

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет комп'ютерних наук та технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему **СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ МОДУЛЯМИ
РОЗУМНОГО БУДИНКУ**

Виконав: студент 2 курсу, групи КНТ-522м
спеціальності

123 «Комп'ютерна інженерія»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Комп'ютерні системи та мережі

ЗУБ О.М

(прізвище та ініціали)

Керівник КИРИЧЕК Г.Г

(прізвище та ініціали)

Рецензент ЄФИМЕНКО М.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Комп'ютерних наук і технологій

Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»

Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістерський

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) «Комп'ютерні системи та мережі»

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Кудерметов Р.К.

“15” грудня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

ЗУБ Олексія Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Система автоматизації керування модулями розумного будинку

керівник проекту (роботи) КИРИЧЕК Галина Григоріївна, к. т. н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “24”жовтня 2023 року №400

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 20 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) система управління модулями розумного будинку. Реалізація централізованої системи, яка б з легкістю інтегрувала різні нові обладнання без зміни програмної складової системи.

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

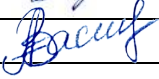
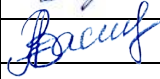
1) Аналіз предметної області;

2) Огляд й вибір апаратного та програмного забезпечення;

3) Реалізація системи.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4	КИРИЧЕК Г.Г. , к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	ПОЛЬСЬКА О.В., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 28.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз схожих систем «розумний дім»	05.10.2023 р.	
2	Постановка завдання	08.10.2023 р.	
3	Дослідження вимог до системи	20.10.2023 р.	
4	Реалізація загальної структурної схеми системи	25.10.2023 р.	
5	Вибір апаратного забезпечення системи	29.10.2023 р.	
6	Налаштування роботи системи	05.11.2023 р.	
6	Реалізація мобільного додатку	12.11.2023 р.	
7	Аналіз результатів роботи системи	16.11.2023 р.	
8	Оформлення пояснювальної записки	24.11.2023 р.	
9	Проходження нормоконтролю	20.12.2023 р.	

Студент  **Олексій ЗУБ**
(підпис) (ім'я , ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)  **Галина КИРИЧЕК**
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 79 с. 31 рис., 33 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, RASPBERRYPI, АНДРОІД ДОДАТОК, WIFI МЕРЕЖА, КЕРУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СЦЕНАРІЇВ

Об'єкт дослідження – система управління модулями розумного будинку.

Мета роботи – провести аналіз і порівняння наявних рішень у сфері систем «розумного будинку», шляхом вивчення їхніх архітектурних характеристик, методологій реалізації та застосовуваних технологічних підходів. На базі зібраної інформації реалізувати систему управління модулями розумного будинку, що вирізняється високим рівнем адаптивності та масштабованості.

У першій частині магістерської роботи було здійснено ретельний аналіз наявних систем розумного будинку. У рамках цього дослідження було проведено класифікацію апаратної архітектури систем розумного будинку, що дало змогу виявити ключові вимоги до реалізованої системи.

У другій частині роботи було проведено комплексне дослідження, що охоплює аналіз і порівняння різних технологій передавання даних, що є критично важливим для забезпечення надійної та ефективної роботи системи розумного будинку.

У третій частині було виконано практичне створення системи розумного будинку, що охоплює впровадження серверної частини на Python для Raspberry Pi, налаштування GPIO для керування твердотільними реле та інтеграцію з Bluetooth і Wi-Fi, а також реалізація мобільного застосунку на Android для взаємодії користувача із системою.

ABSTRACT

Explanatory note to the master's work: 79 p., 31 figures, 33 sources.

AUTOMATION, SMART HOUSE, RASPBERRYPI, ANDROID APP,
WIFI NETWORK, MANAGEMENT BY SCENARIOUS

The object of study is a smart home module management system.

The aim of the work is to analyze and compare existing solutions in the field of "smart home" systems, by studying their architectural characteristics, methodologies of realisation and technological approaches used. On the basis of the information collected, implement a smart home module management system, which is characterized by high levels of adaptability and scalability.

In the first part of the master's work, a thorough analysis of existing smart home systems was carried out. Within this study, a classification of hardware architecture of a smart home system was carried out, which made it possible to identify key requirements for the implemented system.

The second part of the work conducted a comprehensive study that covers the analysis and comparison of different data transmission technologies, which is critically important for ensuring the reliable and efficient operation of a smart home system.

In the third part, the practical creation of a smart home system that covers the introduction of the server part on Python for Raspberry Pi, GPIO setting up to control solid-state relays and integration with Bluetooth and Wi-Fi, as well as the implementation of mobile application for Android.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз предметної області	10
1.1 Загальний огляд. Поняття системи «Розумний дім»	10
1.2 Історія розвитку	12
1.3 Аналіз технологій розумних будинків	14
1.3.1 Система на основі DTMF	15
1.3.2 Система на основі GSM	17
1.3.3 Система на основі розпізнавання голосу	17
1.3.4 Система на основі Bluetooth, смартфонного застосунку та мікроконтролера.....	18
1.3.5 Система на основі Wi-Fi та IoT.....	19
1.3.6 Система управління на основі жестів.....	21
1.4 Аналіз готових продуктів систем розумного будинку	22
1.5 Класифікація апаратної архітектури систем розумного будинку.....	26
1.6 Постановка завдання	29
2 Огляд й вибір апаратного та програмного забезпечення.....	30
2.1 Основні вузли функціонування розумного будинку	31
2.2 Безпека розумного будинку	34
2.3 Технології передачі даних	35
2.4 Огляд та вибір стеку технологій.....	39
2.4.1 Апаратні платформи центрального хабу системи	39
2.4.2 Сенсори	43
2.4.3 Елемент розв'язки	45
2.4.4 Програмне заперечення баз даних.....	46
2.4.5 Програмне заперечення для впровадження серверної частини	49
2.4.6 Програмне заперечення для реалізації клієнської частини.....	50
3 Реалізація системи.....	51

3.1 Структурна схема системи і інтеграція ядра розумного будинку	51
3.1.1 Блок ядру системи управління розумним будинком	52
3.1.2 Блок сенсорної системи	52
3.1.3 Блок електричної системи будинку	53
3.2 Вибір стеку технологій	53
3.3 Електрична схема системи	54
3.4 Налаштування Raspberry Pi	56
3.5 Налаштування віддаленого середовища через SSH	59
3.6 Впровадження серверної частини	61
3.7 Реалізація клієнтської частини	62
3.7.1 Екрану авторизації мобільного додатку	62
3.7.2 Головний інтерфейс управління розумним будинком	63
3.8 Функціонування системи	65
3.8.1 Загальний алгоритм функціонування системи керування	68
3.9 Результат роботи системи	70
Висновки	75
Перелік джерел посилання	76

ВСТУП

За останні кілька десятиліть відбулися величезні зміни в тому, як комп'ютерні технології були інтегровані в наше повсякденне життя. Ця інтеграція значно вплинула на наші стосунки один з одним і з комп'ютерними системами, а також на стосунки між самими комп'ютерними системами. У результаті зростає популярність інформаційних систем, які об'єднують розумну побутову техніку, інженерні пристрої та вузли управління будівлями в централізовану систему, якою можуть керувати як люди, так і машини.

Одним із таких прикладів є розумний дім, де технології використовуються, щоб зробити повсякденне життя більш комфортним і зручним. Наприклад, після обіду та перед сном система «розумний дім» може приглушити світло, закрити штори, відкрити вікна для провітрювання та знизити температуру до більш придатного для сну середовища під час відтворення заспокійливої музики. Вранці система розумного дому може приготувати каву та підігріти залишки їжі, підрахувати кількість підтягувань під час розминки та навіть побажати вам доброго ранку.

Однак дослідження цих систем породжує низку проблем, зокрема з точки зору інтеграції ізольованих пристроїв з інформаційним ядром розумного будинку та пошуку оптимального способу автоматизації сценаріїв. Ці виклики викликали потребу в дослідженні існуючих подібних систем і теоретичному обґрунтуванні їх реалізацію.

Підсумовуючи, інтеграція комп'ютерних технологій у наше повсякденне життя революціонізувала спосіб життя та взаємодії з технологіями. Розвиток розумних будинків є лише одним із прикладів цієї трансформації, і існує постійна потреба в дослідженнях і впровадженнях, щоб зробити ці системи більш доступними та зручними для користувачів.

Таким чином, обрана тема магістерської роботи є актуальною.

Метою цієї роботи є аналіз існуючих на сьогодні систем розумного будинку, включно з теоретичним обґрунтуванням їхнього розвитку, а також порівняльне дослідження різних підходів і технологій, що використовуються в цих системах. Ґрунтуючись на отриманих даних, провести аналіз системи управління та автоматизації розумного будинку, яка відрізнятиметься не тільки високою функціональністю, а й зручністю інтерфейсу для користувача. Головним завданням проєкту є створення системи, здатної інтегрувати різне обладнання і технології, полегшуючи тим самим повсякденне життя користувачів і даючи їм змогу повною мірою використовувати потенціал своїх розумних будинків для підвищення рівня комфорту та ефективності їхнього домашнього побуту.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Наведено огляд у якому представлено історію і аналіз наявних систем керування розумним будинком, у якому основна увага приділяється архітектурним характеристикам, методологіям реалізації та застосовуваним технологічним підходам. Основне завдання дослідження полягає у виявленні ключових параметрів, які визначають ефективність і зручність використання різних систем розумного будинку, а також в оцінці їхньої здатності до адаптації та масштабованості в сучасних умовах.

Даний аналіз охоплює основний спектр технологій і рішень, що використовуються в індустрії розумних будинків, Метою є створення уявлення про розмаїття наявних підходів і виявлення потенційних напрямків для дослідження і впровадження технологічних рішень у власну систему управління розумним будинком.

Далі приводиться постановки завдання уточнюється необхідність створення централізованої системи розумного будинку, яка буде інтегрувати різне обладнання без потреби у зміні програмного забезпечення. Така система має забезпечувати легкість в управлінні пристроями, незалежно від їхнього типу та виробника, і надавати користувачеві максимально зручний інтерфейс для взаємодії.

1.1 Загальний огляд. Поняття системи «Розумний дім»

Концепція системи «розумний дім» зародилася як революційна пропозиція в галузі автоматизації житла, яка передбачає централізоване управління різними побутовими пристроями і системами для підвищення ефективності, надійності та комфорту життєзабезпечення. Інтегруючи такі

пристрої, як освітлення, роботи-пилососи, аудіо-відео системи, і дверні замки, система розумного будинку створює єдину мережу, що використовує зв'язок і автоматизацію для управління [1].

З розвитком технологій і зростанням ринку розумних пристроїв, з'являється все більше комплексних рішень, спрямованих на охоплення всієї екосистеми розумного будинку. Ці системи, хоча й надають зручність централізованого контролю, часто стикаються з обмеженнями сумісності з пристроями від різних виробників, що зменшує їхню варіативність і масштабованість [2].

Грунтуючись на інформації з сучасних досліджень і ринкових даних, можна зазначити, що системи розумного будинку прагнуть до глибшої інтеграції з повсякденним життям користувачів. Вони містять не тільки елементи управління електронними приладами, а й можливості з навчання та адаптації до звичок мешканців. Програми, інтегровані в розумний дім, дають змогу централізовано керувати приладами, аналізуючи навколишнє оточення і реагуючи на зміни в поведінці користувачів [3].

Важливою частиною системи розумного будинку є концепція «Інтернету речей» (IoT), що означає мережу фізичних об'єктів із вбудованими сенсорами, програмами і технологіями для обміну даними через інтернет. Розумні пристрої, інтегровані в IoT, забезпечують взаємодію на вищому рівні між пристроями та системою загалом, що сприяє підвищенню ефективності та безпеки домашнього господарства.

У контексті розумного будинку, переваги такої інтеграції охоплюють підвищення енергоефективності, зручності, автоматизації домашніх функцій і безпеки. Наприклад, розумні освітлювальні системи, які вмикаються тільки при виявленні присутності людини в кімнаті, сприяють економії енергії та скороченню витрат. З іншого боку, системи безпеки з можливістю віддаленого доступу та перегляду забезпечують додатковий рівень захисту.

Незважаючи на ці переваги, існують і потенційні недоліки, як ризики кібербезпеки, залежність від інтернету та електроенергії, високі витрати на

встановлення та крива навчання. У контексті безпеки, розумні камери і системи замків можуть зробити особисту інформацію вразливою для злому, що вимагає від користувачів особливої уваги до заходів захисту своїх даних.

Розглядаючи різні аспекти розумних будинків, можна зробити висновок, що вони являють собою багатообіцяючий напрямок у сфері автоматизації та поліпшення якості життя. Водночас, для їхнього ефективного функціонування необхідно враховувати низку чинників, включно з технологічними, економічними та безпековими аспектами. З огляду на це, системи розумного будинку продовжують розвиватися й адаптуватися, надаючи користувачеві все більш інтегровані та зручні рішення для повсякденного життя.

1.2 Історія розвитку

Концепція «розумного будинку» бере свій початок у 1970-х роках зі створення протоколу X10 - технології, яка на той момент вважалася революційною. Вона давала змогу дистанційно керувати побутовими приладами та освітленням у будинку. X10 використовував уже наявну електропроводку для передавання сигналів між пультом управління і модулями, під'єднаними до освітлювальних пристроїв і побутової техніки. Для кожного пристрою визначали унікальну адресу, що забезпечувало надсилання команд [4].

Незважаючи на низку недоліків, таку як уразливість перед перешкодами і низька швидкість роботи, X10 став значним проривом у сфері автоматизації побуту. Це дало початок централізованому і дистанційному управлінню освітленням, опалювальними приладами і побутовою технікою, що сприяло розвитку індустрії «розумного будинку».

Однак, перші системи на базі X10 були відносно дорогими і вимагали професійного встановлення, обмежуючи їхню доступність. Проте їхня поява вказувала на потенціал повної автоматизації домашнього господарства через електроніку та програмне забезпечення.

Поширення Інтернету в 1990-х роках відкрило нові можливості для побутової електроніки та систем автоматизації будинку. Стало можливим не тільки автоматично керувати різними пристроями за розкладом або за допомогою пульта дистанційного керування, а й робити це віддалено через Інтернет. З'явилися мобільні додатки та веб-платформи, призначені для моніторингу та контролю систем опалення, вентиляції, освітлення та безпеки.

Проте ці рішення залишалися дорогими і вимагали професійного встановлення, що стримувало їхнє масове поширення. Важливим кроком у розвитку технологій "розумного будинку" стала поява недорогих бездротових технологій, таких як Z-Wave, ZigBee і Bluetooth, на початку 2000-х років. Бездротовий зв'язок дав змогу створювати більш гнучкі та масштабовані системи без необхідності прокладати кабелі.

Пристрої почали житися від батарей, і для їхнього налаштування вже не були потрібні глибокі знання в програмуванні або інженерії. Часто достатньо було встановити застосунок на смартфон і слідувати інструкціям для сполучення пристроїв у єдину мережу. Це значно спростило впровадження систем "розумного будинку", зробивши їх доступними широкому колу користувачів.

Поява концепції Інтернету Речей (Internet of Things) у 2000-х роках стала ще одним важливим нововведенням. Сенсори і виконавчі пристрої, що вбудовуються практично в будь-які побутові прилади, стали обмінюватися даними між собою і з хмарними сервісами [5,6]. Це дало змогу реалізувати сценарії автоматизації за участю різних пристроїв від різних виробників. Наприклад, сенсор диму однієї компанії міг надсилати команду на вимкнення кондиціонера іншої компанії і повідомлення на смартфон користувача. Таким

чином, Інтернет Речей став ключовим фактором в еволюції концепції «розумних будинків», інтегруючи всі електронні пристрої в єдину екосистему.

На початку 21 століття поява голосових помічників також суттєво вплинула на поширення технологій «розумного будинку». Першим значним продуктом у цій галузі стала Siri від Apple, випущена 2011 року. Siri продемонструвала можливості систем штучного інтелекту в розпізнаванні та синтезі мови, а також розумінні природної мови, що відкрило двері до створення інтуїтивних голосових інтерфейсів для управління різними пристроями [7,8].

1.3 Аналіз технологій розумних будинків

На сьогоднішній день технології розумного будинку відіграють важливу роль у підвищенні комфорту, безпеки та енергоефективності осель. З появою Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI) і просунутих бездротових технологій, а також через конкуренцію на ринку, системи розумних будинків пропонують все більш інноваційні рішення для повсякденного життя. У цьому розділі проводиться порівняльний аналіз різних технологій розумних будинків, оцінюючи їхню функціональність, зручність використання, вартість установлення та експлуатації, а також можливі переваги та недоліки. Мета цього аналізу – отримати розуміння поточного стану технологій розумних будинків для їхнього застосування та структурованого усвідомлення поетапного створення і впровадження рішень у реалізовану систему автоматизації та управління модулями розумного будинку, що відповідає стандартам якості.

З огляду на численні функції, пристрої та програмно-апаратні комбінації, популярні системи «розумного будинку» поділяються на 6 категорій. Ці категорії представляють різні підходи до автоматизації

домашнього господарства, кожна з яких має свої унікальні характеристики, переваги та обмеження:

- система на основі DTMF (Dual Tone Multi-Frequency);
- система на основі GSM (Global System for Mobile communications);
- система на основі розпізнавання голосу (часто з використанням Zigbee);
- система на основі Bluetooth, смартфонного застосунку та мікроконтролера;
- система на основі Wi-Fi та IoT;
- система управління на основі жестів;

1.3.1 Система на основі DTMF

Технологія DTMF являє собою метод віддаленого керування побутовими приладами з використанням мобільного телефону. Основний принцип роботи полягає в генерації унікальних сигналів за допомогою клавіатури мобільного телефону, які потім передають на пристрій приймання та обробки сигналів у будинку. Кожна натиснута клавіша на клавіатурі телефону створює певну комбінацію звукових частот, яка інтерпретується системою розумного будинку для виконання конкретних завдань, таких як увімкнення або вимкнення освітлення, кондиціонера та інших побутових пристроїв.

Система на основі DTMF складається з мобільного телефону як передавача, приймального пристрою з мікроконтролером, що декодує сигнали DTMF, і виконавчих механізмів, які керують побутовими приладами (рис. 1.1). Вона починається з ідеї дистанційного керування побутовими приладами в домашніх умовах, використовуючи DTMF-тони, що генеруються мобільним телефоном. Ці сигнали, що складаються з двох частот - стовпця і рядка, з різним рівнем частот, дають змогу системі автоматично виконувати задані завдання з управління домашніми приладами.

Для функціонування системи необхідний мобільний телефон і DTMF-передавач. Сигнал передається через канал до приймача, і, оскільки він може

слабшати під час проходження через середовище, потрібне його посилення за допомогою конденсаторного мікрофона і підсилювача перед декодуванням. Після посилення сигнал декодується і надсилається на мікроконтролер, який потім керує відповідними пристроями.



