

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет комп'ютерних наук і технологій

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра програмних засобів

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ

ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ НА БАЗІ

ВИМИКАЧІВ

SOFTWARE FOR HOME AUTOMATION SYSTEM BASED

ON SONOFF SWITCH

Виконав: студент 4 курсу, групи КНТ-228

Спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Комп'ютерні науки

Струк М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Пархоменко А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Поляков М.О.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет комп'ютерних наук і технологій

Кафедра програмних засобів

Ступінь вищої освіти бакалавр

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Комп'ютерні науки

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЗ, д.т.н, проф.

С.О. Субботін

“ ” 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Струка Микити Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Програмне забезпечення для системи домашньої автоматизації на базі вимикачів. Software for Home Automation System Based on Sonoff Switch

керівник проєкту (роботи) Пархоменко Анжеліка Володимирівна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “27” квітня 2022 року № 102

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 6 червня 2022 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, завдання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз предметної області. 2. Дослідження існуючих програмних та апаратних засобів для СРБ. 3. Проєктування програмного забезпечення. 4. Конструювання програмного забезпечення. 5. Керівництво програміста. 6. Керівництво користувача.

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

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6 Основна частина	Пархоменко А.В., доцент		
Нормоконтроль	Дейнега Л.Ю., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання “20” лютого 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдання роботи	1 тиждень	Завдання, ТЗ
2	Аналіз предметної області	2-3 тижні	Розділ 1
3	Розробка архітектури програми	4 тиждень	Розділ 2
4	Розробка програми	5-6 тижні	Розділ 3
5	Тестування та експериментальне дослідження програми	7 тиждень	Розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї. Нормоконтроль та рецензування	8 тиждень	Додатки
7	Захист роботи	9 тиждень	

Студент

(підпис) Струк М.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) Пархоменко А.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи бакалавра: 83 с., 40 рис., 5 табл., 2 дод., 58 джерел.

СИСТЕМА ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ, МОНІТОРІНГ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, MQTT ПРОТОКОЛ, ВИМИКАЧ SONOFF, ПЛАТФОРМА OPENHAB.

Об'єкт дослідження – процес віддаленого моніторингу енергоспоживання та керування електроприладами.

Предмет дослідження – програмні та апаратні засоби віддаленого моніторингу енергоспоживання та керування електроприладами в системі Розумний будинок (СРБ).

Мета роботи – розробка системи віддаленого моніторингу енергоспоживання та керування електроприладами СРБ на основі бездротових технологій.

Матеріали, методи та технічні засоби: мова програмування JAVA, середовище розробки VS Code, Wi-Fi реле Sonoff POW, платформа OpenHAB, ОС Windows.

Результати. На основі використаних технологій, створено вебзастосунок для віддаленого моніторингу та керування енергоспоживанням в СРБ.

Висновки. Розроблене програмне забезпечення (ПЗ) допомагає інтуїтивно та просто працювати з системою віддаленого моніторингу та керування енергоспоживанням СРБ, надає можливість робити це дистанційно, економити електроенергію та зберегти електроприлади в робочому стані.

Галузь використання – системи домашньої, офісної автоматизації та майнинг ферми.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma qualifying work of the bachelor: 83 pages, 40 figures, 5 tables, 2 appendixes, 58 sources.

HOME AUTOMATION SYSTEM, POWER CONSUMPTION MONITORING, MQTT PROTOCOL, SONOFF SWITCH, OPENHAB PLATFORM.

Object of study is the process of remote monitoring of energy consumption and control of electrical appliances.

Subject of study are software and hardware means of remote monitoring of energy consumption and control of electrical appliances in the Home Automation System (HAS).

The goal of the work is to develop a system for remote monitoring of energy consumption and control of DRR appliances based on wireless technologies.

Materials, methods and tools: JAVA programming language, VS Code development environment, Sonoff POW Wi-Fi relay, OpenHAB platform, Windows.

Results. Based on the technologies used, a web application was created for remote monitoring and management of energy consumption in the HAS.

Conclusions. Developed software helps to intuitively and easily work with the system of remote monitoring and control of energy consumption of HAS, provides the ability to do it remotely, save electricity and keep appliances in working order.

Field of application are home, office automation systems and farm mining.

ЗМІСТ

	С.
Перелік скорочень та умовних познач.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області.....	10
1.1 Дослідження функціональних та структурних особливостей СРБ.....	10
1.2 Огляд та порівняння бездротових технологій передачі даних.....	11
1.3 Висновки до розділу 1	20
2 Дослідження існуючих програмних та апаратних засобів для СРБ	22
2.1 Огляд та порівняння СРБ	22
2.2 Аналіз існуючих пристроїв автоматизації СРБ.....	27
2.3 Особливості інтеграції модулів Sonoff в СРБ	30
2.4 Постановка задач дипломної роботи	32
3 Проєктування програмного забезпечення	34
3.1 Аналіз вимог	34
3.2 Розробка архітектури системи	35
3.3 Вибір інструментарію розробки	36
3.4 Висновки до розділу 3	41
4 Конструювання програмного забезпечення.....	42
4.1 Схема алгоритму роботи програми.....	42
4.2 Опис особливостей програмної реалізації.....	44
4.2.1 Опис підключення модулів до системи автоматизації	44
4.2.2 Створення модуля роботи с сенсорами та керуванням пристроями.....	45
4.2.3 Створення інтерфейсу для відображення пристроїв в системі автоматизації.....	46
4.3 Тестування програмного забезпечення.....	46
4.4 Висновки до розділу 4	50
5 Керівництво програміста.....	51
5.1 Призначення і умови використання програми.....	51
5.2 Звернення до програми.....	51

6 Керівництво користувача	54
6.1 Призначення програми	54
6.2 Умови виконання та запуск програми	54
6.3 Виконання програми.....	54
6.4 Повідомлення користувачу	58
Висновки	60
Перелік джерел посилання	61
Додаток А Текст програми.....	67
Додаток Б Слайди презентації	77

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

API	– Application Programming Interface;
CIR	– Committed Information Rate;
CPU	– Central Processing Unit;
ESP	– Electronic Stability Program;
IoT	– Internet of Things;
IrDA	– Infrared Data Association;
MQTT	– Message Query Telemetry Transport;
UWB	– Ultra-Wide Band;
Wi-Fi	– Wireless Fidelity;
WiMAX	– Worldwide Interoperability for Microwave Access;
WLAN	– Wireless Local-Area Network;
WMAN	– Wireless Metropolitan-Area Network;
WPAN	– Wireless Personal-Area Networks;
WWAN	– Wireless Wide-Area Network;
ОС	– операційна система;
ПЗ	– програмне забезпечення;
ПК	– персональний комп'ютер.

ВСТУП

У сучасному світі питання енергетичних ресурсів виникає майже кожен день, з кожним роком ціни на них зростають, а можливість їх відновити зменшується. Одним із методів зменшення залежності від енергоресурсів є енергозбереження. Енергозбереження важливе у сучасному світі через низку проблем, зокрема пов'язаних із надмірним споживанням енергії. Тому постійно ведуться дослідження та розробки, пов'язані зі створенням енергоефективних СРБ, які можуть знизити споживання енергії за рахунок віддаленого моніторингу та управління електроприладами [1].

Існуючі програмні рішення можуть здійснювати лише просте включення/вимкнення та базовий моніторинг енергоспоживання. Але у великих системах, де є багато зовнішніх факторів та вимог, така система має бути розроблена з урахуванням як енергоефективності, так і з автоматизацією базових процесів. Тому такі системи потребують великої кількості елементів управління та ресурсів [1]-[2].

Отже, технічним завданням є розробка інтелектуальної СРБ, здатної забезпечити автономність, гнучкість використання, зручність і виконувати завдання користувачів. Така СРБ використовує датчики енергоспоживання та технології бездротового зв'язку для управління та моніторингу енергоспоживання.

Мета роботи – розробка системи віддаленого моніторингу енергоспоживання та керування електроприладами СРБ на основі бездротових технологій.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Дослідження функціональних та структурних особливостей СРБ

СРБ – це місце проживання, яке використовує пристрої, підключені до Інтернету, для віддаленого моніторингу та керування приладами та системами, такими як освітлення та опалення [3].

Технологія СРБ, яку також часто називають системою автоматизації або domotics (від латинського «domus» означає дім), забезпечує безпеку, комфорт, зручність та енергоефективність власникам житла, дозволяючи їм керувати пристроями автоматизації, часто за допомогою застосунку на своєму пристрої. Internet of Things (IoT) системи та пристрої СРБ часто працюють разом, обмінюючи між собою дані про використання споживачами та автоматизуючи дії на основі переваг власників будинків [4].

Система опалення з підтримкою СРБ може значно підвищити комфорт проживання та енергоефективність за потреби. Ви насолоджуєтеся теплими температурами саме там, де ви перебуваєте, і не опалюєте порожні приміщення без потреби. Наприклад, ви можете знизити температуру в кожній вітальні за допомогою власного вибору температури протягом дня і, якщо необхідно, відрегулювати її до комфортної температури, коли ви знаходитесь на вулиці, перш ніж повернутися додому. Це стало можливим завдяки загальному рішенню для клімату в приміщенні, яке, окрім блоку керування, містить радіокеровані радіаторні термостати, а також дверні та віконні контакти, які блокують термостати, коли вікно відкрите, і таким чином запобігає витрачання непотрібної енергії. споживання. Стартовий пакет кімнатного клімату служить розумним запуском, ПЗ СРБ на смартфоні пересилає всі команди на пристрій керування та забезпечує доступ з дому чи в дорозі. Сучасні СРБ також можна підключити до системи опалення. Регулятори опалення працюють безпосередньо та прості у використанні.

Опалення можна оптимально налаштувати відповідно до поточних потреб, а система автоматизації сама виконує потреби користувачів та регулює комфортну температуру в приміщенні [5]-[6].

Хоча останнім часом багато користувачів знайшли доступ до СРБ в основному через домашні розваги, але захист від злону була однією з ключових проблем у цій сфері набагато раніше. Камери спостереження та датчики руху вже давно оснащені такими функціями, як передача в режимі реального часу, SMS-попередження або push-повідомлення. Якщо у користувача є СРБ то всі прилади можуть бути об'єднані в одну систему [6].

1.2 Огляд та порівняння бездротових технологій передачі даних

Бездротові мережі – це мережі, які використовують радіохвилі для підключення пристроїв до них та бездротових даних. Пристрої із бездротовими мережами: планшети, ноутбуки, телефони, персональний комп'ютер (ПК), смартфони, телевізори, принтери та компоненти системи автоматизації [7].

Бездротові мережі працюють за принципом провідних мереж, але бездротові мережі повинні перетворювати інформаційні сигнали на таку форму, яка дозволить передавати дані через повітряне середовище [7].

Існує безліч різних технологій бездротової передачі даних, що відрізняються частотою передачі даних, швидкістю та дальністю їх передачі. До цієї групи відносяться такі типи мереж як Wireless Personal-Area Networks (WPAN), Wireless Local-Area Network (WLAN), Wireless Wide-Area Network (WWAN) (мал. 1.1). Кожна з цих технологій відрізняється дальністю дії 1 м, 10 м, 100 м, 5 км, 15 км, 50 км і більше, таким чином їх об'єднали в окремі типові мережі. Крім того, є досить важливі питання для урядів різних країн, пов'язаних із правовим регулюванням електромагнітного спектру, оскільки такі мережі можуть заважати роботі різних державних структур. Електромагнітні хвилі поширюються через безліч пристроїв, але схильні до

перешкод. З цієї причини всі країни створили правила, що визначають діапазони частот і потужність передачі для кожної технології [7]-[8].

WPAN – це мережі які базуються на стандарті IEEE 802.15. Вони дозволяють роздавати зв'язок на дуже короткі відстані, близько 10 метрів. На відміну від інших бездротових мереж, підключення через WPAN практично не вимагає інфраструктури або пряме підключення до пристрою. Це дозволяє реалізувати невеликі, енергоефективні та недорогі рішення для широкого спектру пристроїв, таких як Wi-Fi реле, смартфони, пульти дистанційного керування [8].

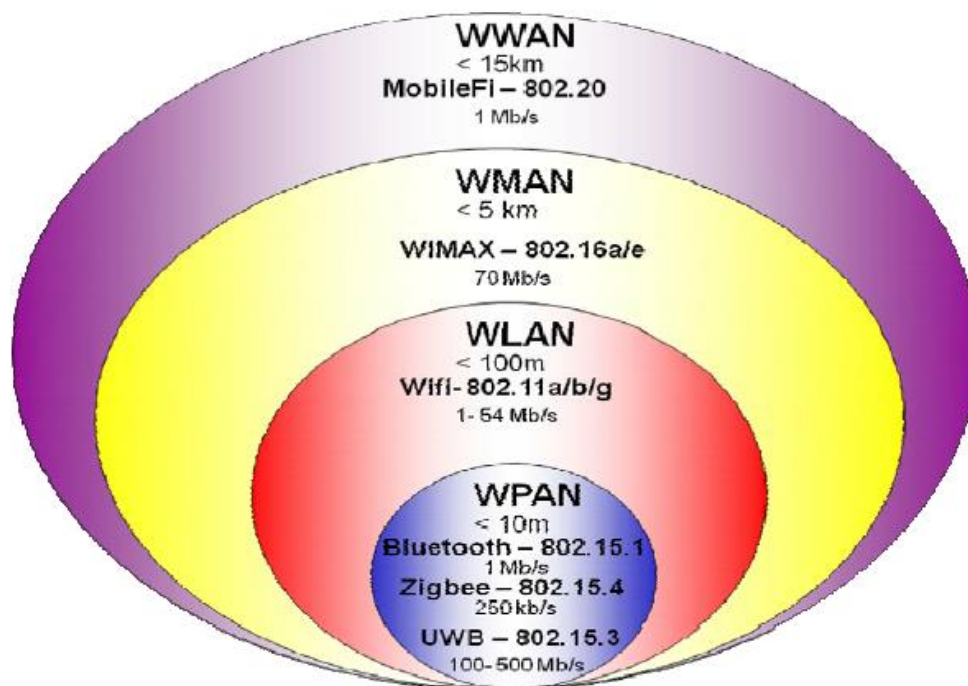


Рисунок 1.1 – Класифікація бездротових мереж [9]

Ці мережі характеризуються низьким енергоспоживанням та низькою швидкістю передачі даних. Такий тип мереж застосовується на таких технологіях, як Bluetooth, Infrared Data Association (IrDA), ZigBee та Ultra-Wide Band (UWB). З точки зору застосування Bluetooth призначений для підключення бездротової миші, клавіатури та гарнітур гучного зв'язку, IrDA призначений для двоточкового зв'язку між два пристрої для простої передачі даних та синхронізації файлів, ZigBee для надійних бездротових мереж моніторингу та управління системами такими як СРБ або великі

автоматизовані виробництва, а UWB орієнтований на мультимедійні канали з високою пропускнуою здатністю.

Bluetooth було розроблено за стандартом IEEE 802.15.1. Перше застосування Bluetooth було використане для пристроїв з маленькою ємністю акумулятора та низьким енергоспоживанням, тоді він мав короткий радіус дії. Сенса його розробки був у тому, щоб встановлювати цю систему недорогою. Але в даний час ця система встановлена практично в усі пристрої, незалежно, дорогі вони або дешеві. Bluetooth має 5 різних версій в даний момент поширені 4 і 5. У перших трьох версіях часто збільшувалася швидкість передачі даних і радіус дії. У першій версії радіус становив всього 10 метрів, в наступних до 100 метрів а швидкість 1 Мбіт/с, 2.1 Мбіт/с та до 24 Мбіт/с [10].

IrDA – це технологія бездротової передачі даних "точка-точка", заснована на інфрачервоному світлі. Концепція була розроблена у 1990 роках та названа на честь асоціації IrDA. IrDA заснований на модуляції інфрачервоного світла з довжиною хвилі від 850 нм до 900 нм, що генерується за допомогою інфрачервоних світлодіодів [11].

У перші роки концепція IrDA мала швидкість передачі 115 кбіт/с, пізніше швидкість передачі збільшилася до 4 Мбіт/с і 16 Мбіт/с, а вже через декілька років до 96 Мбіт/с і 512 Мбіт/с і на сьогоднішній день становить 1 Гбіт/с. Крім передачі даних з високою швидкістю, існує також Committed Information Rate (CIR), який використовується для аудіо та телевізійних пристроїв, але не сумісний з двома згаданими вище режимами роботи [12].

Теоретично обмін даними між пристроями – зазвичай стільниковими телефонами, ПК та ноутбуками – відбувається через інфрачервоне з'єднання. Відстань між трансмітером і ресивером обмежені лише одним метром як зображено на рисунку 1.2. Крім того, обидва пристрої повинні мати візуальний контакт, а позиціонування обох пристроїв має бути відносно точним, оскільки кут падіння більше 30 градусів вже призводить до помилкової передачі [11]-[12].

ZigBee працює за стандартом IEEE 802.15.4 і був винайдений як відкритий глобальний стандарт для задоволення унікальних потреб користувачів у простоті впровадження, високої надійності, недорогого виготовлення, з низьким енергоспоживанням та не великою швидкістю передачі даних. ZigBee працює на діапазонах частот 2,4 ГГц, 900 МГц та 868 МГц. Максимальна доступна швидкість передачі для кожного каналу становить 250 Кбіт/с, достатня для задоволення потреб

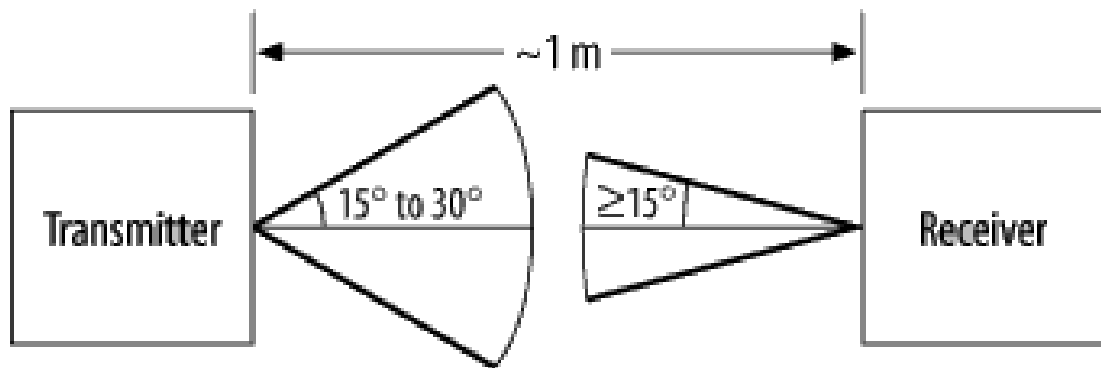


Рисунок 1.2 – IrDA зв'язок між приймачем і передачем [13]

датчиків, реле, модулів системи автоматизації та автоматизації з використанням бездротової мережі [14].

ZigBee також може створювати великі бездротові мережі, які не потребують більшого обсягу даних. У мережі ZigBee можуть бути два різні типи пристроїв: повнофункціональні пристрої та пристрої з обмеженими функціями. Пристрої з повною функціональністю можуть працювати в три режими, як координатор WPAN, координатор або пристрій. Пристрої з обмеженими функціями призначені лише для дуже простих завдань, таких як вимикач світла, датчик руху або датчик світла. ZigBee підтримує три топологічні типи: зірка, сітка та дерево кластерів, показані на рисунку 1.3. У топології зірка зв'язок встановлюється між пристроями та одним центральним контролером, що називається координатором WPAN. У сітчастій топології будь-який пристрій може обмінюватися даними з будь-яким іншим пристроєм у мережі ZigBee, доки вони перебувають у межах

досяжності один одного. Мережа кластерного дерева – це окремий випадок осередкової мережі, де більшість пристроїв використовуються повнофункціональні пристрої, а пристрої з обмеженими функціями можуть лише підключатися до мережі кластерного дерева як кінцеві елементи мережі. Будь-який повнофункціональний пристрій може виступати як комутатор і забезпечувати синхронізацію з іншими пристроями та комутаторами. Тільки один із цих комутаторів є координатором мережі WPAN[15].

