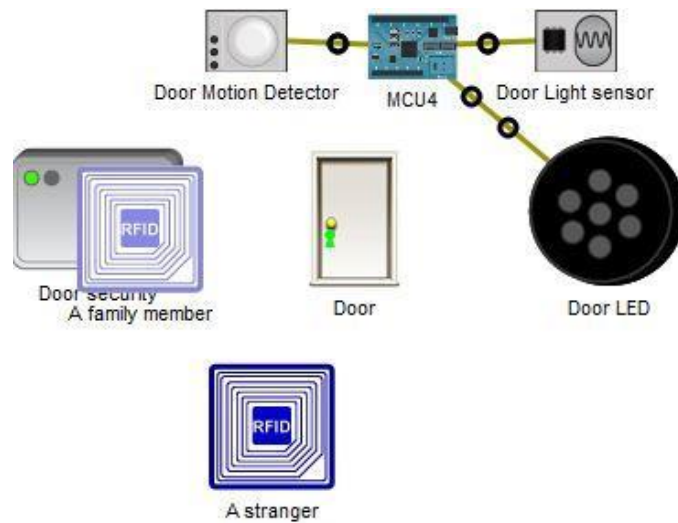


Рисунок 3.24 Система доступу та освітлення вхідної групи Випадок 1

Випадок 2: у цьому випадку неавторизовану картку (Stranger) підносять до RFID-зчитувача, щоб перевірити що відбувається з дверима. При цьому ми переконуємося у відсутності сонячного світла, встановивши час в діапазоні від 18:00 до 6:00, а також забезпечуємо рух біля датчика руху. На рисунку 4.36 показано що двері все ще не замкнені, а розумний світлодіод вмикається на 15 секунд, а потім знову вимикається. Це означає, що другий сценарій підтверджено.

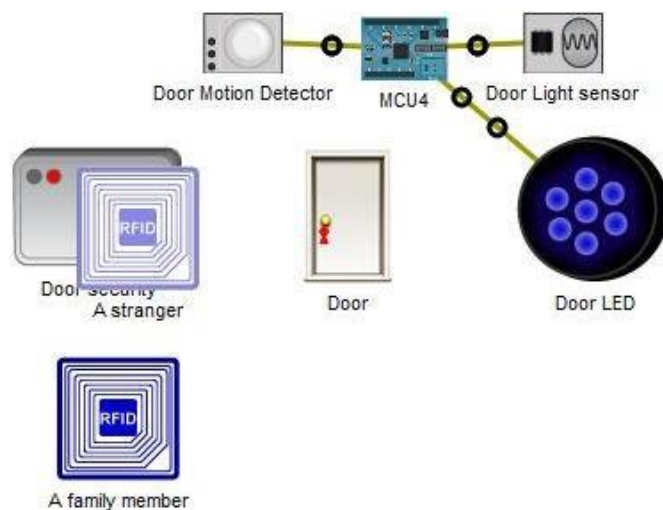


Рисунок 3.25 Система доступу та освітлення вхідної групи Випадок 2

Випадок 3: для цього випадку біля RFID-зчитувача немає жодної картки, а час встановлено в інтервалі (з 18:00 до 6:00), так що сонячне світло дорівнює 0, як показано на рисунку 3.26.

Current Time: 05:30:00

Рисунок 3.26. Налаштування часу на 5:30 ранку.

І зчитувачі RFID гаража, і двері, якщо вони перебувають у стані очікування, гараж не відчинятимуться, а двері не відчинятимуться. гараж не відчинятиметься, а двері не відмикатимуться, незважаючи на значення сонячного світла, оскільки немає руху, два розумні світлодіоди не засвітяться. Отже, третій тест гаража і третій тест дверей були успішними (див. рисунок 3.27).

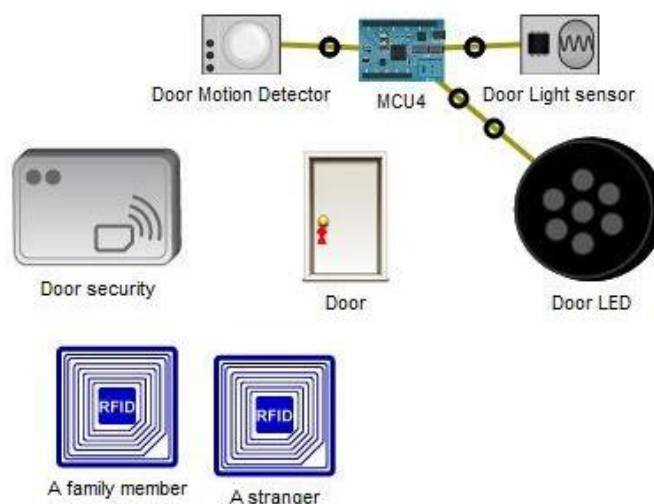


Рисунок 3.27 Система доступу та освітлення вхідної групи Випадок 3

Автоматичний контроль рівня CO, існує два способи контролювати рівень CO в навколишньому середовищі: навіть змінюючи його значення від навколишнього середовища, як для сонячного світла, або за допомогою старого автомобіля (коли він увімкнений, рівень CO збільшується). Обидва способи доступні в Packet Tracer. У цьому будинку встановлено дві системи моніторингу CO: Кімнатна система моніторингу CO та садова Кожна з них перевіряється за двома сценаріями.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система моніторингу СО в приміщенні

Випадок 1: В'їжджає і вмикається автомобіль (його можна активувати за допомогою комбінації клавіш ALT+ЛКМ); таким чином, рівень СО зростає. Рівень СО може контролюватися IoT-сервером. Зазвичай, коли рівень СО перевищує 20%, вікно відкривається і вентилятор працює на низькій швидкості.

