

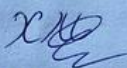
Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки


**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**


на тему:

**АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ  
РОЗУМНОГО БУДИНКУ В АВТОНОМНОМУ РЕЖИМІ**

Виконав студент 2 курсу, групи 2КІ-22м  
спеціальності 123 — Комп'ютерна інженерія

 Хмельовський С. І.  
Керівник к.т.н., проф. каф. ОТ

 Захарченко С. М.  
"15" грудня 2023 р.

Опонент к.т.н., доц. зав. каф. МБІС  
 Карпинець В.В.  
"18" грудня 2023 р.

**Допущено до захисту**

зав. каф. ОТ

д.т.н., проф. Азаров О.Д.

"20" 12 2023 р.

ВНТУ 2023

# ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки  
Галузь знань — Інформаційні технології  
Освітній рівень — магістр  
Спеціальність — 123 Комп'ютерна інженерія  
Освітня програма — Комп'ютерна інженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри обчислювальної техніки  
д.т.н., проф. О.Д. Азаров  
"26" вересня 2023 р.

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студенту Хмельовському Станіславу Ігоровичу

1 Тема роботи «Апаратно-програмний засіб для управління системами розумного будинку в автономному режимі» керівник роботи Захарченко Сергій Михайлович професор, затверджено наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року № 247

2 Строк подання студентом роботи 09.12.2023 р.

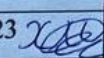
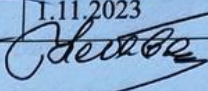
3 Вихідні дані до роботи: структура розумного будинку, компоненти розумного будинку, альтернативні джерела живлення.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ, аналітичний огляд та стан теорії і практики, системи контролю збереження та розподілу електроенергії, проект розумного будинку, тестування моделі розумного будинку, економічна частина.

5 Перелік графічного матеріалу: типи підсистем розумного будинку, різновид веб-застосунків управління розумним будинком, система HVAC, типи систем, процес роботи підсистем, розрахунок енергоефективності, датчики, налаштування системи, графік зміни температури та сонячного світла протягом доби, тестування систем.

6 Консультанти розділів роботи приведені в таблиці 1.

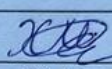
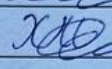
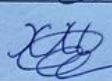
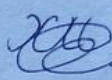
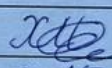
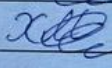
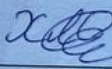
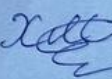
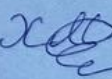
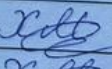
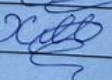
Таблиця 1— Консультанти розділів роботи

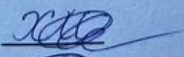
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	Захарченко Сергій Михайлович проф.	1.09.2023	1.09.2023 
4	Небава Микола Іванович проф., к.е.н	1.10.2023	1.11.2023 

7 Дата видачі завдання 19.09.2023р.

8 Календарний план виконання МКР приведений в таблиці 2.

Таблиця 2 — Календарний план

№	Назва етапів МКР	Строк виконання	Підпис
1	Постановка задачі	10.09.2023	
2	Огляд існуючих рішень	25.09.2023	
3	Дослідження енергоефективності розумних будинків	5.10.2023	
4	Розробка засобів збільшення енергоефективності розумних будинків	12.10.2023	
5	Розрахунок економічної частини	19.10.2023	
6	Оформлення пояснювальної записки	26.10.2023	
7	Виконання магістерської кваліфікаційної роботи	2.11.2023	
8	Перевірка якості виконання магістерської кваліфікаційної роботи та усунення недоліків	9.11.2023	
9	Підписи супроводжувальних документів у керівника, опонента, нормоконтролера	16.11.2023	
10	Перевірка «Антиплагіат»	23.11.2023	
11	Попередній захист	30.11.2023	

Студент 

Керівник 

Хмельовський Станіслав Ігорович

проф. Захарченко Сергій Михайлович

## **АНОТАЦІЯ**

УДК 004.75

Хмельовський С.І. Апаратно-програмний засіб для управління та контролю систем розумного будинку в автономному режимі. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 — Комп'ютерна Інженерія, Вінниця: ВНТУ, 2023 — 114 с. На укр. мові. Бібліогр.: 15 назв; рис.: 47; табл.10.

Розглянуто існуючих систем для збільшення енергоефективності розумних будинків. Проведено огляд та порівняння існуючих рішень, та різних компонентів системи, їх переваги та недоліки.

Ключові слова: енергоефективність, розумний будинок, автоматизація, моніторинг, віддалений доступ.

## **ANNOTATION**

УДК 004.75

Khmelovsky S.I. Hardware and software tool for management and control of smart home systems in offline mode. Master's thesis on specialty 123 — Computer Engineering, Vinnytsia: VNTU, 2023 — 114 p. In Ukrainian speech Bibliography: 15 titles; Fig.:47; table.10.

The existing systems for increasing the energy efficiency of smart houses are considered. A review and comparison of existing solutions and various system components, their advantages and disadvantages was carried out.

Keywords: energy efficiency, smart house, automation, monitoring, remote access.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>8</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА СТАН ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ</b> .....	<b>10</b>
1.1 Огляд сучасного стану ринку автономних систем для розумних будинків....	10
1.2 Аналіз існуючих веб-застосунків та рішень для управління енергоспоживанням в розумних будинках.....	17
1.3 Огляд наукових джерел і теорій, пов'язаних з управлінням енергією та автономними системами енергоефективності в новій комерційній будівлі.....	22
<b>2 СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ</b> .....	<b>25</b>
2.1 Загальний принцип роботи.....	25
2.2 Алгоритм автоматизації розумного будинку.....	34
2.3 Функціонування комп'ютерної мережі цифрового будинку.....	41
2.4 Енергоефективність.....	43
<b>3 ПРОЕКТ РОЗУМНОГО БУДИНКУ</b> .....	<b>48</b>
3.1 Віртуальне моделювання загального проекту розумного будинку.....	48
3.2 Топологія розумного будинку.....	49
3.3 Налаштування систем доступу та безпеки.....	59
<b>4 ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ</b> .....	<b>67</b>
4.1 Тестування патернів автоматичної роботи системи.....	67
4.2 Тестування автономної роботи безперебійного живлення та розподілення електроенергії.....	71
4.3 Тестування систем безпеки.....	73

					08-54.МКР.045.00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Хмельовський С.І.			АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТА КОНТРОЛЮ СИСТЕМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ В АВТОНОМНОМУ РЕЖИМІ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Захарченко С.М.					6	106
<i>Опонент</i>		Карпінець В.В.				ВНТУ, гр2КІ-22м		
<i>Н. Контр.</i>		Швець С.І.						
<i>Затверд.</i>		Азаров О.Д.						

<b>5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>76</b>
5.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	76
5.2 Прогнозування витрат на виконання науково - дослідної роботи.....	79
5.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	89
5.4 Визначення економічної доцільності фінансування наукової розробки.....	91
5.5 Результати економічного аналізу.....	94
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>95</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....</b>	<b>96</b>
<b>ДОДАТОК А Технічне завдання.....</b>	<b>99</b>
<b>ДОДАТОК Б Типи підсистем розумного будинку.....</b>	<b>100</b>
<b>ДОДАТОК В Переваги і недоліки автоматизованих систем управління будівлею.....</b>	<b>101</b>
<b>ДОДАТОК Г Графічне зображення розподіленої системи.....</b>	<b>102</b>
<b>ДОДАТОК Д Топологія розумного будинку.....</b>	<b>103</b>
<b>ДОДАТОК Е Графік зміни температури та сонячного світла протягом доби.....</b>	<b>104</b>
<b>ДОДАТОК Ж Розподілення заряду на розумні пристрої.....</b>	<b>105</b>
<b>ДОДАТОК И Протокол перевірки кваліфікаційної роботи.....</b>	<b>106</b>

						08-54.МКР.045.00.000 ПЗ	Арк.
							7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## **ВСТУП**

У сучасному світі зростає популярність розумних будинків, які надають користувачам зручність, комфорт та можливість ефективного управління енергоспоживанням та різними системами будинку. Розумний будинок може бути обладнаний різноманітними датчиками, системами безпеки, автоматизації та енергозбереження. Проте, багато існуючих рішень залежать від стабільного живлення електроенергією з мережі.

Актуальність дослідження полягає в тому, що існують ситуації, коли живлення електромережі може бути обмеженим або відсутнім, такі як при аваріях, природних лихах або в умовах автономності, коли будинок живиться зеленою енергією, наприклад, сонячними панелями або вітряними турбінами. У таких умовах важливим є розробка апаратно-програмного засобу, який дозволив би розумному будинку функціонувати в автономному режимі, забезпечуючи необхідний комфорт та забезпечуючи оптимізацію енергоспоживання.

**Метою** дослідження є вдосконалення існуючих систем розумного будинку для віддаленого контролю та моніторингу використання електроенергії різних кінцевих приладів та забезпечення автономної роботи під час відключень електроенергії.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати існуючі системи розумних будинків;
- оцінити рівень попиту на такі системи;
- розробити загальну структуру системи розумного будинку для роботи в автономному режимі;
- обґрунтувати та вибрати компоненти для реалізації системи;
- вдосконалити метод керування системою розумного будинку для роботи в автономному режимі;
- виконати практичну реалізацію системи.

**Об'єкт дослідження** — процес функціонування систем розумного будинку в автономному режимі.



**Предмет дослідження** — вдосконалення та поєднання існуючих приладів розумного будинку для роботи в автономному режимі.

**Новизна роботи** полягає у вдосконаленні метода керування системою розумного будинку для забезпечення доступу до системи за відсутності електропостачання, що дозволить керувати системою в автономному режимі та ефективно розподіляти енергетичні ресурси між компонентами системи.

**Практична цінність** полягає у розробці загальних структур системи керування розумним будинком в автономному режимі, яка може бути адаптованою під різний бюджет.

**Апробацію** результатів наукової роботи було проведено на науковій конференції : «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН — 2024)», доповідь на тему “Сучасні технології автономного енергоживлення розумних будинків”.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА СТАН ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ

## 1.1 Огляд сучасного стану ринку автономних систем для розумних будинків

За останні кілька років спостерігалось значне збільшення попиту на розумні будинки, які можуть забезпечувати комфорт, безпеку та ефективне використання ресурсів.

Smart Home — це технологія домашнього середовища, що може виконувати конкретні функції, спрямовані на підвищення безпеки, ефективності та комфорту його мешканців. Система розумного будинку зазвичай складається з інструментів моніторингу, пристроїв управління, автоматики та кількох пристроїв, доступ до яких можна отримати за допомогою комп'ютера або смартфона, підключеного до мережі Інтернет.

Розумні будинки стали дедалі популярнішими завдяки розвитку технологій та зростаючому інтересу до автоматизації та комфорту в повсякденному житті. Існують різні типи розумних будинків, в залежності від їхніх можливостей та функціоналу.

### 1.1.1 Типи розумних будинків

Велика можливість проектувати розумні будинки для певних регіонів та для певних задач споживачів дозволяє їх розділити на різні типи.

Будинки з домутиксом (Domotics): Це тип розумних будинків, які використовуються для автоматизації рутинних дій в будинку, таких як управління освітленням, опаленням, кондиціонуванням повітря та системами безпеки. Перші системи домутиксу з'явилися у вигляді простих таймерів і програматорів, але з часом розвинулися в сучасні системи з дистанційним управлінням через мобільні додатки та голосові асистенти.

Енергоефективні будинки: Цей тип розумних будинків активно розвивається в напрямку оптимізації витрат енергії та використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні панелі та вітряні турбіни.

Інтеграція цих технологій дозволяє будинкам стати більш незалежними від загальної мережі електропостачання.

Розумні будинки для забезпечення безпеки: Ці будинки в основному спрямовані на забезпечення безпеки жителів. Вони можуть включати системи відеоспостереження, контроль доступу, датчики витoku газу та води, а також інші системи безпеки. Розвиток технологій штучного інтелекту сприяє покращенню функціоналу таких будинків.

Розумні будинки з елементами медичного моніторингу: Деякі розумні будинки обладнані системами медичного моніторингу, які дозволяють старшим людям або хворим залишатися незалежними та оточеними доглядом. Це може включати в себе відстеження показників здоров'я, системи виклику допомоги та аварійного сповіщення.

Розумні будинки для розваг: Такі будинки оснащені розважальними системами, аудіо - та відеосистемами, інтерактивними іграми та системами автоматизованого кінотеатру. Вони дозволяють жителям насолоджуватися високоякісними розвагами без виходу з дому.

### 1.1.2 Підсистеми розумних будинків

Розумний будинок (рис. 1.1) складається з таких підсистем:

- підсистема мікроклімату (опалення, вентиляція, кондиціонування, зволоження);
- підсистема безпеки (охоронна, пожежна, підсистема доступу, контроль витоків газу, відеоспостереження) ;
- підсистема електроживлення (резервні підсистеми, контроль перевантаження електромережі, підсистема освітлення) ;
- підсистема зв'язку (телефон, локальна мережа, SMS оповіщення) ;
- підсистема віддаленого управління.