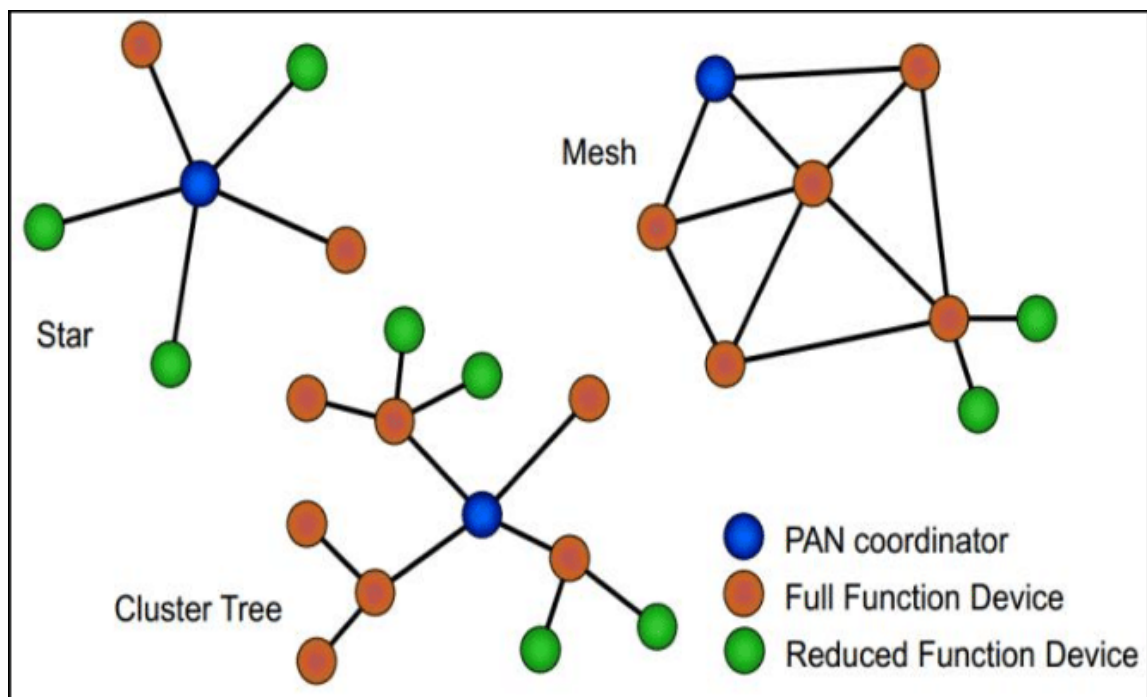


Рисунок 1.3 – ZigBee схема структури мережі [16]

UWB – це технологія, що працює на стандарті IEEE 802.15.3, її особливістю є надширока смуга передачі даних, дана технологія з'явилася зовсім недавно, але вже привернула велику увагу з боку розробників, принцип її роботи, високошвидкісний зв'язок ближнього радіусу дії. UWB відрізняється від інших технологій, які були вже описані. Технологія UWB має можливість передавати великі розміри файлів із високою швидкістю, але лише на короткі відстані. UWB має швидкість передачі даних від 110 Мбіт/с на відстань 10 метрів і до 480 Мбіт/с на відстань до 3 метрів, така відстань

може дозволити використання програми, яка потребує високої швидкості передачі даних. Ця технологія працює на частотах від 3,4 до 4,8 ГГц і від 6 до 8,5 ГГц [17].

UWB передає інформацію, за допомогою генерації радіоенергії через певні інтервали часу і тим самим вона займає більшу частину смуги передачі даних (рис. 1.4) [18].

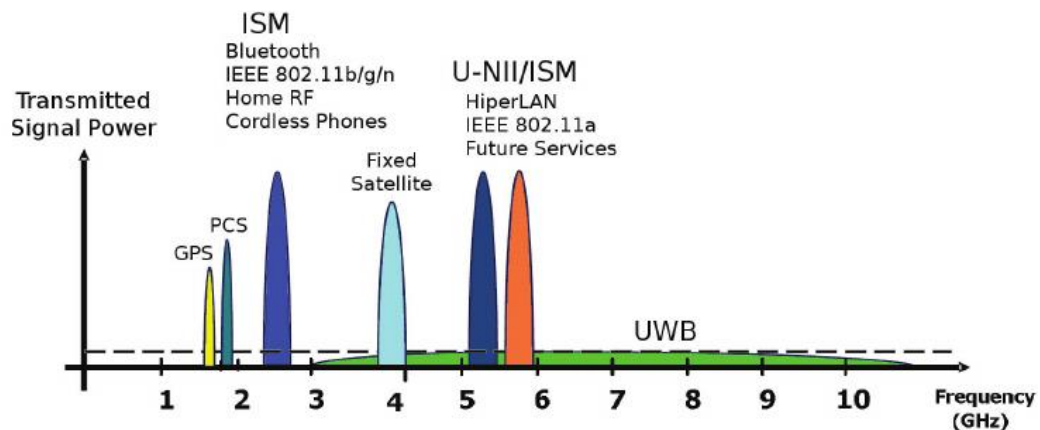


Рисунок 1.4 – Смуга частот UWB [19]

WLAN – це тип мережі, радіус дії якої 100 метрів, така мережа наповнюється популярністю в університетах чи державних структурах (рис. 1.5). Через структуру мережі користувачі можуть переміщатися в межах зони покриття і при цьому не відключатися від мережі [20]-[21].

WLAN працює на стандарті IEEE 802.11 і частим синонімом є слово Wi-Fi. Через конкуренцію ця мережа витіснила інші стандарти. Wi-Fi було легше впровадити і він раніше за всіх став доступним для звичайних користувачів. IEEE 802.11 – це ціла родина різних типів бездротових мереж. IEEE 802.11b був представлений у 1999 році та першим прийнятим стандартом, що має швидкість 11 Мбіт/с у діапазоні частот 2,4 ГГц. Після цього був розроблений новий стандарт IEEE 802.11g з більш високою швидкістю інтернету до 54 Мбіт/с, але вона автоматично знижується з 54 Мбіт/с через слабке з'єднання від джерела сигналу або якщо є якісь фізичні перешкоди. Всі наступні покоління мереж підтримують минуле, таким чином, будь-який пристрій з 3 поколінням мережі може підтримувати друге і

перше. Це пов'язано з тим, що технологія досі підтримуватиме діапазон 2,4 ГГц, що й минуле покоління [22].

WMAN – это беспроводная сеть основанная на стандарте IEEE 802.16, который так же называется Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX). WiMAX – это система соединения, поддерживающая архитектуру «одно устройство – много подключений», задумка данной технологии была в обеспечении высокой скорости передачи данных через беспроводные сети. Поэтому данная технология позволяет подключать маленькие беспроводные сети с помощью технологии WiMAX, создавая большую сеть WMAN. Такая технология, позволит соединить сетью целые города без необходимости прокладки подземных кабелей, но между городами должно быть минимальное количество физических помех [23]-[24].

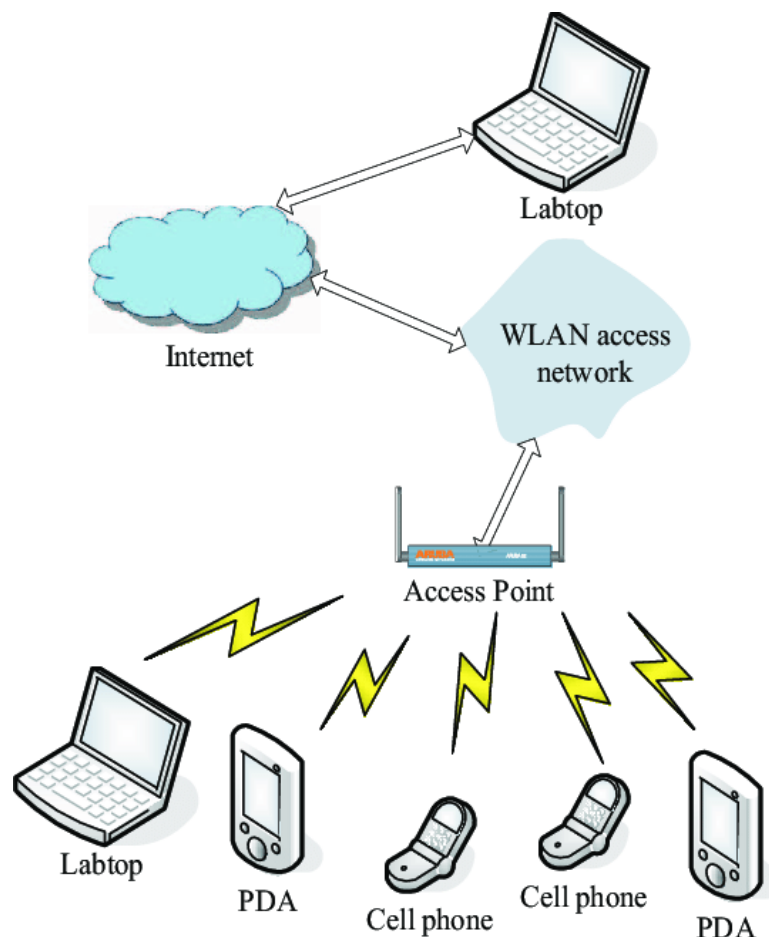


Рисунок 1.5 – WLAN діаграма [25]

WiMAX працює за принципом Wi-Fi, але забезпечує зв'язок на далекі відстані, 1-5 кілометри. Wi-Fi ж забезпечує зв'язок лише для невеликих просторів, наприклад, в багатоквартирних будинках, ресторанах, офісах або міському транспорті, WiMAX може працювати в двох діапазонах частот і використовує частоти, що ліцензуються і неліцензуються від 1.5 ГГц до 11 ГГц і від 2.3 ГГц до 13 ГГц . і може передавати до 75 Мбіт/с на відстань до 80 км, безлічі пристроїв, які підключені до однієї базової станції, як показано на рис. 1.6. WiMAX може працювати в умовах прямої видимості та поза прямою видимістю. У діапазоні частот від 1.5 до 11 ГГц він працює без прямої видимості. Передача на низьких частотах може бути заблокована через будь-які перешкоди. У той час, як передача на високих частотах застосовується для з'єднання в межах прямої видимості. Це дозволяє пристроям зв'язуватися між собою на більшій відстані за умови відсутності перешкод [26].

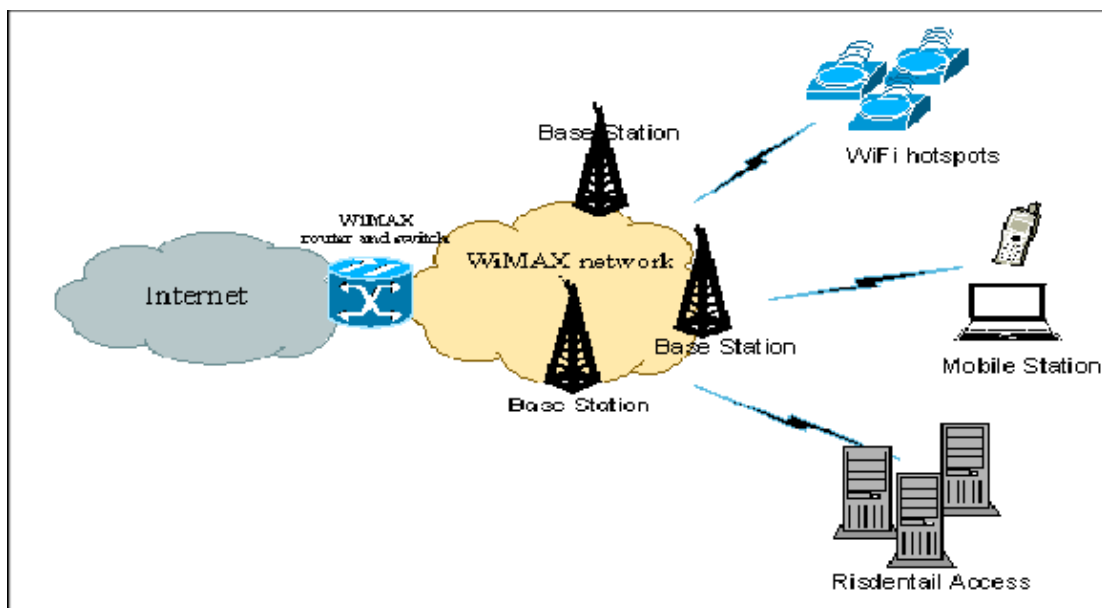


Рисунок 1.6 – Схема мережі WiMaX [27]

WWAN – це бездротова мережа, особливістю якої є дальність роботи 50 км. Такі мережі зазвичай використовуються стільниковими операторами для підтримки мережі на величезних площах, наприклад таку мережу часто використовують у містах, для цього застосовують супутникові системи та

потужні антени, найчастіше цю технологію використовують інтернет провайдери. Ця мережа поділяється на дві технології передачі: Cellular і Satellite [23]-[24].

Особливістю технології Cellular є те, що зона покриття ділиться на комірки і представляється у вигляді сот. У кожному осередку є передавачі, даний передавач знаходиться в центрі осередку, його призначенням є обслуговування того осередку, в якому він знаходиться. Передавачі підключаються до базових станцій та передають на них дані. В основному базові станції знаходяться на дахах будинків і на високих поверхах, щоб не створювалося перешкод. Стільникові станції з'єднані між собою, тому у користувачів з'являється можливість взаємодіяти з різними операторами і взаємодіяти з дротовим телефонним зв'язком, тобто дзвонити на міські номери телефонів. Дана система досить ефективно тому що використовує безліч передавачів, щоб покриття мережі було рівномірне та стабільне. У 1979 року було розроблено перше покоління цієї мережі. Перше покоління 1G давало можливість здійснювати лише голосові дзвінки. Друге покоління 2G вже дозволяло надсилати текстові повідомлення. Третє покоління 3G було впроваджено у 2002 році і воно могло передавати дані до 2 Мбіт/с. Четверте покоління 4G було впроваджено в 2009 році, має ті ж функції, що й минулі покоління і здатне передавати дані зі швидкістю 1024 Мбіт/с [28].

Satellite – це супутниковий бездротовий зв'язок із можливістю передачі даних до 506 Мбіт/с. Завдяки тому, що дані проходять через супутник, а він знаходиться на великій висоті, то обхват території над поверхнею землі досить великий. Даний вид зв'язку корисний тільки якщо відсутні інші види зв'язку і користувач знаходиться в місцях, де немає провідного інтернету, як зображено на рисунку 1.7. У разі необхідно спеціальне устаткування [29].

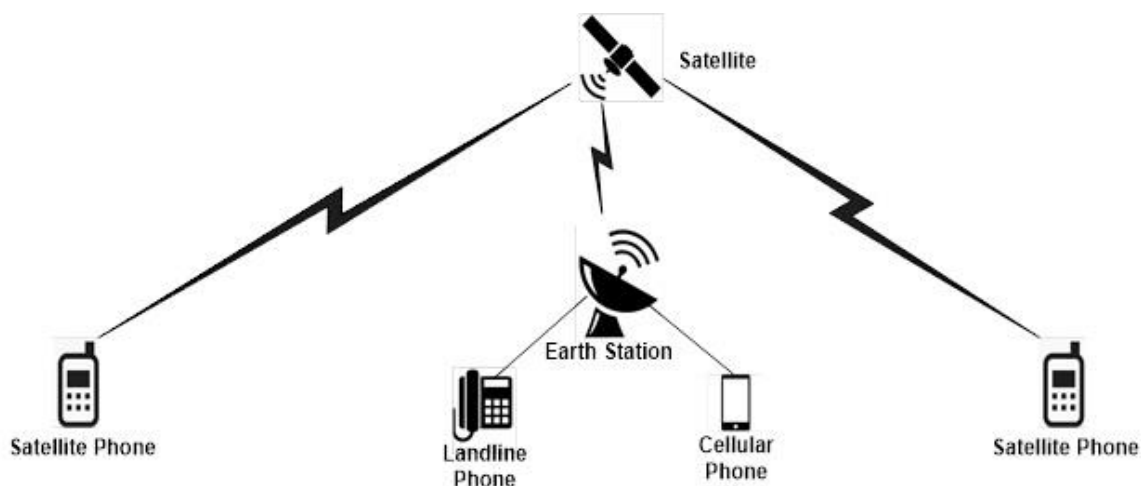


Рисунок 1.7 – Satellite та cellular мережі [30]

1.3 Висновки до розділу 1

Технології бездротової мережі з'єднують пристрої без дротів. У минулому дроти доводилося прокладати з кімнати в кімнату або з поверху на поверх, вартість установки була високою, а час налаштування дротової мережі, серед іншого, значно збільшувався порівняно з бездротовою мережею.

В даний час налаштувати бездротову мережу дуже просто, і існує безліч бездротових продуктів на вибір, на додаток до безлічі доступних ресурсів, які допоможуть з налаштування та встановлення бездротової мережі [31].

Різні технології можуть бути вибрані відповідно до вимог ПЗ, а діапазон передачі даних може варіюватися від кількох метрів до кількох кілометрів. Бездротові мережі, безперечно, відкривають нові можливості для промислових рішень, але при їх реалізації необхідно приділяти особливу увагу безпеці [32]. В таблиці 1.1 представлена характеристика технологій бездротової передачі даних [33].

Для СРБ найбільш підходящими є чотири основні види мережі, такі як Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth та Cellular. За допомогою цих мереж можна

налаштувати безперервну мережу для передачі даних із датчиків, організації безпеки у приміщеннях та комунікацію між ESP модулями.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика технологій бездротової передачі даних [33]

Технології	Ім'я	Стандарт	Частоти	Радіус дії	Швидкість передачі, Мбіт/с
WPAN	Bluetooth	IEEE 802.15.1	2.4 ГГц	10 м	720 Кбіт/с
	IrDA	IrDA	2.4 ГГц	1 м	16 Мбіт/с
	ZigBee	IEEE 802.15.4	868 МГц, 900 МГц, 2.4 ГГц	10 м	250 Кбіт/с
	UWB	IEEE 802.15.3	6-8.5 ГГц	10 м	480 Мбіт/с
WLAN	Wi-Fi	IEEE 802.11	2.4 / 5 ГГц	100 м	1 Мбіт/с
		IEEE 802.11a	5 ГГц	100 м	48 Мбіт/с
		IEEE 802.11b	2.4 ГГц	100 м	11 Мбіт/с
		IEEE 802.11g	2.4 ГГц	100 м	54 Мбіт/с
		IEEE 802.11n	2.4 / 5 ГГц	250 м	600 Мбіт/с
		IEEE 802.11ac	5 ГГц	250 м	1.3 гбіт/с
WMAN	WiMAX	IEEE 802.16	2-11 ГГц і 10-66 ГГц	50 км	70 Мбіт/с
WWAN	Cellular	AMPS, GSM, GPRS, UMTS, HSDPA, LTE	700 МГц, 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц, 2100 МГц, 2600 МГц	>50 км	1 гбіт/с
	Satellite	DVB-S2	3-30 ГГц	>50 км	60 Мбіт/с

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНИХ ТА АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СРБ

На сьогоднішній день ринок IoT пристроїв дуже різноманітний і широкий, тому з'являється величезна кількість нових девайсів для СРБ, у зв'язку з цим звичайний користувач стикається з проблемою як оптимізувати та зручно користуватися ПЗ для цих пристроїв. Вирішенням цієї проблеми є ПЗ для систем автоматизації, що об'єднують у собі безліч різних брендів даних девайсів. Також виробники роблять власне ПЗ для своїх брендів, але такий підхід не дає можливості користувачам автоматизувати всі девайси.