На рисунку 3.37 показано, що перший тест пройшов успішно: коли рівень СО перевищує 20%, вмикається червоний світлодіод, з'являється сигнал тривоги, вікно в приміщенні відчиняється і вентилятор працює на низькій швидкості, щоб випустити СО.

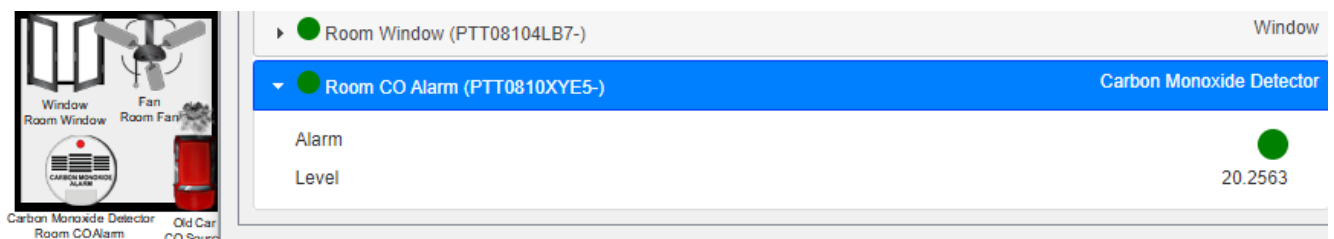


Рисунок 3.28 Рівень СО досяг значення вище 20%

Випадок 2: Вікна та вентилятора недостатньо, щоб випустити весь СО з приміщення, оскільки рівень СО все ще зростає, тому вони залишатимуться ввімкненими, доки автомобіль не буде вимкнено. Як тільки рівень СО впаде нижче 2%, вікно зачиняється, а вентилятор вимикається. Отже, цей тест успішно пройдено.

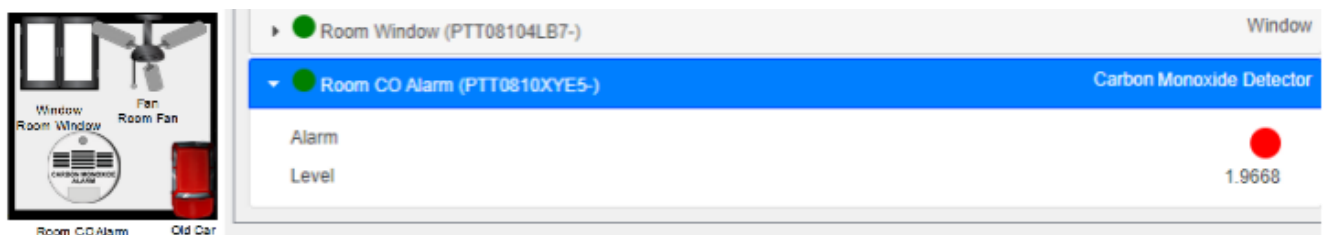


Рисунок 3.29 Рівень СО опустився нижче 2%

Моніторинг рівня СО в саду

Випадок 1: Та сама процедура використовується для садової системи. Якщо рівень СО перевищує 20%, два вікна відкриваються, і обидва вентилятори працюють на високій швидкості. На рисунку 4.39 показано, що

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

перший тест пройдено успішно, коли рівень CO перевищує 20%, з'являється червоний світлодіод на сигналізації, вікна в саду відкриваються, а вентилятори працюють на максимальній швидкості. відчиняються, а вентилятори працюють на високій швидкості, щоб випустити CO.

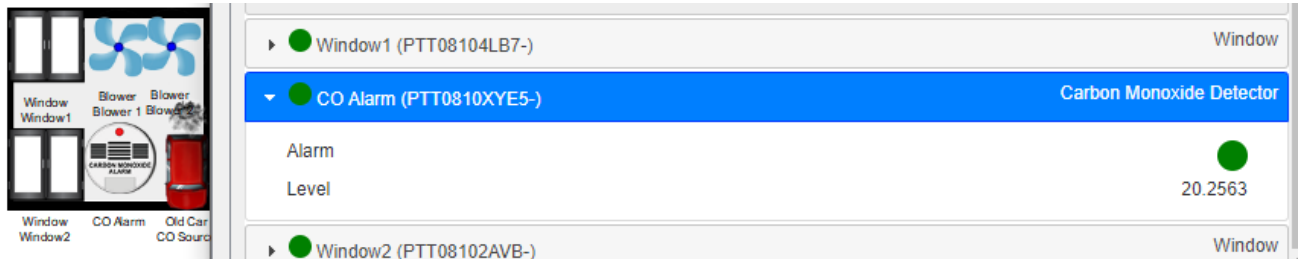


Рисунок 3.30 Рівень CO досяг значення вище 20%

Випадок 2: Оскільки рівень CO все ще зростає, вікна та вентилятори не зможуть випустити весь CO з саду, якщо не зупинити викиди CO з автомобіля. У цій ситуації, коли рівень CO впаде нижче 2%, обидва вікна будуть закриті, а два вентилятори вимкнені. Отже, цей тест також є успішним, як показано на рисунку