Рисунок 1.1 – Структурна схема системи розумного будинку на основі технології DTMF

Проте, як зазначено в дослідженні [9], система домашньої автоматизації на основі DTMF вразлива до шумів. Це робить зменшення шуму критично важливим аспектом для запобігання помилковому передаванню даних, що може призвести до небажаного ввімкнення або вимкнення приладів. Така вразливість до шумів і відсутність зворотного зв'язку вимагають проведення додаткового планування, що враховує конструкцію та розміщення стін, їхню товщину, що зі свого боку впливає на розташування сенсорів у місцях, які можуть порушувати інтер'єр. Такі обмеження, пов'язані з необхідністю специфічного розміщення обладнання для мінімізації завад і забезпечення достатнього рівня сигналу, можуть стати перешкодою для забезпечення надійності та комфорту використання такої системи.

1.3.2 Система на основі GSM

Основним елементом цієї системи є GSM-модуль, який служить сполучною ланкою між користувачем і системою розумного будинку. В Україні, де діють великі мобільні оператори, такі як Kyivstar, Vodafone Ukraine і lifecell, застосування GSM-модулів для систем розумного будинку є цілком здійсненним. Ці оператори надають широкий спектр послуг GSM-зв'язку, включно з передачею даних, що дає змогу використовувати GSM-модеми для під'єднання системи розумного будинку до мережі.

GSM-модеми можуть передавати команди і дані між центральною системою управління розумного будинку і різними пристроями і сенсорами, вбудованими в систему. Це забезпечує зручне і гнучке управління системою, навіть на відстані.

Однак, необхідно враховувати, що ефективність роботи системи розумного будинку на основі GSM безпосередньо залежить від якості та стабільності стільникового зв'язку. Наприклад, у разі аварії або виходу з ладу найближчої базової станції мобільного оператора, це може порушити роботу екосистеми розумного будинку. Таким чином, хоча використання GSM-модулів забезпечує значну гнучкість і зручність, воно також тягне за собою залежність від стабільності мобільної мережі.

1.3.3 Система на основі розпізнавання голосу

Системи розумного будинку на основі розпізнавання голосу, що часто використовують технологію Zigbee, являють собою передове рішення в галузі автоматизації житла. Ці системи об'єднують зручність голосового керування з передовими можливостями бездротової технології.

Голосове керування дає змогу користувачам взаємодіяти з системою розумного будинку за допомогою голосових команд, що робить керування інтуїтивно зрозумілим і доступним. Такі системи у своїй сенсорній складовій містять пристрої з мікрофонами, здатними розпізнавати голосові команди, і програмне забезпечення для аналізу та обробки цих команд, зазвичай хостингове.

Zigbee, своєю чергою, є бездротовою технологією, призначеною для створення низькошвидкісних мереж локального зв'язку з низьким енергоспоживанням. Ця технологія підходить для систем розумного будинку, оскільки забезпечує надійний та енергоефективний зв'язок між різними пристроями і сенсорами всередині будинку. За допомогою Zigbee пристрої в мережі розумного будинку можуть обмінюватися даними та синхронізувати дії, забезпечуючи координоване й ефективне управління або реагування.

Використання голосових команд у поєднанні з Zigbee дає змогу користувачам легко керувати освітленням, клімат-контролем, системами безпеки та іншими функціями будинку. Це також надає додаткові можливості для інтеграції з іншими розумними пристроями та системами, наприклад, з розумними асистентами або мультимедійними системами.

Однак, як і будь-яка технологія, системи на основі розпізнавання голосу та Zigbee мають свої обмеження. По перше постійне підключення до мережі оскільки нейромережових алгоритми обробки голосу виконуються на серверах. По друге, якість розпізнавання голосу може залежати від різних чинників, включно з шумом у приміщенні, акцентом користувача і ясністю вимови.

1.3.4 Система на основі Bluetooth, смартфонного застосунку та мікроконтролера

Системи розумного будинку, засновані на використанні Bluetooth, смартфонів додатку і мікроконтролера, є ще одним рішенням у сфері домашньої автоматизації. Ці системи об'єднують переваги бездротового зв'язку, мобільних технологій і автоматизованого контролю, пропонуючи користувачеві гнучкість і зручність управління побутовими пристроями.

В основі такої системи лежить використання Bluetooth - популярної бездротової технології короткої дії, яка дає змогу здійснювати зв'язок між мобільними пристроями та мікроконтролерами в системі розумного будинку. Bluetooth забезпечує надійний та енергоефективний зв'язок на короткій відстані, що робить його ідеальним для внутрішньобудинкової комунікації.

Смартфонний застосунок слугує користувацьким інтерфейсом, надаючи інтуїтивно зрозумілий спосіб контролю та моніторингу різних пристроїв і функцій будинку. Застосунок можна налаштувати для виконання безлічі завдань, таких як керування освітленням, температурою, системами безпеки та мультимедіа. Користувацький інтерфейс забезпечує простоту і зручність використання, роблячи управління домашніми пристроями доступним для людей будь-якого віку і рівня технічної грамотності.

Мікроконтролери в системі виконують функції приймання та обробки команд від смартфона через Bluetooth. Вони слугують центральними вузлами управління, координуючи роботу різних пристроїв у будинку. Мікроконтролери можуть бути інтегровані з широким спектром сенсорів і виконавчих пристроїв, що дає змогу автоматизувати більшість аспектів домашнього життя.

Однак слід враховувати, що ефективність роботи систем на основі Bluetooth може бути обмежена радіусом дії цієї технології, який зазвичай становить близько 10 метрів в умовах приміщення. Також, в системі може спостерігатися залежність від стабільності та продуктивності смартфона, а також від якості реалізації програми. Питання безпеки та конфіденційності також відіграють ключову роль, оскільки необхідно забезпечити захист від несанкціонованого доступу до управління системою.

1.3.5 Система на основі Wi-Fi та IoT

Система розумного будинку на основі Wi-Fi та IoT є комплексним технологічним рішенням для автоматизації та управління домашніми пристроями. Ця система інтегрує різні побутові прилади і сенсори в єдину мережу, даючи змогу керувати ними віддалено через Інтернет.

В основі системи лежить технологія Wi-Fi, яка забезпечує бездротовий зв'язок між пристроями всередині будинку (рис. 1.2). Це дає змогу користувачам під'єднувати та координувати роботу різних пристроїв, таких як освітлення, системи безпеки, термостати та побутова техніка, через централізований інтерфейс управління.

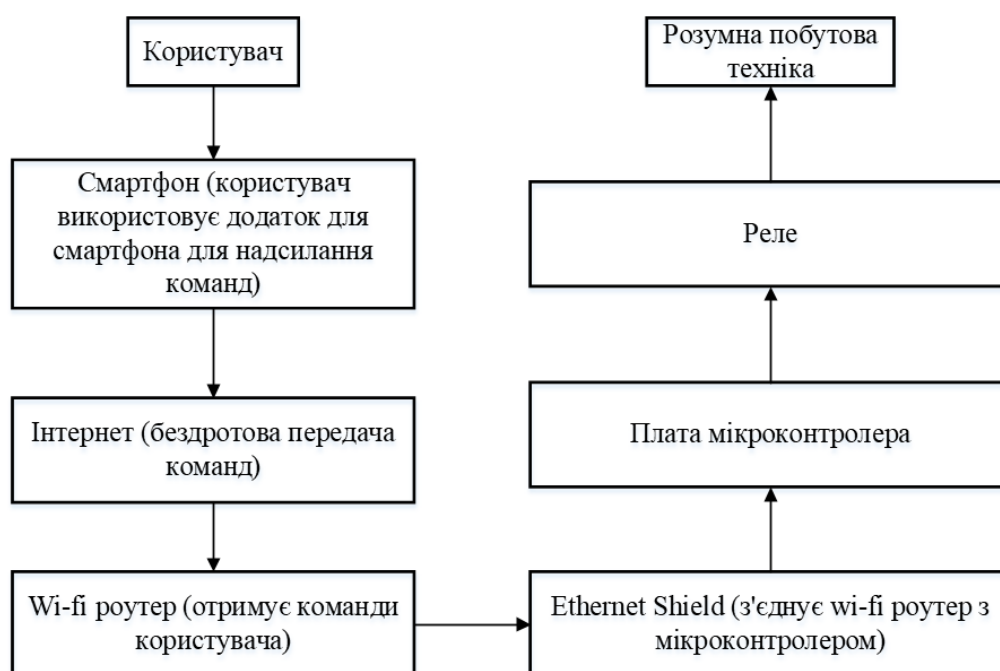


Рисунок 1.2 – Структурна схема системи розумного будинку на основі інтернету та Wi-Fi

IoT розширює можливості системи, надаючи додаткову функціональність за рахунок підключення пристроїв до Інтернету. Це дає змогу користувачам моніторити та керувати своїм будинком не тільки всередині, а й з будь-якої точки світу, де є доступ до Інтернету. IoT-пристрої часто використовують додаткові технології, таких як хмарні сервіси та машинне навчання, для надання більш розумних і адаптивних функцій управління.

Незважаючи на високий ступінь зручності та гнучкості, система розумного будинку на основі Wi-Fi і IoT має свої обмеження. Вона залежить від стабільності та швидкості інтернет-з'єднання, а також від рівня безпеки мережі, оскільки під'єднання до Інтернету підвищує ризик несанкціонованого доступу та атак на систему. Також початкові витрати на встановлення та налаштування таких систем можуть бути істотними, враховуючи вартість обладнання та інтеграцію складних технологій.

1.3.6 Система управління на основі жестів

Система управління розумним будинком на основі жестів є одним із нових напрямків у галузі домашньої автоматизації. Ця система передбачає використання камер або спеціалізованих сенсорів для відстеження і розпізнавання жестів користувача, перетворюючи їх на команди управління різними функціями і пристроями в будинку.

Основний принцип роботи системи полягає в аналізі візуальної інформації, отриманої від камери, та її подальшій інтерпретації за допомогою алгоритмів машинного навчання та обробки зображень. Ці алгоритми здатні визначати конкретні жести і співвідносити їх із певними командами системи розумного будинку.

Наприклад, у статті [10] описується система, де певні жести руки використовуються для управління освітленням або температурою в будинку. Такий підхід дає змогу користувачеві взаємодіяти із системою розумного будинку у більш природний та інтуїтивно зрозумілий спосіб.

Важливо зазначити, що системи управління на основі жестів стикаються з низкою технічних і практичних викликів. Точність і надійність розпізнавання жестів може залежати від безлічі чинників, включно з освітленням у приміщенні, швидкістю та чіткістю виконання жесту, а також наявністю перешкод між користувачем і камерою або сенсорами. Крім того, реалізація таких систем вимагає складного програмування і калібрування, що може збільшувати вартість і складність впровадження.

Згідно з даними дослідження [10], система на основі жестів демонструє високу точність розпізнавання, однак, як і будь-яка технологія, потребує подальшого розвитку та адаптації до різних умов експлуатації.

openHAB (Open Home Automation Bus) — це популярна система автоматизації розумного будинку з відкритим кодом, яка дозволяє користувачам інтегрувати різні розумні пристрої та системи вдома та керувати ними. Система пропонує комплексне та гнучке рішення для управління

різними аспектами розумних будинків, включаючи освітлення, опалення, безпеку та розваги.

Серед переваг можна виділити те, що openHAB є програмним забезпеченням з відкритим кодом, що означає, що його можна вільно використовувати та змінювати. Це також означає, що спільнота може сприяти розвитку платформи та додавати нові функції.

Також openHAB підтримує широкий спектр розумних пристроїв і протоколів, включаючи Zigbee, Z-Wave, Bluetooth тощо. Це дозволяє користувачам легко інтегрувати та керувати декількома розумними пристроями вдома, незалежно від виробника чи протоколу.

Серед недоліків можна виділити те, що система може бути складною для деяких користувачів, від яких, під час налаштування та експлуатації, система потребує технічної кваліфікації. Налаштування системи може стати складною задачею, для тих, хто має обмежені технічні знання. Хоча openHAB реалізований як зручний для користувача, він все одно вимагає певних технічних навичок для налаштування системи. Це може підійти не всім користувачам, особливо тим, хто віддає перевагу більш простому рішенню.

Іншим недоліком є обмежена інтеграція з деякими пристроями: хоча openHAB підтримує широкий спектр інтелектуальних пристроїв, деякі пристрої можуть бути не повністю інтегровані або можуть потребувати додаткової конфігурації для належної роботи з системою.

1.4 Аналіз готових продуктів систем розумного будинку

Система Samsung SmartThings є комплексним рішенням у сфері розумного будинку, що дає змогу централізовано керувати різними розумними пристроями, таких як освітлення, термостати, замки та побутова техніка, через універсальний застосунок, інтерфейс якого представлено на рисунку 1.3, він

сумісний із більшістю операційних систем. Основа системи – центральний хаб, який інтегрує всі пристрої в будинку і синхронізує їх із мобільним додатком користувача. Це забезпечує можливість створення різноманітних автоматизованих сценаріїв, наприклад, автоматичне вмикання світла під час входу в кімнату або регулювання температури залежно від часу доби.

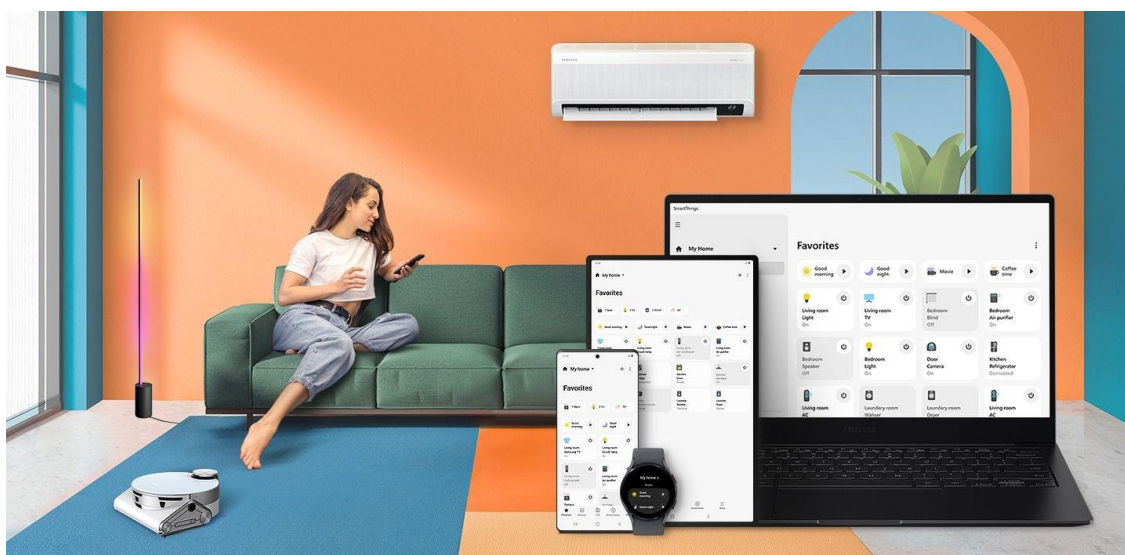


Рисунок 1.3 - Інтерфейс програми SmartThings на різних платформах.

Стосовно класифікації, згідно вище аналізу, систем розумного будинку, Samsung SmartThings відноситься до категорії систем на основі Wi-Fi і IoT. Ця система демонструє ключові атрибути IoT-інтегрованих систем: централізоване управління, під'єднання до Інтернету, високий рівень інтеграції та можливість створення автоматизованих сценаріїв. Як і інші системи в цій категорії, SmartThings володіє вдосконаленими функціями безпеки, включно з двофакторною автентифікацією і зашифрованою передачею даних, забезпечуючи надійність і безпеку у використанні.

Однак, аналізуючи Samsung SmartThings у контексті різних категорій розумних будинків, слід враховувати деякі обмеження. Зокрема, система може бути несумісна з пристроями сторонніх виробників або застарілими моделями, що може звужувати спектр її застосування [11]. Крім того, початкові витрати на придбання хаба SmartThings і сумісних пристроїв можуть бути істотними,

точки світу. Відсутність необхідності в центральному хабі у BroadLink забезпечує автономність кожного пристрою, що є значною перевагою порівняно з розглянутою системою Samsung SmartThings, де центральний хаб є обов'язковим елементом.

BroadLink пропонує різноманітність сенсорів і пристроїв, включно з камерами відеоспостереження [12], і вирізняється простотою встановлення та налаштування, що сприяє його популярності. Автономність пристроїв підвищує надійність системи, оскільки відмова одного з них не впливає на функціонування інших. Вартість системи, починаючи від 200 доларів, робить її доступною для широкого кола користувачів, що сприяє демократизації технологій розумного будинку.

Однак BroadLink також має свої обмеження. Наприклад, інтеграція сторонніх пристроїв може бути складною і не завжди забезпечує повну сумісність функцій. Крім того, обмежена дальність дії сигналу і відсутність резервного живлення можуть створювати проблеми у великих будинках і в разі відключення електроенергії.

Система Ajax Systems, реалізована українською компанією, є комплексним рішенням у сфері автоматизації «розумного будинку» та безпеки (рис. 1.5). Ця система демонструє швидке зростання популярності завдяки своєму незвичайному підходу до інтеграції різноманітних пристроїв безпеки та розумного дому, спираючись на сучасні технології для забезпечення надійності, зручності використання та гнучкості.



Рисунок 1.5 - Пристрої Ajax Systems.

Ajax Systems вирізняється використанням власної бездротової технології Jeweller, що забезпечує двосторонній радіозв'язок між пристроями на відстані до 2000 метрів [13]. Ця особливість мінімізує необхідність дротових з'єднань, що спрощує встановлення та масштабування системи. Пристрої Ajax мають високу довговічність і здатні функціонувати в різних умовах, оснащені сенсорами з тривалим терміном служби батареї та механізмами захисту від несанкціонованого доступу. Більшість пристроїв також обладнано вбудованими акумуляторами для роботи в разі вимкнення електроенергії.

Особливість системи Ajax у контексті категорій розумних будинків полягає в її залежності від центрального контролера (Hub). Це є відмінністю від таких систем як BroadLink, де кожен пристрій функціонує автономно. Централізований контроль Ajax Systems може створювати обмеження в автономності окремих сенсорів і вразливість у разі збоїв центрального вузла.

Система Ajax пропонує зручний мобільний застосунок для управління та моніторингу, роблячи систему доступною для широкого кола користувачів. Однак відсутність вбудованих камер відеоспостереження та необхідність інтеграції із зовнішніми пристроями може розглядатися як обмеження в контексті забезпечення повноцінної системи відеоспостереження. Це підкреслює необхідність додаткової інтеграції для досягнення ширшої функціональності.