2.1 Огляд та порівняння СРБ

Home Assistant – це ПЗ з відкритим вихідним кодом для домашньої автоматизації, яке розроблено з використанням Python 3 для серверної частини та Polymer (вебкомпоненти) для компонентів інтерфейсу(рис. 2.1). Як продукт з відкритим кодом, він ліцензований під Apache 2.0. До нього можна отримати доступ через вебінтерфейс користувача, через супутні ПЗ для Android та iOS, або за допомогою голосових команд через підтримуваного віртуального помічника, такого як Google Assistant і Amazon Alexa, або альтернатив з відкритим вихідним кодом, таких як "Almond" і "Genie" [34]-[35].

IoT, пристрої, ПЗ, програми та послуги підтримуються модульними компонентами інтеграції, які включають не тільки вбудовані інтеграції для локальних протоколів підключення, як-от Bluetooth, MQTT, ZigBee та Z-Wave, а й підтримку керування власними екосистемами, якщо вони забезпечують публічний доступ. через відкритий API для сторонніх інтеграцій. Після встановлення ПЗ Home Assistant як комп'ютерного пристрою воно буде діяти як СРБ [34].

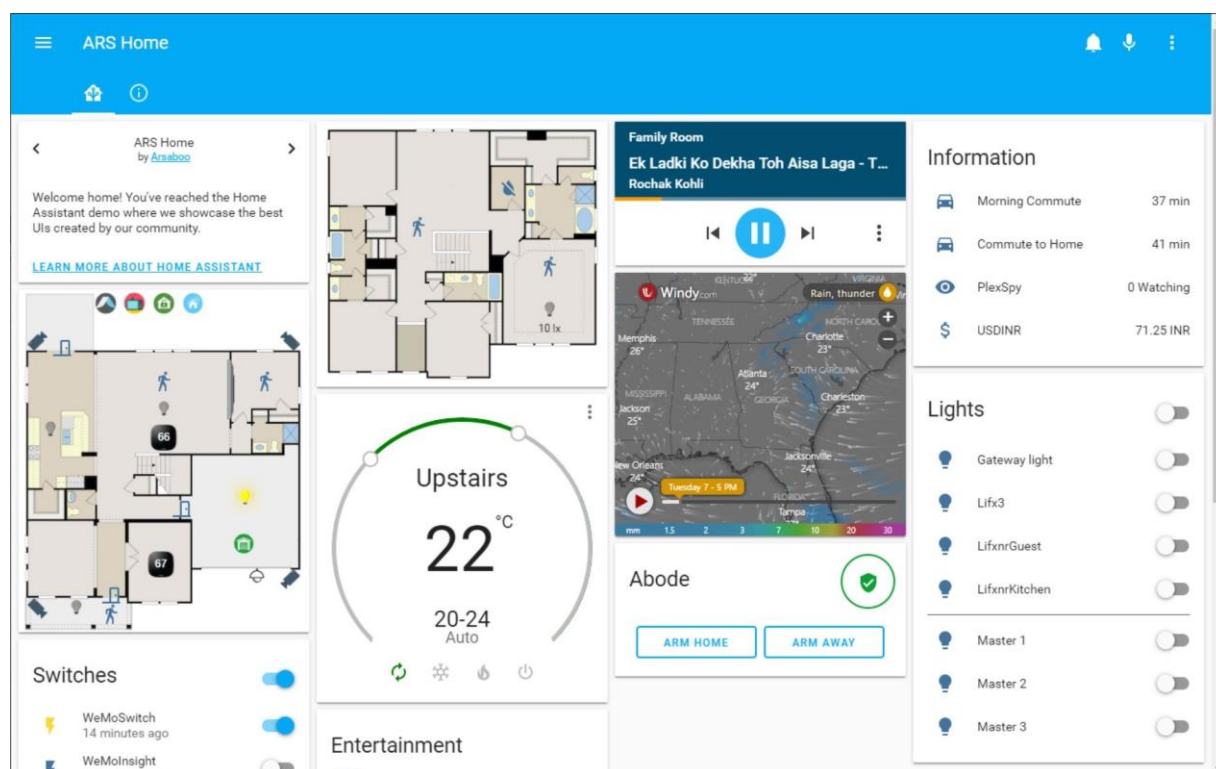


Рисунок 2.1 – Платформа Home Assistant

OpenHAB – це платформа домашньої автоматизації з відкритим вихідним кодом. Він не залежить від виробника та технології. В результаті, якщо пристрій популярний, то він рано чи пізно підтримуватиметься цією платформою. OpenHAB розроблений на JAVA, що дозволяє підключати нескінченну кількість пристроїв, на яких можна запускати цю систему. Спільнота дуже добре організована та корисна. Її архітектура ґрунтується на прив'язках, що забезпечують підтримку різних пристроїв систем автоматизацій. Також користувач може самостійно кастомізувати вебінтерфейс (рис. 2.2) [36].

OpenHAB можна встановити на ОС Windows, Linux та MacOS, але також може працювати на Raspberry pi. Великим достоїнством цієї системи є можливість встановлення мобільного застосунка на пристрої Android та iOS [36].

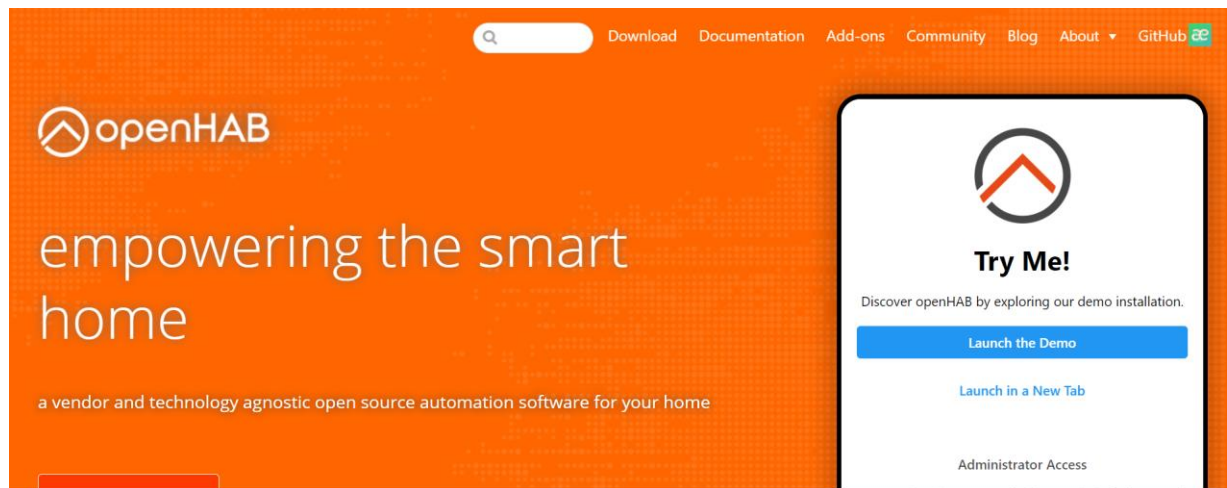


Рисунок 2.2 – Платформа OpenHAB

eWeLink – це застосунок для керування системами автоматизації, який може керувати всіма пристроями домашньої автоматизації ITEAD і продуктами, що співпрацюють. Він дозволяє дистанційно керувати пристроями різних брендів і керувати ними в одному застосунку. Пристрої автоматизації підключаються до побутової техніки та електронних пристроїв через Wi-Fi, що дає змогу дистанційно керувати через застосунок eWeLink. Кількість пристроїв, які можна додати до eWeLink, 150 (рис.2.3).

Domoticz – це СРБ з відкритим вихідним кодом з великою кількістю пристроїв, що підтримуються, починаючи від реле автоматизацій і закінчуючи системами безпеки [37].

Domoticz створений за допомогою HTML, що робить його зручним у користуванні, оскільки можна його просто відкрити в браузері, також працює на Raspberry Pi (рис. 2.4). Domoticz написаний на C/C++ за ліцензією GPLv3 [37].

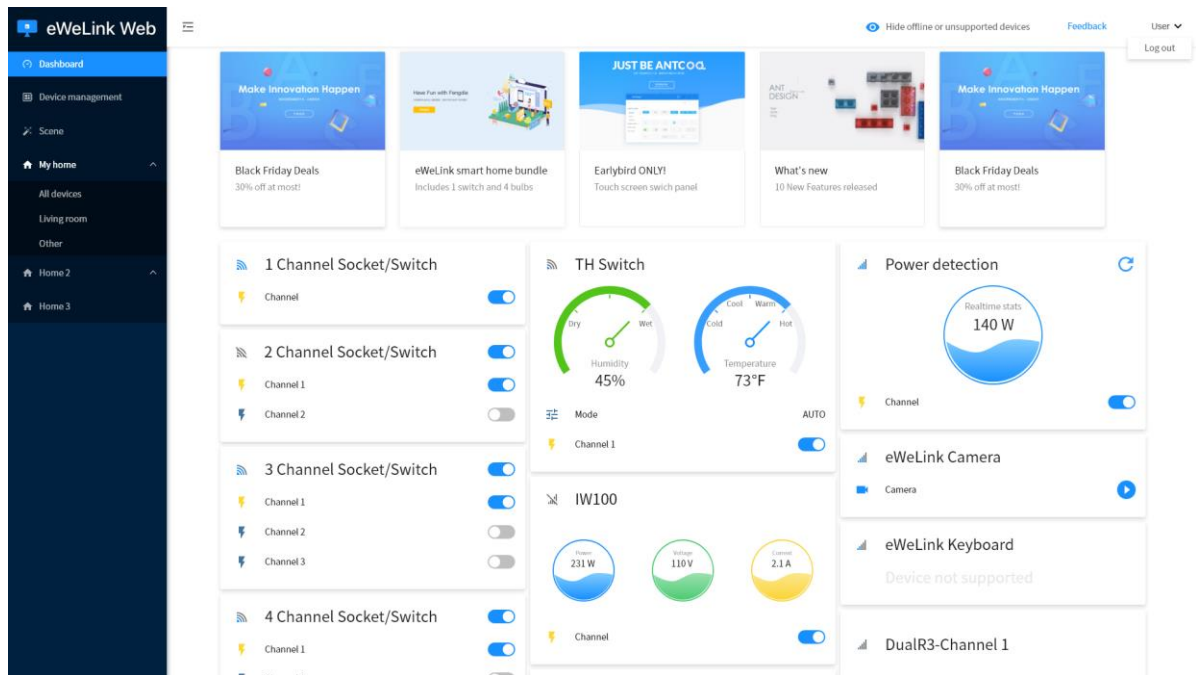


Рисунок 2.3 – Платформа eWelink

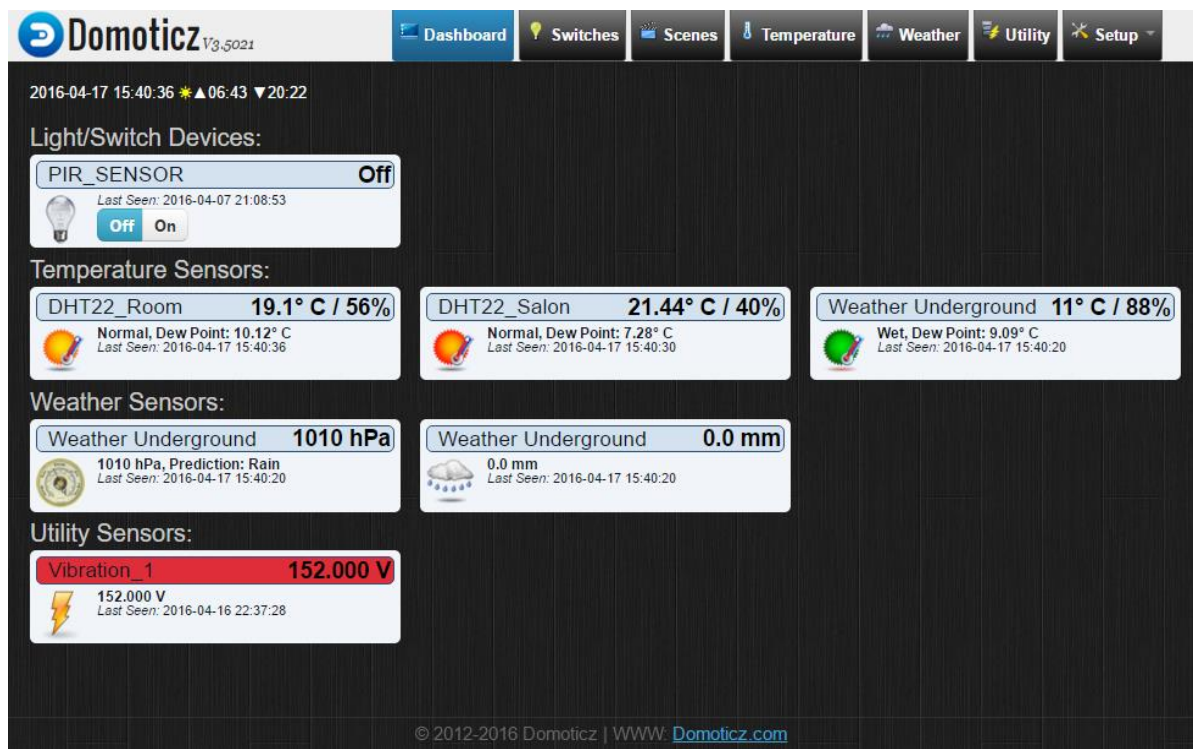


Рисунок 2.4 – Платформа Domoticz

Провівши дослідження в різних СРБ, було виявлено, що на сьогоднішній день не існує ідеального рішення і кожен користувач

намагається знайти платформу, що підходить для своїх завдань. Тому важливим фактором є встановлення вимог до системи та вивчення її можливостей. В таблиці 2.1 представлена характеристика СРБ [38]-[39]-[40]. Виходячи з цього рішення користувач зможе максимально ефективно користуватися своїми девайсами та автоматизувати їхню роботу. Для тестування пристроїв Sonoff та їх ПЗ було обрано дві платформи OpenHAB та Home Assistant за кількома критеріями:

- безкоштовність платформи;
- гнучкість у налаштуванні;
- короткий час для підключення пристроїв з боку платформи;
- максимальне різноманіття модулів та застосунків, що підтримується відразу після налаштування;
- стабільне підключення пристроїв.

Таблиці 2.1 – Порівняння СРБ [38]-[40]

Характеристика	Home Assistant	Domoticz	OpenHAB	eWelink
Мова програмування	Python	C++	Java	-
Web інтерфейс	+	+	+	+
Протоколи	Багато	Багато	Багато	Багато
Сервіс передачі даних	MQQT	MQQT	MQQT	-
API	+	+	+	-
Плагіни	1935	180	2000	80
Мобільний застосунок	+	+	+	+
Фізичний сервер	+	+	+	-
Документація	обширна	добра	обширна	невелика

2.2 Аналіз існуючих пристроїв автоматизації для СРБ

Розетка з Wi-fi модулем – це пристрій, який можна встановити між шнуром живлення та звичайними розетками, щоб він функціонував як вимикач живлення з дистанційним керуванням. Таким чином, розетки з Wi-fi модулями можна використовувати, щоб зробити звичайне електрообладнання автоматизованим і таким чином підключити такі пристрої до домашньої автоматизації [41]. В таблиці 2.2 представлено порівняння розеток [42]-[43].

Такими розетками можливо керувати за допомогою мобільного застосунка, СРБ або віртуального помічника. Приклади протоколів, що використовуються для зв'язку з розетками, включають Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee і Z-Wave та MQTT протокол. Багато таких розеток мають вбудований амперметр, щоб можна було відстежувати споживання електроенергії підключеного обладнання [44].

Таблиці 2.2 – Порівняння розеток [42]-[43]

Назва модуля	Моніторинг потужності	Максимальна потужність	Максимальна сила тока	Протокол підключення
BlitzWolf BW SHP10	+	3600w	10A	Wi-Fi
Treeye Wi-Fi Smart Plug	+	3000w	16A	Tuya, Wi-Fi, IFTTT,
Sonoff s26	-	2200w	10A	Wi-Fi, IFTTT
NOUS A7	+	3680w	16A	Wi-Fi

У сучасному житті кожен елемент управління електрикою модернізується і вимикачі світла з Wi-Fi модулями не виключені, вони відрізняються від звичайних вимикачів тим, що вони можуть керувати всіма

приладами, до яких вони підключені. Крім цього, у порівнянні зі звичайними вимикачами світла, вимикачі з Wi-Fi модулями можуть керувати пристроями із застосунків зі смартфона, планшета або вебсторінок за допомогою СРБ, головною умовою такої зв'язки є стабільне підключення до Wi-Fi. Такі вимикачі світла стають новим трендом в індустрії світла, тому все більше відомих виробників поставляють їх на ринок. Вимикачі мають два режими роботи, вони можуть працювати як звичайний вимикач світла, або як реле, яким можна керувати тільки зі спеціального застосунка або СРБ [45].

Лампочка з Wi-Fi модулем – це світлодіодна лампочка з підключенням до Інтернету, яка дозволяє налаштовувати, планувати та керувати освітленням віддалено, такі лампочки є одними з найуспішніших пристроїв серед зростаючої категорії продуктів домашньої автоматизації та IoT [45].

Завдяки інтеграції Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee або кабельного з'єднання до СРБ, такими лампочками можна керувати через мобільний застосунок або СРБ, а окремі лампочки можна запрограмувати на зміну потужності певним чином. Інтернет-підключення лампочки дозволяє виробникам оснащувати їх додатковими функціями, такими як вбудовані камери, вбудовані динаміки та можливість визначення присутності [46].

Лічильник з модулем Wi-Fi – це пристрій, який нагадує роботу звичайного лічильника, але такий пристрій має додаткові функції, тобто вміє записувати такі дані, як споживання електроенергії, рахувати напругу, струм і коефіцієнт потужності, може збирати статистику споживання погодинно. Такі лічильники можуть передавати дані в СРБ і тому користувач може аналізувати ці дані для контролю енергоспоживання, а служби контролю електроенергії можуть знімати покази з лічильника дистанційно і виставляти рахунки. Також лічильники збирають дані про енергоспоживання як реального часу і регулярно відправляють дані за принципом MQTT (рис. 2.5). Лічильники створюють двосторонній зв'язок між лічильником та СРБ. Така система дозволяє як отримувати дані а й коригувати їх. Зв'язок від лічильника до системи може бути реалізований за рахунок бездротових

технологій або через дротове з'єднання. У світі користуються популярністю варіанти бездротового зв'язку Wi-Fi і ZigBee [47]-[48].



Рисунок 2.5 – Лічильник Фобос 1 [49]

У сучасному світі економія енергоносіїв є одним із головних питань. Тому це завдання лягло на комунальні підприємства різних країн, вирішенням цього завдання було створити системи, які могли узгоджувати споживання енергії з її виробництвом. Звичайні лічильники електроенергії могли вимірювати тільки загальне енергоспоживання, тому не було можливості дізнатися, коли і скільки споживалася електроенергія. Такі лічильники дозволяють проводити вимірювання споживання електроенергії в режимі реального часу за допомогою різних бездротових технологій. Це дозволило комунальним службам встановлювати різні ціни на споживання енергії відповідно доби і сезону. Така методика збору даних сприяє більш точним структурування грошових потоків для комунальних служб і зменшує ймовірність шахрайства. Оскільки такі лічильники вміють передавати дані дистанційно, зменшується кількість співробітників комунальних служб і збільшується ефективність роботи [50]-[51].

Такий лічильник пропонує користувачам безліч переваг, таких як зменшення суми платежів, автоматизацію процесів, моніторинг даних у будь-який момент часу [52].