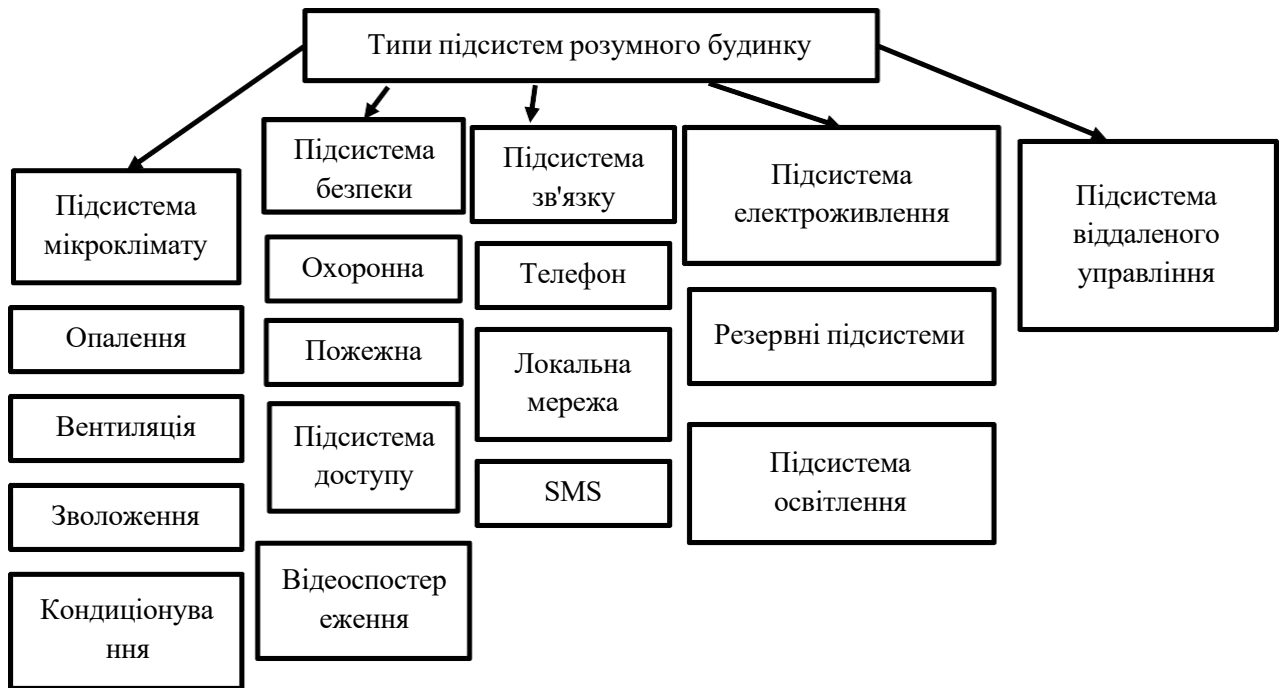


Рис. 1.1 — Типи підсистем розумного будинку

Підключення різних "розумних" пристроїв та підсистем для централізованого керування та моніторингу. За допомогою даних підсистем, з'являється можливість стежити за станом будинку віддалено через веб-додаток або сайт, а також керувати різними приладами, іншими підсистемами та змінювати режим функціональності будинку.

Підсистема мікроклімату створює і підтримує оптимальні умови для проживання у квартирі чи будинку. Для регулювання підсистемою опалення використовуються терморегулятори (спеціальні пристрої, які можна запрограмувати на необхідний температурний режим). Із ціллю підтримки оптимальної вологості повітря (норма коливається в межах від 40 до 60%) можуть використовуватися зволожувачі й осушувачі. У холодну пору року актуальні зволожувачі, коли радіатори «висушують» повітря, в той час як в приміщеннях з високою вологістю, таких як ванна кімната чи басейн актуальні осушувачі. Ще однією задачею даної підсистеми є можливість автоматичного налаштування поливу газону (контроль вологості ґрунту, урахування погодних умов, управління насосами, полив за розкладом), управління параметрами води та повітря у басейні, контроль та підтримка параметрів повітря і ґрунту у

зимових садах. Таким чином, підсистема клімат-контролю «розумного будинку» дозволяє створити здоровий і комфортний рівень температури, вологості, величину притоку свіжого повітря, управляти роботою системи фільтрації повітря для затишного проживання в будинку.

Підсистема електроживлення включає в себе керування природним освітленням, штучним освітленням і світлодинамікою. За допомогою автоматичним управління положення жалюзі та ролетів, а також механічним відкриттям і закриттям штор реалізується регулювання природним освітленням. Використовуються для керування енергоспоживанням, включаючи сонячні панелі, акумулятори та системи розподілу електроенергії. Данна система являє собою блок керування, яка на основі готових патернів контролює розподілення електроенергії та її використання.

Підсистема безпеки включає в себе такі частини: захист від проникнення; захист від витоку води та газу; пожежної безпеки; підсистеми відеоспостереження; тривожних кнопок; імітації присутності господарів вдома; камер відеоспостереження; системи сигналізації; датчиків руху. Також сенсори температури, вологості, контролю вуглекислого газу та диму сповіщають про можливість виникнення небезпечної ситуації. Ще однією потрібною опцією хорошої підсистеми є можливість встановлення у будинку кнопок тривоги, у випадку проживання у будинку дітей, людей похилого віку або осіб з особливими потребами. Включають камери, які записують відео та дозволяють віддалено стежити за подіями в будинку. Одна з частин системи безпеки, щоб контролювати ситуацію навколо будинку, попереджати про проникнення сторонніх осіб. Сигналізація, датчики відкриття дверей, камери та інші пристрої для захисту будинку від вторгнень та надзвичайних ситуацій. Система безпеки на даний час дуже розвинена і включає в себе велику кількість датчиків руху, положення вікон та дверей, сигналізацію у будинку та на зовнішній території. Можливість віддаленно перевіряти положення вікон, стан замків, а також віддалене керування ними.

Підсистема віддаленого управління дає можливість керувати будь-якою домашньою технікою (телевізором, праскою, холодильником, посудомийною і пральною машиною та іншим обладнанням) за запрограмованим сценарієм, або дистанційно з власного смартфона. Така підсистема дає можливість господарям впевнитися, що необхідне обладнання вимкнене за їх відсутності, встановити таймер подачі електроенергії до окремих приладів, наприклад, до телевізору у дитячій кімнаті. Дозволяють взаємодіяти з побутовими пристроями, такими як холодильники, пральні машини, духовки тощо через мобільні додатки або голосові асистенти. Universal Plug'n'Play – домашня мережа з можливістю виходу в мережі загального користування, що дозволяє об'єднати розумні прилади в одну мережу.

### 1.1.3 IoT – Інтернет речі

У епоху технологічного розвитку Internet of Things став необхідним в житті сучасного суспільства. Internet of Things (Інтернет речей) – це система контролю з'єднаних між собою пристроїв, що збирають інформацію, аналізують її та виконують певні дії, що помітно полегшують наше життя.

Концепція інтернету речей була вперше запропонована англійським технологом, Кевіном Ештоном, у 1999 році і почала використовуватися для опису пристроїв, що між собою спілкуються, збираючи дані, обробляючи та передаючи між собою без взаємодії користувачів.

Інтернет речі (IoT): Вбудовані датчики та пристрої, які підключені до Інтернету, грають ключову роль у функціонуванні розумних будинків. Це дозволяє моніторити та керувати різними системами з використанням мобільних пристроїв.

IoT або "Інтернет речей" (Internet of Things) - це концепція, що вказує на підключення до Інтернету фізичних об'єктів, які раніше не були здатні до мережевого зв'язку. Ці фізичні об'єкти, які також називають "речами", можуть бути різного типу, від домашніх приладів і сенсорів до автомобілів, медичних приладів і виробничого обладнання.

Основна ідея IoT полягає в тому, щоб з'єднати ці речі з Інтернетом і/або між собою, щоб вони могли обмінюватися даними і виконувати функції, спрямовані на поліпшення якості життя, робочої продуктивності та зниження витрат енергії. Наприклад, ваш холодильник може підключитися до Інтернету, щоб ви могли віддалено перевіряти його стан і замовляти продукти, коли вони закінчуються. Автомобіль може надсилати дані про свій стан і розташування, щоб полегшити моніторинг та обслуговування.

IoT використовує різні технології зв'язку, такі як Wi-Fi, Bluetooth, RFID (Radio-Frequency Identification), Zigbee і низка інших протоколів, щоб забезпечити підключення різних речей до мережі. Інформація, яка збирається від цих об'єктів, може бути аналізована та використовуватися для прийняття рішень, автоматизації процесів і вдосконалення функцій у різних сферах, включаючи побут, медицину, виробництво, транспорт і багато інших.

Завдяки росту IoT, ми бачимо все більше інтелектуальних пристроїв та систем, які спрощують наше повсякденне життя і покращують продуктивність в бізнесі.

#### 1.1.4 Голосові асистенти та штучний інтелект (ШІ)

Голосові асистенти, такі як Amazon Alexa, Google Assistant, Apple Siri та інші, дозволяють користувачам керувати різними аспектами розумного будинку за допомогою голосових команд. Це робить користування розумними пристроями і системами більш зручним і швидким. Штучний інтелект може аналізувати звички та звичайні дії мешканців будинку і автоматично налаштовувати системи опалення, кондиціонування повітря, освітлення тощо для забезпечення максимальної комфорту та ефективності. AI може використовувати камери та сенсори для виявлення незвичайних або підозрілих подій в будинку, таких як вторгнення або пожежа. Він може надсилати сповіщення власникам і навіть автоматично викликати служби безпеки. Також може аналізувати витрати енергії та оптимізувати роботу систем опалення, кондиціонування повітря та освітлення з метою зменшення споживання енергії та

витрат. AI може навчатися звичкам користувачів та пропонувати персоналізовані рекомендації щодо оптимального використання ресурсів та систем будинку. За допомогою штучного інтелекту можливе ефективне управління мережею розумних пристроїв у будинку, забезпечення стабільної роботи та зменшення перевантажень. AI може аналізувати великі обсяги даних, зібраних від сенсорів та пристроїв, для виявлення тенденцій та патернів у споживанні ресурсів та поведінці користувачів. Голосові асистенти можуть забезпечити розваги, такі як відтворення музики, надання інформації або навіть виконання завдань у будинку, що підвищує комфорт життя. Голосове керування та інші функції розумного будинку можуть бути особливо корисними для людей з обмеженими можливостями або літніх людей. Завдяки автоматизації і оптимізації різних процесів, розумний будинок може допомогти власникам економити час і гроші, зменшуючи витрати на енергію і підтримку будинку.

#### 1.1.5 Безпека та конфіденційність даних

З підвищенням кількості підключених пристроїв у розумних будинках збільшується важливість забезпечення безпеки та конфіденційності даних користувачів. Безпека та конфіденційність даних є критично важливими аспектами в розумних будинках, оскільки ці системи зазвичай збирають та обробляють значну кількість особистих і конфіденційних даних. Нижче наведено основні питання, пов'язані з безпекою та конфіденційністю даних у розумних будинках: Розумний будинок повинен мати ефективні механізми захисту від несанкціонованого доступу до систем та даних. Це може включати в себе паролі, біометричну ідентифікацію, двофакторну аутентифікацію та інші заходи безпеки. Дані, які передаються між розумними пристроями та зберігаються на серверах, повинні бути зашифровані для запобігання їх перехопленню або витоку. Важливо захищати мережу розумного будинку від зовнішніх загроз, таких як кібератаки. Встановлення брандмауера та використання сильних паролів може допомогти запобігти несанкціонованому



доступу. Власникам розумного будинку слід мати можливість контролювати, хто має доступ до систем та даних. Це може бути досягнуто шляхом надання обмеженого доступу для гостей користувачів або тимчасовим скасуванням доступу. Збираючи дані про поведінку користувачів, важливо забезпечити анонімізацію і агрегацію даних, щоб захистити приватність користувачів. Користувачі повинні захищати фізичний доступ до розумного будинку, так як несанкціонований доступ до пристроїв в будинку може вести до витоку даних або навіть фізичної загрози. Якщо в будинку є діти, слід встановити фільтри та обмеження доступу до контенту та функцій, які можуть бути небезпечними для них. Власники розумних будинків повинні розробити і дотримуватися політики безпеки, яка включає в себе правила щодо паролів, оновлень програмного забезпечення, доступу та інші аспекти безпеки. Важливо, щоб користувачі розуміли основні принципи безпеки та зберігали обачливість щодо обміну особистою інформацією та голосовими командами. Забезпечення безпеки та конфіденційності даних є фундаментальними завданнями для розумних будинків, і вони вимагають постійної уваги та обережності з боку користувачів та розробників систем розумних будинків.

1.2 Аналіз існуючих веб-застосунків та рішень для управління енергоспоживанням в розумних будинках.

Кількість бажаючих стати власниками розумного будинку щороку зростає, а конкуренція серед виробників програмного забезпечення відносно слабка. На ринку мало якісних продуктів, які можуть задовільнити всі потреби споживачів, я наведу приклад кількох із них.