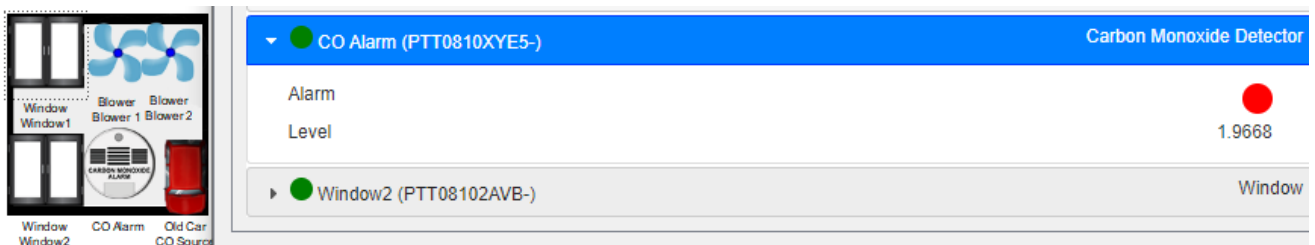


Рисунок 3.31 Рівень CO опустився нижче 2%

Автоматичний контроль температури, складається з двох систем: системи охолодження приміщення та системи опалення приміщення. Отже, необхідно встановити відповідні значення для температури навколишнього середовища, і обидві системи можна перевірити, змінивши поточний час змінивши поточний час. Для кондиціонера необхідно встановити температуру в діапазоні від 15°C до 30°C. Тоді як для нагрівача температура повинна бути встановлена в діапазоні від 0°C до 15°C.

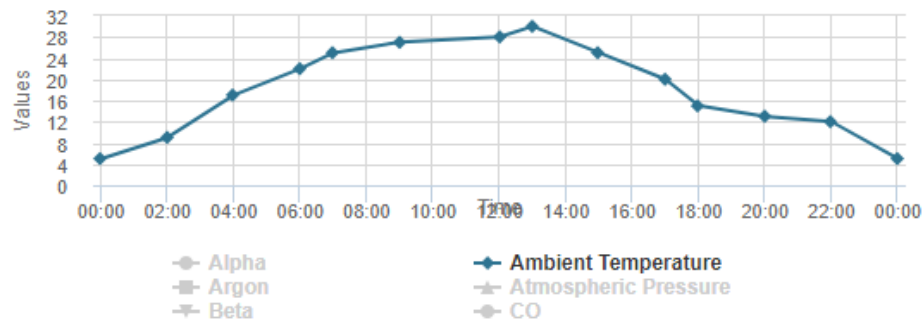


Рисунок 3.32 Зміна температури в симуляції за 24 години

Система опалення приміщень, роботи опалювального пристрою перевіряється при температурі нижче 10°С; таким чином, час симуляції встановлюється близько опівночі. Монітор температури використовується для відображення поточної температури. Таким чином, коли температура змінюється в залежності від часу, ми спостерігаємо за роботою печі.