2.3 Особливості інтеграції модулів Sonoff в СРБ

Sonoff – це доступні пристрої на базі ESP8266, які надає користувачам можливість керування СРБ. Це бездротові реле на базі Wi-Fi, які можуть підключатися до широкого діапазону пристроїв. Sonoff передає дані на хмарну платформу через Wi-Fi роутер, що дозволяє користувачам віддалено управляти всіма підключеними пристроями через мобільний застосунок eWeLink та веббраузер. Хмарний сервер Sonoff – це глобальний сервер Amazon AWS [53].

Sonoff робить всю побутову техніку автоматизованою та дозволяє налаштовувати автоматизацію. Коли мобільний телефон підключено до мережі, користувач може віддалено керувати підключеними пристроями з будь-якого місця будь-коли. Ще одна доступна функція – встановлення розкладу для пристроїв, включаючи таймери зворотного відліку та запланований час увімкнення/вимкнення та контроль енергоспоживання. Це може спростити керування освітленням/опаленням, а також дозволить уникнути зайвих витрат за рахунок електроенергії [53].

На сьогоднішній день існує багато фірм виробників Wi-Fi реле, які дозволяють керувати будь-якою технікою і при цьому мають безліч додаткових функцій таких як вимірювання потужності, температури, вологості та іншого. Але компанія ITEAD, що випускає реле під брендом Sonoff розробила пристрої що дешевші ніж конкуренти але за якістю такі ж. З таблиці 2.3 видно, що модулі Sonoff POW мають найбільший функціонал та вимірювання потужності, хоч і коштує в кілька разів дорожче, ніж інші модулі [53].

Таблиця 2.3 – Порівняння Wi-Fi реле бренда Sonoff [54]

Назва модуля	Сенсор	Тип пристрою	Максимальна потужність	Максимальна сила струму	Вхідна напруга	ціна
Sonoff basic	-	реле	2200w	10A	90-250V AC	120 грн
Sonoff TH10	Темпера- тури	реле	2200w	10A	90-250V AC	350 грн
Sonoff 4ch	-	реле	2200w	10A	90-250V AC	795 грн
Sonoff POW	Енерго- споживання	реле	3500w	16A	90-250V AC	400 грн
Sonoff RF	433MHz	реле	2200w	10A	90-250V AC	590 грн
Sonoff dual	Енерго- споживання	реле	2200w	16A	90-250V AC	595 грн
Sonoff S20	-	розетка	2200w	10A	90-250V AC	320 грн
Sonoff G1	GSM	реле	2200w	10A	90-250V AC	900 грн
Sonoff S26	-	розетка	2200w	10A	90-250V AC	320 грн

Sonoff POW – це бездротовий комутатор Wi-Fi зображений на рисунку 2.6, який підключається до вашої побутової техніки та електричних пристроїв через Wi-Fi, завдяки чому ними можна керувати за допомогою програми eWelink через мережу Wi-Fi/2G/3G/4G. Sonoff POW може звітувати про негайну споживану потужність підключеного пристрою або споживання енергії в кВт-год за певний період часу, а також створювати щомісячні звіти про споживання електроенергії. Таким чином, Sonoff POW дозволяє з’ясувати, які прилади у вашому домі споживають найбільше електроенергії, щоб ви могли скоротити рахунок за електроенергію [55].



Рисунок 2.6 – Реле Sonoff POW [55]

2.4 Постановка задач дипломної роботи

У другому розділі роботи було виконано огляд СРБ та пристроїв які можна до них під'єднати, якими вони можуть керувати та автоматизувати.

На основі огляду можна зробити висновок, що системи Home Assistant і OpenHAB дають можливість користувачам пристроїв системи автоматизації вибір у персоналізації системи та додавання сторонніх пристроїв. Такі системи можуть задовольнити основні потреби та виконати поставлені завдання, крім цього через велику кількість розробників полегшить процес налаштування та зробить його максимально комфортним.

Після проведених досліджень існуючих способів управління системами автоматизацій, був визначений основний вектор дій, а саме пошук оптимальних способів інтеграцій з більшістю сучасних платформ автоматизації для зручного і легкого користування пристроями.

Мета роботи – розробка системи віддаленого моніторингу енергоспоживання та керування електроприладами СРБ на основі бездротових технологій.

Задачі роботи:

- виконати аналіз технологій СРБ та засобів передачі даних для системи управління та моніторингу енергоспоживання;
- розробити архітектуру системи управління та моніторингу енергоспоживання;
- вибрати програмні засоби розробки;
- виконати програмну реалізацію системи управління та моніторингу енергоспоживання;
- розробити програмну документацію.

3 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Головною проблемою пристроїв систем автоматизацій є можливість об'єднання в загальні системи управління. Які дозволяють користувачеві мінізувати взаємодію з СРБ, автоматизувати її і персоналізувати.

Також важливим завданням СРБ є моніторинг параметрів з датчиків і їх коригування у разі виникнення помилок або неточностей.

Для вирішення цих важливих завдань на етапі проєктування ПЗ важливо зробити аналіз потреб і вибрати найбільш підходящі програмні та апаратні компоненти системи.

3.1 Аналіз вимог

На основі отриманої інформації з аналізу СРБ та пристроїв автоматизації та їх можливостей було сформовано список функціональних та нефункціональних вимог для розробки архітектури ПЗ.

Функціональні вимоги:

- встановлення та оновлення ПЗ на пристрої має виконуватися універсально;
- потрібна можливість оновлення ПЗ за допомогою бездротової мережі;
- архітектура повинна дозволяти інтегрувати пристрій у більшість сучасних СРБ;
- за допомогою ПЗ має бути можливість віддалено керувати пристроями та зчитувати дані датчиків та сенсорів.

Нефункціональні вимоги:

- для встановлення та оновлення ПЗ не потрібне встановлення великої кількості різноманітних програм;
- пристрої повинні коректно обробляти випадки вимкнення електрики та перебоїв в роботі локальної мережі або бездротової мережі;

- система має бути універсальна для підключення нових модулів, датчиків та пристроїв від різних брендів;
- управління СРБ повинно мати підтримку управління по локальній мережі або через вебсервер.

3.2 Розробка архітектури системи

Система управління та моніторингу енергоспоживання складатиметься з техніки або приладів, Wi-Fi реле Sonoff POW, які підключені до приладів та Wi-Fi, та СРБ для управління системою за допомогою вебсторінки. На рисунку 3.1 зображено архітектуру системи управління та моніторингу енергоспоживання в СРБ. На модуль Sonoff необхідно встановити прошивку Tasmota для його роботи. СРБ OpenHAB дозволить підключитися до кількох модулів Sonoff POW через протокол MQTT. Користувач може переглядати графіки, статистику та керувати модулями за допомогою СРБ.

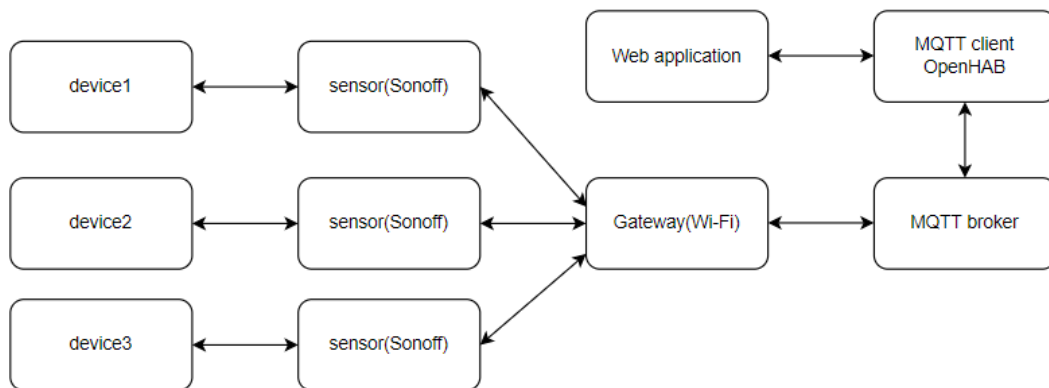


Рисунок 3.1 – Архітектура системи керування та моніторингу енергоспоживання

OpenHAB працює в різних ОС, але найзручнішою є Windows. Стек технологій MQTT, Wi-Fi, OpenHAB, Tasmota дають серйозні можливості для

розробки сучасних проєктів, спрощуючи моніторинг, керування та синхронізація даних.

Такі технології дозволяють не просто спростити життя користувачів, а й автоматизувати процеси, пов'язані з енергоспоживанням та контролем техніки.

3.3 Вибір інструментарію розробки

Java – це одна з найпопулярніших мов програмування та розробки застосунків. З усіх мов програмування Java одна із найвідоміших. Ця мова дозволяє розробляти програми, що не залежать від платформи, тому що вона вже встановлена в багато систем.

Оскільки середовище розробки Java попередньо встановлено на багато ПК і систем, спільнота розробників велика. Відповідно Java як мова програмування є першим вибором для незалежних від платформи застосунків.

Незважаючи на всі переваги цієї мови, у неї є й недоліки. Будь-який програміст, який використовував середовище розробки Java, помітить, що Java набагато повільніше, ніж інші мови, такі як C++.

Так як Java встановлена в систему OpenHAB і ця система написана цією мовою, то рішення реалізувати систему на даній мові є оптимальним і правильним з точки зору доцільності.

MQTT – це протокол обміну повідомленнями за шаблоном (pub/sub) (рис. 3.2), за таким принципом роботи пристрої можуть передавати дані іншим пристроям, навіть якщо обмежена пропускна спроможність та мережа не стабільна. Першим застосуванням цього протоколу був зв'язок нафтопроводів між собою за допомогою супутників. Цей протокол був реалізований за дуже простою схемою і його був досить малий, оскільки цей протокол мав працювати з системами підвищеної експлуатації. У сьогоdnішньому вигляді цей протокол ідеально підходить для пристроїв СРБ

з невеликим запасом електроенергії та обмеженим часом автономної роботи, до таких пристроїв відносяться реле, датчики, механізми та контролери [56] - [57].

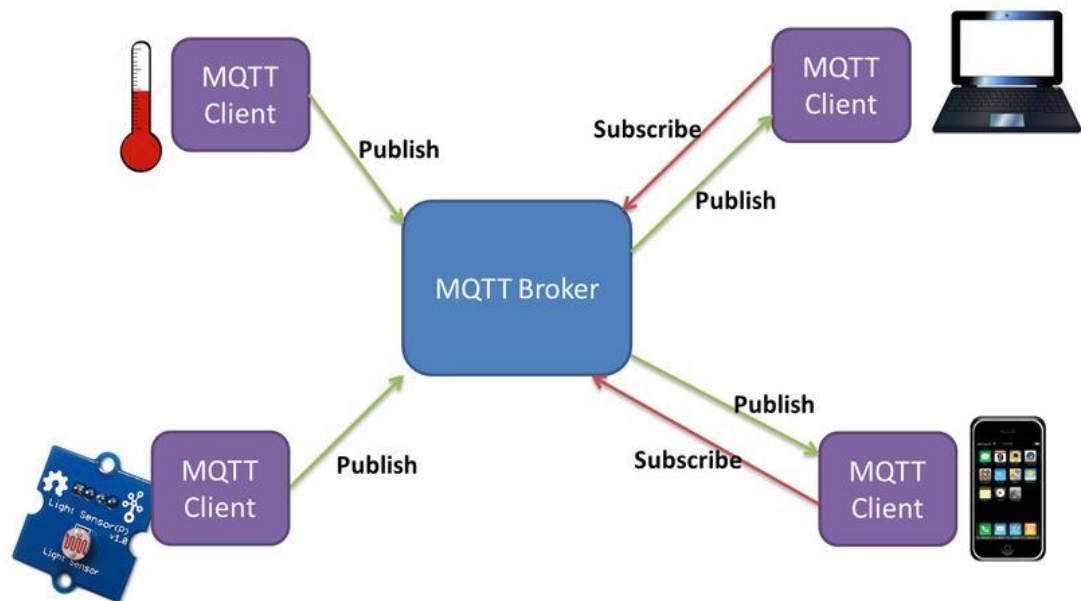


Рисунок 3.2 – Схема роботи MQTT [58]

Через всі вище перераховані параметри протокол MQTT став найкращим рішенням для потокової передачі даних між приладами з не високою потужністю Central Processing Unit (CPU) та автономністю, а також для бездротових мереж у яких низька швидкість та нестабільне підключення. Саме тому протокол MQTT є найкращим протоколом для IoT [56].

Принцип роботи протоколу MQTT досить простий, він складається з декількох частин сервера, який приймає та обробляє дані, MQTT брокера та датчиків які передають дані. MQTT може приймати майже необмежену кількість даних і їх відправляти. СРБ можна налаштувати таким чином, що в ній можуть працювати одночасно кілька MQTT брокерів [57].

Архітектура MQTT має вигляд дерева та поділено на рівні. Деякі пристрої вищого рівня можуть отримувати всі дані які передаються а нижчого рівня лише певну частину, саме тому цей протокол такий легкий і простий у використанні [56чччч].

MQTT надає своїм користувачам:

- надійність;
- швидкий відклик;
- можливість працювати з необмеженою кількістю пристроїв;
- публікувати/підписуватися на повідомлення, які ідеально підходять для спілкування ESP пристроїв;
- докладна документація і сильне співтовариство розробників.

Все це робить MQTT найбільш підходящим варіантом для пристрою ESP. Це один із найпопулярніших варіантів для малопотужних бездротових пристроїв з нестабільним підключенням.

Одним із найпростіших способів підключення нових пристроїв до систем автоматизації є модулі або розширення на рівні ПЗ, які пропонують самі виробники платформ автоматизації (рис. 3.3). Такий варіант підключення має низку переваг: легкість установки, зручний інтерфейс, швидке налаштування базового функціоналу, можливість використання ресурсів платформи для розробки ПЗ. Але недоліків такого способу набагато більше:

- розробка підтримки модуля конкретної платформи не дає кінцевому користувачеві у виборі, а тому унеможливорює інтеграцію з різними;
- платформами і не виконує однієї з функціональних вимог, що пред'являються;
- обмежує використання пристроїв у рамках одного бренду;
- вимагає постійного оновлення ПЗ у разі втрати зв'язку з пристроями;
- швидкість та стабільність роботи пристроїв.

Компанія Sonoff пропонує власний модуль для систем автоматизації під назвою – eWeLink Home Assistant Add-on, він дозволяє з'єднати всі реле цього бренду в одну систему і керувати ними з одного місця. Для керування потрібен доступ до інтернету та стабільний зв'язок між модулем та системою автоматизації (рис. 3.4).

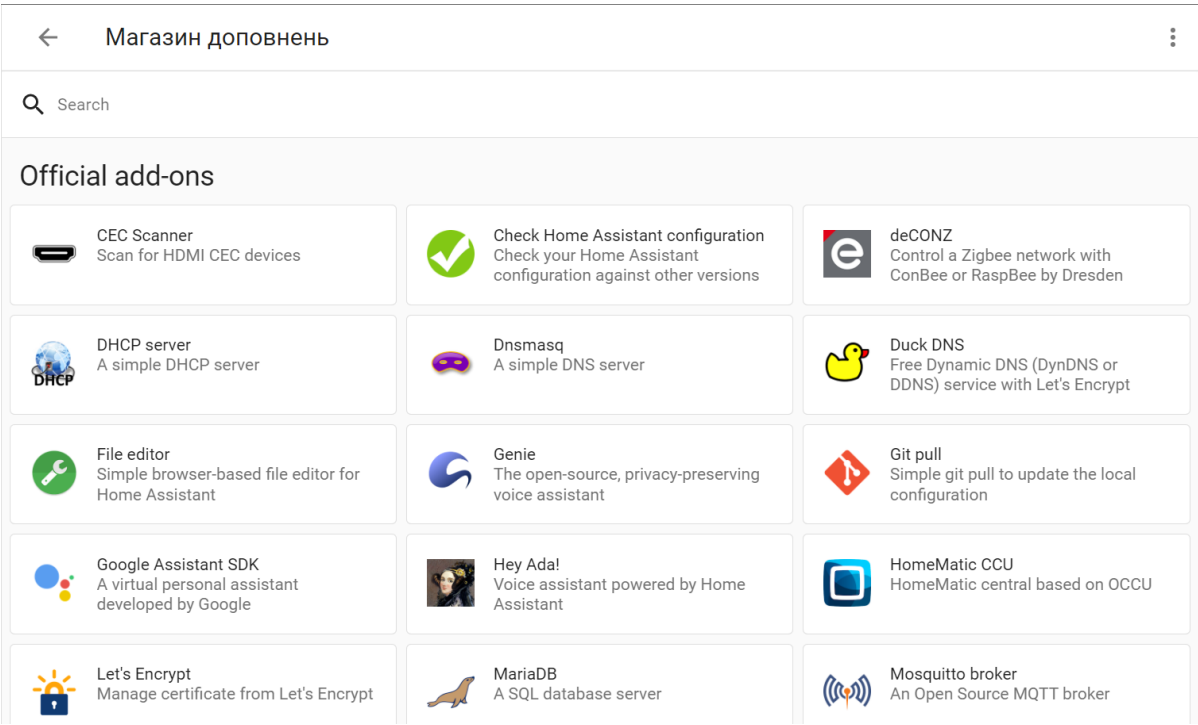


Рисунок 3.3 – Магазин доповнень Home Assistant

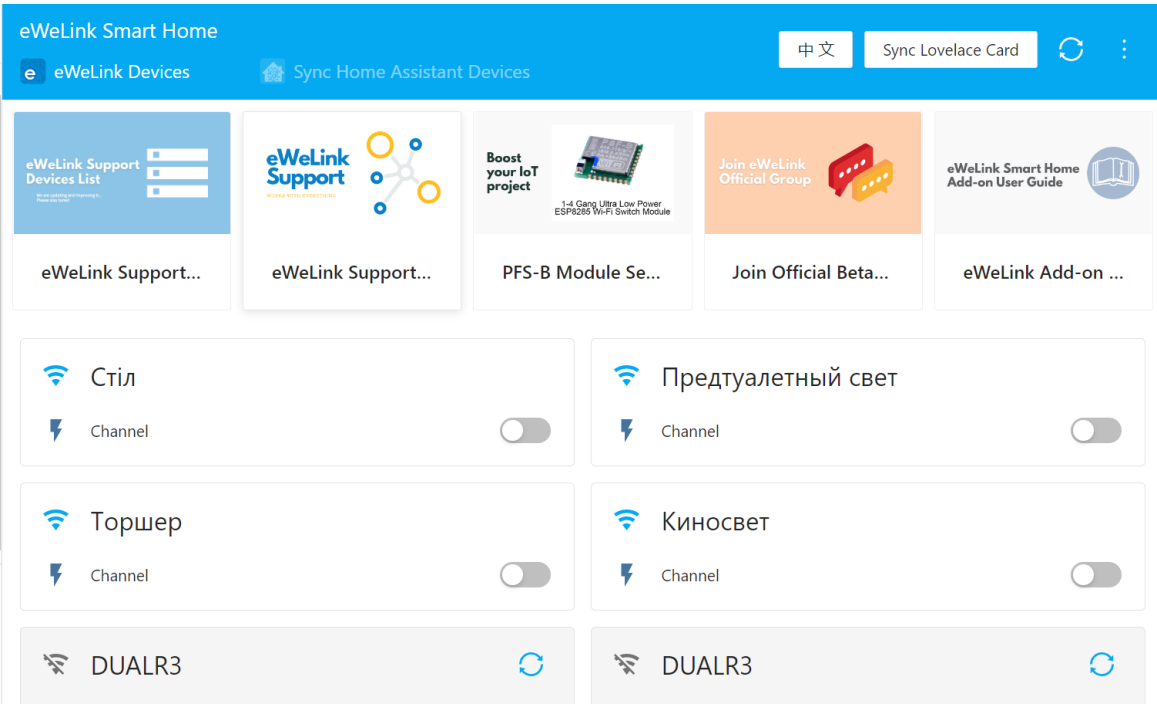


Рисунок 3.4 – Модуль Sonoff

Даний метод є не найоптимальнішим через нестабільну роботу та швидкість, але він досить швидко налаштовується і легкий в освоєнні для звичайних користувачів, тому такий метод можна застосовувати на практиці.