### 1.2.1 Xiaomi Mi Home

Програма Xiaomi Mi Home (рис. 1.2) для розумного будинку доступна для смартфонів інших виробників за наявності пристроїв контролю системи від Xiaomi. Основною перевагою цієї програми є наявність готових сценаріїв. Користувач даної програми розумного будинку не налаштовує все з нуля, але

може налаштувати існуючі шаблони під свій смак. Керування технікою інших виробників здійснюється за наявності ІЧ-порту на смартфоні.

В межах програми можна налаштувати: подачу води, ступінь освітлення, роботу синхронізованих електроприладів, виконання заданого сценарію з додатковою умовою (ви вказуєте умови для автоматичного виконання команди або задаєте таймер).

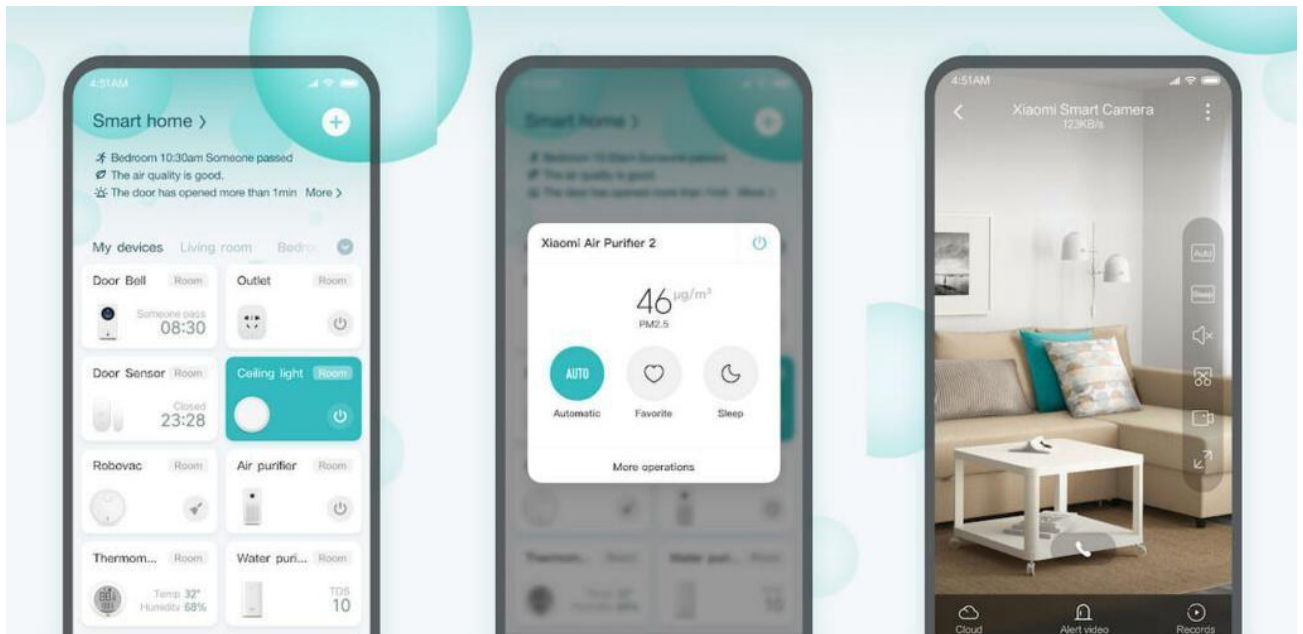


Рис. 1.2 — Приклад програми Mi Home

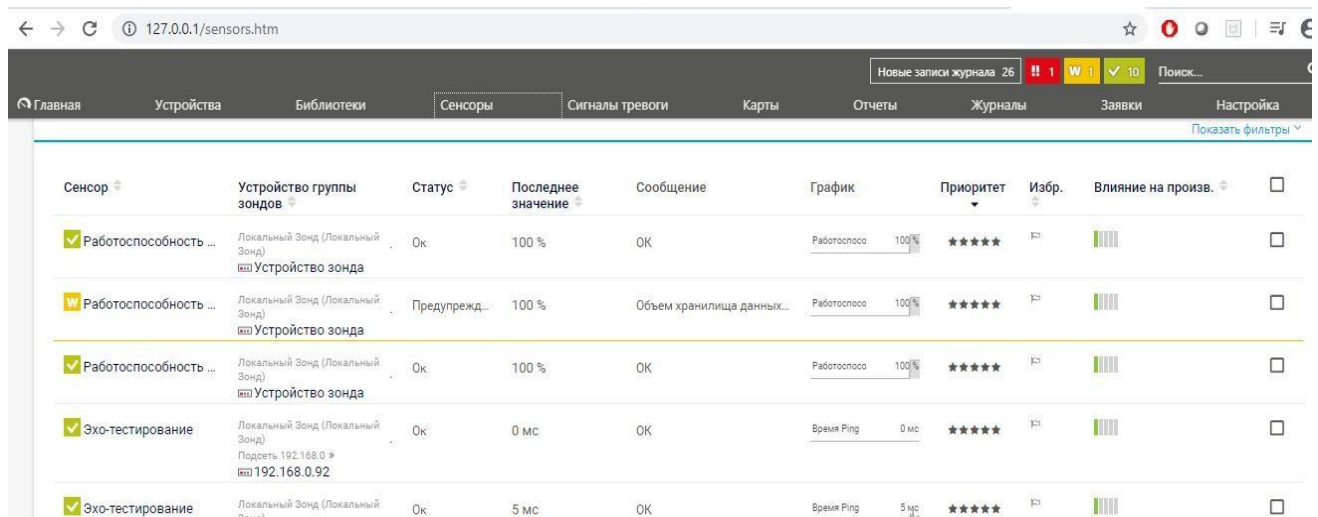
### 1.2.2 PRTG Network

Перевага PRTG Network (рис 1.3) полягає в більш зручному інтерфейсі програми, можливість вести детальну статистику та мобільну версію програми (Android і iOS).

### 1.2.3 OpenRemote

Ще одна система має назву OpenRemote, програма забезпечує автоматизацію житлових і комерційних приміщень. Сайт: <http://www.openremote.org>. OpenRemote дозволяє створити мобільний додаток для розумного будинку без програмування, при цьому можливо використовувати різні технології EIB / KNX, AMX, Z-wave. Простими словами

це багатоплатформовий конструктор, в якому можна створити інтерфейс майбутнього мобільного додатка. Контролери які можуть бути використані: AMX, KNX, Beckhoff, Lutron, Z-Wave, 1-Wire, MiCasaVerde Vera, EnOcean, xPL, Insteon, X10, Infrared, Russound, GlobalCache, IRTrans, XBMC, VLC, Samsung SmartTV, panStamps, Denon AVR, Marantz AVR, FreeBox, MythTV, RaZBerry і інші. Система OpenRemote наведена на рисунку 1.4.



Сенсор	Устройство группы зондов	Статус	Последнее значение	Сообщение	График	Приоритет	Избр.	Влияние на произв.	
Работоспособность ...	Локальный Зонд (Локальный Зонд) Устройство зонда	Ок	100 %	ОК	Работоспосо 100%	★★★★★	10		<input type="checkbox"/>
Работоспособность ...	Локальный Зонд (Локальный Зонд) Устройство зонда	Предупрежд...	100 %	Объем хранилища данных...	Работоспосо 100%	★★★★★	10		<input type="checkbox"/>
Работоспособность ...	Локальный Зонд (Локальный Зонд) Устройство зонда	Ок	100 %	ОК	Работоспосо 100%	★★★★★	10		<input type="checkbox"/>
Эхо-тестирование	Локальный Зонд (Локальный Зонд) Подсеть 192.168.0 » 192.168.0.92	Ок	0 мс	ОК	Время Ping 0 мс	★★★★★	10		<input type="checkbox"/>
Эхо-тестирование	Локальный Зонд (Локальный Зонд)	Ок	5 мс	ОК	Время Ping 5 мс	★★★★★	10		<input type="checkbox"/>

Рисунок 1.3 — Система моніторингу датчиків PRTG Network

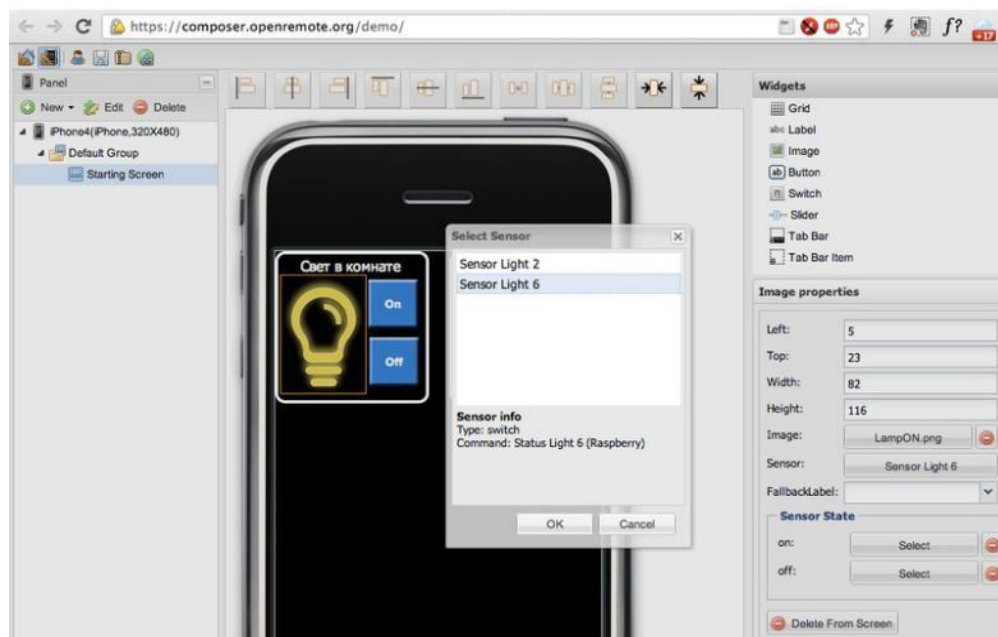


Рис. 1.4 — Система моніторингу датчиків OpenRemote

### 1.2.4 Home Sapiens

Програмне забезпечення для створення розумного будинку з голосовим управлінням на базі ПК, що має назву Home Sapiens, представляє собою інтелектуальну систему для керування розумним будинком. Сайт: <http://home-sapiens.ru>. У комплект не входить обладнання, але при цьому забезпечена максимальна сумісність з комп'ютерним «залізом». Забезпечено інтеграція з системами Z-wave, Gira, ZigBee, x10, C-bus, що дозволить управляти освітлення, побутовою електронікою, системою опалення та ін. Основний напрямок йде на голосове управління і зручний інтерфейс.

### 1.2.5 MajorDoMo

Система домашньої автоматизації MajorDoMo являє собою безкоштовну і відкриту програмну платформу. Дана система багатоплатформлена і не вимоглива до ресурсів комп'ютера, тобто може бути встановлена на будь-який комп'ютер. Може бути використана, без модулів (датчиків) в якості персонального органайзера. За допомогою MajorDoMo можна вирішити деякі задачі, такі як система безпеки, система мікроклімату, медіа система. Система домашньої автоматизації MajorDoMo наведена на рисунку 1.5.

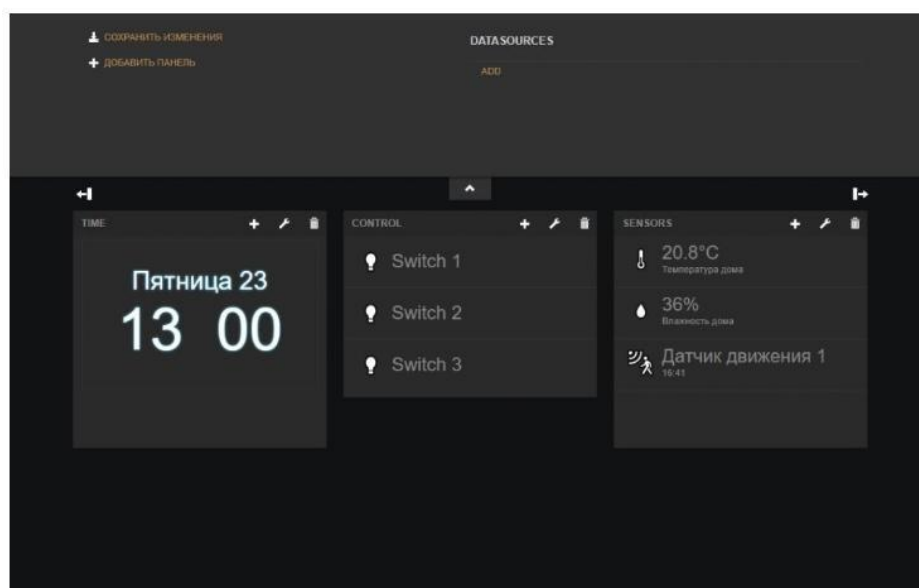


Рисунок 1.5 — Система моніторингу датчиків MajorDoMo

## 1.2.6 Fibaro

Fibaro, система автоматизації будівель заснована на бездротовій технології передачі даних Z-wave. Вважається простим методом монтажу, тому що не вимагає протягування кабелю. Мініатюрні модулі можуть бути встановлені за будь-яким вимикачем світла або в побутовому приладі. Завдяки бездротовій технології передачі даних пристрою Fibaro можна демонтувати і переносити на нове місце. Інтерфейс надає простий контроль над групами пристроїв, що відповідають за функції - опалення, кондиціонування, освітлення і т.д. Також має функцію використання системи геолокації, що дозволяє «Розумному будинку» знати, де знаходяться члени сім'ї, і готувати будинок до їх приходу: включати кондиціонування обігрів приміщень, підігрів води, підсвічування периметра і т.д. Система автоматизації Fibaro Center 2 наведена на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 — Система автоматизації Fibaro Center 2

## 1.2.7 Порівняльна таблиця

У таблиці 1.1 наведені переваги і недоліки автоматизованих систем управління будівлею. Кожна з систем має свої переваги та недоліки, зручний інтерфейс для користувача, складність інтеграції або заміна у вже готовому проекті, доступність даних систем може бути як платною так і безкоштовною.