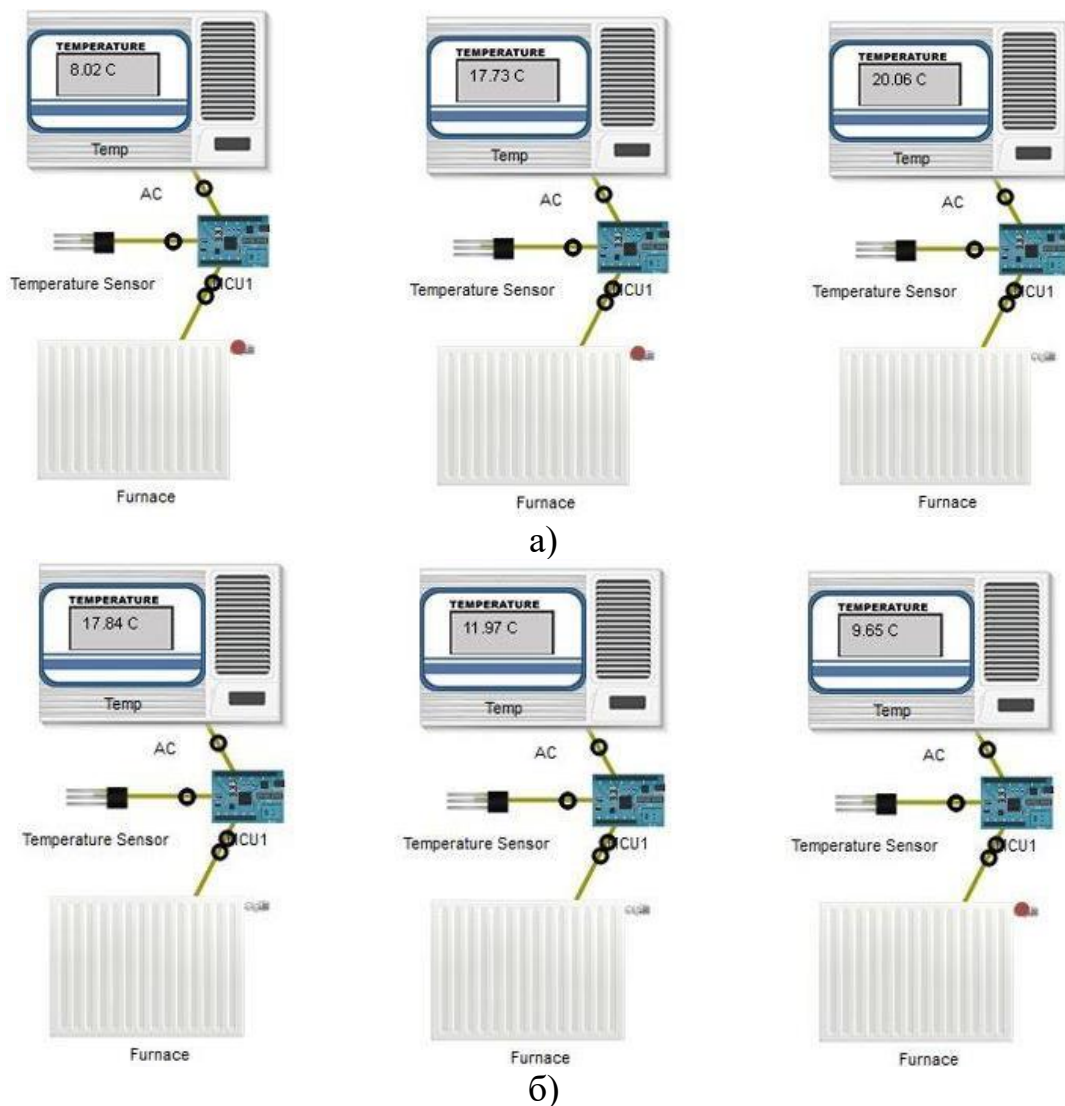


Рисунок 3.33 Енергоефективність нагрівача при зміні температури

Піч налаштована так, що вона починає працювати, якщо температура опускається нижче 10°C, і продовжує і продовжує нагрівання, доки температура не досягне 20°C, як показано на рисунку 3.32. Таким чином, тест є успішним.

Друге випробування печі виконується після припинення нагріву і коли температура знову опускається нижче 10°C знову. На рисунку 3.33 нижче показано, що якщо температура падає нижче 10°C, піч знову починає нагріватися знову починає нагріватися, що доводить, що тест на зниження температури пройшов успішно.

Кондиціонер має приблизно той самий тест, що і з піччю, повторюється і тут. Тільки часовий інтервал змінено на полудень. Кондиціонер налаштовано так, що він починає працювати, як тільки температура перевищує 25°C і продовжуватиме охолоджувати, доки температура не впаде нижче 20°C. Рисунок 3.34 ілюструє цю роботу. Отже, тест на зниження температури пройдено успішно.

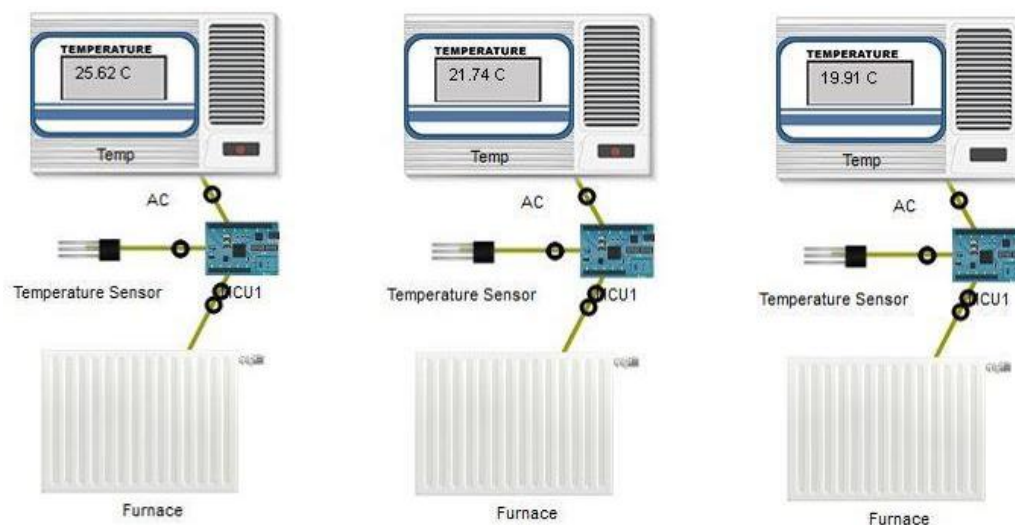


Рисунок 3.34 Стан кондиціонера при пониженні температури

На рисунку 3.34 показано, що коли кондиціонер припиняє охолодження, він починає його знову, коли температура перевищує 25°C. Тест на підвищення температури пройдено успішно.