Оскільки було обрано пристрої бренду Sonoff сімейства ESP, то й інструменти для їх прошивки та налаштування потрібно вибирати відповідні. На сьогодні існує безліч варіантів прошивки, але необхідно вибрати найбільш зручний і простий ESP інструмент, який дозволяє виконати всі встановлені вимоги та завдання.

У такого інструменту має бути дві основні вимоги – це низький поріг входу нових користувачів і можливість користувачеві самому налаштовувати обладнання без особливого поглиблення знань у цій галузі.

Для задоволення вимог, що висуваються, був обраний інструмент Tasmotizer (рис. 3.5). Це невеликий застосунок написаний на Python, що містить esptool і адаптований для звичайних користувачів. Цей інструмент містить три основні функції: резервне копіювання файлів .bin, видалення старої прошивки та завантаження нових прошивок на модулі систем автоматизацій. Також він дозволяє зробити базове налаштування встановленої прошивки.

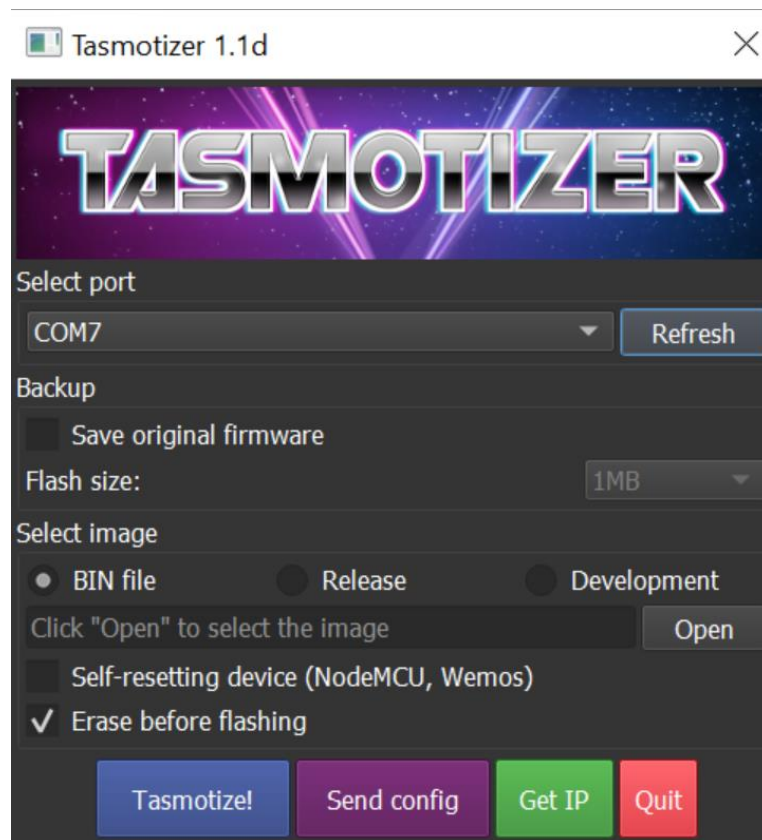


Рисунок 3.5 – Застосунок Tasmotizer

3.4 Висновки до розділу 3

У третьому розділі було проведено низку досліджень для створення архітектури ПЗ для модулів системи автоматизації. В результаті аналізу систем управління та автоматизації було сформовано перелік функціональних та нефункціональних вимог для ПЗ на базі потреб користувачів та їх завдань. Для інтеграції з сучасними платформами OpenHAB та Home Assistant був обраний MQTT модуль, який дозволить керувати та зчитувати дані з пристроїв. Такий спосіб інтеграції дозволяє підключати модулі ESP до більшості сучасних систем керування.

В результаті аналізу було отримано розуміння переваг та недоліків протоколу та можливих сценаріїв його використання. В результаті цього розділу було вивчено оболонку для завантаження прошивок Tasmotizer. Її вибір був обґрунтований, через її легкість освоєння звичайним користувачем, безкоштовності та необхідної технічної складової для вирішення поставлених завдань.

У третьому розділі було повністю сформовано низку вимог, необхідні для початку розробки власної архітектури та визначено всі технічні можливості та бар'єри, з якими можна було зіткнутися у процесі розробки.

4 КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Схема алгоритму роботи програми

Алгоритм керування реле потребує первинного сигналу користувача. Сигнал надсилається через вебінтерфейс або OpenHAB. На рисунку 4.1 представлено схему алгоритму управління реле Sonoff.

Алгоритм розроблений за принципом автоматичних дій, тобто система сама вирішує вимикати реле чи ні. Завдяки цьому прилад до якого підключено реле може не вийти з ладу.

Алгоритм містить такі кроки.

Крок 1. Початок.

Крок 2. Ініціалізація вхідних вихідних потоків.

Крок 3. Перевірка наявності сигналу від MQTT брокера, якщо сигналу немає, то система повторює спроби установки сигналу.

Крок 4. Зчитування даних з датчиків.

Крок 5. на даному кроці виникає перевірка перевищення показників з датчика енергоспоживання, якщо параметри вище встановлених то система автоматично вимкне реле, якщо параметри нижче встановлених то система продовжить перевірку.

Крок 6. Вимкнення реле.

Крок 7. Кінець.

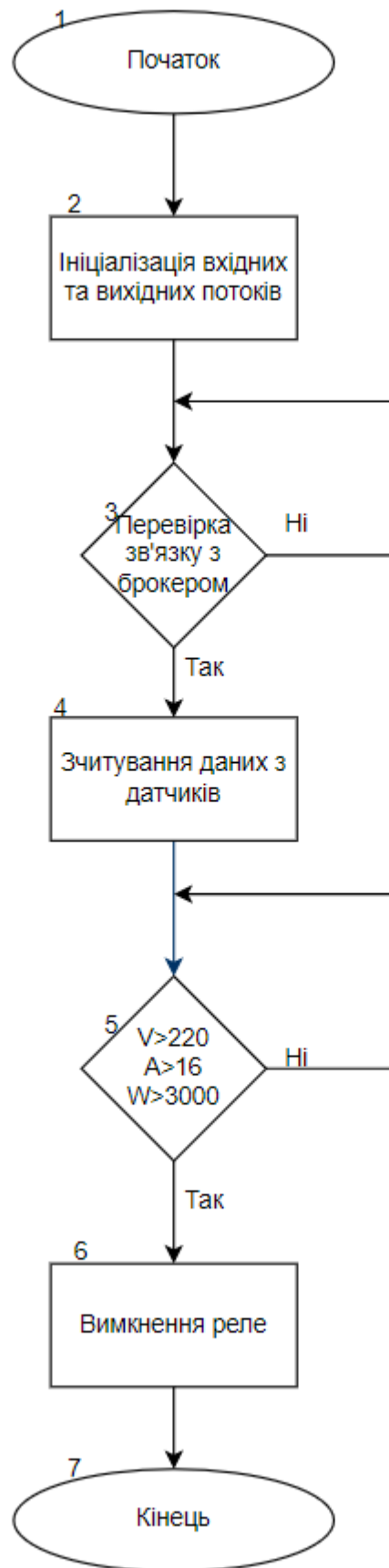


Рисунок 4.1 – Алгоритм керування реле

4.2 Опис особливостей програмної реалізації

Перше, що необхідно зробити після установки середовища розробки, це налаштування конфігураційного файлу, а саме реалізація підключення реле до системи автоматизації. Для опису конфігураційного файлу підключення було обрано формат JSON та мову програмування Java.

Система контролю та управління буде реалізована двома каналами та двома модулями, як зображено на рисунку 4.2. Канали будуть відповідати за реалізацію передачі даних та управління станом реле, а модулі будуть відповідати за інтерфейс системи та автоматичного контролю системи на основі отриманих даних з каналів.

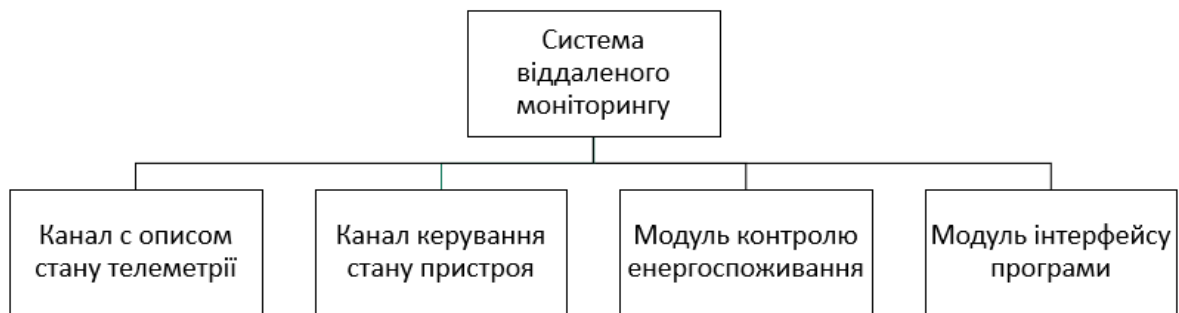


Рисунок 4.2 – Структура системи

4.2.1 Опис підключення модулів до системи автоматизації

Будь-який пристрій на базі ESP має сутності, кожна з яких має функції, сенсори та телеметрії. Саме на основі цієї функціональності формуватимуться канали в MQTT брокері А.1. На рисунку показаний приклад модуля, що описує пристрій, що складається з телеметрій. На рисунку видно, що методи опису сенсорів та телеметрій повністю ідентичні, що показує універсальність та єдиний підхід. На рисунку також показано, що кожна телеметрія має низку специфічних обов'язкових атрибутів:

- id – це унікальний ідифікатор телеметрії;
- channelTypeUID – це тип даних, який буде приймати брокер;
- label – це назва прийнятого параметра;
- stateTopic – це шлях яким брокер буде забирати дані;
- transformationPattern – це ті самі дані, які потрібні брокеру.

Для повноцінного управління модулями необхідна реалізація передачі даних на пристрій та прийом даних про стан пристрою.

Для коректної роботи необхідно винести цей код в окремий файл як зображено на А.2.

Таким чином, можливе отримання інформації та надсилання даних на мікроконтролери. Важливим критерієм є те, що користувачеві достатньо встановити брокер MQTT на ОС Windows і слідувати інструкції. Використання такого методу дає змогу спростити підхід до впровадження модулів.

4.2.2 Створення модуля роботи с сенсорами та керуванням пристроями

Наступним етапом розробки є створення модуля контролю параметрів і автоматизації процесів при перевищенні параметрів даного модуля А.3. Якщо вольтаж системи буде перевищено, то програма автоматично вимкне енергоспоживання пристрою, до якого підключений даний модуль. За таким прикладом можна налаштувати кожен параметр одержуваний MQTT брокером (Voltage, Current, Power, Apparent Power, Reactive Power, Power Factor).

4.2.3 Створення інтерфейсу для відображення пристроїв в системі автоматизації

Важливим елементом системи є, наочне відображення параметрів отриманих з модулів і універсальне налаштування цих параметрів, важливим елементів є управління модулями, тому система повинна бути інтелектуально зрозуміла для користувачів і гнучко настроюваної, на рисунку 4.3 можна побачити приклад інтерфейсу і код програми А.4.

Таким чином, за умовчанням ця вебсторінка буде доступна за адресою вебсервера <http://localhost:8080>, коли система автоматизації запущена на Windows.

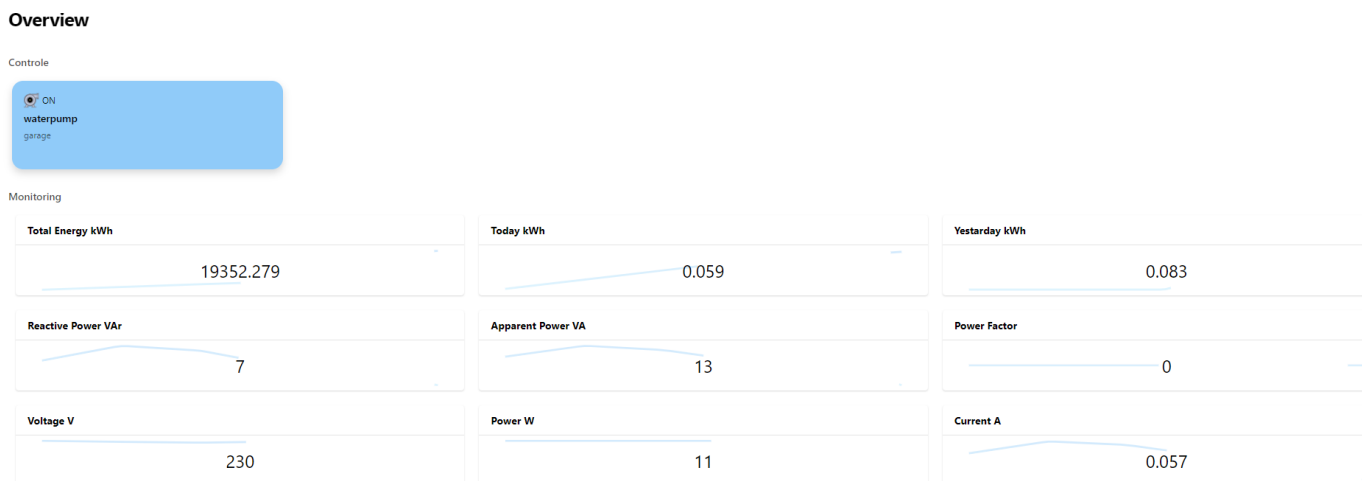


Рисунок 4.3 – Приклад інтерфейсу системи автоматизації

4.3 Тестування програмного забезпечення

Для тестування програмного забезпечення було використано стандартну реалізацію на базі СРБ OpenHAB. MQTT брокер був налаштований на порту 1883 року і хостився на ПК. Таким чином, пристрої із встановленим на них ПЗ підключалися до брокера по IP адресою ПК та порту брокера.

Таким чином, знаючи параметри для підключення до локальної мережі та адресу брокера, вже можна передавати отримані дані через вебінтерфейс. На рисунку 4.4 зображено стан девайсу в брокері після підключення. Для моніторингу стану пристрою використовувалася утиліта MQTT Explorer.

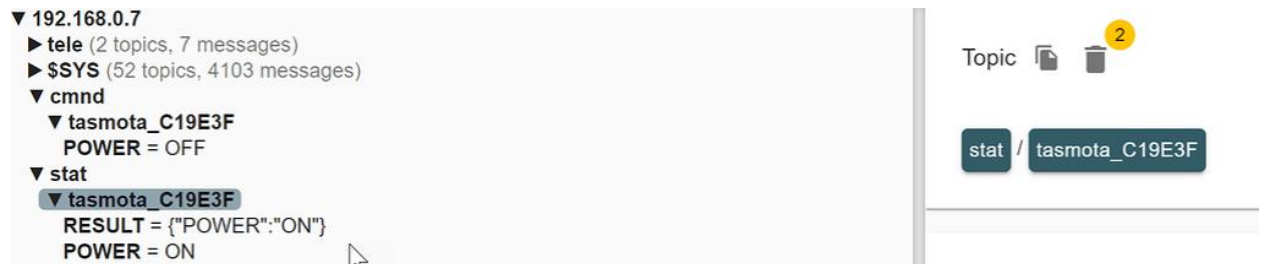


Рисунок 4.4 – Модулі в MQTT брокері

Для тестування всіх реле було отримано ряд сенсорів і датчиків і зібрана системи підключені до реальних приладів. Таким чином, були протестовані такі пристрої та перевірені такі сценарії:

- увімкнення вимикання модулів;
- отримання стану модулів;
- зчитування показників із сенсорів енергоспоживання;
- вимірювання швидкості передачі даних;
- вимірювання показників енергоспоживання після калібрування відповідного сенсора.

Таким чином, за допомогою реальних систем та модулів ESP була перевірена працездатність модулів, дані виходили через брокер та їх можна було переглядати за допомогою утиліти MQTT Explorer.

Пристрої брендів Sonoff, які були на тестуванні:

- Sonoff S26 (однопортова розетка);
- Sonoff Dual R2 (двопортове реле);
- Sonoff Basic (однопортове реле);
- Sonoff 4CH (чотири портове реле);
- Sonoff Dual (двопортове реле);

- Sonoff POW (однопортове реле);
- Sonoff POW R2 (однопортове реле).

На цих семи пристроях було перевірено ПЗ у реальних сценаріях. До них було підключено прилади (тевізор, обігрівач, водяний насос, краплинний полив, бойлер, пральна машина).

Пристрої перевірялися тривалий час і були протестовані у нестандартних ситуаціях використання, а саме:

- коректно реагували на вимкнення електроенергії;
- успішно функціонували та зберігали свій стан при перебоях у роботі локальної мережі, а після налаштування автоматично підключаються знову та надсилали дані;
- правильно обробляли обрив зв'язку з брокером.

Для тестування було використане вбудоване ПЗ eWeLink та на прошивці Tasmota і СРБ OpenHAB.

Після тестування за допомогою вбудованих утиліт було проведено ряд тестів для перевірки можливості інтеграції з іншими платформами. В ході аналізу існуючих платформ була обрана Home Assistant як одна з найпопулярніших та найрозвиненіших СРБ. Завдяки цій СРБ за мінімальний термін було налаштовано зв'язок між вбудованою прошивкою модулів Sonoff, а також з'явилася можливість управління та моніторингу через вебінтерфейс СРБ (рис. 4.5).

Для проведення цього експерименту платформу Home Assistant було встановлено на ПК за інструкцією з офіційного сайту. Платформа була встановлена на віртуальну машину.

Для з'єднання модулів із СРБ було встановлено офіційний плагін eWeLink для Home Assistant (рис. 4.6).

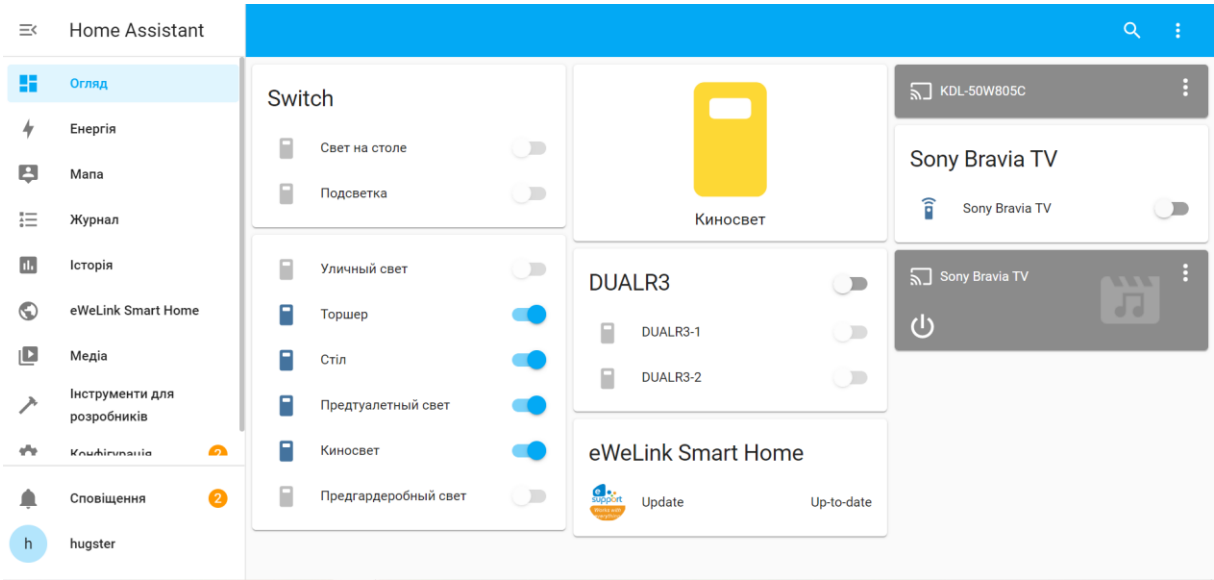


Рисунок 4.5 – Вебінтерфейс Home Assistant



Рисунок 4.6 – Плагін eWeLink

Після перевірки всіх базових функцій трьох систем, стало ясно, що функціонал цих систем схожий, але час відгуку у трьох систем різний (таблиця 4.1).