1.5 Класифікація апаратної архітектури систем розумного будинку

Досліджуючи існуючі системи, стає очевидним, що існує кілька концептуально різних методів зв'язку між модулями та центральною системою. Їх можна розділити на три групи: централізовані, децентралізовані та змішані системи.

Централізована система — це система, яка працює через центральний вузол, до якого різні компоненти підключені через призначену мережу передачі даних. Усі конфігурації, включаючи налаштування модуля, сценарії виконання та зв'язок між модулями, керуються та зберігаються центральним вузлом. Архітектуру такої системи зображено на рисунку 1.6.

Ця система дозволяє за допомогою однієї комплексної реалізації управляти автоматизованою системою та підключати пристрої різних виробників, незалежно від протоколів їх зв'язку. Завдяки високій функціональності та зручному інтерфейсу ця система пропонує багато переваг. Однак він також має свої недоліки, такі як повне припинення роботи всіх модулів, якщо центральний вузол вимкнено та немає резервних вузлів, які могли б взяти на себе роботу в разі такого випадку, якщо це не було передбачено та заплановано реалізатором.

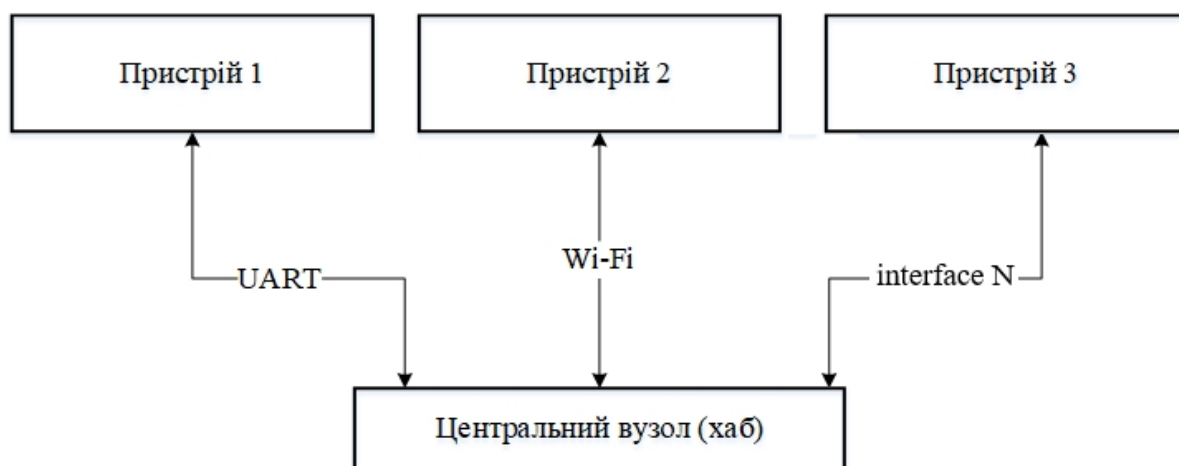


Рисунок 1.6 – Архітектура централізованої системи

Децентралізована система працює інакше, ніж централізована. У децентралізованому налаштуванні немає центрального органу чи модуля, замість цього всі необхідні завдання виконують самі виконавчі модулі, які можуть працювати незалежно або як частина автономної групи. Кожен модуль має власний алгоритм взаємодії, який програмується індивідуально, і для

зміни поведінки необхідно перепрограмування. Архітектуру даної системи наведено на рисунку 1.7. Цей тип системи пропонує більшу надійність і гнучкість у розширенні або модернізації розумного будинку.

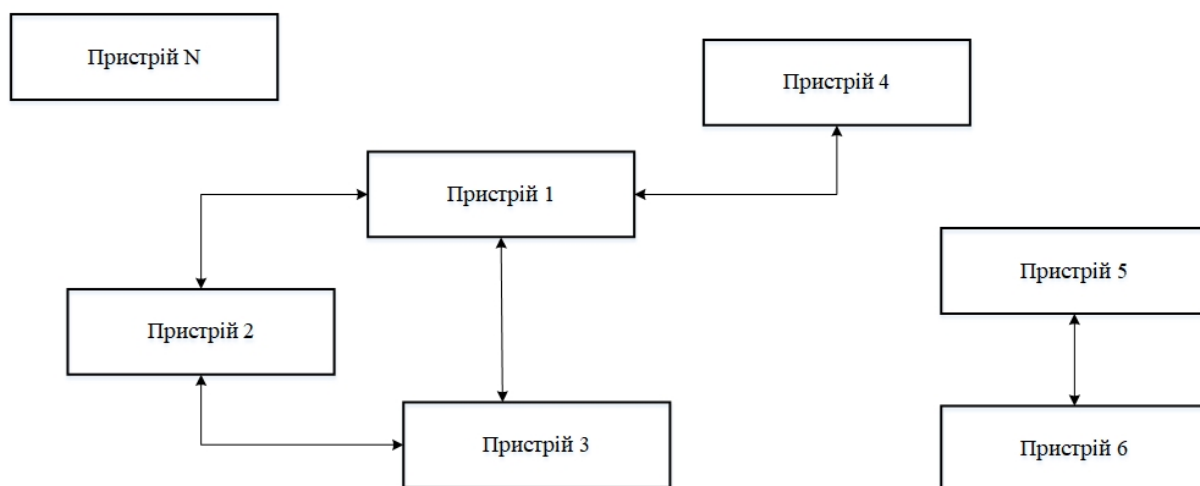


Рисунок 1.7 – Архітектура децентралізованої системи

Однак створення та підтримка великих систем може бути складним процесом, інтеграція різних компонентів в єдину мережу також може бути складною, а впровадження дуже складних сценаріїв може бути неможливою. Незважаючи на ці недоліки, децентралізована система все ще пропонує багато переваг, якщо проект не великий.

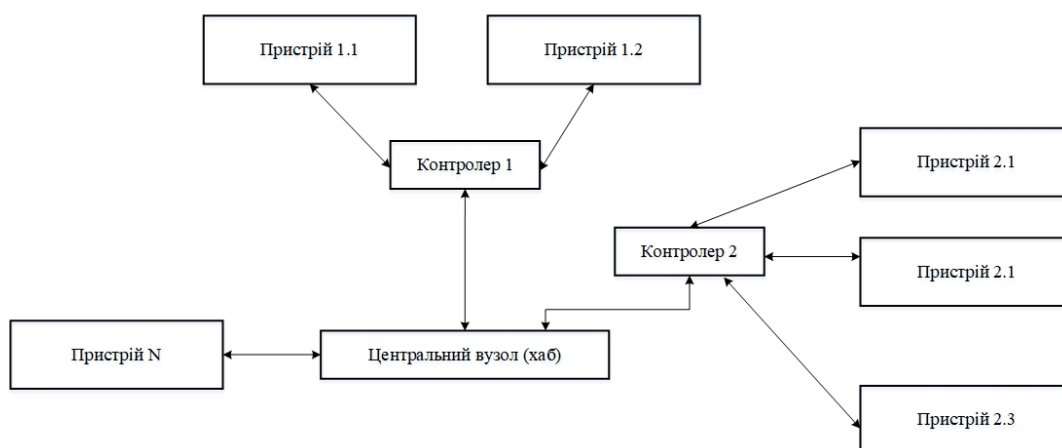


Рисунок 1.8 – Архітектура змішаної системи

Концепція змішаної системи використовує допоміжні комп'ютерні контролери для керування певними функціональними групами в режимі реального часу. Ці дочірні контролери спілкуються з центральним вузлом і регулюють події всередині своєї групи. Приклад такої архітектури зображено на рисунку 1.8.

Хоча цей підхід забезпечує високий рівень надійності, він також пов'язаний із збільшенням витрат на реалізацію, технічне обслуговування та можливі непередбачувані труднощі при розширенні системи. Однак ця концепція поєднує в собі переваги різних систем і дозволяє підтримувати мінімальний рівень функціональності, навіть якщо центральний вузол вимкнено. Лише просунуті, некритичні сценарії будуть впливати в екстреному стані.

1.6 Постановка завдання

Під час проведеного дослідження технологій розумних будинків і аналізу наявних систем управління, було виявлено, що багато хто з них стикається з обмеженнями в сумісності та інтеграції різноманітного обладнання. Це дослідження дало змогу виявити ключові вимоги для вирішення питання сумісності системи розумного будинку, яка повинна мати гнучкість і адаптивність для легкої інтеграції нових пристроїв без значних змін у програмному компоненті.

Ядро розумного будинку має функціонувати як центральний хаб, який з'єднує апаратне та програмне забезпечення, контролює пристрої за допомогою сценаріїв і подій. Воно також має забезпечувати доступ для ввімкнення, зміни, налаштування та вимкнення сценаріїв за допомогою користувацького інтерфейсу.

Щоб досягти цього, необхідно вирішити кілька цілей:

- уніфікований метод доступу до всіх пристроїв у системі шляхом їх розбиття на внутрішні стани та дії;
- гнучкий процес інтеграції для нових пристроїв через сценарії драйверів і конфігурацію системи без втручання в основний програмний компонент;
- створення високорівневої сценарної системи керування приладами з використанням попередніх досліджень;
- впровадження системи створення, редагування та налаштування скриптів;
- створення зручного інтерфейсу для системи розумний дім.

2 ОГЛЯД Й ВИБІР АПАРАТНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Наведено огляд у якому описується аналіз і порівняння наявних технологій, що застосовувались під час реалізації дипломного проекту. Дослідження починається з розгляду різних технологій передачі даних, акцентуючи увагу на найактуальніших і найпоширеніших методах на момент дослідження.

Потім слідує огляд апаратних платформ, які можуть слугувати основою для центральної системи розумного будинку. Цей етап дає змогу визначити потенціал і обмеження різних пристроїв з погляду їхнього застосування в проєкті.

Далі аналізується програмне забезпечення для баз даних, досліджуючи як традиційні, так і сучасні системи зберігання інформації. Це необхідно для визначення найефективнішого та найбезпечнішого методу опрацювання та зберігання даних, що генеруються системою розумного будинку.

У контексті серверної частини проєкту розглядається програмне забезпечення, призначене для створення та управління сервером, що забезпечують взаємодію всіх компонентів системи.

Завершується розділ аналізом програмних платформ та інструментів для впровадження клієнтської частини застосунку, що взаємодіє із серверною частиною системи.

Мета цього дослідження - визначити найбільш підходящі технології для комплексного реалізації системи розумного будинку, забезпечуючи її ефективне та надійне функціонування.

2.1 Основні вузли функціонування розумного будинку

Основною перевагою розумних будинків є їхня модульність, і тому в плані функцій вони можуть сильно відрізнятися. Немає суворого «стандарту» для них [14]. Наприклад, якщо клієнт не хоче обладнати будинок усіма доступними пристроями від виробника, а вважає за краще мати тільки ключові системи, наприклад, для забезпечення безпеки, це буде зовсім інша концепція, ніж якби він хотів, щоб будинок реагував на найдрібніші дії сенсорів або розширював мультимедійні функції, як аудіостімінг у режимі multiroom. Можливість розумних будинків пристосовуватися до мінливих вимог не завжди забезпечується виробником, звідси і потреба в більш універсальному програмному забезпеченні.

Основою розумного будинку є програмне забезпечення, що відповідає за управління робочим процесом. Це ПЗ контролює події, отримані від сенсорів, ініціює відповідні реакції на них, управляє і планує діяльність у рамках операційного процесу, а також забезпечує взаємодію з інструментами і людськими ресурсами, а також комунікацію між компонентами. Таке

програмне забезпечення, як правило, працює на спеціалізованій керуючій апаратній платформі[15]. Рисунок 2.1 демонструє приклад цього компонента.



Рисунок 2.1 – Інфографік системи розумного будинку

На сьогодні виокремлено ключові концептуальні підходи до створення і впровадження систем розумних будинків:

- приховано контрольоване;
- комплексно керований;
- ілюзорний мультимедіа;
- динамічний;

У підході приховано контрольоване, житло переважно оснащено сенсорами та компонентами для моніторингу різних аспектів житлових умов, таких як температура, вологість і якість повітря. Ключовим моментом тут є використання систем безпеки, включаючи зовнішнє відеоспостереження, системи пожежної безпеки та інше.

Комплексно керований підхід являє собою житло, оснащене інтегрованими системами управління всіма інженерними елементами і побутовою технікою. Він зазвичай також включає в себе елементи першого концепту – «приховано контрольованого».

Ілюзорний мультимедіа підході головна увага приділяється мультимедійним можливостям, зокрема системам для мультирумного аудіо-та відео-стримінгу, а також технологіям візуального відображення інформації.

У рамках динамічний концепції, житло поступово і динамічно обладнується різними компонентами відповідно до побажань власника будинку.

Усі наведені підходи класифікуються на основі конкретних стратегічних особливостей і можуть мати перетини між собою [16].

У прихованому керованому підході основний акцент робиться на системах безпеки: це охоплює захист від злому (засоби контролю цілісності вікон, сенсори руху, камери), а також засоби пожежної безпеки, таких як сенсори диму і газу та автоматичні системи гасіння. До цієї категорії також входять системи моніторингу довкілля, таких як сенсори для вимірювання температури, вологості та якості повітря, а також системи контролю освітлення. Такі пристрої зазвичай непомітні і не змінюють загальний дизайн інтер'єру.

Під комплексним керованим управлінням розуміють інтеграцію з побутовою технікою, такою як кавомашини, автоматичніпилососи, автоматизовані штори та вікна. Цей процес інтеграції досі представляє певні труднощі і може обмежувати вибір конкретних пристроїв. Для деяких пристроїв може знадобитися додаткове обладнання для повноцінної інтеграції.

У просторі, орієнтованому на мультимедіа, увагу приділяють пристроям, які візуально або аудіо трансформують простір. Прикладом слугують проектори, голографічні системи та аудіо/відео трансляції з можливістю багатокімнатного відтворення.

Динамічний підхід може комбінувати елементи всіх вищезазначених концепцій або вводити унікальні функції, такі як автоматизовані меблі. Цей підхід вимагає більшої гнучкості з боку програмного забезпечення і найчастіше створюється на замовлення [17].

2.2 Безпека розумного будинку

Основним завданням розумного будинку є забезпечення безпеки, особливо коли його мешканці відсутні. Це включає в себе системи відеоспостереження, сенсори присутності та повідомлення власника через мобільні пристрої. Пристрої, що використовуються, можуть бути різноманітними, таких як сенсори контролю вікон, дверей і сенсори руху, що взаємодіють із системами відеоспостереження.

Для забезпечення оптимального захисту об'єкта часто застосовують багаторівневі системи безпеки. Вони складаються з різних рівнів із відповідним обладнанням, що реагує на різні ситуації. Перший рівень фокусується на контролі навколишньої території, використовуючи відеокамери, які можуть записувати постійно або активуватися при виявленні руху завдяки інфрачервоним сенсорам.

Другий рівень займається контролем входів у будинок, включно з сенсорами на дверях і вікнах, а також пристроями, що реєструють рух біля будівлі. Третій рівень сконцентрований на внутрішньому контролі з використанням прихованих камер та інфрачервоних сенсорів у місцях з найбільшою цінністю. Ці системи також можуть бути застосовані для забезпечення безпеки в багатоквартирних будинках. Додаткові тривожні кнопки можуть бути встановлені для швидкого оповіщення про порушення або пожежу.

Крім фізичної безпеки, важливо забезпечувати цифровий захист системи розумного будинку. Наприклад, звичайний HTTP протокол може бути замінений на більш захищений HTTPS, команди управління можуть бути захищені тимчасовими токенами. Якщо управління доступне через Інтернет, дані шифруються і доступ до них надається тільки пристроям з певними MAC-адресами.

2.3 Технології передачі даних

Під час дослідження системи автоматизації керування модулями розумного будинку, здійснювався детальний аналіз поточних технологій передавання інформації. Ці технології необхідні для встановлення гарантованого стабільного та ефективного зв'язку між елементами системи. Дослідження включало аналіз різноманітних апаратних засобів і програмного забезпечення, необхідних для функціонування серверної та клієнтської частин розумного будинку.

Найпоширенішою технологією передавання інформації на сьогодні є Wi-Fi, заснована на стандартах IEEE 802.11. Ця технологія дає змогу підключатися до мережі без дротів через роутери або точки доступу. Для захисту даних використовуються методи шифрування, такі як WPA2 і WEP, що критично для захисту особистої інформації користувачів або екосистеми проекту [18].

Wi-Fi була створена компанією NCR/AT&T у Нідерландах у 1991 році для мобільних обчислювальних пристроїв, наприклад, ноутбуків. Згодом технологія поширилася і тепер застосовується в багатьох пристроях, включно зі смартфонами, телевізорами, DVD-плеєрами та цифровими камерами.

Wi-Fi підтримує два основні режими зв'язку: з'єднання точка-клієнт і клієнт-клієнт. Ці режими збільшують гнучкість налаштування мереж у

домашніх умовах, що важливо для систем розумного будинку, де необхідна взаємодія безлічі пристроїв.

Також, Wi-Fi забезпечує швидке підключення до Інтернету і мережеве з'єднання без кабелів, що робить її кращим вибором для багатьох. У рамках розумного будинку ця технологія дає змогу локальним мережам функціонувати бездротовим чином, спрощуючи встановлення та підтримку систем.

Важливою характеристикою Wi-Fi є її радіус дії, який може варіюватися від 30 до 45 метрів від маршрутизатора, що забезпечує достатнє покриття для більшості будинків. Для збільшення зони покриття можуть застосовуватися розширювачі сигналу.

Іншою популярною технологією в галузі розумних будинків є Bluetooth, спочатку створена для передачі даних на короткі відстані. На відміну від Wi-Fi, Bluetooth зосереджений на створенні локальних мереж між пристроями для управління різними елементами розумного будинку.

Bluetooth функціонує за принципом пікомереж, які включають до восьми пристроїв: один ведучий і до семи ведених. Ведучий пристрій керує зв'язком і трафіком між під'єднаними пристроями, координуючи роботу елементів системи розумного будинку.

Особливістю Bluetooth є частотний хопінг, який підвищує стійкість мережі до перешкод і робить з'єднання безпечнішим. Кожен пристрій у пікомережі синхронізує частотні перемикання, мінімізуючи ризик перетину сигналів [19].

У розумному будинку Bluetooth може керувати освітленням, термостатами, системами безпеки та іншими пристроями. Наприклад, автомобільна система Bluetooth може інтегруватися з домашньою автоматизацією, активуючи функції при наближенні автомобіля.

Технічні характеристики Bluetooth, включно з протоколами LMP і L2CAP, забезпечують гнучкість і масштабованість під час інтеграції з різними

пристроями. Це дає змогу створювати складні, керовані системи в розумних будинках.