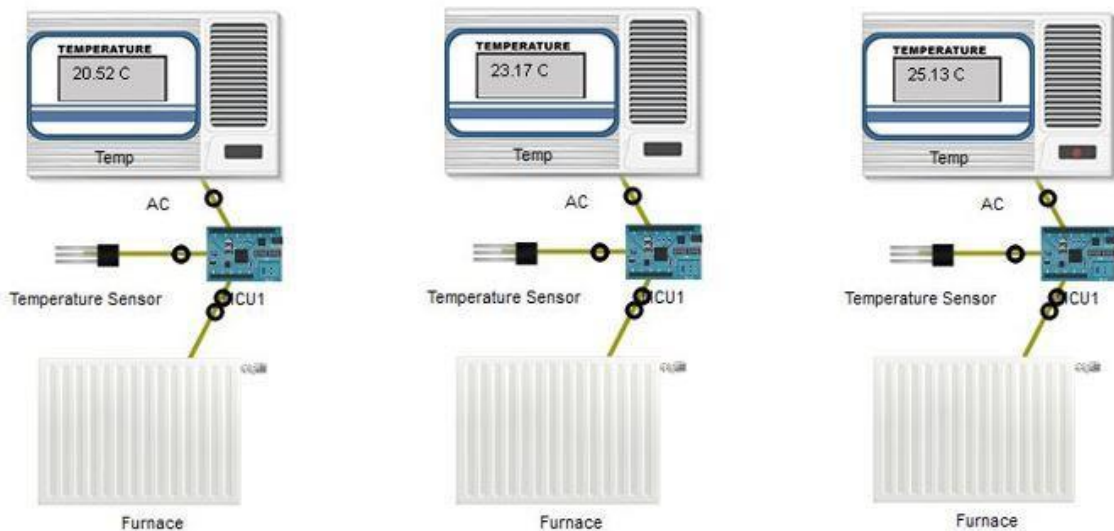


Рисунок 3.35 Стан кондиціонера при підвищенні температури

Автоматичний контроль диму, він також є змінною навколишнього середовища, є два способи перевірити працездатність системи моніторингу диму системи моніторингу диму: навіть встановивши значення для змінної диму з навколишнього середовища або за допомогою старого автомобіля, який також генерує дим. У цьому тесті використовується старий автомобіль, тому що він простіший, постійний і не є тестом у реальному часі.

Спочатку генеруємо дим за допомогою старого автомобіля (CAR1) і чекаємо, поки рівень диму досягне 20%. Рівень диму можна перевірити за атрибутом датчика диму. На рисунку 3.36 показано, що коли рівень диму досягає 20%, вікно відкривається, щоб випустити дим з кухні. Отже, перший тест пройдено успішно.

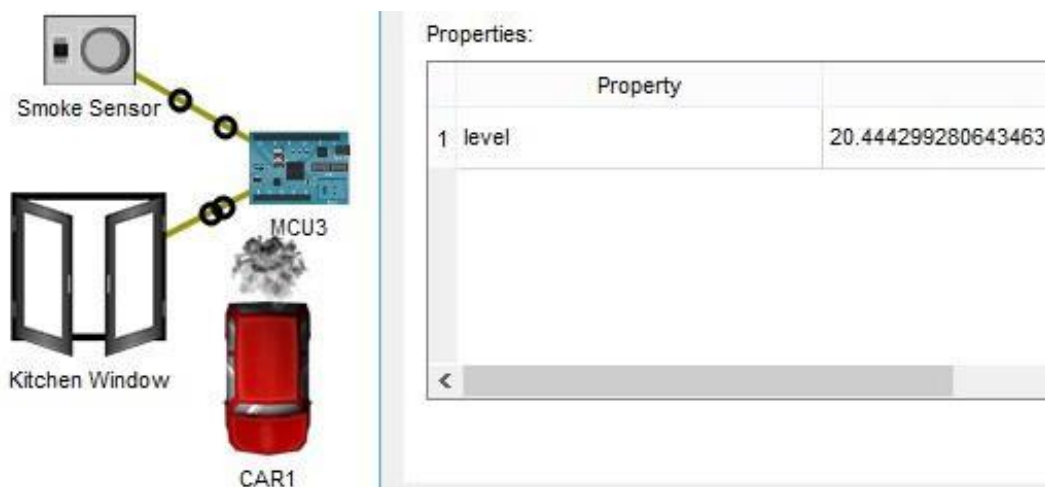


Рисунок 3.36 Стан вікна на кухні після того, як рівень диму перевищив 20%.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

За замовчуванням у Packet Tracer вікно не випустить весь дим з кухні, рівень не впаде нижче 9%, тому нам потрібно зупинити стару машину, щоб вона не збільшувала дим на кухні, а потім подивитися, що станеться, коли рівень диму впаде нижче 2%. На рисунку 3.37 нижче показано, що кухонне вікно закривається, коли рівень диму падає нижче 2%, а це означає, що другий тест також пройшов успішно.