Таблиці 4.1 – Порівняння швидкості роботи СРБ

Характеристика	Home Assistant	eWeLink	OpenHAB
Середній час увімкнення/вимкнення	0,70 мс	0.55 мс	0,22 мс
Середній час роботи скрипта	-	-	1.22 с

4.4 Висновки до розділу 4

У четвертому розділі роботи було запропоновано доопрацьовану реалізацію ПЗ пристроїв системи автоматизації з удосконаленою архітектурою.

У процесі реалізації ПЗ було виконано такі завдання:

- створено модулі автоматизації роботи з датчиками та пристроями;
- закладено механізм створення нових модулів сторонніми розробниками та користувачами;
- створений інтерфейс для зручного користування та моніторингу;
- проведено тестування на різних пристроях Sonoff;
- проведено тестування у реальних умовах;
- виконано інтеграцію з платформою OpenHAB;
- проведено стрес тестування.

На основі тестування стало ясно про працездатність ПЗ та відповідність його можливостей усім поставленим завданням.

Існуючі архітектури були покращені за рахунок:

- введення технології MQTT для швидкого підключення пристроїв до платформи;
- реалізація механізмів контролю енергоспоживання.

5 КЕРІВНИЦТВО ПРОГРАМІСТА

5.1 Призначення і умови використання програми

Програма призначена для віддаленого управління, моніторингу та автоматизації приладів на основі використання реле Sonoff POW на прошивці tasmota, яка прошивається за допомогою програми Tasmotizer та системою автоматизації OpenHAB.

Для кодування реле Sonoff POW було використано середовище OpenHAB. Системні вимоги:

- операційна система (ОС): Windows 10 / linux;
- обсяг пам'яті: 1024 МБ ОЗУ;
- місце на жорсткому диску: 2 ГБ вільного місця;
- процесор: Intel Core i3 або новіше.

5.2 Звернення до програми

З самого початку потрібно встановити програму для завантаження прошивок Tasmotizer на Windows. Ця програма дозволяє легко та інтуїтивно встановлювати прошивки на пристрої Sonoff і надсилати дані на пристрій, який прошивається (рис. 5.1).

Наступним етапом є підключення Sonoff до ПК (рис. 5.2), збереження старої прошивки на ПК, видалення її з реле і завантаження нової прошивки Tasmota.

За допомогою цих кроків можна прошити програму Tasmota у реле Sonoff для подальшого використання у системі автоматизації OpenHAB.

OpenHAB – це безкоштовна система автоматизації з вбудованим середовищем розробки, яку можна завантажити на офіційному сайті. Після встановлення системи OpenHAB на Windows або Linux та запуску сервера,

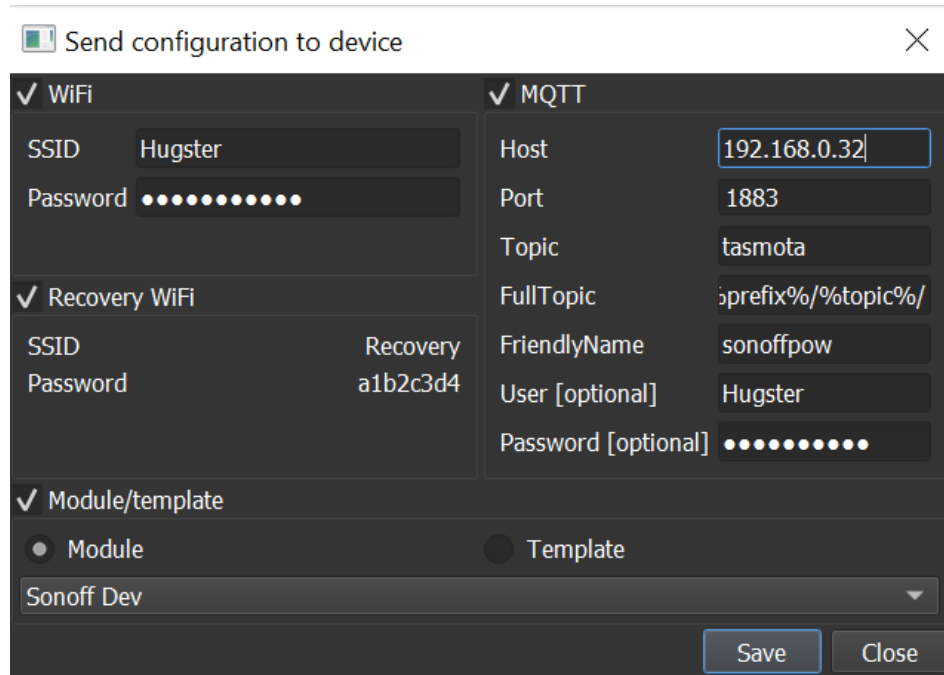


Рисунок 5.1 – Відправка параметрів у застосунку Tasmotizer

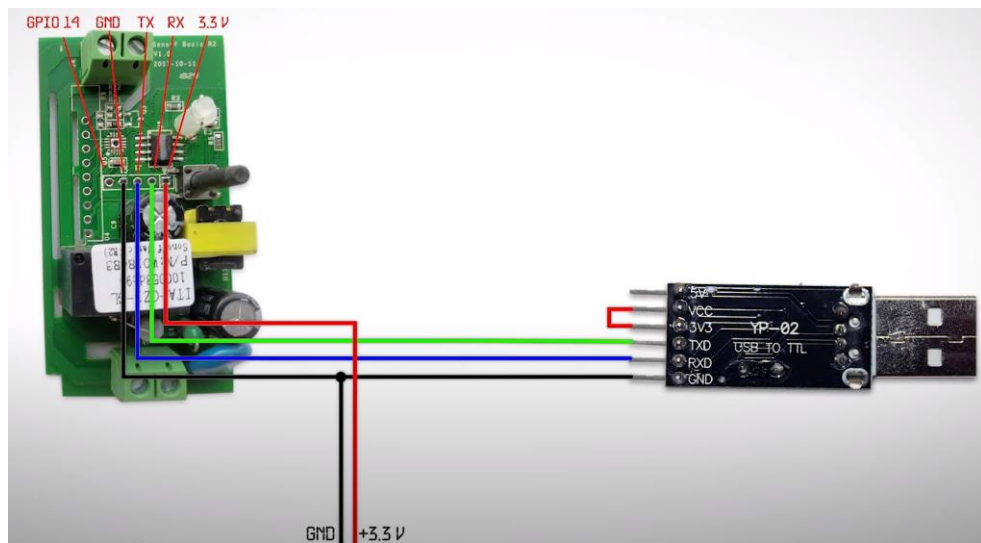


Рисунок 5.2 – Підключення Sonoff до ПК

необхідно завантажити застосунки MQTT binding та JSON path. Для цього необхідно перейти на вкладку Add-ons та підключити застосунки (рис. 5.3). За допомогою цих двох застосунків будуть прийматися та конвертуватися дані (рис. 5.4). Тепер необхідно завантажити VS Code та встановити доповнення OpenHAB (рис. 5.5). Після цього потрібно додати папку із системою автоматизації у середовище розробки.

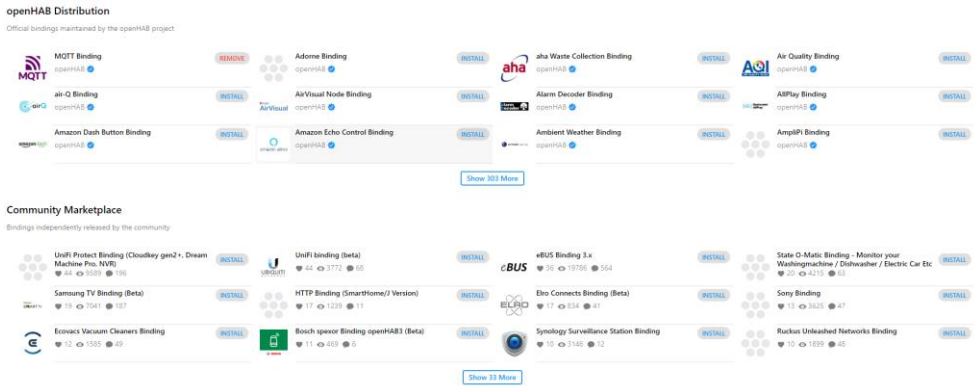


Рисунок 5.3 – Установка застосунків в OpenHAB

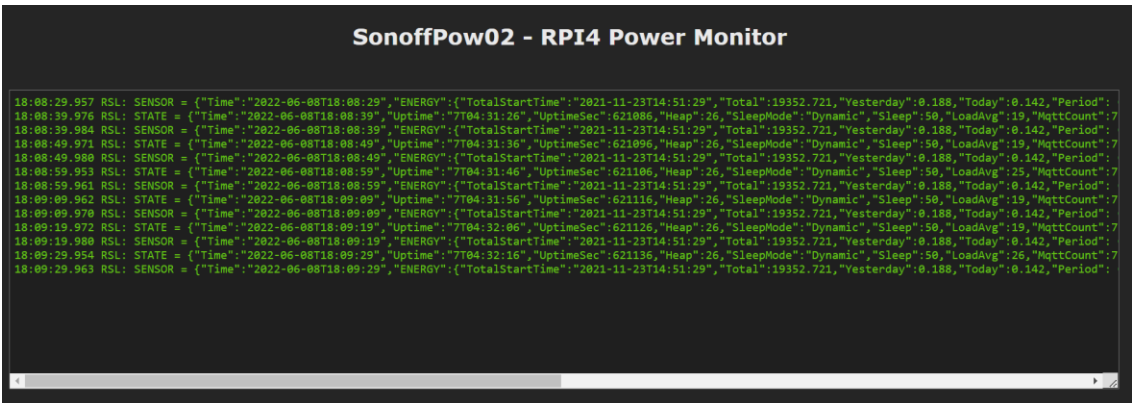


Рисунок 5.4 – Приклад відправлення даних із модуля Sonoff

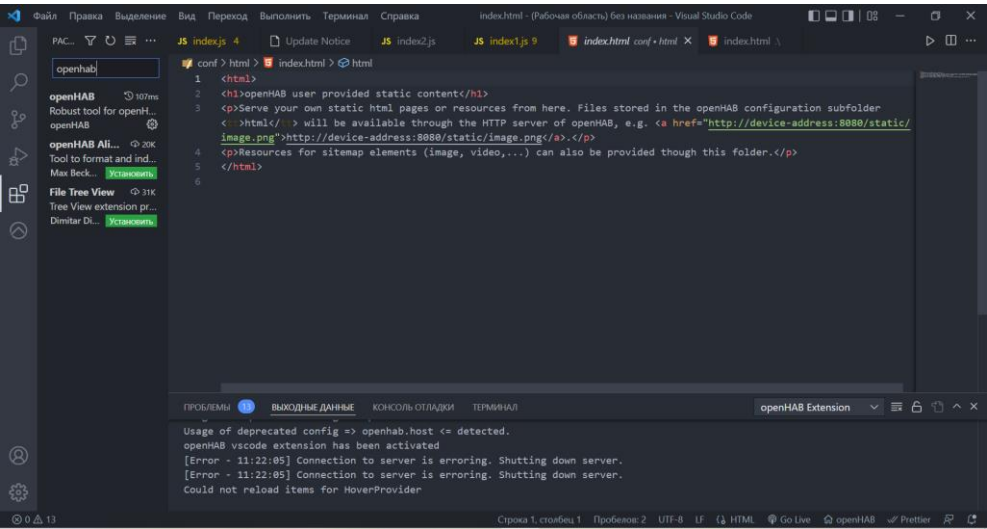


Рисунок 5.5 – Установка застосунків в VS Code

Після завершення всіх цих кроків, можна приступити до оптимізації роботи прошивки та додавання нового функціоналу.

6 КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАЧА

6.1 Призначення програми

Програма призначена для віддаленого керування, моніторингу та автоматизації приладів у OpenHAB на основі використання реле Sonoff POW.

6.2 Умови виконання та запуск програми

Для роботи із системою автоматизації OpenHAB необхідно виконання наступних умов:

- пристрій працює на Windows / Linux / Android / IOS;
- також потрібна апаратна частина. Модулі, реле, розетки та інше, із вбудованими чіпами ESP;
- підключення до Інтернету: Ethernet, Wi-Fi, стільниковий (2g, 3g, 4g, LTE, 5g).

Програму можна завантажити з офіційного вебсайту або за допомогою App Store або Google Play, також можливий вхід з браузера.

Після входу на вебсайт або програму (рис. 6.1) необхідно створити новий обліковий запис OpenHAB.

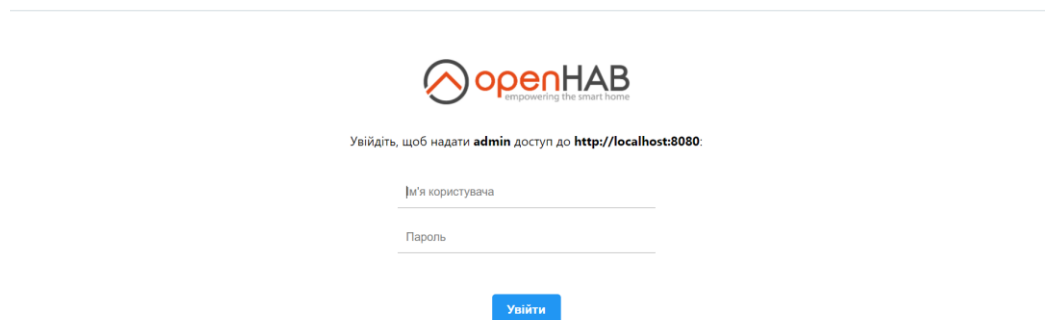


Рисунок 6.1 – Меню входу OpenHAB

6.3 Виконання програми

Після успішного входу до свого облікового запису, потрібно включити MQTT брокер (рис. 6.2). Далі потрібно створити Things (рис. 6.3) та підключити їх до брокера (рис. 6.4). У цьому випадку буде використано модулі Sonoff.

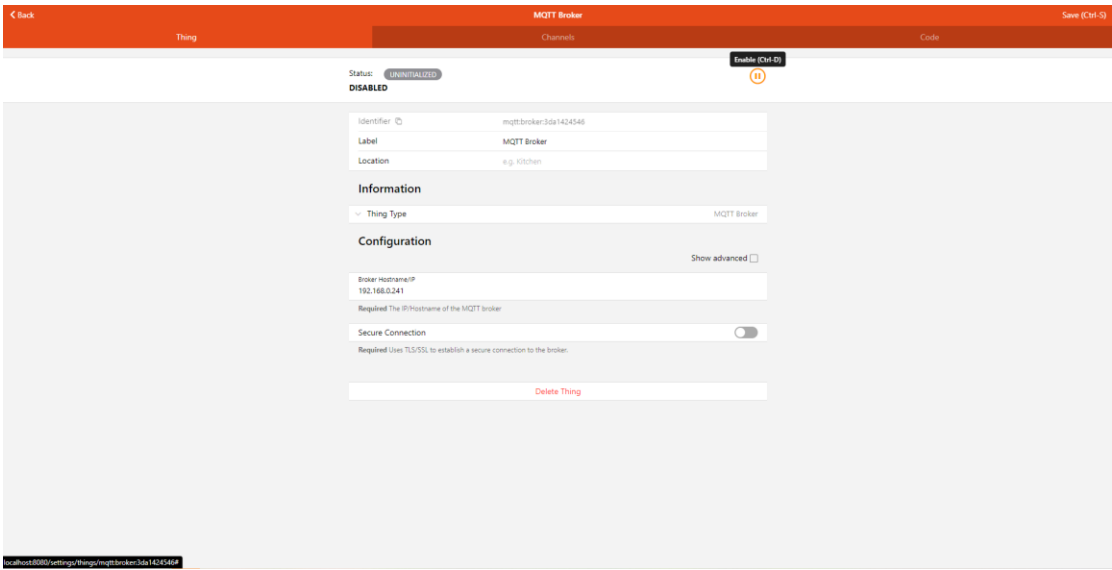


Рисунок 6.2 – Включення MQTT брокеру

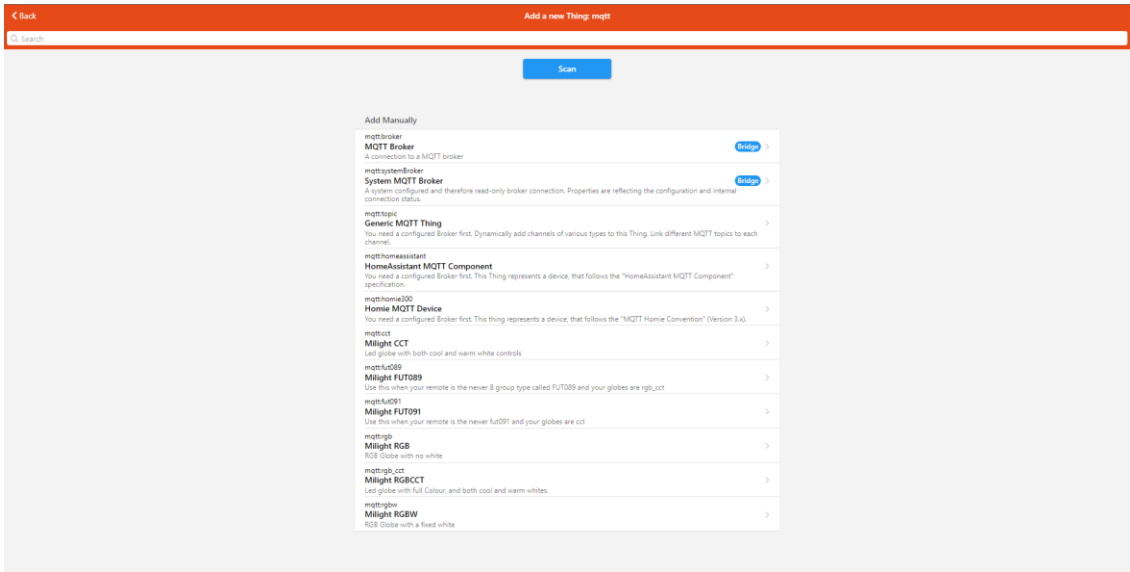


Рисунок 6.3 – Створення MQTT Things

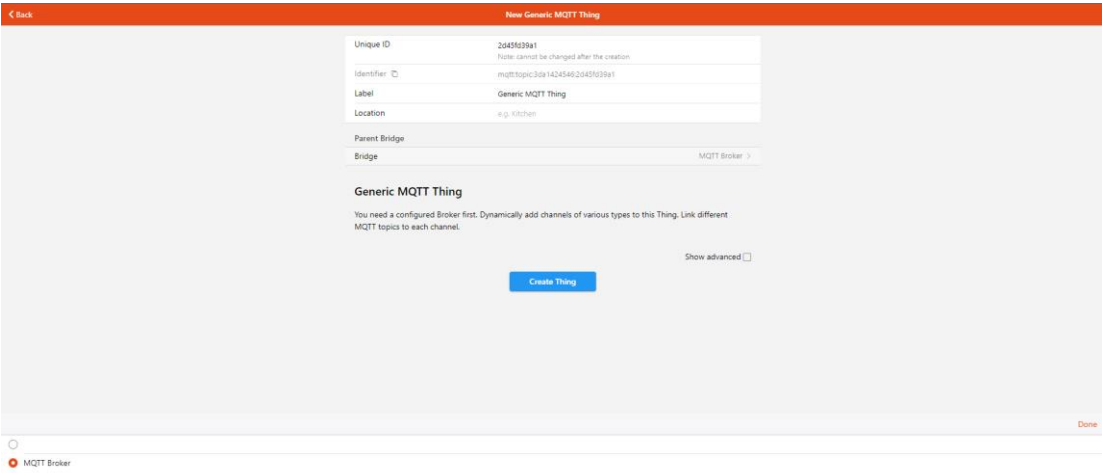


Рисунок 6.4 – Підключення Things до брокеру

Після завершення всіх попередніх дій у системі автоматично з'являться канали. Канал – це унікальний ідентифікатор, який передає дані в форматі JSON і на кожен елемент є свій власний канал. Кожен об'єкт матиме власні канали (рис. 6.5).