Безпека в мережах Bluetooth, включно зі зміною радіочастот і налаштуванням доступу, допомагає захищати систему від несанкціонованого доступу й атак, таких як bluesnarfing і blue bugging.

Версії Bluetooth від v1.0 до v4.0 і новіше пропонують різноманітні функції для реалізаторів і користувачів розумних будинків, включно з поліпшеними характеристиками швидкості, дальності та енергоефективності.

Технологія Bluetooth, починаючи з версії v1.0 і просуваючись до новітніх версій, таких як v4.0 з низьким енергоспоживанням, являє собою широкий спектр можливостей для реалізаторів і користувачів систем розумного будинку. Ці версії постійно вдосконалюються, пропонуючи поліпшені характеристики в плані швидкості передавання, дальності сигналу та енергоефективності.

Ця еволюція Bluetooth сприяє створенню потужніших і зручніших для користувача систем розумного будинку, покращуючи взаємодію між різними пристроями та підвищуючи загальну ефективність системи. Так, пристрої, що працюють на останніх версіях Bluetooth, можуть забезпечувати більш стабільне і швидке з'єднання, що критично важливо для синхронізації безлічі пристроїв в сучасних будинках.

Крім того, прогрес у сфері Bluetooth-технології дає змогу інтегрувати більш складні та функціональні пристрої в систему розумного будинку, включно з передовими сенсорами та контролерами, які потребують надійного зв'язку для точного й ефективного управління. Це особливо важливо в контексті технологій, що розвиваються, і попиту, що постійно зростає, на більш інтелектуальні та автоматизовані домашні системи.

У екосистемі розумного будинку, крім бездротових технологій, таких як Wi-Fi і Bluetooth, активно використовуються дротові способи зв'язку, серед яких особливо виділяються I²C, UART і SPI.

I²C, реалізація Philips Semiconductors, є серійним інтерфейсом з можливістю множинного управління, який функціонує з використанням двох дротів: один для передачі даних (SDA) та інший для синхронізації (SCL). Цей протокол чудово підходить для координації передачі даних між пристроями, розташованими неподалік один від одного, даючи змогу інтегрувати в мережу безліч пристроїв із високошвидкісною передачею даних. Така здатність робить його чудовим вибором для комплексних систем розумного будинку, що вимагають ефективної взаємодії між численними компонентами.

UART, відомий як універсальний асинхронний приймач-передавач, лежить в основі послідовного передавання даних в електронних пристроях. Він перетворює паралельні дані з центрального процесора в послідовний формат для відправки, і навпаки під час прийому. Цей інтерфейс додає початковий і кінцевий біти до кожного байта, що гарантує збереження переданої інформації. Простота використання UART, який вимагає всього двох дротів (TX і RX), робить його оптимальним для впровадження в системи розумного будинку, де важливий надійний двосторонній зв'язок.

SPI, або Серійний периферійний інтерфейс, є синхронним протоколом, що працює за принципом «майстер-раб». Містить чотири основні дроти: MISO, MOSI, SCK і CS, він дає змогу пристрою-майстру керувати обміном даних з одним або кількома рабами. Ця технологія ідеально підходить для під'єднання різноманітних сенсорів, таких як температури, вологості, відстані та інших, у системах розумного будинку, забезпечуючи ефективний обмін даними завдяки відносно високій швидкості та можливості роботи в режимі повного дуплексу.

2.4 Огляд та вибір стеку технологій

2.4.1 Апаратні платформи центрального хабу системи

Для реалізації центрального хабу автоматизації керування модулями розумного будинка було розглянуто популярні мікропроцесорні системи.

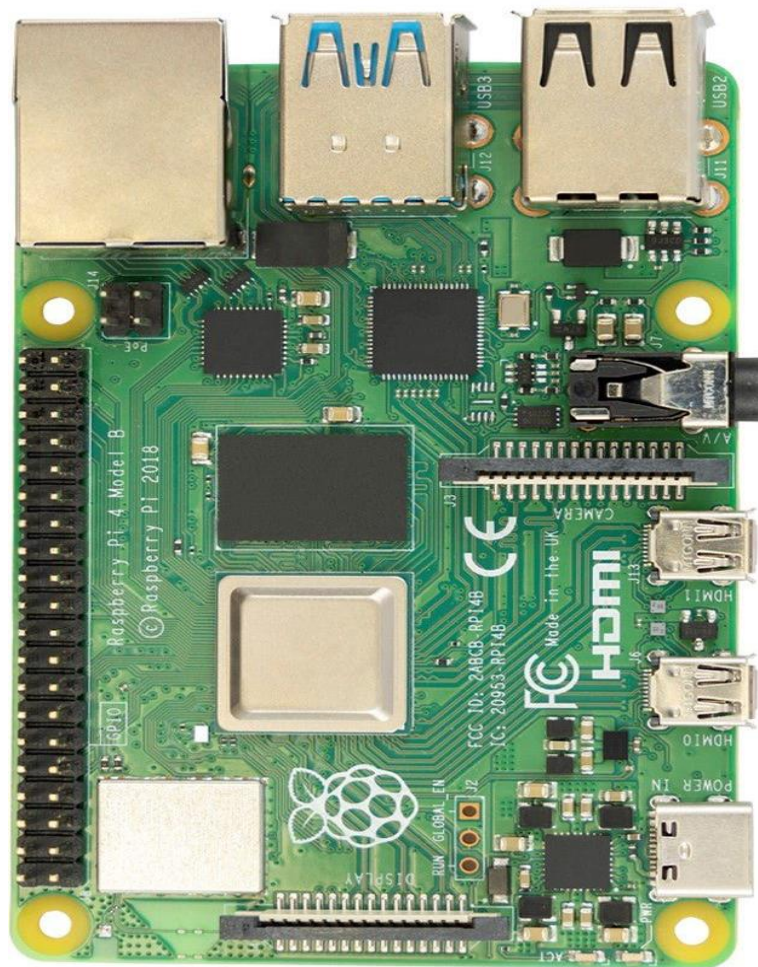


Рисунок 2.2 – Плата Raspberry Pi 4

Raspberry Pi - це лінійка компактних комп'ютерів на одній платі, реалізована благодійною організацією з Великої Британії Raspberry Pi Foundation. Основним завданням цієї організації є просування комп'ютерної освіти та зниження порогу входу у світ програмування та електроніки.

Перший Raspberry Pi був представлений громадськості в 2012 році. З того часу було представлено безліч версій цього пристрою. Якщо перша модель мала однопоточний процесор із частотою 700 МГц і 256 мегабайтами оперативної пам'яті, то новіші версії набагато потужніші - наприклад, одна з останніх моделей має чотирьохпоточний процесор на 1,4 ГГц і 1 гігабайт оперативної пам'яті. Замість жорсткого диска в цих комп'ютерах використовується SD-карта. Мікрокомп'ютер представлено на рисунку 2.2.

Цікавим моментом є те, що основна вартість Raspberry Pi завжди залишалася на рівні 55\$. Деякі модифікації, такі як Pi Zero, навіть пропонуються за ціною в 8\$.

По всьому світу ентузіасти і професіонали використовують Raspberry Pi для вивчення програмування, створення унікальних електронних пристроїв, автоматизації побуту і навіть у промислових рішеннях. Це не лише доступний комп'ютер на базі GNU/Linux, а й платформа з портами GPIO (загального призначення), що дає змогу контролювати різноманітні електронні компоненти та працювати в галузі IoT.

Контакти на платі можуть функціонувати в ролі виходів мікроконтролера, обробляти сигнали, підтримувати технології передавання даних, таких як UART і I-Wire, завдяки вбудованим драйверам і бібліотекам.

Завдяки процесору з архітектурою ARM, на Raspberry Pi можна запускати різні сервери, зокрема веб-сервери та бази даних. Підтримується і платформа .NET core, як у режимі Runtime, так і SDK. Найпоширеніша мова для впровадження на цій платформі - Python, для якої існує величезна кількість готових бібліотек і рішень.

Arduino - це відкрита апаратна і програмна платформа, створена для проектування і створення прототипів електронних пристроїв. Ця платформа, що базується переважно на однопоточних мікроконтролерах, вигляд якої можна побачити на рисунку 2.3, покликана забезпечувати доступне введення в сферу електроніки та програмування для студентів, інженерів, хобістів і дослідників.



Рисунок 2.3 – Плата Arduino UNO

Основною характеристикою Arduino є її гнучкість: плати можуть бути легко адаптовані для різних завдань завдяки модульній структурі та великій бібліотеці доповнень. Користувачі можуть програмувати пристрої за допомогою IDE Arduino, використовуючи мову програмування на основі C/C++. IDE надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для завантаження коду на плату і діагностики системи.

Завдяки своїй доступності та відкритості, Arduino стала невід'ємною частиною багатьох освітніх програм по всьому світу, а також основою для безлічі стартапів і дослідницьких проєктів. Ця платформа дає змогу швидко перетворювати ідеї на робочі прототипи, що робить її ідеальним інструментом для інновацій у сфері електроніки.

Однак, незважаючи на всі переваги, важливо враховувати, що Arduino - це платформа для прототипування, і в деяких комерційних або промислових додатках можуть знадобитися більш спеціалізовані рішення. Проте, завдяки активній спільноті та безлічі доступних ресурсів, Arduino продовжує залишатися ключовим елементом у світі DIY-електроніки та освіти в цій сфері.

ASUS Tinker Board являє собою одноплатний комп'ютер, створений корпорацією ASUS з метою забезпечення високої продуктивності при збереженні компактних розмірів (рис. 2.4). Позиціонуючись як альтернатива

популярним Raspberry Pi, цю платформу було представлено низкою моделей, що пропонують поліпшені обчислювальні та графічні характеристики.



Рисунок 2.4 – Плата Asus Tinker Board

Однією з ключових особливостей ASUS Tinker Board є використання чотирьохядерного процесора Rockchip RK3288 з частотою до 1,8 ГГц і графічним ядром Mali-T764. Така конфігурація забезпечує підвищену продуктивність порівняно з багатьма іншими одноплатними комп'ютерами, що робить її ідеальним вибором для ресурсномістких завдань, таких як оброблення мультимедіа або навіть деякі види машинного навчання.

На практиці ASUS Tinker Board знайшов застосування в найрізноманітніших галузях - від створення мультимедійних центрів і навчання програмуванню до застосування в промисловій автоматизації та створення прототипів нових пристроїв. Вбудовані інтерфейси, таких як HDMI, Gigabit Ethernet, Wi-Fi і Bluetooth, дають змогу легко інтегрувати плату в різні системи та мережі.

Проте необхідно враховувати, що, незважаючи на безліч переваг, ASUS Tinker Board також має свої обмеження, пов'язані з відносно високою вартістю і необхідністю спеціалізованого налаштування для певних застосунків. Однак, завдяки активній онлайн-спільноті та великій документації, ця платформа продовжує привертати увагу професіоналів і ентузіастів по всьому світу.

У рамках дослідження для дипломного проекту передбачалося використання настільного комп'ютера як центрального елемента системи управління інтелектуальним будинком. Цей підхід було обрано на підставі аналізу обчислювальних можливостей настільних комп'ютерів, які значно перевершують апаратні характеристики інших розглянутих платформ. Ключовою перевагою цього вибору є можливість застосування x86 програмного забезпечення, різноманітних інструментів програмування і систем управління базами даних.

Проте, під час попереднього дослідження було виявлено, що реалізація деяких інтерфейсів, зокрема UART, 1-Wire, SPI, IR, потребуватиме інтеграції додаткових плат розширення. Крім того, варто враховувати потенційні проблеми, пов'язані з високим енергоспоживанням і шумом, які характерні для настільних комп'ютерів.

2.4.2 Сенсори

У системі автоматизації керування модулями розумного будинку сенсори посідають центральне місце, виконуючи функцію збору інформації про параметри навколишнього середовища. Вони є ключовим елементом для здійснення автоматичних рішень і управління процесами в розумному будинку, а також важливі для створення автоматизованих сценаріїв управління побутовими пристроями.

Для досягнення базового функціоналу системи інтелектуального управління побутовою технікою, що виходить за рамки простих часових параметрів, було вивчено сенсори руху і температури.

Інфрачервоний сенсор руху HC-SR501 (див. малюнок 2.5) здатний уловлювати рух людей або тварин на дистанції до 7 метрів, завдяки чому він ідеально підходить для контролю й автоматизації систем освітлення, безпеки та інших функцій. Завдяки куту виявлення в 110° , сенсор охоплює широку область, що підвищує його ефективність у різноманітних ситуаціях [20].



Рисунок 2.5 – Модуль інфрачервоного сенсора руху HC-SR501

Сенсор функціонує на напрузі від 4.5 до 12 В, сумісний з більшістю мікроконтролерів і мікрокомп'ютерів. Вихідна напруга логічного рівня коливається в межах від 0 до 3.3 В. Час реакції сенсора регульований від 0.3 до 300 секунд, забезпечуючи можливість налаштування під конкретні потреби проєкту. Пропонує два режими роботи: одноразове (L) і багаторазове (H) спрацьовування, що додає гнучкості в застосуванні.

Цифровий сенсор температури і вологості DHT11 (див. малюнок 2.6) вимірює температуру і вологість повітря, підходить для систем розумного будинку, де важливо відстежувати кліматичні зміни. Визначає вологість у діапазоні від 5 до 95% RH з похибкою $\pm 5\%$, що достатньо для автоматизації сценаріїв. Діапазон вимірювання температури від -20 до $+60$ °C з похибкою $\pm 2\%$ дає змогу контролювати широкий спектр температур. Працює від джерела живлення 3.5-5.5 В, сумісний з різними мікроконтролерами [21]. Максимальна частота зчитування даних становить 1 Гц, що задовольняє вимогам більшості систем моніторингу. Компактні розміри (15.5 x 12 x 5.5 мм) спрощують інтеграцію сенсора в різноманітні пристрої та системи.

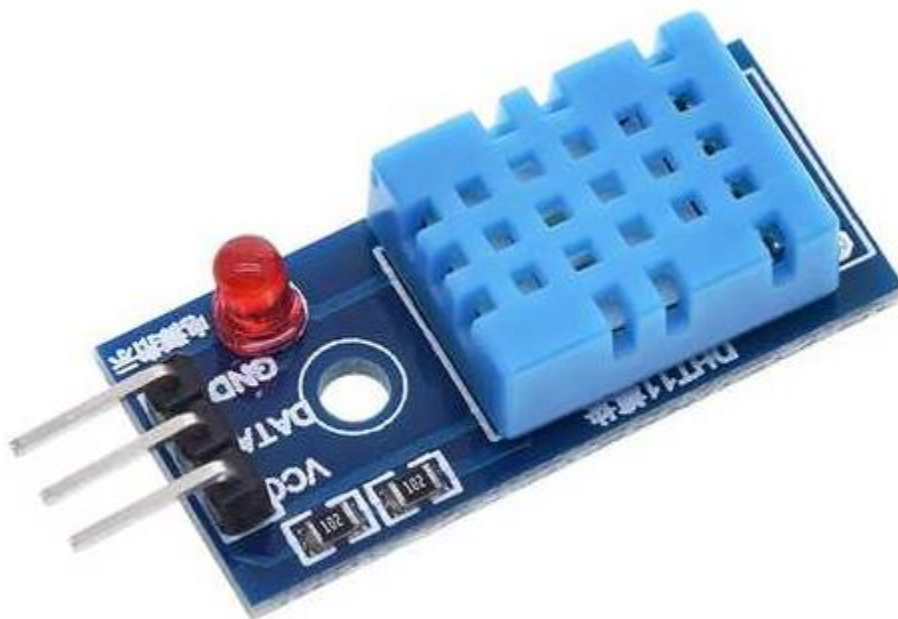


Рисунок 2.7 – Модуль цифрового сенсора температури та вологості DHT11

2.4.3 Елемент розв'язки

У процесі дослідження для реалізації центрального хабу системи автоматизації керування модулями розумного будинку було вирішено використати реле як розділовий елемент. Реле, що виступає в ролі електромеханічного перемикача, дає змогу керувати високими струмами за допомогою невеликого контрольного сигналу. У контексті розумного будинку, реле застосовується для контролю над різноманітними побутовими приладами, зокрема освітленням, обігрівачами, кондиціонерами та іншими пристроями, що споживають значну кількість енергії.

Під час вибору відповідного реле ключовим фактором є його номінальна напруга і струм, що впливає на максимальну потужність, яку перемикає пристрій. Необхідно, щоб реле відповідали електричним характеристикам навантажень, з якими вони будуть використовуватися. Також варто враховувати тип активації реле: вони можуть запускатися безпосередньо від мікроконтролера або через додаткові драйвери, залежно від необхідного активаційного струму і специфікацій виходів мікроконтролера.

Кількість каналів у реле має значний вплив на проєктування та впровадження системи в електромережу будинку. Багатоканальні реле дають

змогу керувати різними навантаженнями незалежно, забезпечуючи більшу гнучкість і масштабованість системи. Крім того, важливим є вибір типу контактів реле: нормально відкриті (NO), нормально закриті (NC) або ті, які можна перемикаєти, що визначається логікою управління і вимогами безпеки системи.

2.4.4 Програмне заперечення баз даних

Інтелектуальна система розумного будинку безумовно залежить від надійних джерел для збереження даних. Це може містити дані, отримані від сенсорів, таких як вимірювання температури, вологості або освітленості, параметри налаштування системи, записи про події, що відбулися, і багато іншого. Для таких завдань потрібні надійні бази даних. Далі наведено докладні характеристики та аналіз популярних рішень у сфері баз даних, які можуть бути використані в системах розумного будинку.

Oracle Database на сьогодні останній випуск бази даних Oracle, 21c, створений для роботи в хмарних системах і може бути встановлений як на одній, так і на безлічі машин [22]. Ця система забезпечує управління величезними базами даних, які містять мільярди рядків. Серед особливостей Oracle 21c можна виділити мережеву архітектуру, а також поєднання фізичних і логічних елементів. Таким чином, маніпулювання фізичними даними не заважає доступу до логічних елементів. На висоті також безпека: кожна транзакція ретельно ізольована від інших

Переваги цієї СУБД включають в себе передові інновації, які виходять від Oracle, так як ця компанія займає лідируючі позиції серед інструментів реалізації баз даних і ставить високі стандарти для інших інструментів СУБД. Системи керування базами даних від Oracle вирізняються високою стабільністю, і серед них легко можна знайти рішення для будь-яких завдань.

Однак використання Oracle має свої мінуси. До них можна віднести високу вартість, що може бути бар'єром для малих підприємств. Після встановлення цієї системи потреба в ресурсах може зрости, що може потребувати модернізації обладнання.

Ця система найбільш придатна для великих корпорацій, які керують гігантськими масивами даних і потребують складних функціональних можливостей, однак вона може не підійти для певних специфічних завдань.