Таблиця 1.1 — Переваги і недоліки автоматизованих систем управління будівлею.

	Mi Home	OpenRemote	Home Sapiens	MajorDo Mo	Fibaro	PRTG Network
Легкість у налаштуванні	+	-	+	-	+	+
Відкритість системи	+	+	-	+	-	+
Мобільні додатки	+	+	+	+	+	+
WEB-інтерфейс	+	+	+	+	+	+

1.3 Огляд наукових джерел і теорій, пов'язаних з управлінням енергією та автономними системами.

На ринку вже існує ряд необхідних інструментів та методів що стосується управління та аналізу енергосистем у розумних будинках. Наукові джерела та теорії, пов'язані з цією темою, включають в себе такі аспекти:

1.3.1 Аналіз рішень для розумних будівель з метою оптимізації енергоефективності в новій комерційній будівлі.

Стаття на тему “Аналіз рішень для розумних будівель з метою оптимізації енергоефективності в новій комерційній будівлі ” написана у січні 2021 року Норбертом Харматі. На прикладі багатоповерхової будівлі було проаналізовано теплоізоляцію, теплопередачу, захист будівлі від вітру, температурне навантаження у різних частинах будівлі (рис. 1.7), і тд.

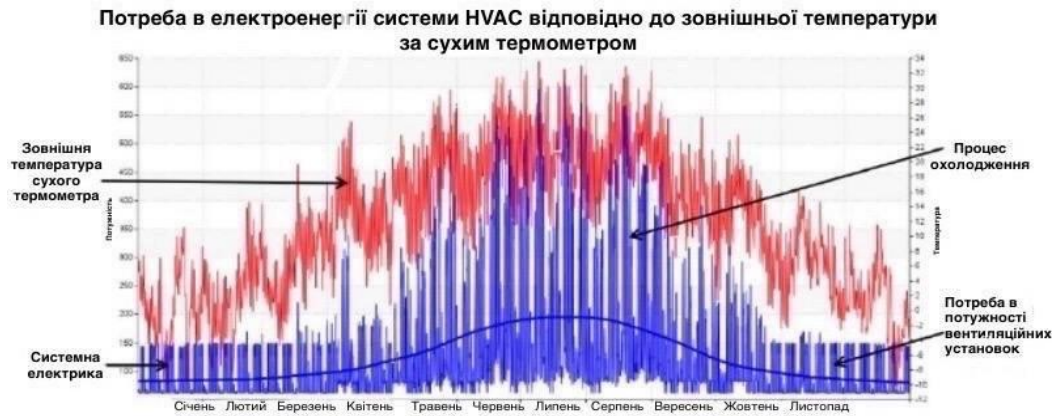


Рис. 1.7 — Річна потреба в електроенергії системи опалення, вентиляції та кондиціонування

Використання симуляції будівлі під час процесу проектування допомогло прийняти рішення щодо відповідних інвестицій та продуктивності. Протягом усього етапу проектування та будівництва було використано синергію для оптимізації експлуатації будівлі та керування системою HVAC. Автоматизація розумних будівель продемонструвала нижчу потребу в електроенергії та енергоспоживання системи HVAC, що призвело до загального скорочення енергії на 42% і 34,7% витрат. У таблиці 1.2 наведено, як детальний аналіз будівлі при проектуванні впливає на економію енергоресурсів при подальшій її експлуатації.

Таб. 1.2 — Економія енергоресурсів на експлуатацію будівлі

Кінцевий користувач	Тип енергії	Базовий річний рівень витрат	Запропонований річний рівень споживання	Економія енергії
Внутрішнє освітлення	Електрика	661 682	413 481	37.5%
Зовнішнє освітлення	Електрика	3 896	2 273	41.7%
Обігрів приміщень	Централізоване водопостачання	2 759 058	109 811	96.0%
Технічна вода	Централізоване водопостачання	124 227	107 903	13.1%

Продовження таблиці 1.2

Повітряний тепловий насос	Електрика	0	283 380	-100%
Кондиціювання приміщення	Електрика	679 065	361 568	46.8%
Насоси	Електрика	143 341	171 865	-19.9%
Відведення тепла	Електрика	460 589	258 028	44.0%
Вентиляція приміщень	Електрика	982 655	506 630	48.4%
Вентиляція підземного паркінгу	Електрика	13 468	13 468	0%
ІТ-обладнання	Електрика	420 080	420 080	0%
Кухонне обладнання	Електрика	146 304	146 304	0%
Додаткове споживання	Електрика	2 860	2 860	0%



## 2 СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

### 2.1 Загальний принцип роботи

На разі існує велика кількість систем для контролю використання електроенергії в розумних будинках. Здебільшого принцип дії таких систем використовувався для збалансованої економії електроенергії, але він не мав великих можливостей у адаптації. Один з варіантів найбільшої економії яку я обрав, це знімання показників споживання та накопичення електроенергії, та за допомогою індивідуальних патернів налаштувати систему індивідуально під кожного користувача. Таким чином данна система буде найбільш ефективною у період непередбачуваних відключень, та надасть можливість користуватись найнеобхіднішими пристроями у будинку навіть при довготривалих відключеннях.

Для прикладу наведу систему яку можна реалізувати на базі звичайного будинку незалежно від наявності яких небудь встановлених автоматизованих систем.

Мобільний додаток — додаток для контролю розподілення електроживлення у будинку. Дає змогу отримувати сповіщення про надзвичайні ситуації, контролювати спожиту електроенергії, вмикати та вимикати електропристрої та інше.

Датчик наявності електроенергії в мережі - головний датчик, він перший повідомить систему та користувача про відключення подачі електроенергії до будинку.

Програма — маєтся на увазі, використання запрограмованих патернів користування у мобільному додатку, для швидкого або автоматичного вмикання.

Наприклад: при відключенні електроенергії автоматично ввімкнути резервне живлення (можуть бути акумулятори що накопичують сонячну або вітрову енергію, або генератор), виключення всіх побутових приборів та інших споживачів, залишивши тільки систему безпеки, системи управління, ситему зв'язку (можуть бути модеми для підключення інтернету, або 3/4G модеми),

головні побутові прибори такі як холодильник та морозилка (для збереження продуктів харчування), насос для постачання води (більшість будинків мають власні колодязі, але можливо також що є резервний бак для зберігання питної води).

Датчики контролю та управління побутових приладів та інших пристроїв — це можуть бути як провідні (підключені за допомогою дротів LAN) так і безпроводні (підключені за допомогою WIFI) пристрої, вмонтовані при будівництві будинку, що були закладені на момент проектування будинку, або його модернізація чи тимчасове використання на період найбільших ризиків.

### 2.1.1 Централізована та розподілена архітектура системи управління

Архітектура системи управління "розумним будинком" поділяється на централізовану та розподілену.

Централізована система (рис. 2.1) складається з центрального контролера з підключеними до нього модулями. До централізованих систем відносяться Crestron, Lutron, AMX і ін.

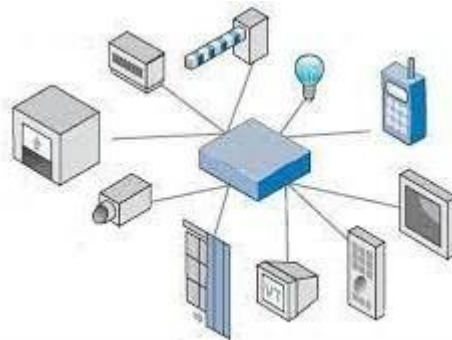


Рисунок 2.1 — Графічне зображення централізованої системи

У даному принципі кожний компонент системи знаходиться під управлінням центрального контролера або сервера, яким може виступати комп'ютер, мікроконтролер та інші. Всі події обробляються сервером, саме він виносить рішення, щодо подальших дій: що вмикати, а що ні. Централізований принцип є високоперспективним, якщо брати до уваги реалізацію

високоінтелектуальних алгоритмів. Даний принцип здатний вирішувати не лише управління системами освітлення, опалення, вентиляції, безпеки, але і складні завдання, такі як відеоспостереження, мультимедія, розпізнавання мови і образів.

Це дозволить нам підібрати дешеві і компактні датчики, і також спростить розробку, оскільки буде потреба програмувати лише центральний процесор. Система управління складається з центрального контролера, датчиків і периферії та користувацьких систем управління, що тісно пов'язані між собою.

Отже, система буде здійснювати:

- управління освітленням;
- управління опаленням ;
- охорона;
- клімат-контроль;
- автоматичне керування системою поливу.

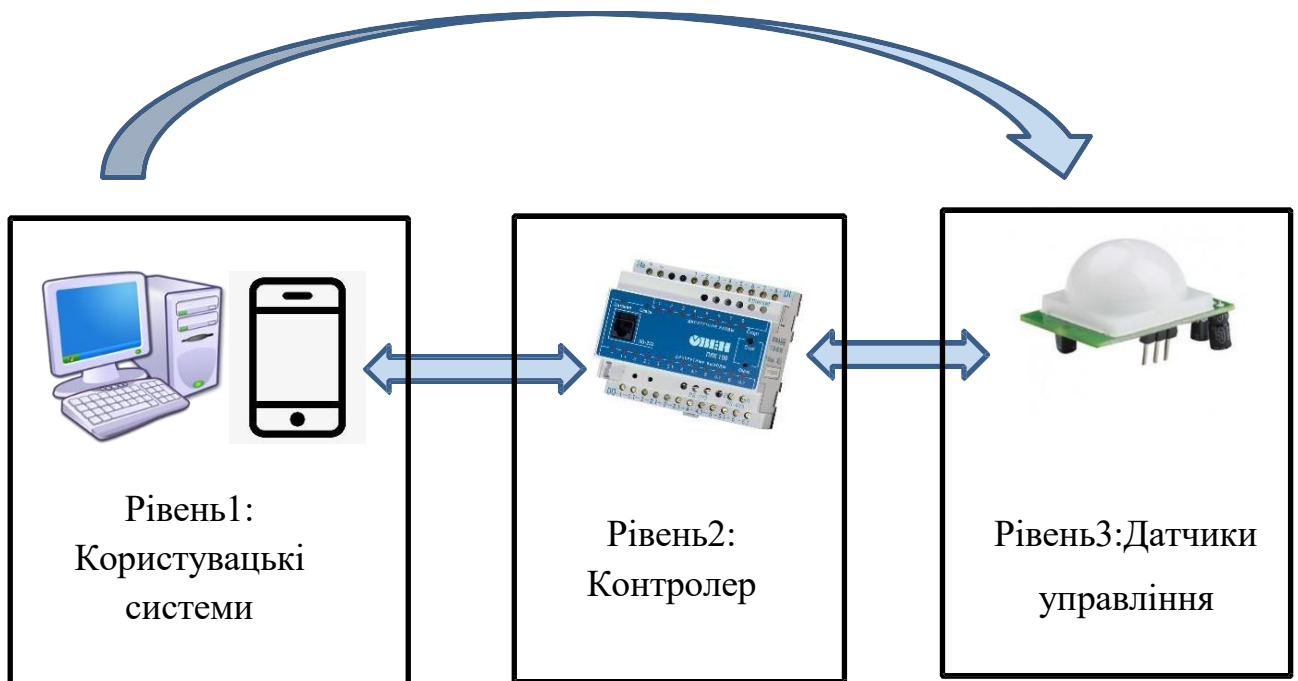


Рисунок 2.2 — Графічне зображення структури системи

Рівень 1 призначений для користувача системи управління, до нього відносять: web-інтерфейс і мобільний пристрій, з яких здійснюється контроль системи і моніторинг показників датчиків.

Рівень 2 — центральний контролер, дає можливість користувачу системи взаємодіяти з датчиками і периферією.

Рівень 3 — датчики і периферія, що знімає показання навколишнього середовища.

Розглянемо розподілену систему управління.