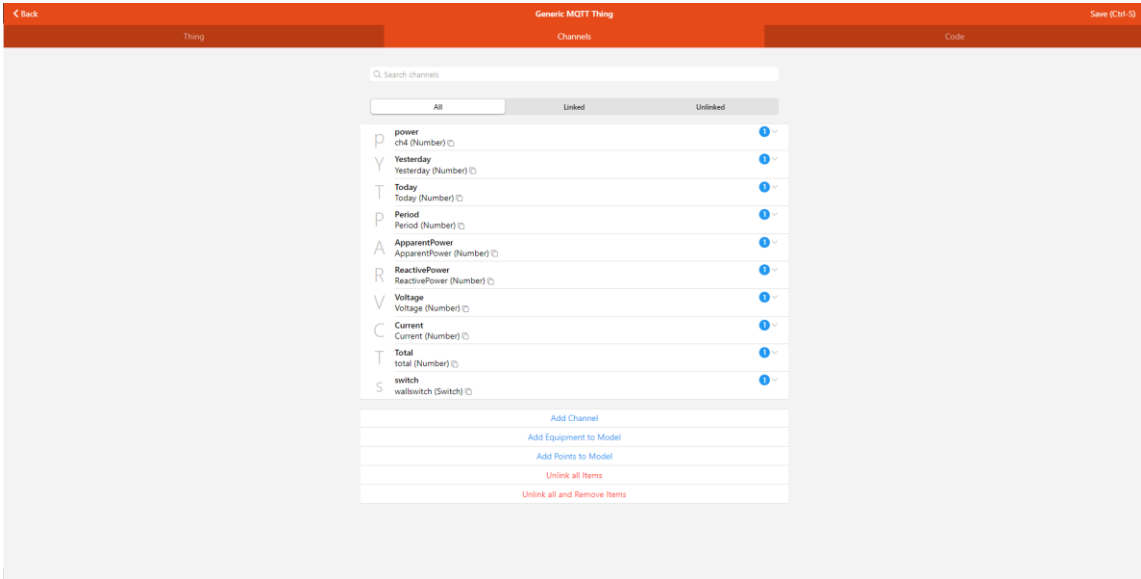


Рисунок 6.5 – Канали об'єкту

Головна сторінка системи автоматизації після налаштування каналів все ще буде порожня, тому потрібно додати стовпці та рядки (рис. 6.6). Для цього необхідно натиснути іконки створення стовпців та рядків.

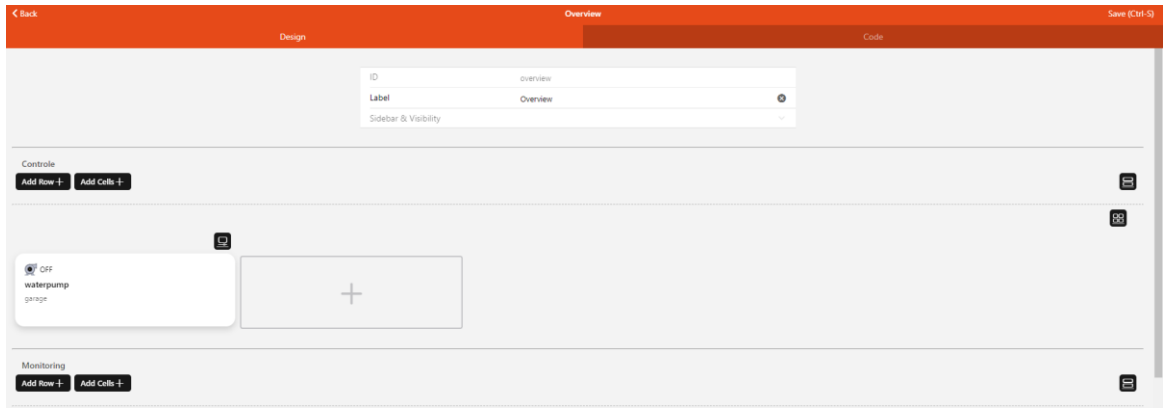


Рисунок 6.6 – Створення комірки

Кожна комірка має свої налаштування, щоб перейти в налаштування потрібно натиснути на іконку, після чого відкриється нове вікно з налаштуванням віджету (рис. 6.7).

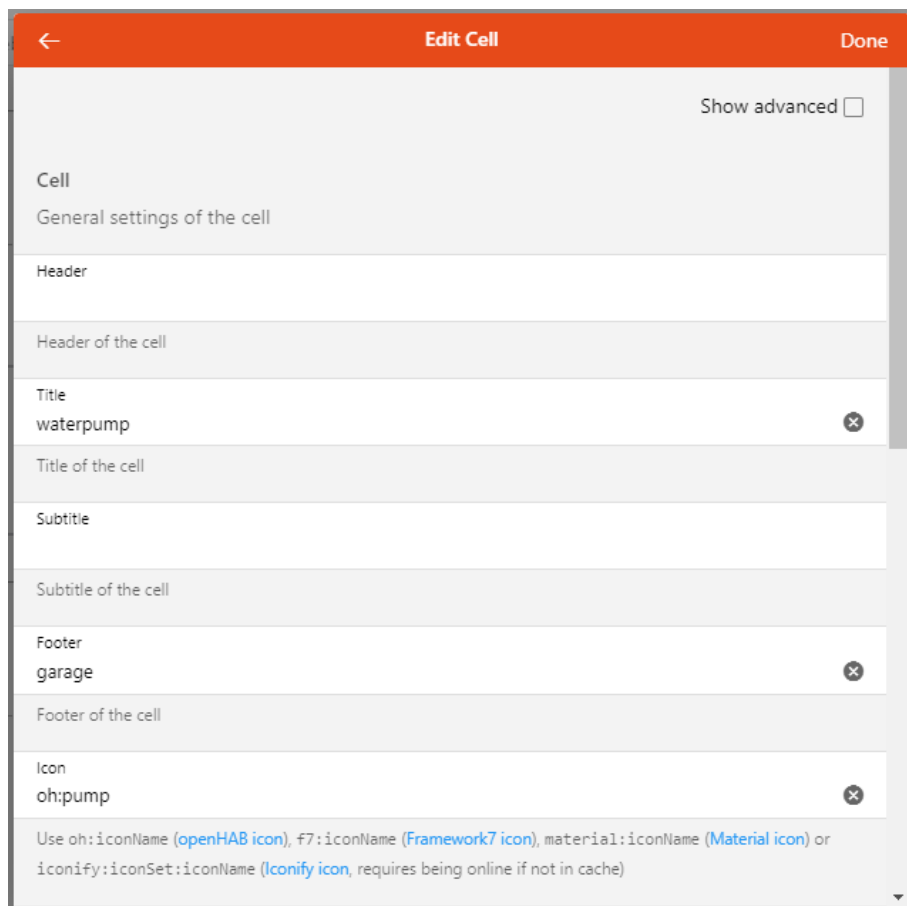


Рисунок 6.7 – Налаштування комірки

Після всіх налаштувань необхідно повернутися на головний екран та перевірити працездатність створеного інтерфейсу (рис. 6.8).

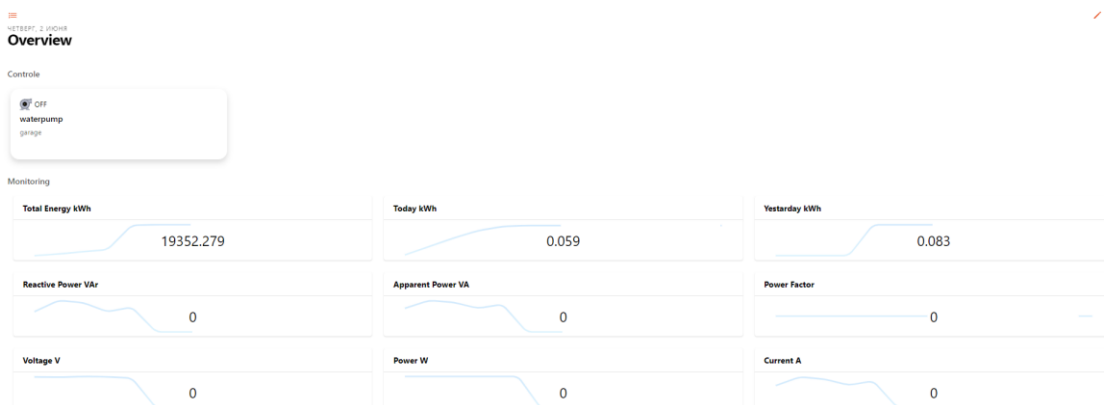


Рисунок 6.8 – Перевірка комірки

6.4 Повідомлення користувачу

На рисунку 6.9 зображено повідомлення про те, що MQTT брокер не в мережі, а також те, що Things не можуть підключитися до брокера.

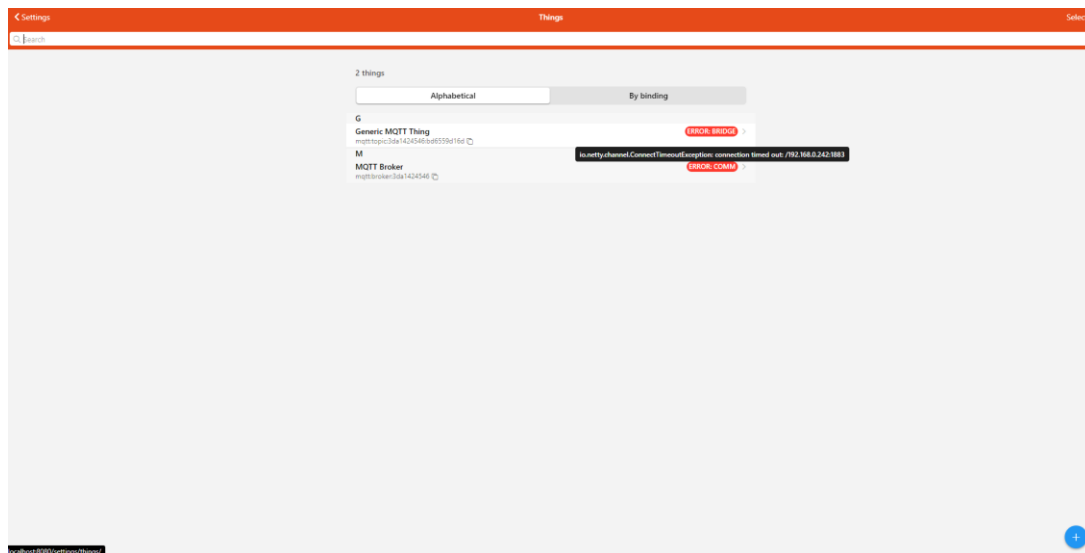


Рисунок 6.9 – Помилка підключення брокеру MQTT

Також на головній сторінці можна переглядати параметри модулів (рис. 6.10).

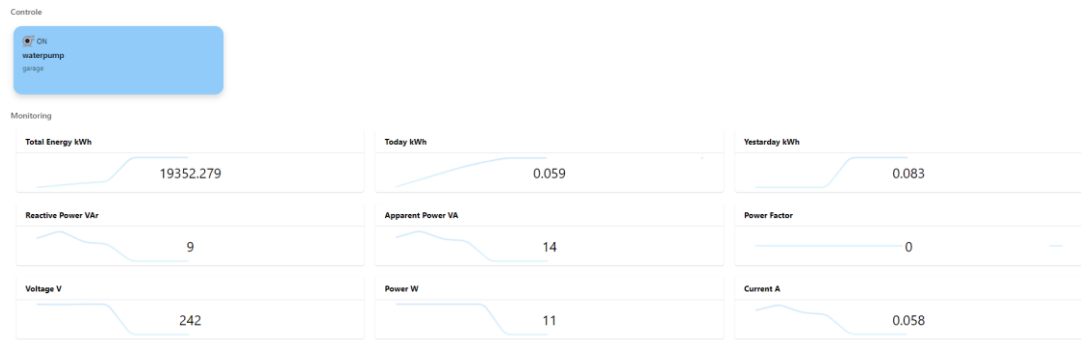


Рисунок 6.10 – Зображення стану модуля Sonoff

Система автоматизації самостійно генерує графіки (рис. 6.11), таким чином користувач може спостерігати статистику за тими чи іншими параметрами.



Рисунок 6.11 – Графік стану енергоживлення пристрою

ВИСНОВКИ

Провівши дослідження в галузі рішень для систем автоматизацій, стало зрозуміло, що системи управління реле надає користувачеві можливість проводити моніторинг систем енергоспоживання та автоматизувати процес контролю енергоспоживання. Для того щоб створити систему управління енергоспоживання та моніторингу даних, необхідні різні сенсори, реле, вимикачі, сучасні бездротові технології. Технології бездротової передачі даних стають все більш популярними у зв'язку з появою різноманітних пристроїв автоматизації, реле та модулів. Модулі Sonoff займають лідируючу позицію серед усіх модулів та реле для систем автоматизацій, вони дають серйозні можливості для створення систем автоматизацій.

В результаті виконання роботи мовою програмування Java на платформі OpenHAB розроблено ПЗ, що дозволяє інтегрувати модулі Sonoff POW в систему автоматизації OpenHAB для прийому та обробки даних з датчиків енергоспоживання та відправки команд з вебсторінки для включення/вимкнення реле. Також розроблений зручний, інтелектуально зрозумілий інтерфейс системи управління реле та моніторингу на основі осередків.

Зробивши тестування системи автоматизації підтвердилася її працездатність і можливість контролю енергоспоживання з вебсторінки.

Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблене ПЗ допомагає легко та зручно працювати із системою управління та моніторингу енергоспоживання.

Основні положення й результати роботи були представлені в тезах доповіді НПК НУЗП Тиждень науки – 2022.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Smart home: so vermeidest du typische anfängerfehler. [Elektronische ressource]. – Zugriffsmodus: <https://www.polarstern-energie.de/magazin/artikel/smart-home-spielerei-oder-wirklich-energieeffizient/>.
2. Smart home & klimaschutz [Elektronische ressource]. – Zugriffsmodus: <https://animus.de/klimaschutz-smart-home>.
3. Smart home or building [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/smart-home-or-building>.
4. Batrinu, C. ESP8266 home automation projects / C. Batrinu. – Birmingham: Packt Publishing, 2017. – 196 p.
5. Smart home – alles im haus kann vernetzt werden [Elektronische ressource]. – Zugriffsmodus: <https://www.effizienzhaus-online.de/smart-home/>.
6. Nacer, A. Smart home, Smart HEMS, smart heating: An overview of the latest products and trends / A. Nacer, B. Marhic, L. Delahoche. // Systems and Control : 6th International Conference, Batna, Algeria, 7–9 May 2017: proceedings, 2017. – P. 90–95.
7. Gralla, P. How wireless works 2nd ed / P. Gralla. – Indianapolis: Que, 2005. – 285 p.
8. Tse, D. Fundamentals of wireless communication / D. Tse, P. Viswanath. – Cambridge: Cambridge University Press, 2005. – 586 p.
9. Cybersecurity through Real-Time Distributed Control Systems / [R. A. Kisner, W. W. Manges, L. P. MacIntyre et al.]. – Tennessee: UT-BATTELLE, LLC, 2010. – 45 p.
10. Bluetooth Alle Versionen & Unterschiede in der Übersicht [elektronische Ressource]. – Zugriffsmodus: <https://www.lte-anbieter.info/technik/bluetooth.php>.
11. Infrared data association serial infrared physical layer specification [Electronic resource]. – Access mode:

https://www.irda.org/standards/pubs/IrPHY_1p4.pdf.

12. Knutson, C. D. IrDA principles and protocols / C. D. Knutson, J. M. Brown. – Normanton: MCL Press, 2004. – 214 p.
13. IrDA interface for an embedded systems [Electronic resource]. – Access mode: <https://scienceprog.com/irda-interface-for-an-embedded-systems/>.
14. Farahani, S. ZigBee wireless networks and transceivers / S. Farahani. – Amsterdam: Newnes/Elsevier, 2008. – 339 p.
15. Singh, A. Analysis of beacon enabled ieee zigbee wireless network in wpan / A. Singh, P. K. Patel. – LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 108 p.
16. An efficient transceiver for vehicular ad hoc network based on IR-UWB / [A. El. Gueraa, A. Darif, S. Rashid, D. Abutaidine]. // Complex Systems : Second World Conference, Agadir, Morocco, 10–12 November 2014: proceedings, 2014. – P. 220–224.
17. Jeffrey, H. R. An introduction to ultra wideband communication systems / H. R. Jeffrey. – N.J : Prentice Hall PTR, 2005. – 653 p.
18. Xia, L. Ultra wideband rf transceiver design in CMOS Technology / L. Xia, C. Hu, P. Chiang. – Oregon: Oregon State University, Corvallis, 2011. – 112 p.
19. Meng, J. New trends in technologies: central, management, computer intelligence and network systems / J. Meng. – Croatia: Books on Demand, 2010. – 450 p.
20. Ciubotaru B. Advanced network programming – principles and techniques / B. Ciubotaru, G. M. Muntean. – London: Springer London, 2013. – 324 p.
21. An introduction to Wi-Fi [Electronic resource]. – Access mode: https://ftp1.digi.com/support/documentation/0190170_b.pdf.
22. Wireless LAN (WLAN) [Elektronische ressource]. – Zugriffsmodus: <https://sysadmin.wiki/Sysadmin/WirelessLAN>.

23. Stallings, W. Wireless communications and networks 2nd ed / W. Stallings. – NJ: Pearson Prentice Hall, 2005. – 559 p.
24. Sharma, K. A study of wireless networks: WLANs, WPANs, WMANs, and WWANs with comparison / K. Sharma, N. Dhir // International Journal of Computer Science and Information Technologies, 2014. – Vol. 5 (6). – P. 7810-7813.
25. Improving WLAN VoIP capacity through service differentiation / [D. Gao, J. Cai, C. H. Foh, C. T. Lau et al.] // IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2008. – Vol. 57, no. 1. – P. 465–474.
26. IEEE 802.16 / WiMAX [Elektronische ressource]. – Zugriffsmodus: <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/net/0904211.htm>.
27. Improving QoS of WiMAX by On demand bandwidth allocation based on PMP mode / [Z. Sun, Z. Tao, G. Abdullah et al.] // Journal of Computers, 2011. – Vol. 6, no. 10. – P. 2187–2195.
28. Pérez, A. Mobile Networks Architecture / A. Pérez. – NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2013. – 275 p.
29. Satellite networks [Electronic resource]. – Access mode: <https://electronicsdesk.com/satellite-networks.html>.
30. The difference between cellular and satellite communications [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.vizocom.com/internet/difference-cellular-satellite-communications/>.
31. Rackley, S. Wireless Networking Technology / S. Rackley. – San Diego : Elsevier Science & Technology, 2010. – 425 p.
32. Беспроводная локальная сеть [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспроводная_локальная_сеть.
33. Krause, T. Wireless-netzwerke für den nahbereich: eingebettete funksysteme: vergleich von standardisierten und proprietären verfahren / T. Krause, R. Gessler. – Vieweg: Springer, 2015. – 354 p.