PostgreSQL є однією з найвідоміших безоплатних систем керування базами даних і часто застосовується у веб-проектах. Ця база даних з ранніх етапів свого розвитку підтримувала управління як структурованими, так і неструктурованими даними. PostgreSQL може функціонувати на більшості ключових платформ, включно з GNU/Linux, і має зручні інструменти для імпорту даних з інших джерел.

Це рішення може бути розгорнуто в різних оточеннях: віртуальних, фізичних і хмарних. Версія PostgreSQL 16.0 надає можливість обробки великих обсягів даних і підтримує безліч одночасних користувачів. Рівень безпеки посилено завдяки функціям DBMS_SESSION і просунутим налаштуванням парольного захисту.

PostgreSQL сумісний з основними операційними системами, зокрема GNU/Linux, UNIX (AIX, BSD, HP-UX, SGI IRIX, Mac OS X, Solaris, Tru64) і Windows. Він підтримує різноманітні формати даних - від тексту до зображень, аудіо та відео, і надає API для багатьох мов програмування, таких як C/C++, Java, Python та інші.

Переваги: Система має можливість масштабування і може працювати з терабайтами даних. Є підтримка JSON і великий вибір вбудованих функцій та інтерфейсів.

Недоліки: Іноді документація може залишати бажати кращого, що може призвести до пошуків відповідей в інтернеті. Налаштування може бути складним, а при виконанні великих операцій продуктивність може погіршуватися.

Це рішення оптимальне для компаній з обмеженими ресурсами, які прагнуть гнучкості у виборі інтерфейсу і бажають використовувати JSON.

Microsoft SQL Server. Microsoft SQL Server - це універсальна система керування базами даних, здатна функціонувати як на хмарних, так і на

локальних серверах. Microsoft постійно розвиває цей продукт, і з випуском Microsoft SQL Server 2022 було внесено удосконалення, що заслуговують на увагу. У цій версії система пропонує поліпшену інтеграцію з хмарними технологіями, а також оптимізовану роботу на платформах GNU/Linux і Windows. Однією з ключових особливостей 2022 року стало розширене машинне навчання, що робить аналіз даних ще більш глибоким і точним. Крім того, Microsoft посилила заходи безпеки, надавши засоби для динамічного маскуванню даних, гарантуючи, що лише авторизовані користувачі можуть бачити конфіденційну інформацію.

Переваги: Microsoft SQL Server залишається однією з найшвидших і найнадійніших систем управління базами даних. Його потужний движок надає інструменти для моніторингу та оптимізації продуктивності, що сприяє економії ресурсів. Інтеграція з іншими продуктами Microsoft забезпечує легкість у використанні та сумісність. Версія Express залишається безкоштовною та ідеально підходить для багатьох завдань [23].

Недоліки: Незважаючи на всі інновації, в певних умовах, особливо під час обробки величезних обсягів даних, Microsoft SQL Server може вимагати значних ресурсів.

Цей продукт найбільше підходить для підприємств і проектів, які активно використовують інструменти від Microsoft. Наприклад, інтеграція з продуктами Office або Azure може бути вирішальним фактором при виборі цієї СУБД.

SQLite є вбудованою системою керування реляційними базами даних. Відмінною особливістю цієї СУБД є відсутність необхідності в серверному процесі або демоні для функціонування. Усі операції в SQLite відбуваються на рівні локальних файлів, що робить його неймовірно портативним і легко інтегрованим. SQLite не потребує налаштування або адміністрування, що значно зменшує складність його використання.

SQLite має невеликий розмір, що робить його оптимальним вибором для вбудованих систем, мобільних додатків і пристроїв з обмеженими ресурсами.

Незважаючи на свою компактність, SQLite забезпечує повноцінну підтримку реляційної моделі даних і підтримує більшість запитів SQL.

Таким чином, виходячи зі своїх характеристик і можливостей, SQLite є чудовим рішенням для маленьких проєктів і систем, де потрібна легкість і незалежність від великих серверних рішень. Наприклад, для вбудованих систем, де потрібна надійність, але при цьому мінімум надмірності. SQLite легко інтегрується з безліччю програмних платформ і підтримується широким спектром мов програмування, включно з Python, C, C++, Java та багатьма іншими.

2.4.5 Програмне заперечення для впровадження серверної частини

Для комунікації користувача з центральною системою розумного будинку було розглянуто два рішення: створення сервера з використанням Web API і створення сервера на базі сокетів. Після ретельного аналізу було прийнято рішення на користь сокетів.

Сокети забезпечують можливість обмінюватися даними в реальному часі. Для системи розумного будинку, де миттєве виконання команд і відгук на дії користувача критично важливі, це стає значною перевагою.

На відміну від Web API, де кожен запит і відповідь вимагають встановлення нового з'єднання, сокети надають постійне з'єднання між клієнтом і сервером. Це знижує навантаження на сервер і зменшує час затримки під час обміну інформацією.

Сокети зазвичай більш ефективні в плані використання ресурсів, оскільки вони позбавляють від необхідності постійно встановлювати і розривати з'єднання, що характерно для Web API.

Виходячи з перерахованих вище переваг, створення сервера на базі сокетів показало себе як найбільш підходящий варіант для центральної системи розумного будинку. Такий підхід забезпечує надійнішу і стабільнішу комунікацію між пристроями і призначеним для користувача інтерфейсом.

Під час дослідження для дипломного проєкту було розглянуто кілька програмних продуктів, що підтримують роботу з сокетами через їхні стандартні бібліотеки:

- інтерпритатор Python;
- бібліотека Boost для C++;
- java Development Kit (JDK);
- java Development Kit (JDK);
- node.js Runtime Environment;

Інтерпретатор Python це основний інструмент для виконання програм мовою Python. У комплекті з ним йде модуль socket, що надає засоби для створення і керування сокетами TCP і UDP. Цей модуль дає змогу реалізувати мережеві додатки з високим ступенем гнучкості та простотою.

Бібліотека Boost для C++ це зокрема, компонент Boost.Asio надає набір високорівневих функцій для асинхронного програмування з використанням сокетів, таймерів та інших засобів введення-виведення. Це дає змогу створювати масштабовані та продуктивні мережеві додатки на C++.

Java Development Kit (JDK) це стандартна бібліотека Java у якій представлені класи, такі як ServerSocket і Socket, для роботи з сокетами. З їхньою допомогою можна створювати багатопотокові сокет-сервери, що обробляють безліч клієнтських з'єднань.

Node.js - це платформа для виконання коду мовою JavaScript поза браузером. Вона надає модуль net, який містить функції для роботи з асинхронними мережевими сокетами.

2.4.6 Програмне заперечення для реалізації клієнтської частини.

Під час реалізації клієнтської частини мобільного додатка для взаємодії з центральною системою розумного будинку було розглянуто кілька програмних продуктів:

- React Native;
- Flutter;
- Xamarin;

- Android Studio;

React Native це фреймворк, який пропонує можливість реалізації мобільних застосунків на базі JavaScript і React. Основна перевага полягає в кросплатформенності, даючи змогу одним кодом охоплювати як iOS, так і Android платформи. Велика спільнота і багата екосистема компонентів прискорюють процес впровадження.

Flutter це фреймворк від Google, що використовує мову Dart для створення кросплатформних мобільних додатків. Він вирізняється швидкою продуктивністю і гнучкістю в дизайні завдяки системі віджетів.

Xamarin являє собою рішення від Microsoft, яке дає змогу створювати кросплатформні додатки мовою C#. Перевага у використанні одного коду для різних операційних систем забезпечує узгодженість і економію часу під час реалізації.

Android Studio це офіційне IDE для Android, що надається Google. Це комплексне рішення для реалізації, тестування та налагодження додатків під Android. Має потужні інструменти, інтегровані сервіси Google і широке ком'юніті, які активно підтримують і розвивають платформу.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ

3.1 Структурна схема системи і інтеграція ядра розумного будинку

Структурну схему системи керування модулями розумного будинку наведено на рисунку 3.0. Вона складається з трьох основних блоків:

- блоку ядра системи управління розумним будинком;
- блоку сенсорної системи;
- блоку електричної системи будинку.

3.1.1 Блок ядру системи управління розумним будинком

Основним елементом реалізованої системи управління модулями розумного будинку є його ядро. Це ядро містить у собі такі компоненти:

- плату керування;
- блок живлення для плати керування;
- твердотільні однофазні реле.

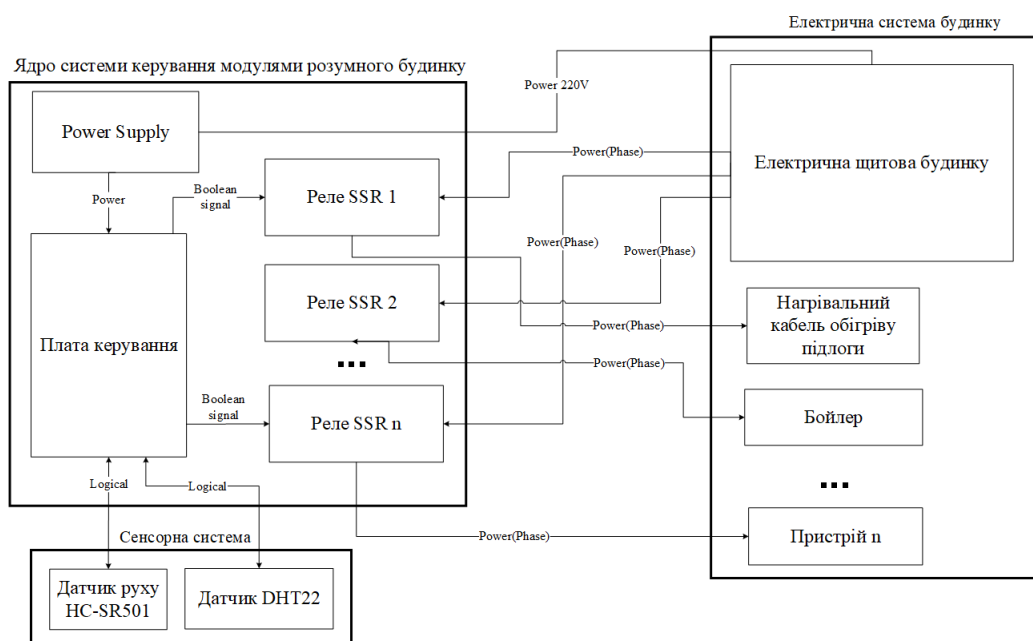


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи керування модулю розумного будинку

Плата керування виконує різні програми, що реалізують сценарії, і аналізує дані, отримані з сенсорної системи. Блок живлення забезпечує плату керування необхідним рівнем напруги і захищає її від перебоїв в електромережі. Твердотільні реле, що застосовуються в системі, не тільки слугують для розв'язки, а й є ключовими елементами інтеграції плати керування в електросистему будинку, забезпечуючи керування фазами змінного струму.

3.1.2 Блок сенсорної системи

Сенсорний блок слугує для перетворення даних із навколишнього середовища на сигнали, які надходять на плату керування. Сенсорна система

під'єднується до цієї плати, використовуючи технології передачі даних, згадані в розділі 2. У структурній схемі представлено два основні сенсори, необхідні для автоматизації керування модулями розумного будинку: сенсор руху і сенсор вологості та температури. У систему також можна під'єднати різні інші сенсори.

3.1.3 Блок електричної системи будинку

Блок електричної системи будинку включає в себе типову електричну щитову і різні елементи навантаження в електричному ланцюзі: блок нагрівального кабелю підлоги, бойлер та інші пристрої. Ця система відіграє ключову роль у забезпеченні комфорту і функціональності будинку. Автоматизацію, оптимізацію споживання електроенергії та підвищення комфорту реалізовано завдяки керуванню з плати керування через елементи розв'язки. Таке керування дає змогу ефективно регулювати енергоспоживання електричних приладів або модулів, вимикаючи їхнє основне живлення за відсутності потреби.

3.2 Вибір стеку технологій

Для ядра системи управління інтелектуальною будівлею обрано мікрокомп'ютер Raspberry PI: він відповідає всім технологіям передавання даних, зазначеним у пункті 2.3.1, легкий у налаштуванні та експлуатації, задовольняє вимогам до продуктивності, функціонує безшумно, має компактні габарити, що забезпечує його безперебійну роботу, водночас залишаючись доступним та енергоефективним.

Грунтуючись на результатах аналізу програмного забезпечення для створення серверних рішень у розділі 2.3.4 цієї дипломної роботи, вибір було зроблено на користь Python. Python є однією з найбільш популярних і гнучких мов програмування, яку підтримує величезна спільнота. Завдяки широкому

спектру бібліотек і фреймворків, Python ідеально підходить для створення серверних додатків, зокрема і для роботи на Raspberry Pi. До того ж, простота синтаксису і можливість швидкого прототипування роблять Python чудовим інструментом для інноваційних рішень.

Як базу даних для системи розумного будинку вирішено використовувати SQLite, оскільки вона легка, ефективна і чудово підходить для невеликих додатків, таких як цей. SQLite дає змогу швидко і без проблем інтегруватися з Python, забезпечуючи зберігання даних у локальному файлі без необхідності встановлення додаткових серверів баз даних.

Для створення користувацького інтерфейсу для клієнтських пристроїв було обрано Android Studio, оскільки це основний інструмент для реалізації мовою Java для Android-пристроїв. У сукупності з Python на серверній стороні, це створює гармонійну взаємодію між сервером і клієнтом. Python, з його видатними бібліотеками та простим синтаксисом, забезпечує надійне та швидке виконання серверних операцій, що оптимізує загальну продуктивність системи.

Python, завдяки своїй виразності та великій екосистемі бібліотек, надає основу для стабільного й оптимізованого рішення для системи розумного будинку. Застосування таких технологій, як SQLite, спрощує управління даними, тоді як Android Studio фасилітує реалізацію інтуїтивного користувацького інтерфейсу. Додатково, використання Python сприяє гнучкості в інтеграції різних IoT-пристроїв і модулів, що посилює потенціал автоматизації системи.

3.3 Електрична схема системи

На рисунку 3.2 зображено електричну схему системи керування модулями розумного будинку. Ця схема демонструє інтеграцію блоку ядра

розумного будинку, заснованого на мікрокомп'ютері Raspberry Pi, у стандартну структуру електрощитка будинку з напругою 230V.

Живлення подається на лічильник через червоний дріт (фаза), синій дріт (нуль) і зелений дріт (заземлення). З лічильника електроживлення спрямовується на вступний двополюсний автомат електрощита. За допомогою цього автомата можна відключати як фазу, так і нуль. Далі в схемі представлено реле напруги, що забезпечує захист від перепадів напруги. Після реле напруги нульовий дріт спрямовується на нульові шини, а фазний - на групові ПЗВ, позначені як 0 - 3. За ПЗВ слідує автоматичні вимикачі, до яких під'єднані різні домашні навантаження: розетки, лампочки та інше.

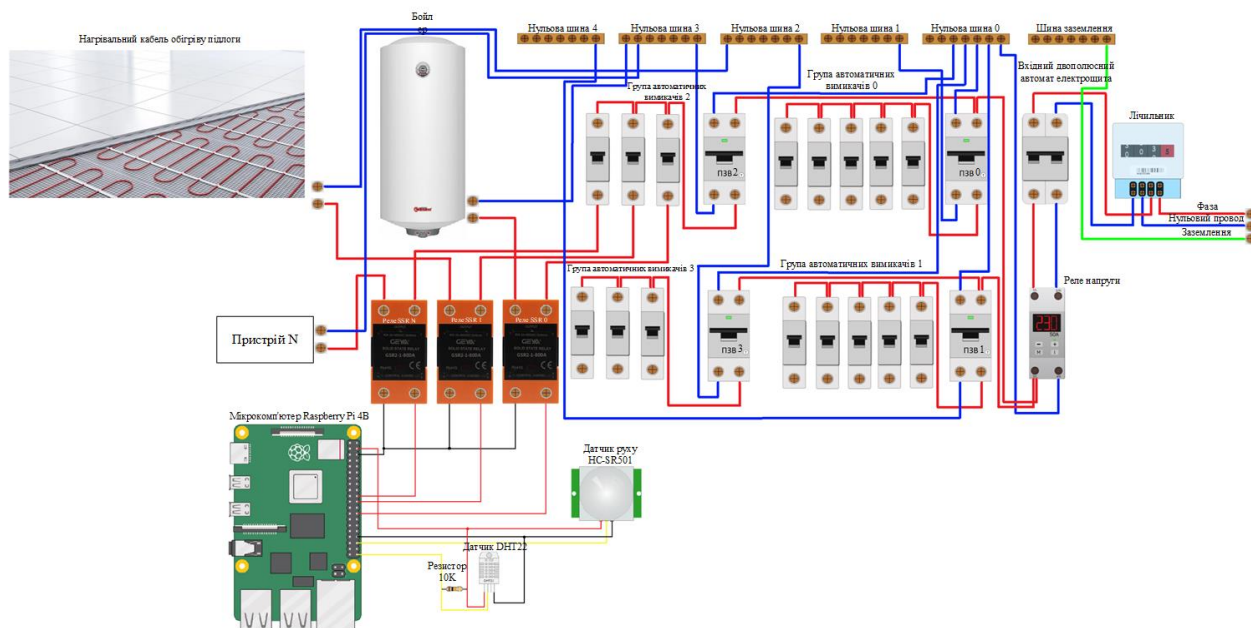


Рисунок 3.2 – Електрична схема системи

До деяких із цих автоматичних вимикачів приєднано модулі твердотільних реле, керовані мікрокомп'ютером Raspberry Pi. У представленій схемі до твердотільних реле під'єднані бойлер і нагрівальний елемент для обігріву підлоги. Таким чином, вони перебувають під контролем ядра розумного будинку. Керування цими елементами може здійснюватися за різними сценаріями: залежно від температури в кімнаті, за заздалегідь встановленим часом або іншими параметрами, заданими користувачем.

Сценарії впроваджуються і налаштовуються самим користувачем відповідно до його потреб.

Завдяки тому що Raspberry Pi має безліч інтерфейсів, включно з Bluetooth, Wi-Fi, а також виводи GPIO, до нього можна легко інтегрувати безліч різних пристроїв. Так, додатковими пристроями, підключеними до Raspberry Pi, можна також керувати на основі сценаріїв, створених користувачем. Усе це в сукупності дає змогу оптимізувати споживання електроенергії та реалізовувати ефективне керування різними електроприладами будинку.

3.4 Налаштування Raspberry Pi

Для реалізації програмно-апаратної інтеграції в контексті розумного будинку було вирішено використовувати вище зазначений одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi з операційною системою Raspberry Pi OS Lite, версії x64 на базі GNU/Linux Debian. Цей вибір зумовлений спеціалізацією цієї ОС, орієнтованої на оптимальне функціонування з Raspberry Pi. Особливістю системи є вбудований набір інструментів для конфігурування апаратних інтерфейсів плати. Важливо зазначити, що до складу операційної системи вже входить мова програмування Python, що демонструє її придатність для реалізації програмного забезпечення на цій платформі.