В розподілених системах управління "розумним будинком", пристрої не залежать один від одного. Ця архітектура будує системи на основі шини даних. До розподіленим системам відносяться EIB / KNX, Clipsal (C-Bus), LonWorks (LON), ModBus (Landiver) і ін. Графічне зображення розподіленої системи наведено на рисунку 2.3.

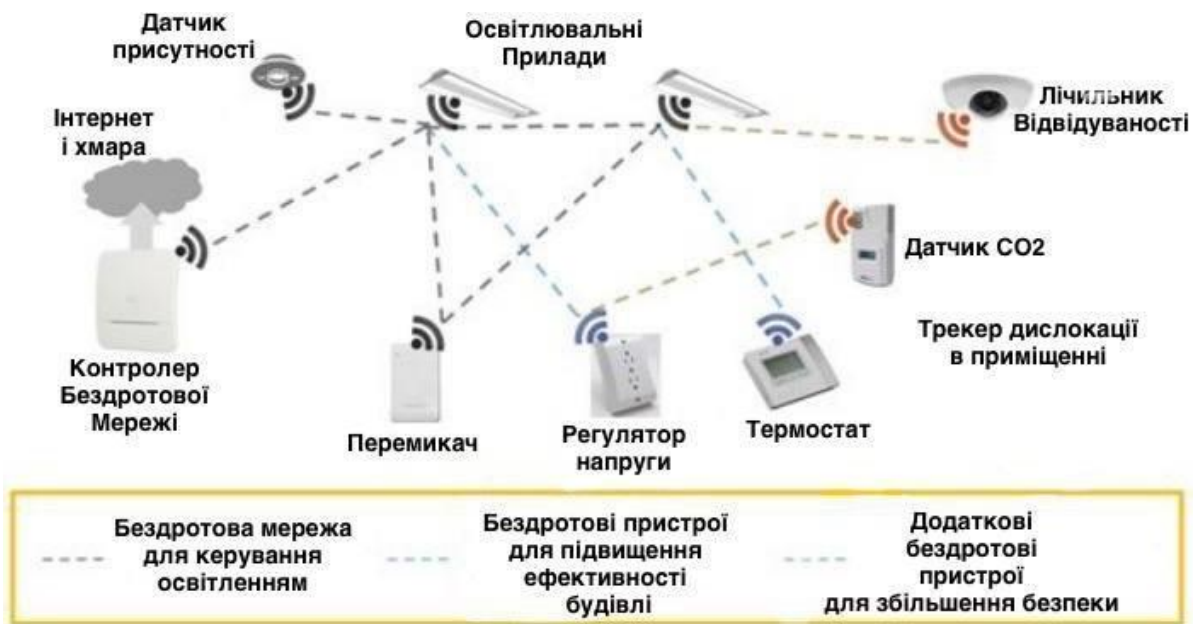


Рисунок 2.3 — Графічне зображення розподіленої системи

Даний принцип принципово відрізняється від централізованого: всі елементи «розумного будинку» працюють незалежно. Вони можуть ділитися інформацією, передавати між собою команди, але центральний контролер, який міг би брати на себе функції збору цієї інформації, відправки команд і

прийняття рішень, відсутній. З урахуванням такої організації, а також, беручи до уваги, що обчислювальні засоби окремих компонентів дуже малі, при децентралізованому принципі практично неможливо реалізувати високоінтелектуальні алгоритми управління.

Переваги та недоліки централізованої та розподіленої системи наведені у таблиці нижче.

Таблиця 2.1 — Порівняльна таблиця централізованої та розподіленої систем

Типи систем	Переваги	Недоліки
Централізована	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Дозволяє будувати складні системи управління. Центральний контролер володіє достатньою продуктивністю і несе актуальну інформацію про підключених до нього модулів.</li> <li>- Швидкість обробки інформації вище у централізованих систем, так як збором інформації з модулів, центральний контролер займається одноосібно, минаючи модульну обробку.</li> <li>- Модулі (датчики, виконавчі пристрої) компактні, дешеві і мають просту технічну реалізацію.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Основним недоліком є ненадійність таких систем. При виході з ладу центрального контролера, вся система перестає функціонувати.</li> <li>- Висока ціна центрального модуля.</li> </ul>
Розподілена	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Через відсутність центрального контролера, вихід з ладу одного або декількох модулів, істотно не вплине на роботу системи в цілому. Тобто розподілена система відрізняється підвищеною надійністю.</li> <li>- Розподілені системи прості в розширенні. На наявну шину додаються нові модулі, що підтримують протокол передачі даних даної шини.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Модулі (датчики, виконавчі пристрої), мають власні контролери обробки даних через що стають технічно складними, громіздкими. Вартість таких модулів вище, ніж в централізованих системах.</li> <li>- Швидкість роботи таких систем нижче через обробку даних в різних модулях.</li> </ul>

### 2.1.2 Процес функціонування підсистеми енергоживлення

Будинок оснащений кількома сонячними панелями, що забезпечують генерацію електроенергії у світлу погоду та незначну її частину у пасмурну. Дані панелі розміщені на присадибній ділянці та являють собою додаткове а не основне джерело живлення. Також у будинку знаходяться накопичувальні акумулятори, для підтримки їхнього рівня заряду живлення відбувається від сонячних панелей та від мережі. Це дає можливість під час регулярних відключень або у період коли є підстави вважати, що зеленої інергії буде не достатнь для поновлення рівня заряду акумулятора, заряджання буде відбуватись за допомогою мережі. Керування цим процесом буде відбуватись за допомогою блока керування живленням (рис 2.4), який в свою чергу буде відтворювати запрограмовані в ньому патерни або реагувати на отримані команди віддалено

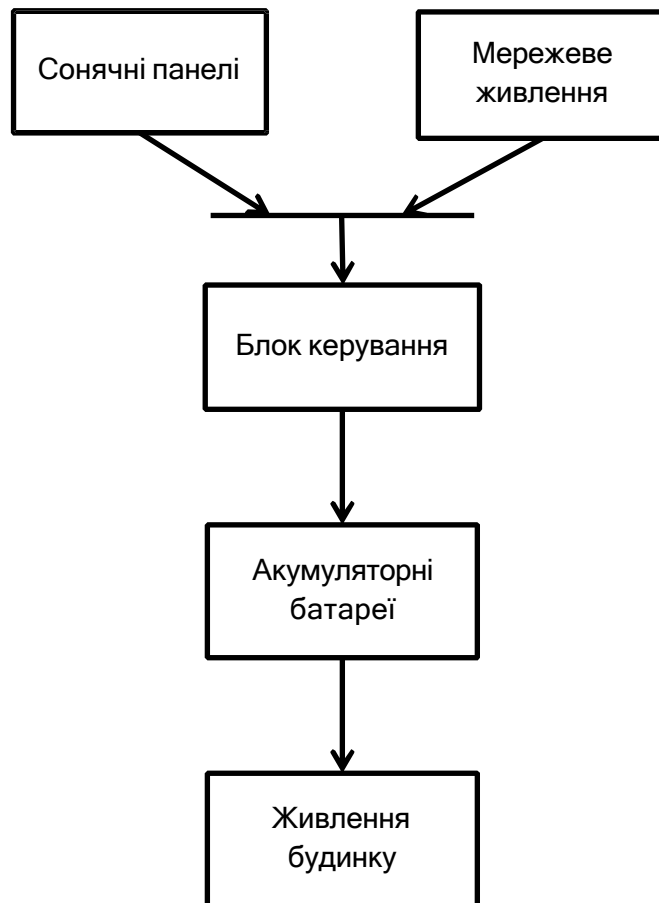


Рис. 2.4 — Блок підсистеми енергоживлення

Система працює наступним чином. Датчик електромережі 220 надсилає сигнал про відсутність електроенергії до модуля керування або центрального комп'ютера. Система отримує цю інформацію, отриманий сигнал оцифровується та обробляється у програмі, програма у свою чергу запускає збережений патерн у відповідь або виконує частину коду, який надсилає сигнал до перемикаючого реле резервного живлення, щоб увімкнути живлення від акумуляторних батарей. Реле отримує сигнал та вмикає живлення від акумуляторних батарей, та сповіщає систему що внутрішня електромережа знаходиться на резервному енергопостачанні. Система отримує ці данні, і переходить до подальшого запуску патернів для оптимізації енергорозподілення.

### 2.1.3 Процес роботи підсистеми освітлення

Освітлення у будинку відіграє важливу роль, на прикладі ми розглянемо використання основного та аварійного освітлення. Основне освітлення складає освітлення у кімнатах, підсвітку зони штор, сходів, освітлення присадибної ділянки, велика кількість точкового освітлення що несе декоративний ефект, це можуть бути освітлені зони для читання, у вітальні, на ганку і тд. Для контролю та регуляції освітлювання можуть використовуватись, як звичайні вимикачі, так і різного роду смарт вимикачі з індивідуальним віддаленим доступом, регулятори рівня освітлення, додаткові датчики споживання напруги окремо у кожній зоні, та інше. Основне освітлення будинку може складатись з великої кількості точок освітлення різної потужності, функціоналу та методу управління.

Аварійне освітлення складає собою енергоефективні LED - лампи, або їх варіацію що націленні на максимасьну енергоефективність і використовуються для освітлення найнеобхідніших приміщень. Здебільшого управління освітлюванням відбувається звичайним вимикачем у кожній зоні/кімнаті, а активне споживання електроенергії фіксується безпосередньо у блоці управління або кінцевим датчиком на всю лінію аварійного освітлення.

У блоці управління відбувається перемикання між загальним освітленням та аварійним (Рис 2.5), це може бути як ручне перемикання, так і запрограмовані патерни, наприклад під час відключення електроживлення від мережі, для забезпечення функціональності та зведення енерговитрат до мінімуму. Так як система освітлення являє собою підсистему розумного будинку, блок керування отримує команди від центрального комп'ютера або блока управління.

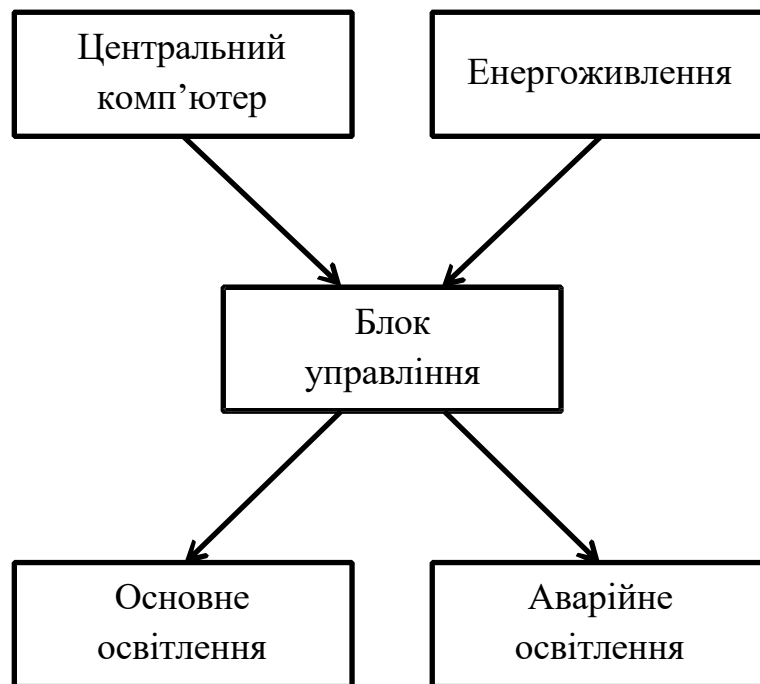


Рис. 2.5 — Схема керування освітленням

#### 2.1.4 Процес роботи побутових приборів

Одним з основних споживачів електроенергії в будинку є побутові прилади. Велика кількість приладів складає більшу частку споживання електроенергії всього будинку. Тому в цілях забезпечення стабільної роботи, їх всі буде розподілено на 3 групи по шкалі необхідності (Рис. 2.6). Що будуть вмикатися в ручному або автоматичному порядку.





Рисунок 2.6 — Розподілення побутових приладів по пріоритетності

Група 1 — це група приладів що є додатковими споживачами, наприклад різна не вмонтована підсвітка, декоративні прилади, прилади рідко використовуються, але завжди працюють в автономному режимі, мультимедійні системи, розважальні системи і тд.

Група 2 — це група приладів що забезпечують комфортне життя, вони використовуються часто, або періодично. Сюди входять: підсистема опотлення; плита для приготування; підсистема безпеки; настільне освітлення, підсвітка у кімнатах, мікрохвильова піч, і тд.

Група 3 — це група приладів що є особливо необхідними для мінімального рівня життя, сюди можуть входити, холодильки, морозильна камера, насос для подачі води, підсистема зв'язку. Якщо холодильний або морозильна камера мають смарт можливості, та інтеграцію в загальну систему, то вони у більшості випадків починають працювати в економному режимі, для максимальної економії заряду акумулятора.

При великій кількості підсистем та одночасно підключених приладів, кількість груп може збільшуватись або зменшуватись. Для прикладу

приведенно 3 групи, які працюють у такому режимі, усі три — коли живлення відбувається від мережі, перша та друга коли живлення відбувається від акумуляторної батареї, але у будинку є додатня кількість генераторів енергії.