Рисунок 3.37 Стан вікна на кухні після того, як рівень диму менше ніж 2%

Система пожежного контролю. Вогонь не входить до змінних оточення. Отже, потрібні об'єкти, які імітують вогонь.

Ці об'єкти повинні мати властивість "IR" зі значенням, яке можна вважати пожежею. Див. додаток Д.

Сирена та спринклер тестуються у випадку пожежі та у зворотному випадку. На рисунку 3.38 показано, що якщо на кухні виявлено пожежу, сирена вмикається, а спринклер починає розбризкувати воду. Отже, система моніторингу пожежі на кухні працює.



Рисунок 3.38 Протипожежна система а) без пожежі б) в разі пожежі

Ті ж самі тести повторюються, щоб перевірити, чи є або немає пожежі в саду. З рисунків 3.39 показано, що при виявленні пожежі в саду спринклери починають розбризкувати воду. Таким чином, система моніторингу пожежі в саду перевірена.

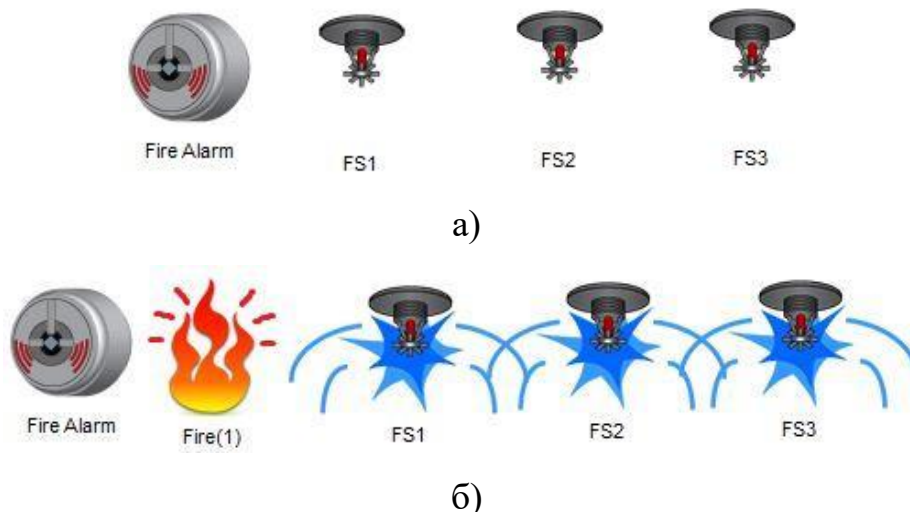


Рисунок 3.39 Спринклери а) без пожежі б) в разі пожежі

Контроль рівня води в саду, газонні розпилувачі налаштовані таким чином, щоб починати полив, якщо рівень води нижче 1 см, і припиняти його коли він перевищує 10 см. Монітор рівня води показує рівень води в навколишньому середовищі. Спочатку ми починаємо спостерігати за поведінкою спринклерів, якщо рівень води менше 1 см поки він не досягне 10 см. На рисунку 3.40 показано, що спринклери продовжували розбризкувати

воду, доки її рівень досягне 10 см, після чого вони вимикаються. Тест пройдено успішно.

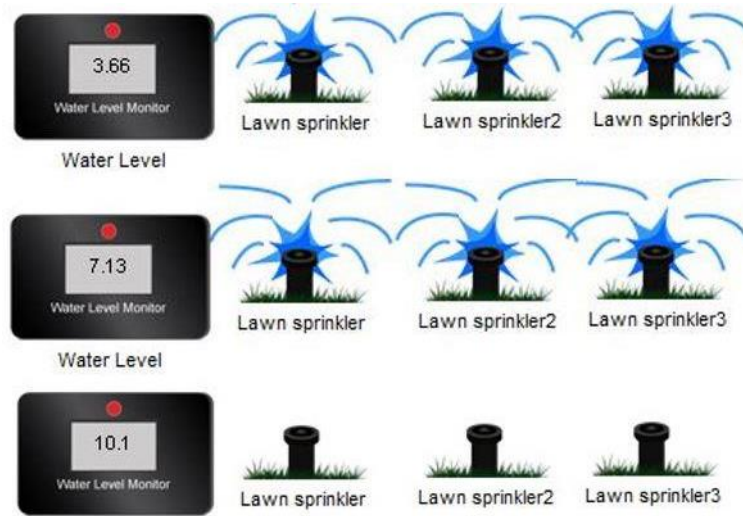


Рисунок 3.40 Стан розпилювачів при підвищен рівня води

Робота спринклерів спостерігалася після того, як рівень води досягав 10 см і коли коли він знижується до рівня нижче 1 см. Розпилювачі вимикаються, коли рівень води перевищує 10 см, і залишаються вимкненими до тих пір, поки рівень води не впаде нижче 1 см, після чого вони знову починають полив. Цей сценарій проілюстровано на рис. 3.41, який доводить, що тест пройшов успішно.