Для встановлення вищевказаної операційної системи на Raspberry Pi рекомендовано застосовувати кросплатформний додаток Raspberry Pi Imager (рис. 3.3). Цей інструмент забезпечує ефективний запис образу системи на microSD-карту. З точки зору надійності та продуктивності, бажано використовувати SD-карти з класом швидкості не нижче 10.

У контексті інсталяції ОС: після ініціалізації програми Raspberry Pi Imager слід зробити вибір необхідного образу ОС в інтерфейсному розділі

CHOOSE OS. Після визначення і вибору Raspberry Pi OS Lite (64-bit) і відповідної microSD-карти через розділ CHOOSE STORAGE, процес запису ініціюється активацією кнопки WRITE. Завершивши етап запису, microSD-карта готова до інтеграції в Raspberry Pi 4 B.

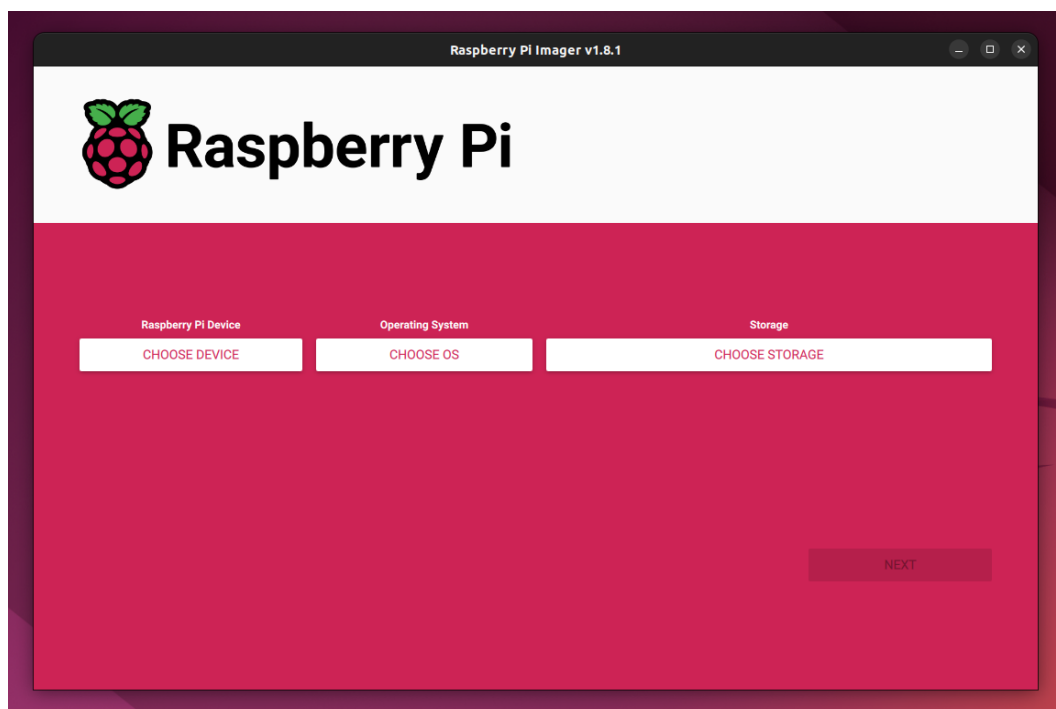


Рисунок 3.3 – Інтерфейс додатку Raspberry Pi Imager

У процесі первинного запуску системи на Raspberry Pi необхідно здійснити під'єднання зовнішніх пристроїв введення-виведення, таких як миша, клавіатура та монітор. У рамках ініціалізаційного етапу передбачається створення облікового запису, налаштування Wi-Fi з'єднання і активація SSH-сервера з метою оптимізації процесу адміністрування. Для виконання вищепописаних та інших системних налаштувань слід застосовувати команду:

```
$> sudo raspi-config
```

Після виконання команди на екрані з'являється інтерфейс програми конфігурування, представлений на малюнку 3.4. Щоб налаштувати зв'язок з Wi-Fi, переходимо в секцію System Options і вибираємо Wireless LAN. Далі,

вказуємо регіон, SSID мережі для підключення і відповідний пароль. Для активації SSH-сервера, повертаємося в головне меню, вибираємо розділ Interface options, потім SSH і підтверджуємо вибір, натиснувши YES [24]. Завершуючи роботу з конфігуратором, виходимо з програми.

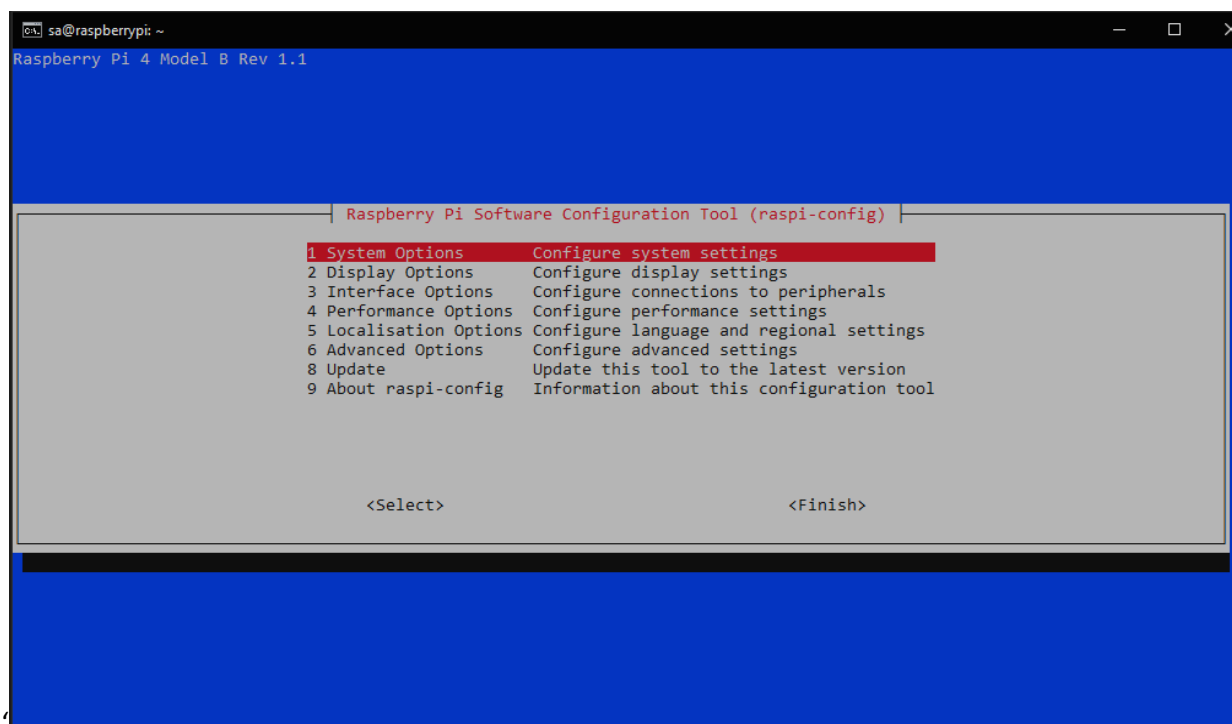


Рисунок 3.4 – Вигляд меню Configuration tool

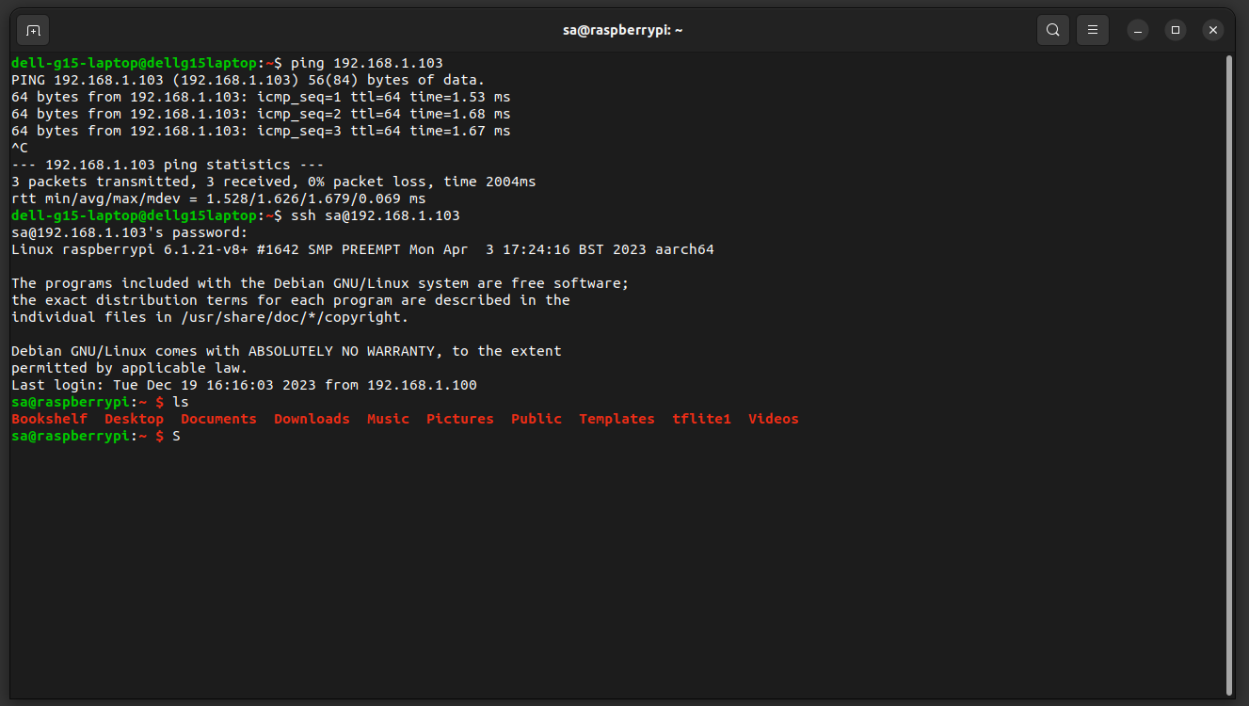
Для визначення IP-адреси, присвоєної пристрою за допомогою DHCP, використовуємо команду:

```
$> hostname -I
```

Отримавши адресу, слід перевірити доступність Raspberry Pi з робочої станції. У моєму випадку, перевірка здійснювалась через командний рядок cmd.exe:

```
C:\> ping 192.168.1.103
C:\> ssh sa@192.168.1.103
```

При успішному виконанні команди `ping`, ми повинні отримати відповідь від 4 пакетів. Спроба SSH-підключення призведе до запиту на введення пароля і, в разі успішної авторизації, до віддаленого доступу до терміналу Raspberry Pi OS Lite, як показано на рисунку 3.5.



```
sa@raspberrypi: ~
dell-g15-laptop@dellg15laptop:~$ ping 192.168.1.103
PING 192.168.1.103 (192.168.1.103) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.1.103: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.53 ms
64 bytes from 192.168.1.103: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.68 ms
64 bytes from 192.168.1.103: icmp_seq=3 ttl=64 time=1.67 ms
^C
--- 192.168.1.103 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2004ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.528/1.626/1.679/0.069 ms
dell-g15-laptop@dellg15laptop:~$ ssh sa@192.168.1.103
sa@192.168.1.103's password:
Linux raspberrypi 6.1.21-v8+ #1642 SMP PREEMPT Mon Apr  3 17:24:16 BST 2023 aarch64

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Tue Dec 19 16:16:03 2023 from 192.168.1.100
sa@raspberrypi:~$ ls
Bookshelf Desktop Documents Downloads Music Pictures Public Templates tflite1 Videos
sa@raspberrypi:~$ S
```

Рисунок 3.5 – Результат виконання команд `ping` та `ssh`

3.5 Налаштування віддаленого середовища через SSH

Для створення віддаленого робочого оточення застосовувався редактор коду Visual Studio Code, що належить компанії Microsoft. Цей інструмент надає функціонал встановлення безлічі розширень прямо з інтерфейсу редактора, включно з інструментами для віддаленої роботи за допомогою SSH. Visual Studio Code є кросплатформним продуктом з відкритим вихідним кодом, доступним для завантаження на офіційному ресурсі Microsoft[25].

Для активації функцій роботи по SSH необхідно додати розширення: Remote Development і Remote - SSH, після чого рекомендується перезапустити інтерфейс редактора. Потім користувач має активувати синю іконку в нижньому лівому кутку (рис. 3.6), вибрати "Open a Remote Window", далі "Connect to Host" і внести дані SSH `sa@192.168.1.103`. Після процедури аутентифікації рекомендується вибрати опцію Linux і очікувати встановлення відповідних бібліотек на віддалений сервер.

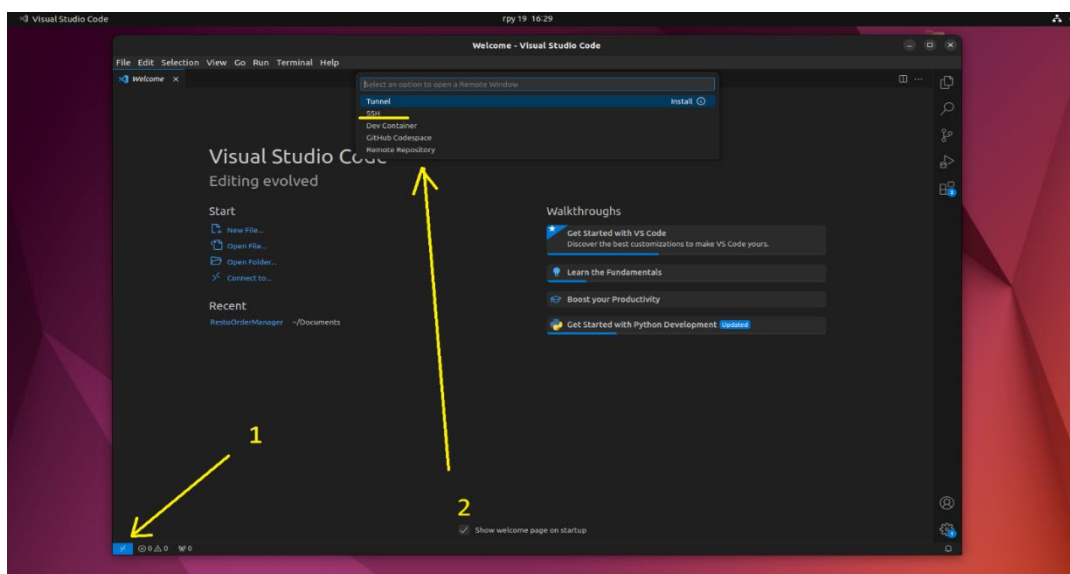


Рисунок 3.6 – Процес початку встановлення віддалено з'єднання

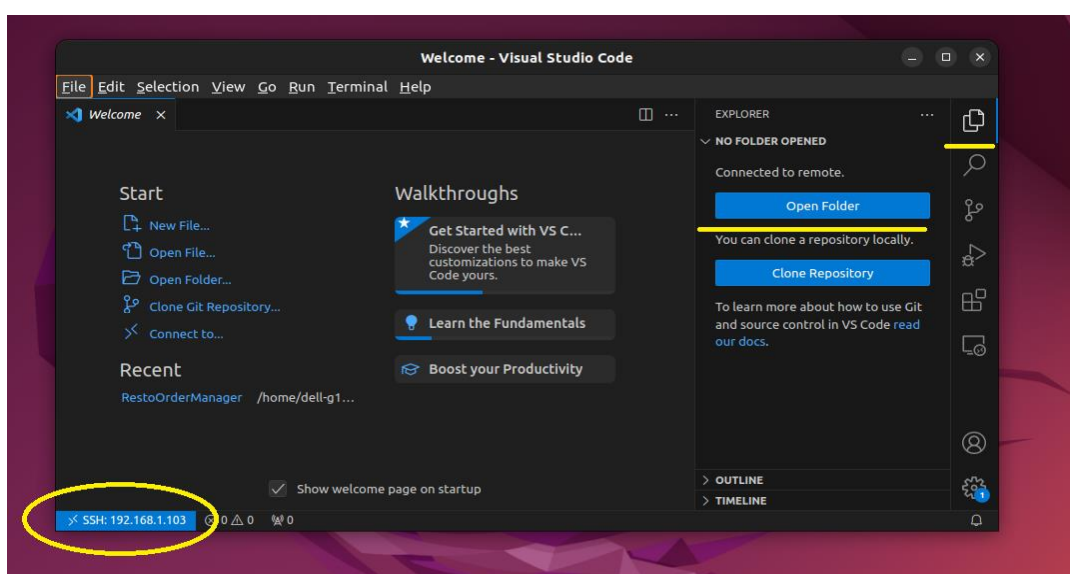


Рисунок 3.7 – Ідентифікатор успішного з'єднання

Під час інсталяційних операцій, робоча папка проекту PiHomeControl була структурована на дві піддиректорії: server і scenarios.

Успішне завершення інсталяційних процедур сигналізується відображенням адреси віддаленого сервера поруч із зеленою іконкою. Під час активації функції "Open Folder" користувачеві пропонується вибір директорії для подальшої взаємодії у файловому менеджері редактора.

3.6 Впровадження серверної частини

Сервер для керування пристроями розумного будинку був реалізований на мові Python, завдяки її виразності, масштабованості та доступності необхідних інструментів і бібліотек. В основі архітектури взаємодії з клієнтом лежить протокол TCP/IP, який забезпечує надійне і стабільне з'єднання між сервером і клієнтом [26,27].

Для зберігання інформації про користувацькі дані та налаштування пристроїв було обрано базу даних SQLite. Основними причинами такого вибору стали її легковажність і при цьому повна відповідність вимогам нормальної системи управління базами даних. Ці особливості роблять SQLite ідеальним рішенням для впровадження в системи з обмеженими ресурсами, такі як Raspberry Pi, забезпечуючи при цьому високу продуктивність і гнучкість [30].

Для управління різними пристроями розумного будинку через Raspberry Pi використовувалася бібліотека RPi.GPIO. Вона дає змогу безпосередньо взаємодіяти з портами GPIO пристрою, що робить можливим призначення кожному пристрою конкретного GPIO-піна для індивідуального контролю.

Процес аутентифікації був особливо важливий для забезпечення безпеки системи. Коли клієнт намагається під'єднатися до сервера, він надсилає IP-адресу пристрої та пароль. Сервер потім перевіряє ці дані на відповідність зі

збереженою інформацією. Після успішної аутентифікації, сервер готовий приймати команди від клієнта.