Це можуть бути сонячні панелі, вітрогенератори, або резервний генератор

з запасом палива. Головне щоб потужність додаткових джерел енергії вистачало для забезпечення стабільної роботи будинку. Третя група може використовуватись наприклад у автоматичному режимі коли господаря будинку немає вдома, для забезпечення віддаленого моніторингу стану системи, та забезпечення необхідного мінімуму, як до прикладу зберігання їжі.

### 2.1.5 Процес роботи системи зв'язку

Зв'язок важлива частина критичного забезпечення, тому що віддалене керування та сповіщення без нього не можливо. У якості прикладу ми візьмемо що в будинку проведено інтернет за допомогою склоровокна, для цього потрібно мати два модема, тому найкращий та незалежний метод буде, це підключення до модуля з реле, який перемикає живлення автоматично коли відключається основна подача електрики. Більш розширена варіація це цифровий модуль з реле, який одночасно зчитує рівень заряду батареї, та сповіщає центральний компютер що працює автономно, за допомогою цієї інформації користувач може знати, на який час вистачить заряду акумулятора.

У випадку використання інтернет підключення за допомогою склоровокна достатньо звичайного автоматичного модуля реле, так, як споживання не суттєве, але якщо резервний метод зв'язку це 3G/4G/LTE модем, а в приватному будинку зачасту для покращення сигналу використовують додаткову антену , підійде другий варіант.

### 2.2 Алгоритм автоматизації розумного будинку

У цьому підрозділі наведені мережі, мережеві компоненти та пояснюється робота показаного алгоритму. Спочатку було розглянуту компоненти мережі.

Частина автоматизації побудована з використанням наступних компонентів:

Arduino Mega використовується для керування всією частиною автоматизації розумного будинку. Це об'єднує інші модулі, що використовуються в автоматизації (рис. 2.7).

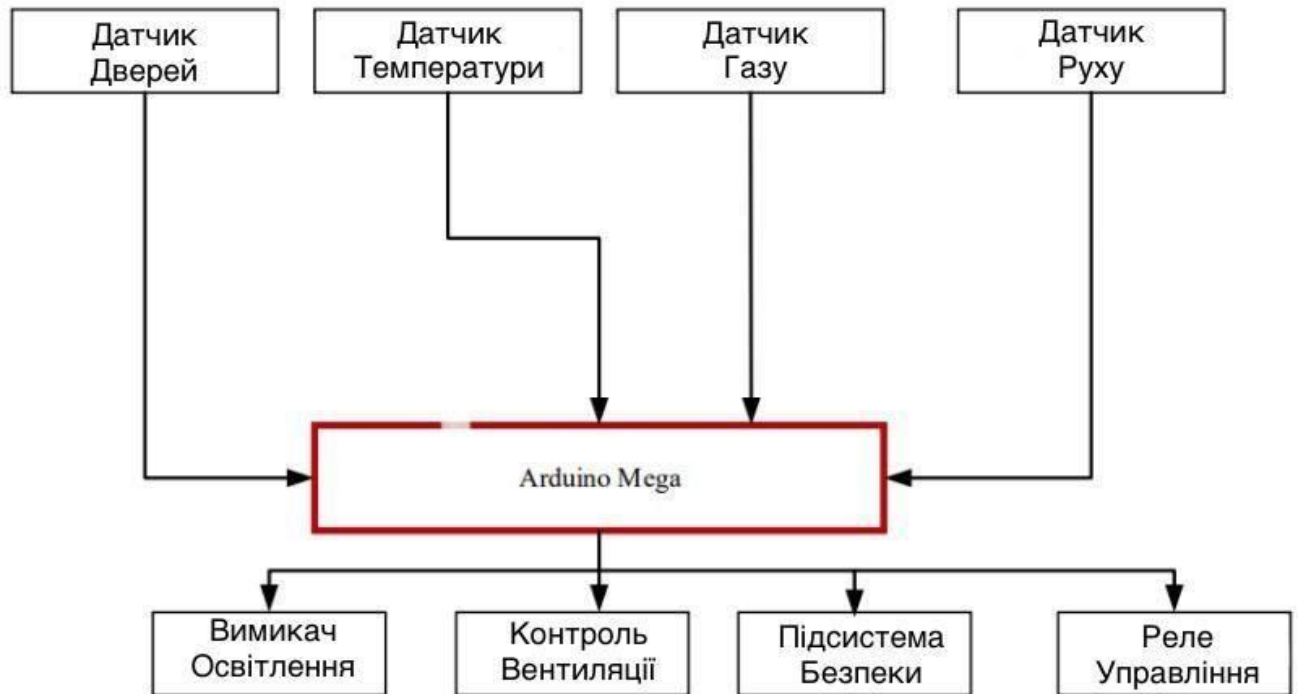


Рис. 2.7 — Схема підключення Arduino Mega

Він активує різні пристрої на основі даних датчиків. Датчики прикріплені до Arduino Mega, складаються з: датчика температури та вологості, датчика руху, електромагнітний датчик дверей, датчик газу, Електромагнітні реле використовуються для управління та автоматизації електроприладів на основі даних зондування. Частина енергетичного моніторингу використовується для моніторингу та контролю особливо великого енергоспоживання побутової техніки та приладів за допомогою веб-сторінки та на ЖК-екрані (рис. 2.8).

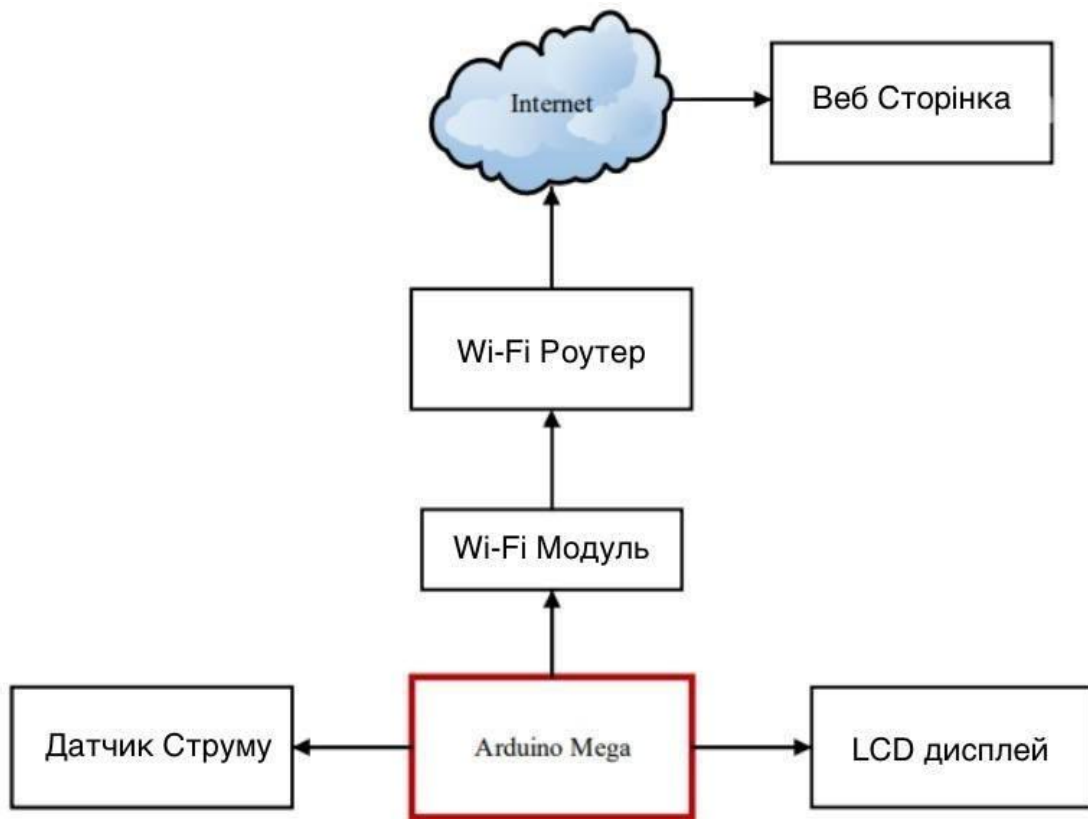


Рис. 2.8 — Схема підключення модулів

Ця частина складається з наступних модулів: Wi-Fi модуль підключається до Arduino Mega, який має на меті надавати дані на веб-сторінці для подальшої обробки, дій та контролю.

Коротко розглянемо модель мережі запропонованої системи (рис. 2.9). Пропонована модель в основному базується на двох частинах, розумна автоматизація та розумний моніторинг енергії.



Рис. 2.9 — Детальний прототип запропонованої моделі

Датчики підключені до контролер (Arduino Mega) і забезпечують функції автоматизації об'єктів, такі, як керування світлом залежно від руху чутливого датчика або будь-якої активності, яку спостерігає датчик. Крім того, у разі витoku газу вмикається тривога. Також сповіщає, коли головні двері залишаються відкритими більше ніж 30 секунд.

У цій частині датчики температури та струму підключаються до контролера (Arduino Mega). Датчик температури використовується для автоматизації вентиляції в кімнаті, вентилятор автоматично увімкнеться/вимкнеться, коли температура підніметься до певного значення, і швидкість вентилятора буде поступово зростати з підвищенням температури. Датчик струму використовується для контролю споживання електроенергії пристроями що є у будинку, а для надсилання даних використовується модуль Wi-F і доступ до нього здійснюється на веб-сторінці. Значення споживання енергії та температура відображаються на веб-сторінці і керування приладом також відбувається на веб-сторінці або веб-додатку, до якої можна отримати віддалений доступ з будь якого місця де є підключення до мережі інтернет.

Алгоритм написаний на мікросхемі Arduino Mega для системи розумного будинку. У системі «розумний дім» пасивний інфрачервоний датчик руху (PIR) встановлений у верхній частині дверей для контролю руху. Коли людина заходить в кімнату, датчик фіксує рух в результаті чого вмикається світло. В іншому випадку датчик постійно буде моніторит рух (рядки 1-5). Датчик газу встановлено в кухні з метою безпеки, щоб попередити про виток газу в будинку. Датчик MQ5 сприймає дані, якщо їх значення перевищують попередньо визначене порогове значення (1050), буде повідомлено власника про витік газу, який виявлено на кухні (рядки 6-10). Прототип автоматизації дверей розумного будинку (рядки 11-16). Рядки 16-20 описують роботу вентиляції, яка базується на кімнатній температурі. Якщо температура виявлена менша або дорівнює 24°C, тоді вентилятор залишається вимкненим, якщо температура перевищує 24 °C, вентилятор буде увімкнено, і швидкість вентилятора буде прямо

пропорційною температурі. Тому з підвищенням температури швидкість вентилятора буде збільшуватися.

Алгоритм розумного будинку, наведений нижче:

- 1) if motion sensed by the PIR sensor
  - then
  - 2) Turned ON Light
  - 3) Else
  - 4) Keep sensing
  - 5) end if
- 6) if MQ5 gas value greater than or equals to 1050 then
  - 7) Start Alarm
  - 8) else
  - 9) Keep sensing
  - 10) end if
- 11) if electromagnetic door sensor lost the line of sight connection for 30 sec then
  - 12) Start Alarm
  - 13) else
  - 14) Keep checking
  - 15) end if
- 16) if temperature less than or equals to 24°C then
  - 17) Turned OFF Fan
  - 18) else
  - 19) if temperature greater than 24°C then Turned ON Fan  
(Speed of Fan increased with the increase in temperature)
  - 20) end if
  - 21) end if

Була проведена оцінка продуктивності запропонованого алгоритму на веб-сторінці для відображення температури та споживання електроенергії, при

цьому датчик руху, датчик газу і датчик дверей працює локально. Показано енергоспоживання однієї лампочки потужністю 100 Вт з 9 ранку до 11 ранку (Рис. 2.10).