34. Best of open source smart home: Home Assistant vs OpenHAB [Electronic resource]. – Access mode: <https://smarthome.university/your-smart-home-platform-home-assistant-vs-openhab/>.
35. Home Assistant [Electronic resource]. – Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Home_Assistant.
36. Smart home with openHAB [Electronic resource]. – Access mode: https://www.researchgate.net/publication/342171578_Smart_Home_with_openHAB
37. About Domoticz [Electronic resource]. – Access mode: https://www.domoticz.com/wiki/About_Domoticz.
38. Как я 1000 дней пользовался OpenHAB, а затем перешел на Home Assistant [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/485848/>.
39. Introducing the new eWeLink Web [Electronic resource]. – Access mode: <https://help.ewelink.cc/hc/en-us/articles/4402778277773-Introducing-the-new-eWeLink-Web>.
40. Hausautomatisierung mit der open-source-software Domoticz [elektronische Ressource]. – Zugriffsmodus: <https://www.pcwelt.de/a/hausautomatisierung-mit-der-open-source-software-domoticz,3449519#:~:text=Domoticz%20ist%20ein%20quelloffener%20L%C3%B6sungsbaustein,den%20Unterbau%20seines%20Systems%20betrifft>.
41. Smart plugs what they do and how to best use them in your home [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.asurion.com/connect/tech-tips/smart-plugs-what-they-do-and-how-to-best-use-them-in-your-home/>.
42. BlitzWolf inexpensive & compact eu & us smart sockets work with ESPurna & Sonoff-Tasmota open source firmware [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.cnx-software.com/2018/08/29/blitzwolf-eu-us-smart-sockets-espurna-sonoff-tasmota/>.
43. An intelligent smart plug with shared knowledge capabilities [Electronic resource]. – Access mode: https://www.researchgate.net/publication/328971620_An_Intelligent_Smart_Plug

with_Shared_Knowledge_Capabilities.

44. The best smart plugs and power strips for 2022 [Electronic resource]. – Access mode: <https://uk.pcmag.com/smart-plugs/95119/the-best-smart-plugs-and-power-strips>.

45. Development of Smart Switch for Household Appliances Using Web-Based Technology / O. Ajibola, A. Balogun. // Journal of Applied Sciences and Environmental Management. – 2019. – Vol. 23, no. 1. – P 145.

46. Smart bulb [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/smart-bulb-smart-light-bulb>.

47. Wang, Y. Smart meter data analytics: electricity consumer behavior modeling, aggregation, and forecasting / Y. Wang, Q. Chen, C. Kang. – Springer, 2020. – 293 p.

48. Smart meter [Electronic resource]. – Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_meter.

49. Electricmeter [Electronic resource]. – Access mode: <https://glonasss.com/product/electricmeter/>.

50. Torriti, J. Peak energy demand and demand side response / J. Torriti. – Taylor & Francis Group, 2015. – 188 p.

51. Sinopoli, J. Smart building systems for architects, owners, and builders / J. Sinopoli. – Amsterdam : Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2010. – 231 p.

52. Torriti, J. Appraising the economics of smart meters / J. Torriti. – Taylor & Francis Group, 2020. – 172 p.

53. Sonoff basic Wi-Fi [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iot-tests.org/2018/06/sonoff-basic-wifi/>.

54. EWeLink / Sonoff - smart home [Electronic resource]. – Access mode: <https://jasminegadget.wordpress.com/ewelink/>.

55. Sonoff POW [Electronic resource]. – Access mode:

https://wiki.iteadstudio.com/Sonoff_Pow.

56. Протокол MQTT: концептуальное погружение [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/463669/>.

57. MQTT v3.1 protocol specification [Electronic resource]. – Access mode: <http://public.dhe.ibm.com/software/dw/webservices/ws-mqtt/mqtt-v3r1.html>.

58. Kodali, R. K. An implementation of MQTT using CC3200 / R. K. Kodali // International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies, Kumaracoil, 16–17 December 2016 : proceedings. – Warangal: National Institute Of Technology, 2016. – P. 582–587.

ДОДАТОК А
Текст програми

A.1 Канал с описом стану телеметрії

```

UID: mqtt:topic:3da1424546:bd6559d16d
label: Generic MQTT Thing
thingTypeUID: mqtt:topic
configuration: {}
bridgeUID: mqtt:broker:3da1424546
channels:
  - id: ch4
    channelTypeUID: mqtt:number
    label: power
    description: ""
    configuration:
      stateTopic: tele/sonoffpow02/SENSOR
      transformationPattern: JSONPATH:$.ENERGY.Power
  - id: Yesterday
    channelTypeUID: mqtt:number
    label: Yesterday
    description: null
    configuration:
      stateTopic: tele/sonoffpow02/SENSOR
      transformationPattern: JSONPATH:$.ENERGY.Yesterday
  - id: Today
    channelTypeUID: mqtt:number
    label: Today
    description: null
    configuration:
      stateTopic: tele/sonoffpow02/SENSOR
      transformationPattern: JSONPATH:$.ENERGY.Today
  - id: Period
    channelTypeUID: mqtt:number
    label: Period
    description: null
    configuration:
      stateTopic: tele/sonoffpow02/SENSOR
      transformationPattern: JSONPATH:$.ENERGY.Period
  - id: ApparentPower
    channelTypeUID: mqtt:number
    label: ApparentPower
    description: null
    configuration:
      stateTopic: tele/sonoffpow02/SENSOR

```

```

    transformationPattern: JSONPATH:$.ENERGY.ApparentPower
- id: ReactivePower
  channelTypeUID: mqtt:number
  label: ReactivePower
  description: null
  configuration:
    stateTopic: tele/sonoffpow02/SENSOR
    transformationPattern: JSONPATH:$.ENERGY.ReactivePower
- id: Voltage
  channelTypeUID: mqtt:number
  label: Voltage
  description: null
  configuration:
    stateTopic: tele/sonoffpow02/SENSOR
    transformationPattern: JSONPATH:$.ENERGY.Voltage
- id: Current
  channelTypeUID: mqtt:number
  label: Current
  description: null
  configuration:
    stateTopic: tele/sonoffpow02/SENSOR
    transformationPattern: JSONPATH:$.ENERGY.Current
- id: total
  channelTypeUID: mqtt:number
  label: Total
  description: null
  configuration:
    stateTopic: tele/sonoffpow02/SENSOR
transformationPattern: JSONPATH:$.ENERGY.Total

```

A.2 Канал керування стану пристроя

```

UID: mqtt:topic:3da1424546:bd6559d16d
label: Generic MQTT Thing
thingTypeUID: mqtt:topic
configuration: {}
bridgeUID: mqtt:broker:3da1424546
channels:

```

```
- id: wallswitch
channelTypeUID: mqtt:switch
label: switch
description: ""
configuration:
  commandTopic: cmnd/sonoffpow02/POWER
  stateTopic: stat/sonoffpow02/POWER
  off: "0"
  on: "1"
```

A.3 Модуль контролю енергоспоживання

```
configuration: {}
triggers:
  - id: "1"
    configuration:
      itemName: GenericMQTTThing_powercurrent
      type: core.ItemStateUpdateTrigger
conditions:
  - inputs: {}
    id: "3"
    configuration:
      itemName: GenericMQTTThing_powervoltage
      state: "220"
      operator: ">"
      type: core.ItemStateCondition
  - inputs: {}
    id: "4"
    configuration:
      itemName: GenericMQTTThing_switch
```

```

state: OFF
operator: "!="
type: core.ItemStateCondition
actions:
- inputs: {}
  id: "2"
  configuration:
    command: OFF
    itemName: GenericMQTTThing_switch
  type: core.ItemCommandAction

```

A.4 Модуль інтерфейсу програми

```

config:
  label: Overview
blocks:
- component: oh-block
  config:
    title: Controle
  slots:
    default:
      - component: oh-grid-cells
        config: {}
        slots:
          default:
            - component: oh-cell
              config:
                action: toggle
                actionCommand: ON
                actionCommandAlt: OFF

```

```

    actionItem: GenericMQTTThing_switch
    color: blue
    footer: garage
    icon: oh:pump
    item: GenericMQTTThing_switch
    stateAsHeader: true
    title: waterpump
- component: oh-block
config:
  title: Monitoring
slots:
  default:
    - component: oh-grid-row
      config: {}
      slots:
        default:
          - component: oh-grid-col
            config: {}
            slots:
              default:
                - component: oh-label-card
                  config:
                    action: analyzer
                    actionAnalyzerItems:
                      - GenericMQTTThing_powertotal
                    item: GenericMQTTThing_powertotal
                    title: Total Energy kWh
                    trendItem: GenericMQTTThing_powertotal
          - component: oh-grid-col
            config: {}

```

slots:

default:

- component: oh-label-card

config:

action: analyzer

actionAnalyzerItems:

- GenericMQTTThing_powertoday

item: GenericMQTTThing_powertoday

title: Today kWh

trendItem: GenericMQTTThing_powertoday

- component: oh-grid-col

config: {}

slots:

default:

- component: oh-label-card

config:

action: analyzer

actionAnalyzerItems:

- GenericMQTTThing_poweryesterday

item: GenericMQTTThing_poweryesterday

title: Yestarday kWh

trendItem: GenericMQTTThing_poweryesterday

- component: oh-grid-row

config: {}

slots:

default:

- component: oh-grid-col

config: {}

slots:

default:

- component: oh-label-card
 - config:
 - action: analyzer
 - actionAnalyzerItems:
 - GenericMQTTThing_powerreactivepower
 - item: GenericMQTTThing_powerreactivepower
 - title: Reactive Power VAr
 - trendItem: GenericMQTTThing_powerreactivepower
- component: oh-grid-col
 - config: {}
 - slots:
 - default:
 - component: oh-label-card
 - config:
 - action: analyzer
 - actionAnalyzerItems:
 - GenericMQTTThing_powerapparpower
 - item: GenericMQTTThing_powerapparpower
 - title: Apparent Power VA
 - trendItem: GenericMQTTThing_powerapparpower
 - component: oh-grid-col
 - config: {}
 - slots:
 - default:
 - component: oh-label-card
 - config:
 - action: analyzer
 - actionAnalyzerItems:
 - GenericMQTTThing_powerperiod
 - item: GenericMQTTThing_powerperiod

```

        title: "Power Factor\t"
        trendItem: GenericMQTTThing_powerperiod
- component: oh-grid-row
  config: {}
  slots:
    default:
      - component: oh-grid-col
        config: {}
        slots:
          default:
            - component: oh-label-card
              config:
                action: analyzer
                actionAnalyzerItems:
                  - GenericMQTTThing_powervoltage
                item: GenericMQTTThing_powervoltage
                title: Voltage V
                trendItem: GenericMQTTThing_powervoltage
- component: oh-grid-col
  config: {}
  slots:
    default:
      - component: oh-label-card
        config:
          action: analyzer
          actionAnalyzerItems:
            - GenericMQTTThing_power
          item: GenericMQTTThing_power
          title: Power W
          trendItem: GenericMQTTThing_power

```

- component: oh-grid-col
- config: {}
- slots:
 - default:
 - component: oh-label-card
 - config:
 - action: analyzer
 - actionAnalyzerItems:
 - GenericMQTTThing_powercurrent
 - item: GenericMQTTThing_powercurrent
 - title: Current A
 - trendItem: GenericMQTTThing_powercurrent

masonry: null

grid: null

ДОДАТОК Б
Слайди презентації

Національний університет «Запорізька політехніка»
Кафедра програмних засобів

Дипломна робота бакалавра

**Програмне забезпечення для системи автоматизації на базі
вимикачів Sonoff**

Виконав
ст. гр. КНТ-228

М. В. Струк

Керівник
к.т.н., доцент

А. В. Пархоменко

2022

1

Рисунок Б.1 – Слайд 1

Актуальність роботи

Характеристика	Home Assistant	Domoticz	OpenHAB	eWelink
Мова програмування	Python	C++	Java	-
Web інтерфейс	+	+	+	+
Протоколи	Багато	Багато	Багато	Багато
Сервіс передачі даних	MQTT	MQTT	MQTT	-
API	+	+	+	-
Плагіни	1935	180	2000	80
Мобільний додаток	+	+	+	+
Фізичний сервер	+	+	+	-
Документація	обширна	добра	обширна	невелика

Аналіз та порівняння СРБ

2

Рисунок Б.2 – Слайд 2

Актуальність роботи

Назва модуля	Сенсори і датчики	Тип пристрою	Максимальна потужність	Максимальна сила тока	Вхідна напруга	Ціна
Sonoff basic	-	реле	2200 w	10A	90-250VAC	120 грн
Sonoff TH10	Температури	реле	2200w	10A	90-250VAC	350 грн
Sonoff 4ch	-	реле	2200w	10A	90-250VAC	795 грн
Sonoff POW	Енерго споживання	реле	3500w	16A	90-250VAC	400 грн
Sonoff RF	433MHz	реле	2200w	10A	90-250VAC	590 грн
Sonoff dual	Енерго споживання	реле	2200w	16A	90-250VAC	595 грн
Sonoff S20	-	розетка	2200w	10A	90-250VAC	320 грн
Sonoff G1	GSM	реле	2200w	10A	90-250VAC	900 грн
Sonoff S26	-	розетка	2200w	10A	90-250VAC	320 грн

Аналіз існуючих модулів Sonoff

3

Рисунок Б.3 – Слайд 3

Мета та задачі

Мета роботи – розробка системи віддаленого моніторингу енергоспоживання та керування електроприладами СРБ на основі бездротових технологій.

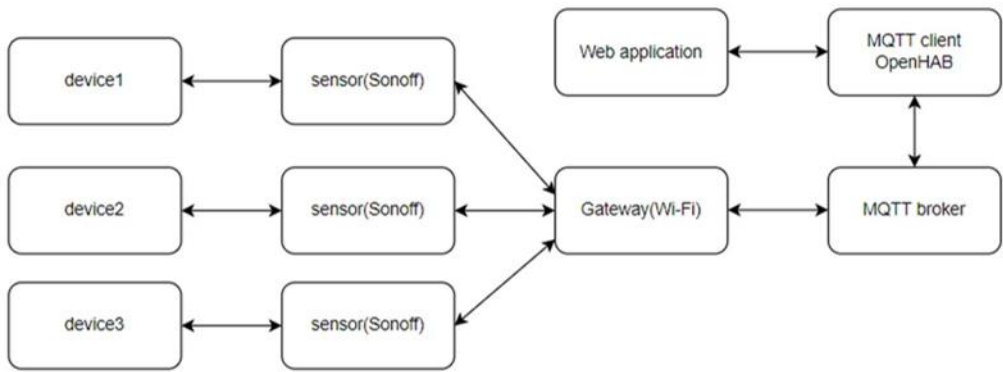
Задачі:

- виконати аналіз вимог до програмного забезпечення;
- розробити архітектуру системи та обрати інструментарій розробки;
- виконати програмну реалізацію;
- провести тестування та виконати оптимізацію програмного коду;
- розробити керівництво програміста та користувача.

4

Рисунок Б.4 – Слайд 4

Архітектура системи



5

Рисунок Б.5 – Слайд 5

Аналіз та вибір бездротових технологій для СРБ

Технології	Ім'я	Стандарт	Частоти	Радіус дії	Швидкість передачі , Мбіт /с
WPAN	Bluetooth	IEEE 802.15.1	2.4 ГГц	10 м	720 Кбіт/с
	IrDA	IrDA	2.4 ГГц	1 м	16 Мбіт/с
	ZigBee	IEEE 802.15.4	868 МГц, 900 МГц, 2.4 ГГц	10 м	250 Кбіт/с
	UWB	IEEE 802.15.3	6-8.5 ГГц	10 м	480 Мбіт/с
WLAN	Wi-Fi	IEEE 802.11	2.4 / 5 ГГц	100 м	1 Мбіт/с
		IEEE 802.11a	5 ГГц	100 м	48 Мбіт/с
		IEEE 802.11b	2.4 ГГц	100 м	11 Мбіт/с
		IEEE 802.11g	2.4 ГГц	100 м	54 Мбіт/с
		IEEE 802.11n	2.4 / 5 ГГц	250 м	600 Мбіт/с
		IEEE 802.11ac	5 ГГц	250 м	1.3 гбіт/с
WMAN	WiMAX	IEEE 802.16	2-11 ГГц і 10-66 ГГц	50 км	70 Мбіт/с
WWAN	Cellular	AMPS, GSM, GPRS, UMTS, HSDPA, LTE	700 МГц 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц 2100 МГц, 2600 МГц	>50 км	1 гбіт/с
	Satellite	DVB-S2	3-30 ГГц	>50 км	60 Мбіт/с

Таблиця порівняння технологій бездротової передачі даних

6

Рисунок Б.6 – Слайд 6

Конструювання системи



Структура системи

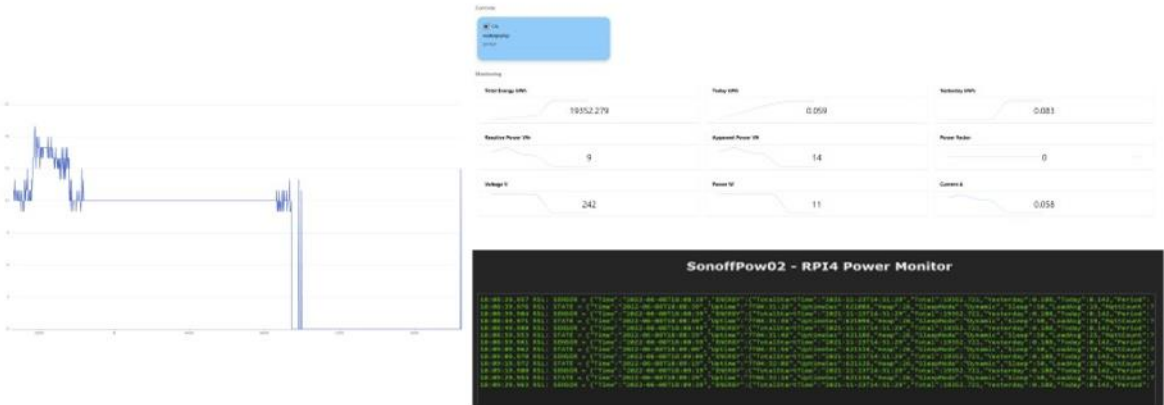
Алгоритм керування реле



7

Рисунок Б.7 – Слайд 7

Візуалізація результатів роботи програми у СРБ



Графік отриманих результатів

Візуалізація передачі даних і інтерфейсу СРБ

8

Рисунок Б.8 – Слайд 8

Результати тестування швидкості роботи

Характеристика	Home Assistant	eWeLink	OpenHAB
Середній час увімкнення/вимкнення	0,70 мс	0.55 мс	0,22 мс
Середній час роботи скрипта	-	-	1.22 с

Таблиця тестування швидкості роботи модулі Sonoff POW

9

Рисунок Б.9 – Слайд 9

Висновки

- ✓ В результаті проведеної роботи було розроблено програмне забезпечення для контролю та моніторингу енергоспоживання у СРБ на базі модулів Sonoff POW.
- ✓ Протягом роботи над проектом були успішно виконані всі поставлені задачі.
- ✓ Було проведено тестування швидкості роботи модулів Sonoff на різних СРБ та с різними прошивками.
- ✓ З використанням прошивки Tasmota та СРБ OpenHAB швидкість роботи виросла у декілька разів.
- ✓ Основні положення й результати роботи були представлені в тезах доповіді НПК Тиждень науки – 2022.

10

Рисунок Б.10 – Слайд 10

Дякую за увагу

11

Рисунок Б.11 – Слайд 11