Після встановлення з'єднання клієнт може надсилати різні команди для керування пристроями, таких як освітлення (lighting), температура (temp), музика (Music), бойлер (Boiler), керування перемикачами (SwitchHome) і штори (Curtains). Ці команди обробляються відповідно до обробки сценарію, який надіслано в повідомленні від клієнта.

3.7 Реалізація клієнтської частини

3.7.1 Екрану авторизації мобільного додатку

Для забезпечення безпечного доступу до управління пристроями розумного будинку в мобільному застосунку було створено сторінку авторизації. Вона дає змогу впевнитися, що користувач має відповідні права доступу.

В основі макета лежить RelativeLayout (рис. 3.8). Вибір цього контейнера зумовлений його здатністю гнучко позиціонувати дочірні елементи відносно один одного або меж батьківського елемента. Перевага використання RelativeLayout полягає в його здатності спростити ієрархію вкладеності, що прискорює рендеринг інтерфейсу і підвищує продуктивність програми.

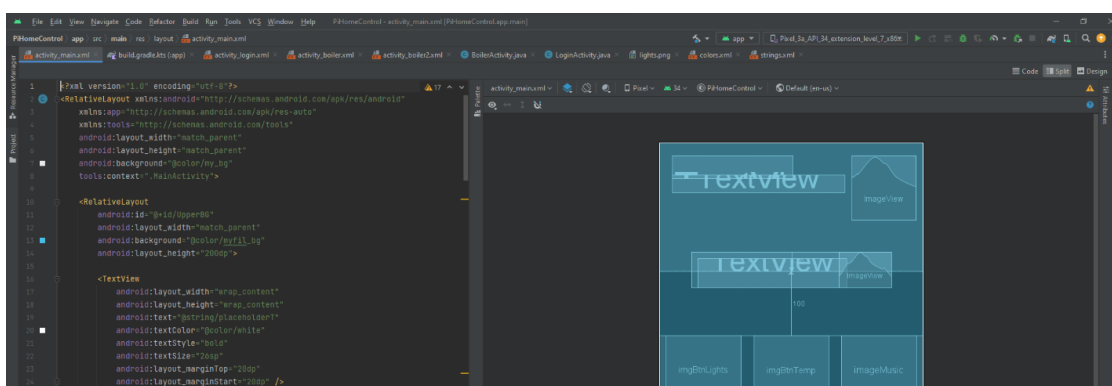


Рисунок 3.8 – RelativeLayout blueprint

Верхня частина макета з ідентифікатором UpperBG слугує для візуалізації концепції, представляючи користувачеві інформаційний блок та іконку розумного будинку.

Центральна частина призначена для введення даних авторизації. Де розташовані два поля введення:

- поле для введення IP-адреси сервера;
- поле для введення пароля, впроваджене з урахуванням безпечних практик (атрибут `android:inputType="textPassword"` забезпечує маскування введених даних) [31].

Для початку взаємодії з сервером і надсилання даних авторизації в застосунку передбачена кнопка "Connect". Натискання на неї ініціюватиме процедуру під'єднання до сервера і передачу даних для авторизації.

Після успішної авторизації користувач перейде на головний екран застосунку, де зможе обирати пристрої розумного будинку і керувати ними.

3.7.2 Головний інтерфейс управління розумним будинком

Після успішної авторизації в системі, користувач перенаправляється на головну активність (Main Activity), що є ключовим компонентом користувацького інтерфейсу в застосунку для розумного будинку. Головну активність реалізували з метою надання інтуїтивно зрозумілого та зручного інтерфейсу для керування різними функціями та пристроями розумного будинку.

В основі дизайну цієї активності лежить RelativeLayout. Цей різновид розмітки дає змогу впроваджувати складні й адаптивні інтерфейси, у яких дочірні елементи можуть бути позиційовані відносно один одного або батьківського контейнера [32]. Це забезпечує високий ступінь гнучкості та масштабованості, що вкрай важливо для сучасних додатків, призначених для широкого спектра пристроїв.

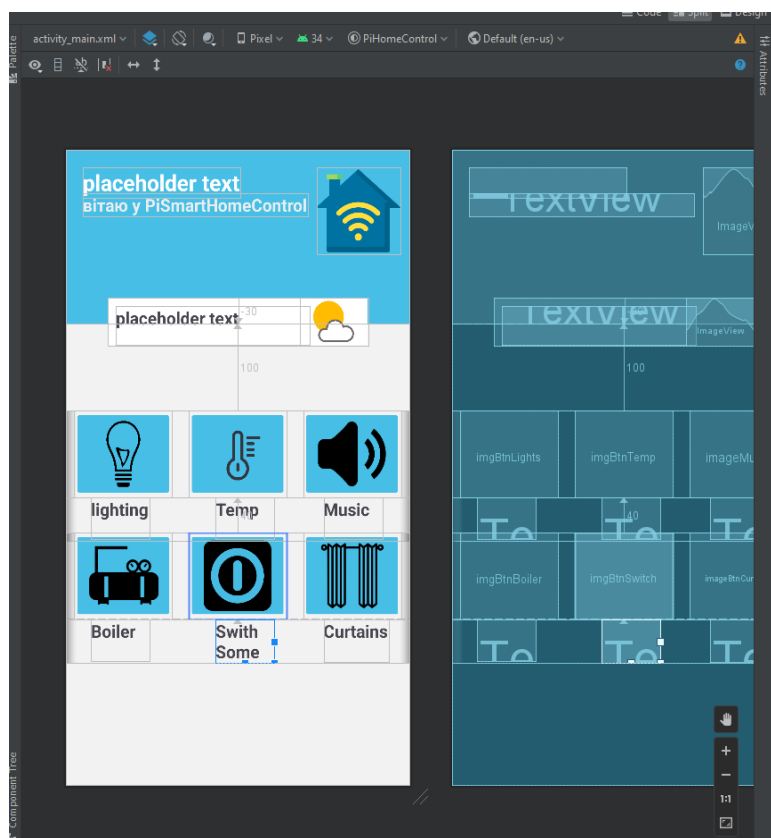


Рисунок 3.9 – Основна частина графічного інтерфейсу додатка

Основна частина графічного інтерфейсу (рис. 3.9) активності складається з низки кнопок та індикаторів. Вони розміщені в лінійних компонентах (LinearLayout), що дають змогу групувати дочірні елементи горизонтально або вертикально. Такий підхід полегшує структурування елементів управління і робить інтерфейс більш читабельним і зручним для користувача [33].

Кожна кнопка в активності асоціюється з певною функцією або пристроєм розумного будинку, наприклад, освітленням, системою опалення, музичною системою або управлінням шторами. Ці іконографічні елементи слугують не тільки візуальними індикаторами, а й засобами взаємодії, даючи змогу користувачеві надсилати команди розумному будинку прямо з програми.

3.8 Функціонування системи

Центром управління системою автоматизації управління розумним будинком є мікрокомп'ютер Raspberry Pi, який інтегрується в електрощитову будинку завдяки твердотілим однофазним реле, які підключаються, після автоматичних вимикачів. Завдяки цьому, за допомогою GPIO, здійснюється вмикання і вимикання таких модулів або систем, як, наприклад, система підігріву підлоги, бойлер, масляний обігрівач і пристрій N. Пристрій N - це будь-який пристрій, яким користувач хоче керувати за допомогою сценаріїв у реалізованій системі розумного будинку. Крім контрольованої подачі живлення на побутові пристрої, реалізована система автоматизації управління розумним будинком на основі Raspberry Pi має інтерфейси Wi-Fi і Bluetooth, через які можна керувати smart-лампами та іншими аналогічними пристроями.

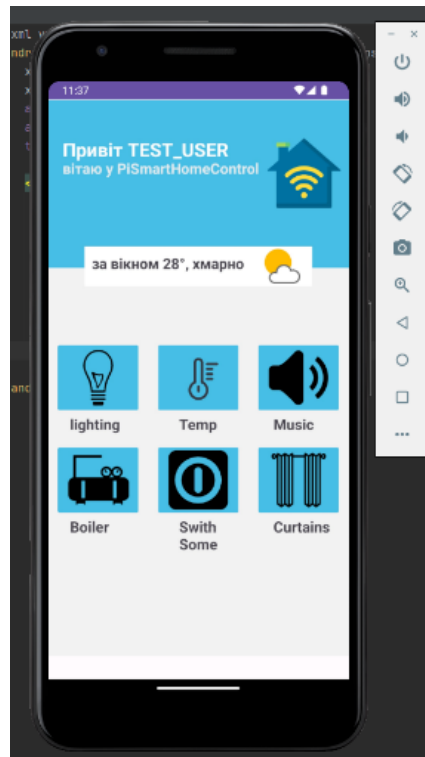


Рисунок 3.10 – Головне меню керування пристроями додатку
PiSmartHomeControl

Управління здійснюється за допомогою впровадженого на Android додатка клієнта PiSmartHomeControl (від "Raspberry Pi Smart Home Control"). Після успішної авторизації клієнта користувач потрапляє на головний інтерфейс програми управління (рис. 3.10), де він може керувати побутовими пристроями, які заздалегідь підключив в електрощитовій будинку через однофазне твердотільне реле. Управління також здійснюється і через Wi-Fi, і через Bluetooth пристрої.

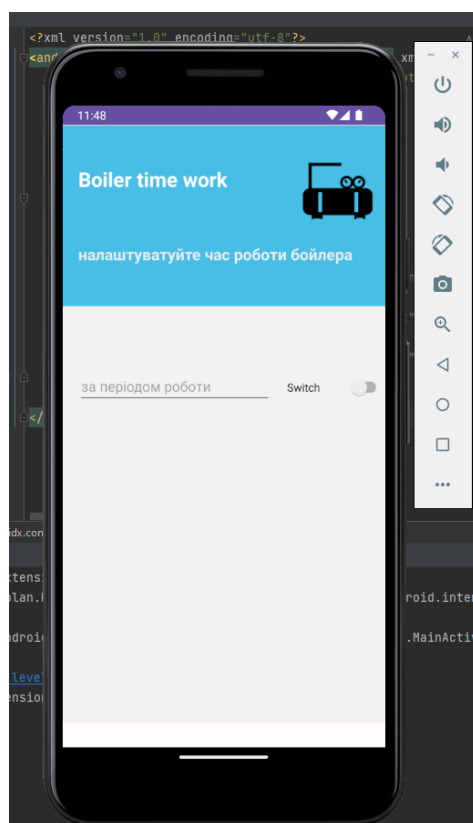


Рисунок 3.11 – Меню керування періодом роботи бойлера

Саме керування відбувається на основі сценаріїв, які формує користувач. Основою для цих сценаріїв слугують чотири параметри: час, температура, вологість і детектування руху в будинку. Наприклад, користувач у будні дні працює і має душову на робочому місці. Він приїжджає додому пізно і не потребує гарячої води, оскільки часто приймає душ на роботі. Для економії витрат на електроенергію, бойлер варто вмикати тільки на вихідні. Завдяки реалізованій системі автоматизації управління розумним будинком,

користувач, перебуваючи вдома, відкриває додаток і вводить пароль. Після цього він потрапляє в головну частину графічного інтерфейсу, рисунок 3.10. Натискаючи на іконку бойлера, користувач переходить на сторінку управління роботою бойлера (рис. 3.11) і встановлює сценарій роботи на основі часу.

Для формування сценарію автоматичного керування бойлером (або іншим пристроєм) користувачеві пропонується використовувати такі кодування:

«WE» (Weekend) – вказує на те, що бойлер має працювати тільки у вихідні.

Формат «HH:MM-HH:MM» – для задавання часу початку і завершення роботи пристрою.

Приклад сценарію, за якого бойлер працюватиме з 6:00 ранку до 20:00 вечора у вихідні, має такий вигляд:

> WE 06:00-20:00

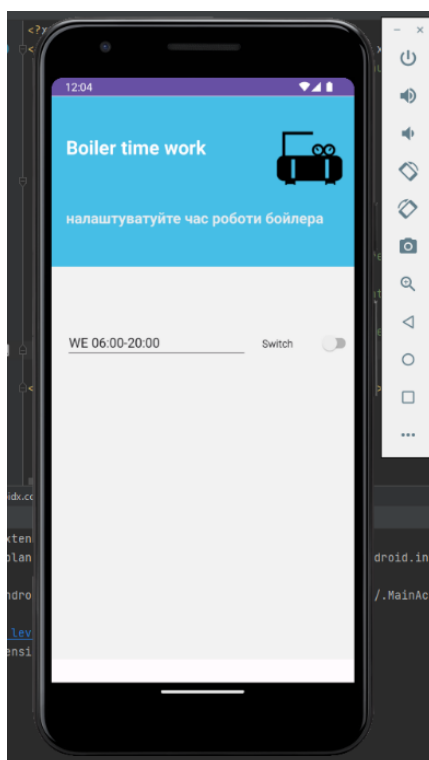


Рисунок 3.12 – Приклад написання сценарію для бойлера

Користувач вводить цей сценарій у спеціальне поле, яке це виглядає можна побачити на рисунку 3.12, і активує перемикач. Після цього сформоване повідомлення надсилається на сервер Raspberry Pi. У разі активації перемикача без попереднього введення сценарію, сервер увімкне бойлер. Якщо перемикач деактивувати, клієнт надішле команду на сервер для вимкнення бойлера. Таким чином, користувач може керувати пристроями без заздалегідь заданих сценаріїв, використовуючи віртуальний перемикач.

3.8.1 Загальний алгоритм функціонування системи керування

Загальний алгоритм функціонування системи представлений на рисунку 3.13.

У вихідному стані алгоритм ініціюється шляхом активації мікрокомп'ютера Raspberry Pi, який виступає як центральний керуючий вузол в архітектурі інтелектуального будинку. Підключення до локальної мережі та конфігурація GPIO здійснюються для забезпечення управління пристроями через реле, інтегровані в електрощитову будинку.

На наступному етапі реалізується процес авторизації користувача в системі. Система запитує дані для авторизації, що забезпечує безпеку доступу до керування пристроями будинку. У разі невдалої спроби авторизації передбачено механізм повтору запиту даних.

Після успішної авторизації алгоритм виконує перевірку на предмет системних виключень, що є важливим кроком для забезпечення стабільної роботи системи. У разі виявлення критичних помилок система фіксує звіт про збій і завершує свою роботу. Це необхідно для запобігання можливого неправильного керування пристроями або шкоди системі.

За відсутності системних винятків алгоритм продовжує свою роботу, переходячи до зчитування даних із сенсорів. Інформація, отримана від сенсорів температури, вологості та руху, використовується для визначення поточного стану параметрів домашнього середовища.

Дев'ятий блок алгоритму відповідає за аналіз отриманих даних і визначення поведінки системи. Система моніторить наявність нових сценаріїв,

що дає змогу адаптувати поведінку системи відповідно до мінливих потреб користувача. Нові сценарії задаються користувачем через мобільний додаток.

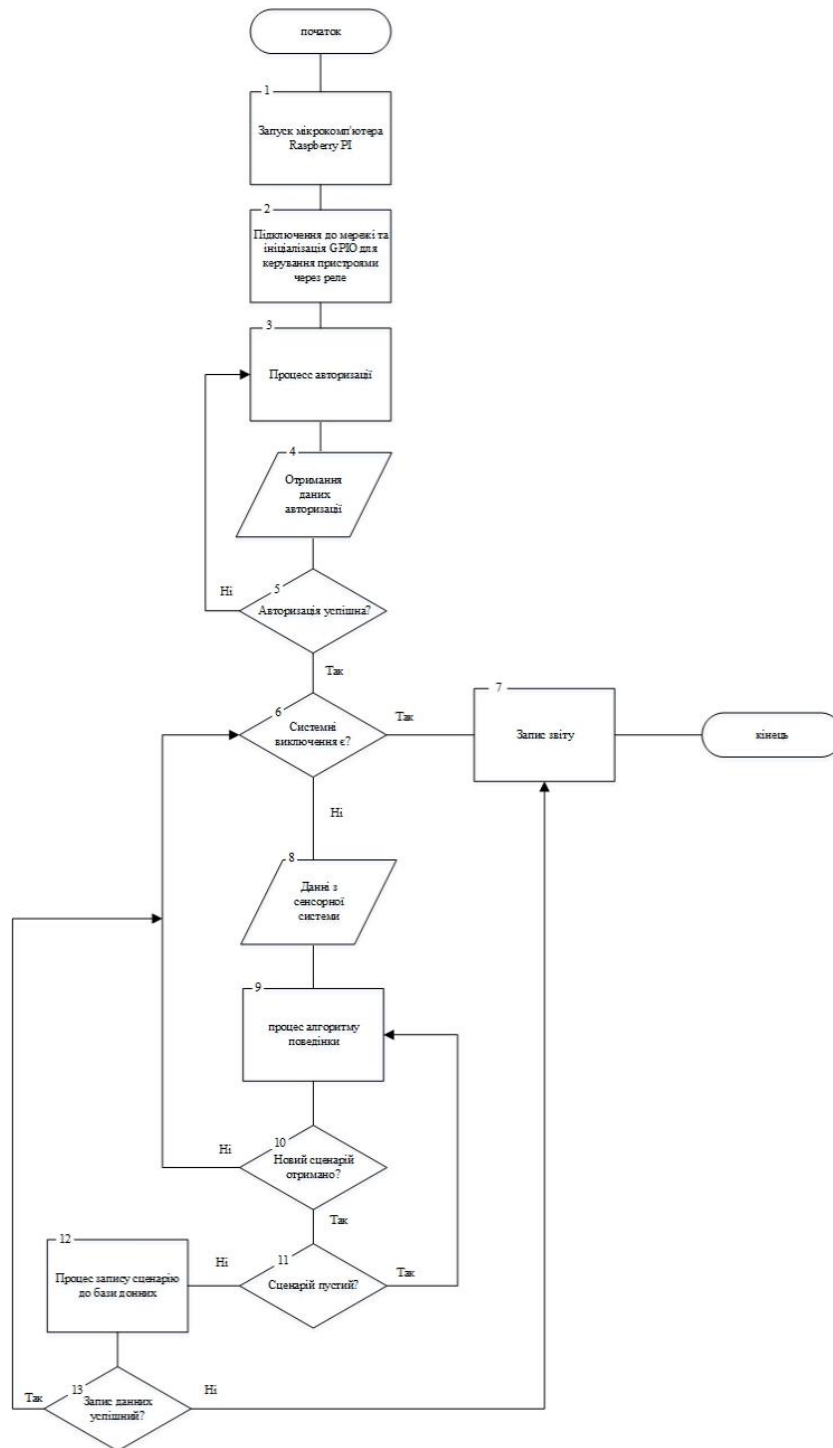


Рисунок 3.13 – Загальний алгоритм функціонування системи

При отриманні нового сценарію алгоритм перевіряє його вміст. Порожній сценарій призведе до стандартної поведінки системи (вмикання\

вимикання), тоді як непорожній сценарій буде занесено в базу даних. Це забезпечує гнучкість керування пристроями будинку відповідно до заданих параметрів часу, температури, вологості та виявлення руху.