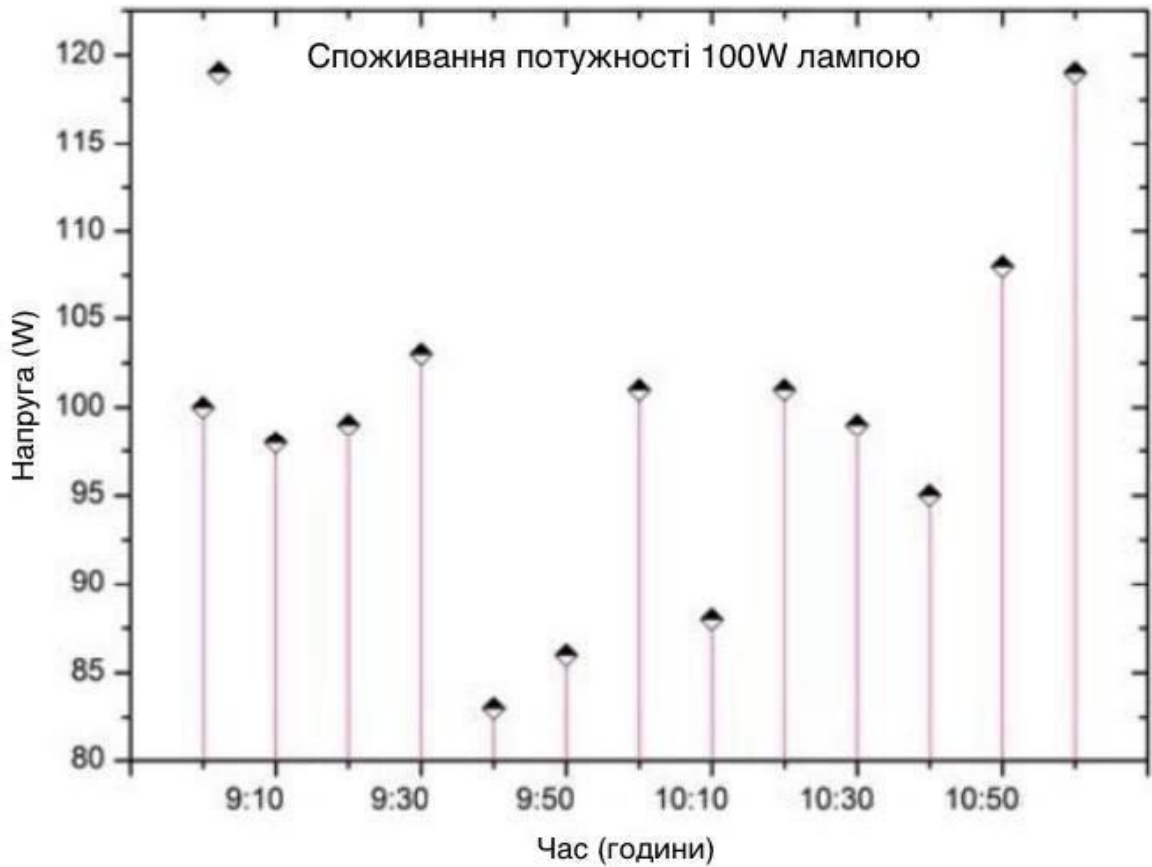


Рис. 2.10 — Зміна температури в залежності від часу

Потужність обчислюється за допомогою ампер і напруги:

$$= \cdot$$

- де  $P$  — потужність в ватах (Вт);  
 $V$  — напруга в вольтах (В);  
 $I$  — сила струму в амперах (А).

Обидва ці значення графічно представлені на веб-сторінці IoT що працює на вбудованому статичному IP-адресі модуля Wi-Fi. Якщо деякі прилади

споживають більше енергії та перевищують поріг, користувач може керувати пристроями через веб-сторінку IoT.

Температура транслюється в реальному часі, що спостерігається на веб-сторінці (Рис. 2.11).

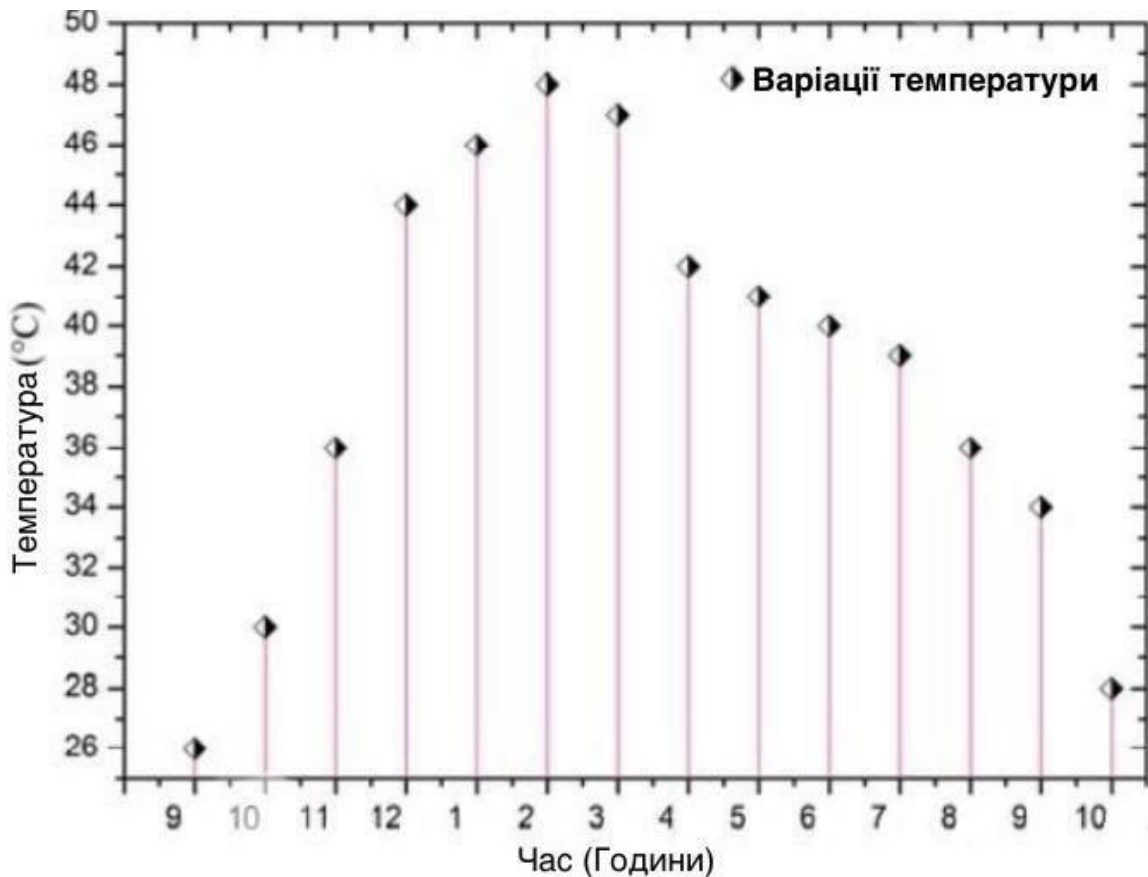


Рис. 2.11 — Зміна температури в залежності від часу

Таким чином, на основі даних температур швидкість вентилятора регулюється автоматично.

На рисунку 2.12 показано коливання вхідної напруги для електричної лампочки з 9:00 до 21:00. Спостерігається, що в години навантаження напруга падає до мінімальної межі. Оскільки напруга змінюється, споживана потужність приладів також різна.



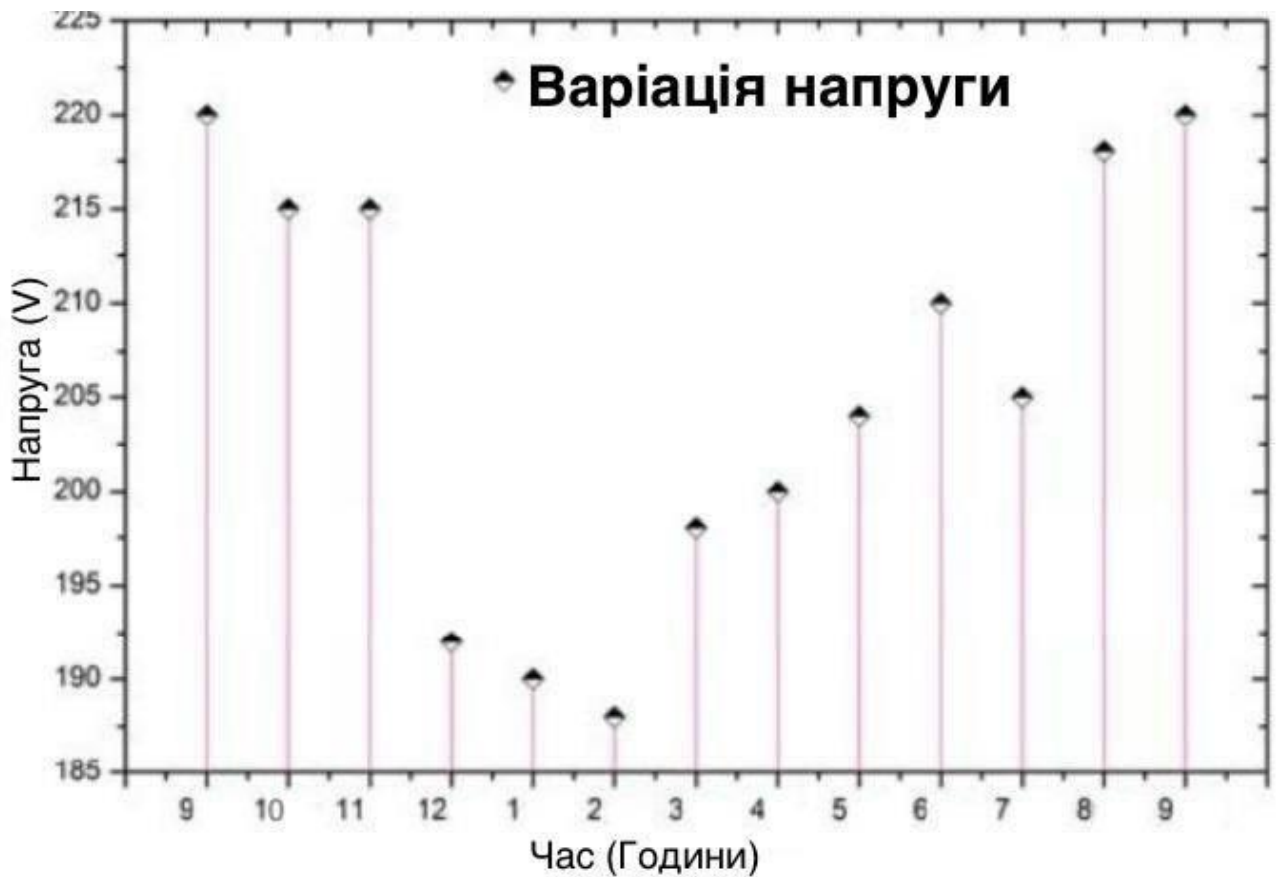


Рис. 2.12 — Зміна напруги в залежності від часу

### 2.3 Функціонування комп'ютерної мережі цифрового будинку

У системі контролю комп'ютерної мережі цифрового будинку моніторинг параметрів здійснюється на підставі вимірювань декількох датчиків, таких як, температури, вологості, рівня вуглекислого газу, руху. Датчики встановлюються в будинку та на прибудинковій ділянці. Інформація з датчиків надходить на локальні контролери, які її обробляють і на основі отриманих даних здійснюють регулюючий вплив. Центральний контролер збирає інформацію з локальних контролерів, за запитом передає її на рівень користувацьких систем управління, приймає і виконує призначені для користувача команди, задає параметри локальним контролерам. Призначена для користувача система контролю — це різноманітні мобільні і стаціонарні пристрої, за допомогою яких здійснюється енергоуправління в будинку. Це може бути смартфон або персональний комп'ютер. Для віддаленого доступу до

підсистеми потрібно підключитися до мережі і ввести пароль. Також можна налаштувати екстренне SMS сповіщення на мобільний телефон у разі втрати доступу до мережі інтернет.

На рисунку 2.13 наведено схему функціонування комп'ютерної мережі цифрового будинку.

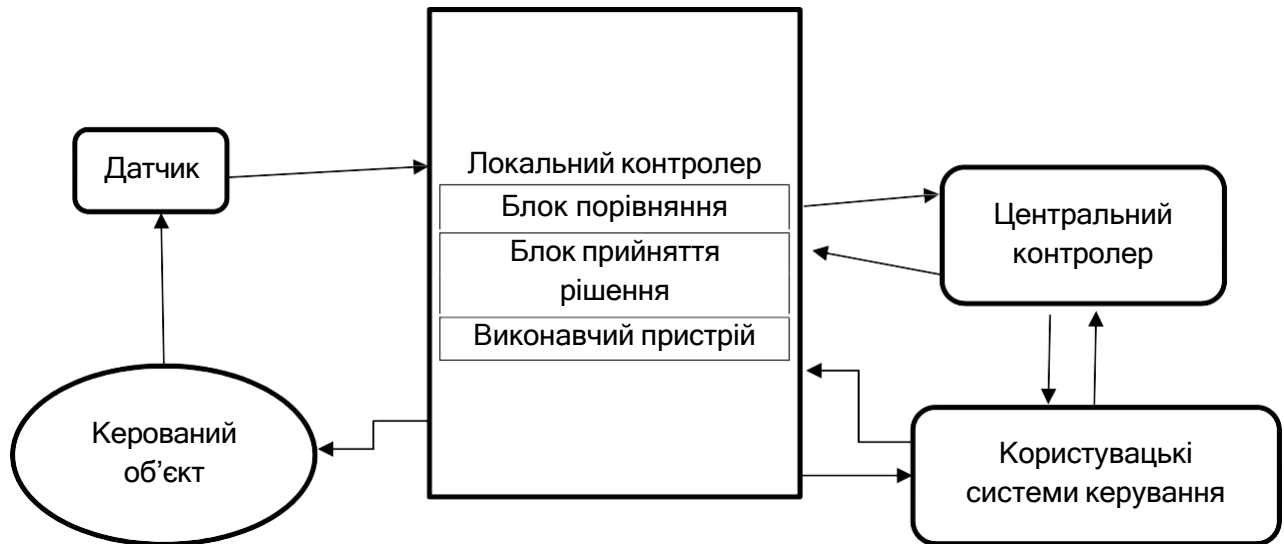


Рисунок 2.13 — Схема функціонування комп'ютерної мережі

Інформація про стан об'єкта управління фіксується датчиком і передається на локальний контролер через певні проміжки часу або по необхідності (наприклад, аварійне спрацювання сенсора диму). Центральний контролер задає еталонне значення регульованого параметра локальному контролеру. Локальний контролер функціонально складається з блоку порівняння, блоку прийняття рішення і виконавчого пристрою. У блоці порівняння знаходиться різниця чинного і еталонного значення регульованого параметра. На підставі величини і знака цієї різниці у відповідному блоці приймається рішення про необхідність регулюючого впливу, який здійснюється виконавчим пристроєм. Центральний контролер збирає з локальних контролерів дані про стан об'єктів управління, задає локальним контролерам еталонні значення, передає на перший рівень запитувані параметри, приймає і виконує призначені для користувача команди. Як видно з функціональної схеми,

користувачі безпосередньо можуть задавати параметри локальним контролерам і отримувати від них необхідну інформацію.