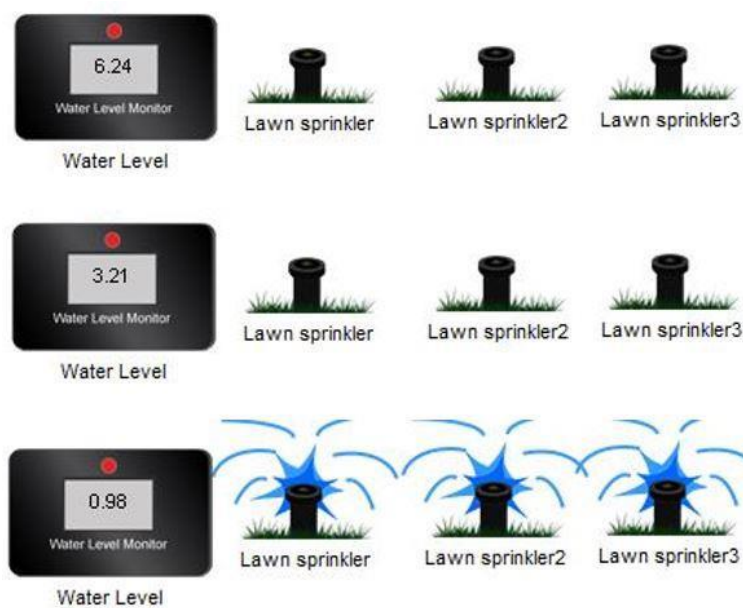


Рисунок 3.41 - Стан розпилювачів при пониженні рівня води

Описано перевірку доступу до веб-інтерфейсу керування IoT-пристроями через DNS та з'єднання 3G/4G. Пояснено використання змінних середовища в Packet Tracer, таких як рівень сонячного світла, чадного газу, температури та води, для емуляції реальних умов та перевірки функціональності IoT систем. Проведено всебічне тестування автоматизованих IoT систем: система доступу до гаража та освітлення за допомогою RFID та датчиків руху/світла, система доступу до дверей та освітлення за допомогою RFID та датчиків руху/світла, моніторинг рівня чадного газу в приміщенні та на вулиці з відкриттям вікон та ввімкненням вентиляторів, система опалення/кондиціонування залежно від температури, система виявлення диму з відкриттям вікон, пожежна система з сиреною та спринклерами у разі виявлення вогню, контроль рівня води для автоматичного поливу газону. Всі системи успішно пройшли різноманітні тестові сценарії, демонструючи належну роботу автоматизації з урахуванням заданих умов середовища.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

ВИСНОВКИ

1. провести ґрунтовний аналіз структури та функціональних особливостей систем моніторингу та управління енергоспоживанням будівель;
2. здійснити докладне вивчення концепцій "розумних будинків" та Інтернету речей (IoT), а також відповідних технологій, протоколів передачі даних і стандартів, що надасть змогу розробити архітектуру системи, яка відповідатиме сучасним вимогам та забезпечуватиме ефективну інтеграцію різноманітних пристроїв і компонентів;
3. спроектувати архітектуру та визначити склад компонентів системи моніторингу та управління енергоспоживанням будівлі з урахуванням встановлених вимог та наявних обмежень, яка повністю відповідатиме потребам проекту та забезпечуватиме ефективне здійснення моніторингу й керування енергоспоживанням;
4. реалізувати розроблену систему в середовищі мережевого емулятора Packet Tracer, налаштувати мережеву інфраструктуру, пристрої та інтерфейси користувача, виявлення потенційних проблем та оптимізацію її функціонування;

1. У ході виконання роботи було проведено ґрунтовний аналіз структури та функціональних особливостей систем моніторингу та управління енергоспоживанням будівель. Це дозволило визначити необхідний набір компонентів та принципи роботи таких систем для забезпечення належного рівня енергоефективності. Зазначений результат було отримано шляхом ретельного вивчення існуючих рішень, технологій та підходів до організації моніторингу та керування енергоспоживанням у будівлях.

2. Здійснено ґрунтовне дослідження концепцій "розумних будинків" та Інтернету речей (IoT), а також відповідних технологій, протоколів передачі даних і стандартів. Це надало змогу розробити архітектуру системи, яка відповідає сучасним вимогам та забезпечує ефективну інтеграцію

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

різноманітних пристроїв і компонентів. Зазначений результат було досягнуто завдяки докладному вивченню відповідних концепцій, протоколів та стандартів, необхідних для створення ефективної системи моніторингу та управління енергоспоживанням.

3. Спроектовано архітектуру та визначено склад компонентів системи моніторингу та управління енергоспоживанням будівлі з урахуванням встановлених вимог та наявних обмежень. Це дозволило створити оптимальну структуру системи, яка повністю відповідає потребам проекту та забезпечує ефективне здійснення моніторингу й керування енергоспоживанням. Досягнення зазначеного результату стало можливим завдяки ретельному проектуванню з урахуванням визначених вимог, обмежень та особливостей об'єкта.