У разі успішного внесення сценарію в базу даних алгоритм повторно перевіряє систему на наявність винятків і переходить до процесу загальної обробки даних. Цей процес охоплює аналіз користувацьких даних і взаємодію із зовнішніми сервісами та інтерфейсами для інтеграції з іншими системами і пристроями.

Таким чином, реалізована система розумного будинку на базі Raspberry Pi володіє високим ступенем автоматизації і надає користувачеві інтуїтивно зрозумілі інструменти для управління побутовими пристроями і сценаріями, що сприяє підвищенню комфорту та економії ресурсів.

3.9 Результат роботи системи

У рамках реалізації та тестування системи розумного будинку, заснованої на мікрокомп'ютері Raspberry Pi та інтегрованої з мобільним додатком на Android, були проведені тести для оцінки функціональності роботи системи. Мета цієї частини роботи полягала в демонстрації можливості віддаленого керування побутовими пристроями, а також у підтвердженні працездатності впроваджених алгоритмів автоматичного керування та реалізації користувацьких сценаріїв.

Для початку тестування системи було проведено реєстрацію нового користувача TEST_USER, щоб забезпечити можливість подальшого використання функціоналу мобільним додатком. Реєстрація здійснювалася за допомогою спеціально впровадженного скрипта на Python, завдяки якому здійснюється введення імені користувача та пароля через консольний інтерфейс. Скрипт реєстрації перебуває в тій самій директорії, що й сервер, і

вносить дані про нового користувача у БД, потім припиняє свою роботу. Після успішної реєстрації користувача, незалежно від того, чи був до цього запущений основний сервер, якщо він не був запущений, користувачеві необхідно його ініціювати. Сервер запускається автоматично під час увімкнення мікрокомп'ютера за допомогою стандартної службової програми `crontab`, яка була налаштована на запуск сервера щоразу під час старту системи.

Після успішної реєстрації для авторизації в мобільному застосунку необхідно ввести IP-адресу пристрою і пароль (рис. 3.14).

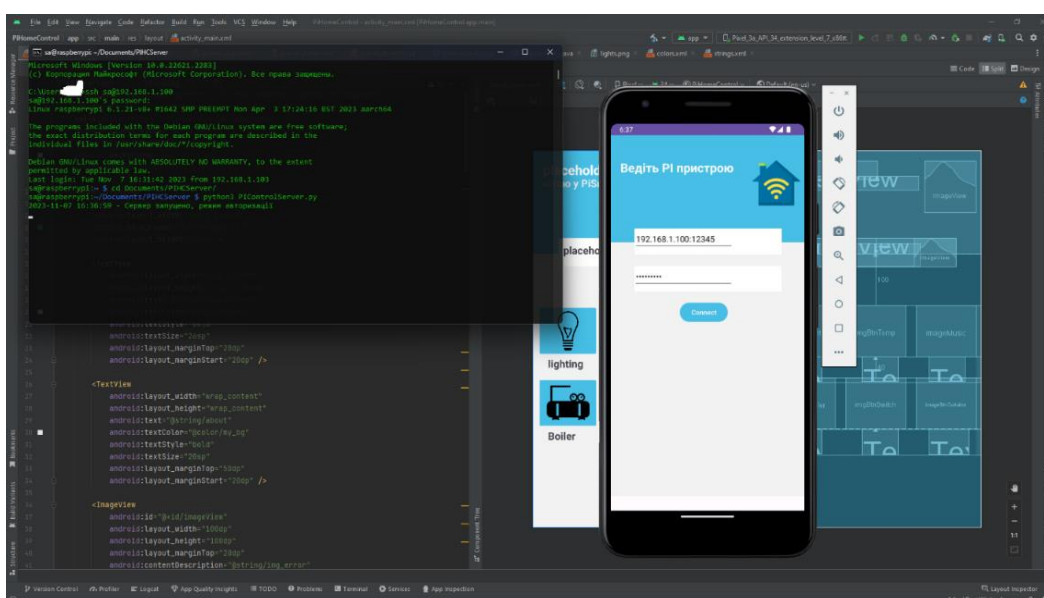


Рисунок 3.14 – Запуск сервера і введення даних авторизації у клієнті

Якщо пароль присутній у БД, система ідентифікує користувача і перенаправляє його в головне меню управління пристроями будинку. Успішну авторизацію та підключення до системи розумного будинку через мобільний застосунок було підтверджено: зв'язок із основними процесами серверу встановлено (рис. 3.15), і дані про поточний стан системи відображено на екрані смартфона, що свідчить про успішне підключення.

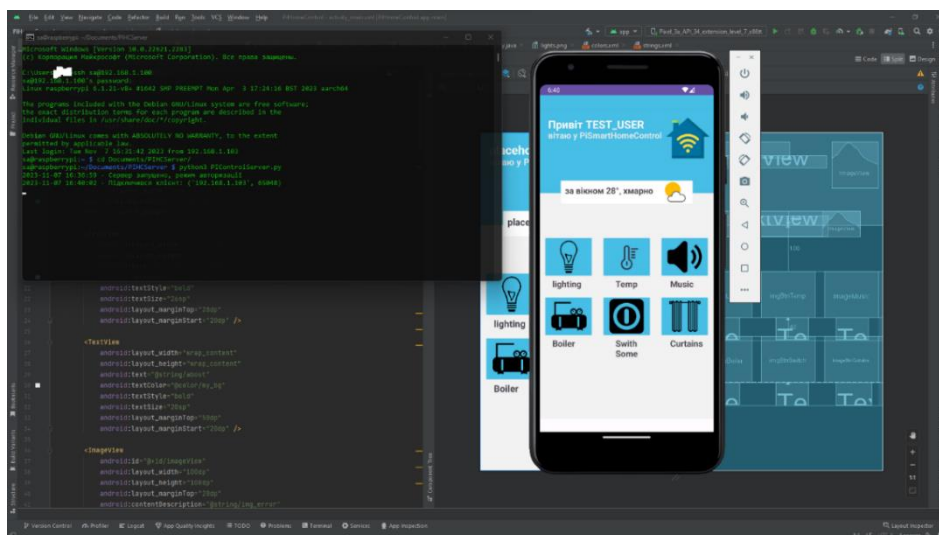


Рисунок 3.15 – Результат успішної авторизації

Далі було проведено тест управління роботою бойлера. За допомогою мобільного застосунку користувач створив сценарій, що наказує ввімкнення бойлера в певний час. Введення сценарію «WE 16:53-16:54» ініціювало надсилання команди на сервер, де її було перехоплено і занесено в базу даних. Підтвердження про прийняття сценарію до виконання відображалося у вигляді ехо-повідомлення, спеціально запрограмованого для тестування системи. На малюнку 3.16 демонструється функціонування механізму запису налаштувань користувача у БД.

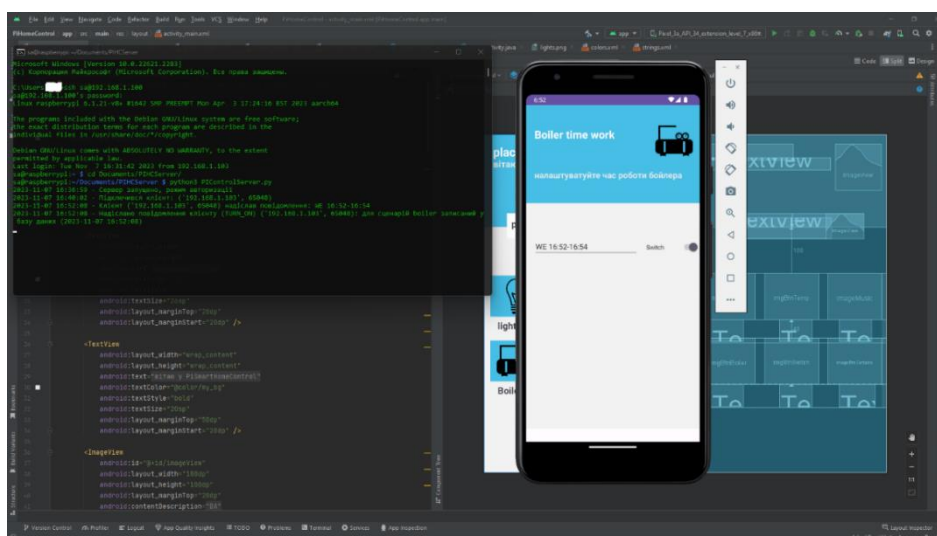


Рисунок 3.16 – Запис сценарію до БД сервером написаного користувачем android додатка

У встановлений для експерименту час, визначений сценарієм "«WE 16:53-16:54»», система автоматично активувала бойлер рівно на дві хвилини. Цей час було обрано спеціально, щоб перевірити періодичну роботу сценарію управління бойлером. Моніторинг активності бойлера здійснювався через відстеження подачі логічного сигналу "одиниці" на відповідній ніжці GPIO мікрокомп'ютера. Таким чином, точно в призначений інтервал часу система демонструвала планомірне увімкнення і подальше вимкнення бойлера, підтверджуючи реалізацію функції завдання періодично виконуваних операцій (рис. 3.17).

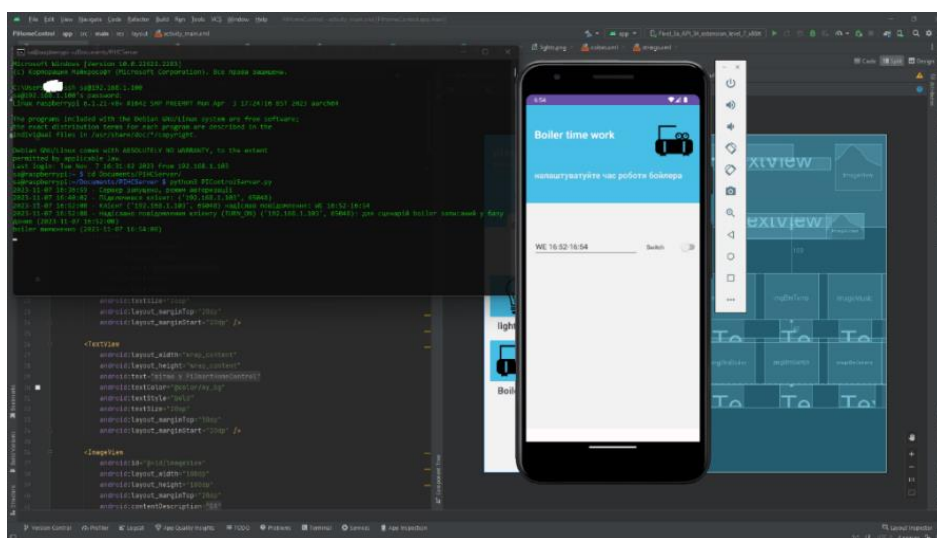


Рисунок 3.17 – відключення бойлера за прописаним сценарієм

Заключний етап демонстрації роботи системи, полягав у демонстрації можливості миттєвого керування пристроями без використання попередньо заданих сценаріїв. Під час натискання кнопки керування на екрані мобільного застосунку команда передавалася на сервер і оброблялася головним алгоритмом системи. Це призводило до зміни логічного сигналу на виході відповідного піна GPIO мікрокомп'ютера, який у разі керування однофазним твердотілим реле означав би ввімкнення або вимкнення подачі живлення на бойлер.

Статус зміни стану пристрою відображався на екрані смартфона зміною стану перемикача з певною затримкою, оскільки оновлення стану перемикача здійснювалося після отримання підтвердження про зміну стану піна на мікрокомп'ютері, що доводило контрольованість системи розумного будинку.

Таким чином, результати експериментальної перевірки підтвердили високу ефективність і надійність впровадженної системи автоматизації керування модулями розумного будинку. Система здатна оперативно реагувати на дії користувача і коректно виконувати задані сценарії, забезпечуючи тим самим підвищений рівень комфорту та економічності в домашньому господарстві.

ВИСНОВКИ

Таким чином, у магістерській роботі на основі проведеного дослідження було реалізовано систему керування модулями розумного будинку на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi, що використовує стандартні інтерфейси Bluetooth і Wi-Fi та підключення твердотільних реле до GPIO. Реалізований Android-додаток забезпечує надійну та ефективну роботу системи, що було підтверджено під час тестувань. Реєстрацію користувача в системі реалізовано за допомогою Python-скрипта, а сервер, якій виконує основні частини алгоритму поведінки системи, також впроваджене на Python.

Було проведено аналіз наявних систем керування розумним будинком та інтерфейсів передавання даних, що дало змогу вибрати оптимальні рішення для керування. Завдяки застосуванню стандартизованих протоколів та інтерфейсів, система легко інтегрується в екосистему розумних пристроїв і електрощитову будинку, що спрощує процес її встановлення та управління пристроями з використанням бібліотек Python для смарт-пристроїв.

Під час виконання дипломної роботи було створено систему, яка об'єднує різні доступні модулі в єдиний комплекс, що забезпечує автономну роботу і високий рівень адаптованості до потреб користувача. Це надає можливості не тільки для базового керування побутовими пристроями, а й для розширення функціоналу за рахунок інтеграції додаткових модулів і сервісів, покращуючи загальну ефективність і зручність використання системи розумного будинку.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Hayes A. Smart home: definition, how they work, pros and. Smart Home: Definition, How They Work, Pros and Cons. URL: <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-home.asp> (date of access: 05.10.2023).
2. Smart home 101: guide to smart home technology. Palmetto. URL: <https://palmetto.com/learning-center/blog/smart-home-101-guide-to-smart-home-technology> (date of access: 13.10.2023).
3. Smart home trends. Deloitte Insights. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/telecommunications/connectivity-mobile-trends-survey/2023/smart-home-industry-adoption-trend.html> (date of access: 08.09.2023).
4. Hart N. The evolution of the smart home: how it started [part 1]. Canonical. URL: <https://canonical.com/blog/the-evolution-of-the-smart-home-how-it-started-part-1> (date of access: 16.10.2023).
5. The history of smart homes (from the 1900s to today). Smart Home Point. URL: <https://www.smarthomepoint.com/history/> (date of access: 02.11.2023).
6. Razine T. A journey through smart home technology history - from dreams to reality. Braidshield. URL: <https://www.braidshield.com/blog/smart-home-technology-history> (date of access: 16.10.2023).
7. Hendricks D. The history of smart homes. IoT Evolution World. URL: <https://www.iotevolutionworld.com/m2m/articles/376816-history-smart-homes.htm> (date of access: 17.10.2023).
8. Perry T. The definitive history of smart home devices. Smart Home Point. URL: <https://www.smarthomepoint.com/history/> (date of access: 18.10.2023).

9. Hasan M. Smart home systems: overview and comparative analysis. 2018 fourth international conference on research in computational intelligence and communication networks (ICRCICN). 2018. URL: <https://doi.org/10.1109/ICRCICN.2018.8718722> (date of access: 20.10.2023).
10. Gerzon Torres G. Assistive technology for fall detection development of integrated wearable sensor to smart home system. Anais estendidos do simpósio brasileiro de engenharia de sistemas computacionais (SBESC). 2021. P. 145.
11. Products. smarthings. URL: <https://www.smarthings.com/> (date of access: 15.09.2023).
12. BroadLink global store. Broadlink Global Store. URL: <https://ebroadlink.com/> (date of access: 17.11.2023).
13. Система Ajax – сигналізація та smart-системи. ajax.systems. URL: <https://ajax.systems/ua/> (дата звернення: 15.11.2023).
14. Laan N. Review: fibaro home center 3. The Smart Home Blog. URL: <https://www.thesmarthomeblog.com/post/review-fibaro-home-center-3/> (date of access: 09.10.2023).
15. Juniper A. The smart smart home handbook: control your home with your voice: підручник. 2nd ed. London: Ilex Press, 2018. 160 p.
16. Vandome N. Smart Homes in easy steps: master smart technology for your home: підручник. 2nd ed. London: In Easy Steps Limited, 2018. 192 p.
17. Howe A. The Smart home Book: simple ideas to assist with your smart home renovation: підручник. 2nd ed. London: Andrew Howe, 2018. 122 p.
18. Zhang L. Fault detection method for wi-fi-based smart home devices. Wireless communications and mobile computing. 2022. Vol. 2, no. 2. P. 12. URL: <https://doi.org/10.1155/2022/4328307> (date of access: 02.10.2023).
19. Riman C. Heap bluetooth solution for smart controlled home devices. Journal of mobile multimedia. 2019. Vol. 2, no. 2. P. 7. URL: <https://doi.org/10.3844/JMRSP.2019.589.595> (date of access: 01.11.2023).

20. How HC-SR501 PIR sensor works & interface it with arduino. Last Minute Engineers. URL: <https://lastminuteengineers.com/pir-sensor-arduino-tutorial/> (date of access: 13.09.2023).

21. DHT11 humidity & temperature sensor: datasheet. 10 p. URL: <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf> (date of access: 20.09.2023).

22. Oracle database 21c. docs.oracle.com. URL: <https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/21/> (date of access: 17.09.2023).

23. Explore SQL server 2022 capabilities. microsoft. URL: <https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/sql-server-2022> (date of access: 08.09.2023).

24. How to SSH into Raspberry Pi. OnLogic. URL: <https://www.onlogic.com/company/io-hub/how-to-ssh-into-raspberry-pi/> (date of access: 22.07.2023).

25. SSH extension for visual studio code. Visual Studio Code. URL: <https://code.visualstudio.com/docs/remote/ssh> (date of access: 09.08.2023).

26. Lutz M. Learning python: підручник. 3rd ed. O'Reilly Media, 2013. 1643 p.

27. Verhagen J. "Socket programming in python (guide). Real Python. URL: <https://realpython.com/python-sockets/> (date of access: 13.09.2023).

28. Pandey P. A complete guide to socket programming in python. DataCamp. URL: <https://www.datacamp.com/tutorial/a-complete-guide-to-socket-programming-in-python> (date of access: 06.10.2023).

29. Beaulieu A. Learning SQL: generate, manipulate, and retrieve data 3rd edition: підручник. 3rd ed. Sebastopol: O'Reilly Media, 2020. 377 p.

30. Basu S. Learn sqlite with python in 24 hours for beginners - simple, concise & easy guide to using database with python: підручник. 2nd ed. 2021. 80 p.

31. Burd B. Android application development all-in-one for dummies: підручник. 2nd ed. For Dummies, 2020. 800 p.
32. Effective java: підручник. 3rd ed. Addison-Wesley Professional, 2017. 461 p.
33. Loy M. Learning java: an introduction to real-world programming: підручник. 6th ed. Cambridge: O'Reilly Media, 2023. 549 p.