4. Було реалізовано розроблену систему в середовищі мережевого емулятора Packet Tracer, налаштовано мережеву інфраструктуру, пристрої та інтерфейси користувача. Це уможливило проведення тестування та моделювання роботи системи в імітованому середовищі, виявлення потенційних проблем та оптимізацію її функціонування. Досягнення зазначеного результату стало можливим завдяки використанню спеціалізованого програмного забезпечення Packet Tracer та ретельному налаштуванню всіх компонентів системи відповідно до розробленої архітектури.

За результатами проведених економічних розрахунків, термін окупності проекту становитиме близько 83 місяців. Проте, зважаючи на значний потенціал енергозбереження та довгостроковий характер вигід від підвищення енергоефективності, проект характеризується високою економічною ефективністю та прибутковістю у перспективі, що робить його привабливим для потенційних інвесторів.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фольварочний Д.А. Аналіз переваг розумних будинків. ІХ Науково-практична конференція молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі». 21 травня 2024 р. Тернопіль. Україна. с.39
2. Tanenbaum A. S., Wetherall D. J. Computer networks. Pearson Education, Limited, 2010. 960 с.
3. Internet of things (IoT) / К. Upreti та ін. INSC International Publisher (IIP), 2021.
4. Internet of things using single board computers: principles of iot and ython programming / G.R. Kanagachidambaersan, 2022. 290 с.
5. Internet of things: technologies and applications for a new age of intelligence / S. Karnouskos та ін. Elsevier Science & Technology Books, 2018. 390 с.
6. Tamboli A. Build your own iot platform., 2022. 216 с.
7. Hassan Q. F. Internet of things a to Z: technologies and applications. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2018. 704 с..
8. Internet of things integrated augmented reality / N. Dey та ін. Springer, 2020. 92 с.
9. Kovac R. J., Hammons R. L. Fundamentals of internet of things for non-engineers. Auerbach Publishers, Incorporated, 2019. 430 с.
10. Kranz M. Building the internet of things: implement new business models, disrupt competitors, transform your industry. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2016. 272 с.
11. Manvi S., Shyam G. Cloud computing: concepts and technologies. Taylor & Francis Group, 2021. 328 с.
12. Miller M. The internet of things: how smart tvs, smart cars, smart homes, and smart cities are changing the world. Que Publishing, 2015. 336 с..
13. Bunz M., Meikle G. Internet of things. Polity Press, 2017. 192 с.
14. Behmann F., Wu K. Collaborative internet of things: for future smart connected life and business. Wiley, 2015. 304 с.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

15. Internet of things (iot) enabled automation in agriculture / R. Singh та ін. Taylor & Francis Group, 2023. 303 с.
16. What is the modbus protocol and how does it work. URL: <https://dusuniot.com/uk/blog/what-is-the-modbus-protocol-and-how-does-it-work/>
17. Wireless iot network protocols overview, and how to choose. URL: <https://www.dusuniot.com/blog/best-wireless-protocol-for-your-iot-project/>
18. What is zigbee? Things must to know before developing zigbee products in 2024 -dusuniot. URL: <https://dusuniot.com/blog/what-is-zigbee/>
19. What is a BACnet Gateway and BACnet Router in IoT Application? URL: <https://dusuniot.com/blog/what-is-a-bacnet-gateway-and-bacnet-router-in-iot-application/>
20. What is Cisco Packet Tracer URL: <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-cisco-packet-tracer/>
21. Використання Cisco Packet Tracer URL: <https://ua5.org/lan/1469-vykorystannya-cisco-packet-tracer.html>
22. IoT в Cisco Packet Tracer. Розумний Дім. URL: <https://nickshevtsov.blogspot.com/2017/11/iot-cisco-packet-tracer.html>
23. TOP 9 Smart Home Trends & Innovations in 2023. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/smart-home-trends-innovations/>
24. The social issues of smart home. URL: <https://eujournalfuturesresearch.springeropen.com/articles/10.1186/s40309-021-00173-4>
25. Router Definition & Meaning. - URL: <https://is.gd/HlXs6U>
26. Smart home system: Disrupting the Smart Home System Market. URL: <https://fastercapital.com/content/Smart-home-system--Innovative-Startups--Disrupting-the-Smart-Home-System-Market.html>
27. Smart Building Trends, Technologies, Solutions. URL: <https://evvr.io/blogs/newsroom-2/smart-building-technology-solutions-and-trends>

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

28. Smart Homes: The Present and the Future. URL: <https://internet-access-guide.com/smart-homes-the-present-and-the-future/>
29. Wireless local area networks. URL: <https://www.ieee802.org/11/>
30. Як правильно вибрати мережеве обладнання. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/3395359-ak-pravilno-vibrati-merezne-obladnanna.html
31. Методичні вказівки до випускних кваліфікаційних робіт освітнього рівня “Бакалавр” спеціальності “Комп’ютерна інженерія”/ О.М. Березький, Г.М. Мельник, Л.О. Дубчак, Ю.М. Батько, О.Й. Піцун / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. 52 с.
32. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування розробки комп’ютерних систем”/ Н.Я. Савка, І.Р. Паздрій / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 40 с.
33. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів, звітів про проходження практики, випускних кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Комп’ютерна інженерія» / І.В. Гураль, Л.О. Дубчак / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 33 с.

					КР.КІ.071131/20.00.00.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83