## 2.4 Енергоефективність

Особливу увагу приділяють енергоефективності в розумних будинках. Використання сонячних панелей, сховищ енергії та систем оптимізації витрат що допомагає зменшити енергоспоживання.

Для прикладу наведу кілька формул для визначення різних показників що стосуються енергоефективності, їх є велика кількість і використовувати потрібно відповідно до проекту розумного будинку та затвердженим пріоритетам.

Коефіцієнт використання корисної енергії (COP): Це важливий показник для систем опалення і кондиціонування повітря. Він визначає, скільки тепла або прохолоди видається системою відносно кількості спожитої електроенергії.

Формула COP виглядає так:

$$COP = \frac{W}{Q}$$

де  $W$  — корисна енергія ( $Q$ ) може представляти тепло або прохолоду і вимірюється в джоулях (J) або кількістю теплоти (кВт-година);

$Q$  — спожита енергія ( $W$ ) вимірюється в джоулях (J) або кількістю електроенергії (кВт-година).

Коефіцієнт використання сонячної енергії: Якщо в будинку використовуються сонячні панелі, то ефективність їх роботи визначається як відношення електроенергії, згенерованої панелями, до загальної сонячної енергії, що потрапила на панелі. Формула ефективності сонячних панелей:

$$\text{Сонячна ефективність} = \left(\frac{Q}{W}\right) \times 100\%$$

де  $Q$  — вироблена енергія сонця, вимірюється в джоулях (J) або кВт-годинах;  
 $W$  — згенерована енергія сонячними панелями, вимірюється в джоулях (J) або кВт-годинах.

Коефіцієнт використання освітлення: Визначає, як ефективно використовується природне та штучне освітлення в будинку. Вимірюється, наприклад, в люксах на ватт ( $lx/W$ ), і визначає, скільки світла отримується на одиницю витрат електроенергії.

Індекс енергоефективності (Energy Efficiency Index - EEI): Це загальний показник енергоефективності будинку, який враховує всі системи, включаючи опалення, кондиціонування повітря, освітлення, інші побутові пристрої і сонячні панелі. Він розраховується як відношення корисної роботи (наприклад, опалення приміщення) до загальної енергії, спожитої для цієї роботи.

$$EEI = \frac{Q}{W}$$

де  $Q$  — вимірюється в джоулях (J) або кількості теплоти (кВт-година);  
 $W$  — також вимірюється в джоулях (J) або кількості електроенергії (кВт-година).

Коефіцієнт використання електроенергії (Power Usage Effectiveness - PUE): Цей показник використовується для оцінки ефективності даних центрів, але може також бути застосований до розумних будинків зі значними обчислювальними потребами. PUE розраховується як відношення всієї спожитої енергії до енергії, яка споживається обчислювальними пристроями. Нижчий PUE вказує на вищу енергоефективність.

$$PUE = \frac{E_{total}}{E_{IT}}$$

де  $E_{total}$  — енергія, яку використовує всі системи;  
 $E_{IT}$  — енергія, яку використовують обчислювальні пристрої.

Коефіцієнт використання води: Для оцінки ефективності систем водопостачання та очищення можна використовувати коефіцієнт використання води. Він визначає, скільки води споживається в будинку відносно корисної води, яка використовується для пиття та інших основних потреб.

$$K = \frac{V_{корисна}}{V_{спожита}}$$

де  $V_{корисна}$  — об'єм корисної води, вимірюваний в літрах або галонах;  
 $V_{спожита}$  — загальний об'єм спожитої води, також вимірюваний в літрах.

Витрати на енергозберігаючі заходи (Energy Conservation Measures - ECM): Цей показник визначає витрати на встановлення енергозберігаючих технологій та відповідний вигаш у витратах енергії. Він дозволяє оцінити віддачу від інвестицій у покращення енергоефективності.

$$E = S_E - C_E$$

де  $S_E$  — заощаджені витрати на енергію і вимірюються в одиницях валюти;  
 $C_E$  — Витрати на впровадження енергозберігаючих технологій і також вимірюються в одиницях валюти.

Тепловий опір (Thermal Resistance - R): Використовується для оцінки ефективності ізоляції будинку. Чим вищий R-Value, тим краще ізоляція будинку і менше тепла втрачається через стіни, дах і підлогу. Розраховується на основі матеріалів і товщини ізоляції.

$$R = \frac{d_{\text{ізоляції}}}{R_{\text{value}}}$$

де  $d_{\text{ізоляції}}$  — товщина ізоляції, вимірюється в метрах (м);

$R_{\text{value}}$  — тепловий опір матеріалу, вимірюється в квадратних метрах на ват ( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ).

Коефіцієнт використання сонячної енергії: Для будинків з встановленими сонячними панелями, цей показник визначає, яку частину сонячної енергії споживає будинок. Він розраховується як відношення виробленої сонячної енергії до всієї електроенергії, яку споживає будинок.

$$K = \frac{E_{\text{сонце}}}{E_{\text{загальне}}}$$

де  $E_{\text{сонце}}$  — вироблена сонячна енергія, вимірюється в одиницях енергії, таких як джоулі (J) або кількість електроенергії (кВт-година);

$E_{\text{загальне}}$  — всі споживані джерела енергії, також вимірюється в одиницях енергії.

Коефіцієнт використання вітряної енергії: Аналогічно до сонячного коефіцієнта, цей показник оцінює, яка частина вітряної енергії використовується для житла. Розраховується як відношення виробленої вітряної енергії до загальної електроенергії.

$$K = \frac{E_{\text{вітер}}}{E_{\text{загальне}}}$$

де  $E_{\text{вітер}}$  — вироблена вітряна енергія, вимірюється в одиницях енергії, таких як джоулі (J) або кількість електроенергії (кВт-година);

$E_{\text{загальне}}$  — всі споживані джерела енергії, також вимірюються в одиницях енергії.

### 3 ПРОЕКТ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

#### 3.1 Віртуальне моделювання загального проекту розумного будинку

Для розміщення приладів на місцях, необхідна схема будинку. Для прикладу використаємо принципову схему будинку з використання основних систем. На схемі будинку розміщено усі прилади, пристрої та датчики що використовуються у будинку (Рис. 3.1). Моделювання необхідне для візуалізації розміщення датчиків, та інтернет речей. Розумний будинок може мати велику кількість підключених приладів, датчиків, а також різних під систем.

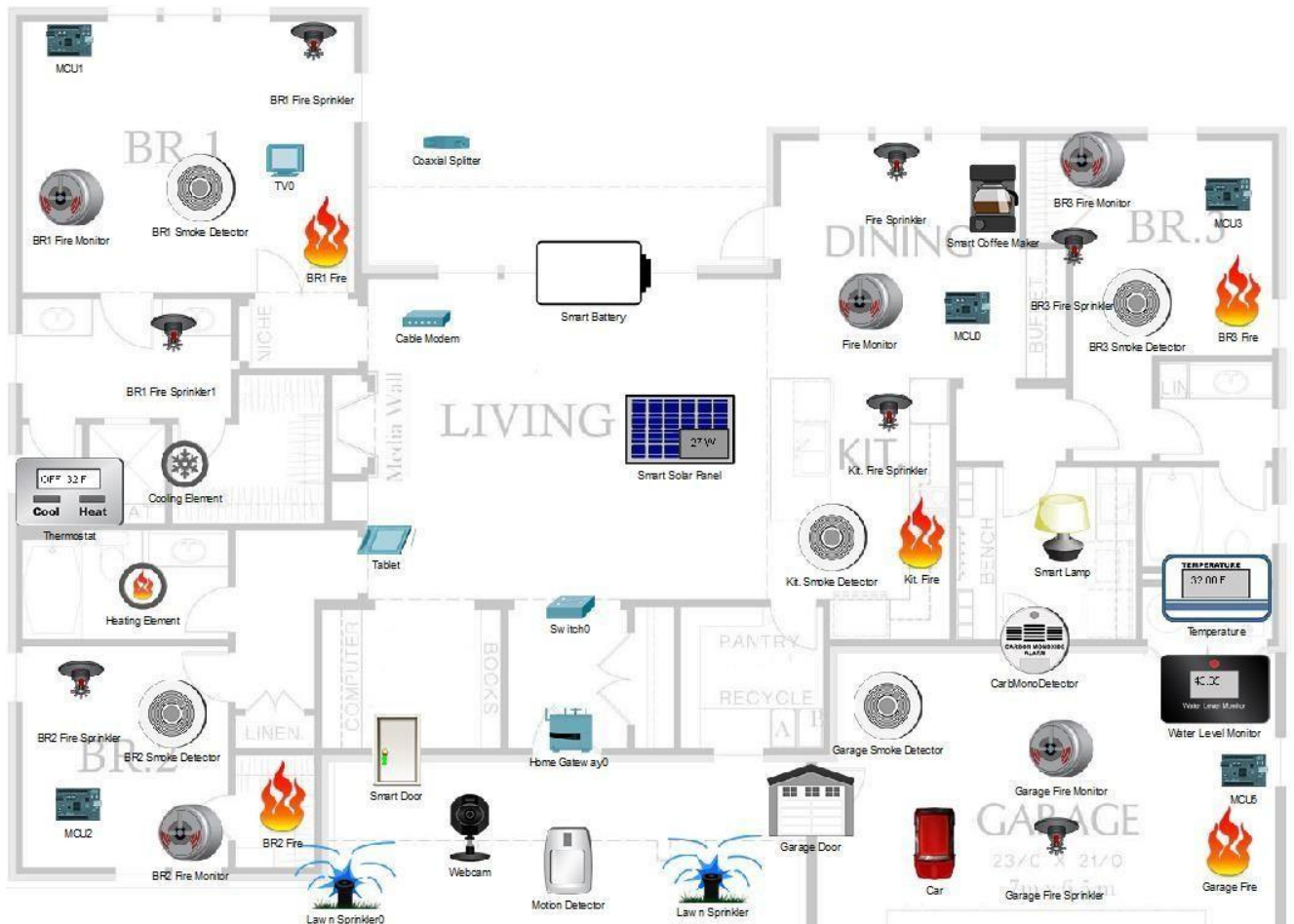


Рис. 3.1 — Датчики та пристрої систем розумного будинку



Спочатку проектується сам будинок, потім ділиться на зони. У різних зонах різне призначення та різне середовище зі своїми ризиками. Для прикладу на кухні потрібно встановлювати керування витяжкою, датчик витoku газу, датчик наявності диму. У підвальних або напівпідвальних приміщеннях потрібно використовувати датчики рівня вологості для його автоматичного регулювання, також датчик рівень води для передбачення затоплення. Тому при проектуванні системи розумного будинку враховують специфікації різних зон. Потім проект адаптують під потрібний бюджет, та розділяють підсистеми та їх компоненти по пріоритетності. При потребі розглядають аналоги використовуючих датчиків, та розміщають їх для гармонійного поєднання з інтер'єром.

### 3.2 Топологія розумного будинку

Система складається з таких компонентів (рис. 3.2).

Пристрої (IoT Devices) — це пристрої що підключені до центральної системи будинку та мають змогу передачі інформації про свій стан та віддаленого керування.

Датчики — основні пристрої збору інформації в будинку (датчики температури, вологості, руху, навантаження мережі та інші).

Мікроконтролер — необхідний пристрій, що об'єднує сукупність датчиків та пристроїв у одну систему.

Домашній шлюз — основний пристрій передачі з'єднання внутрішньої та зовнішньої мережі.

Канали передачі даних — фізичні та логічні канали передачі даних з урахуванням пріоритету, швидкості безпеки, тощо.

Хмара — зовнішня служба, яка виступає як база зберігання даних.

Мобільні пристрої — перелік пристроїв що мають доступ до перегляду стану та керування розумним будинком та його окремими системами.

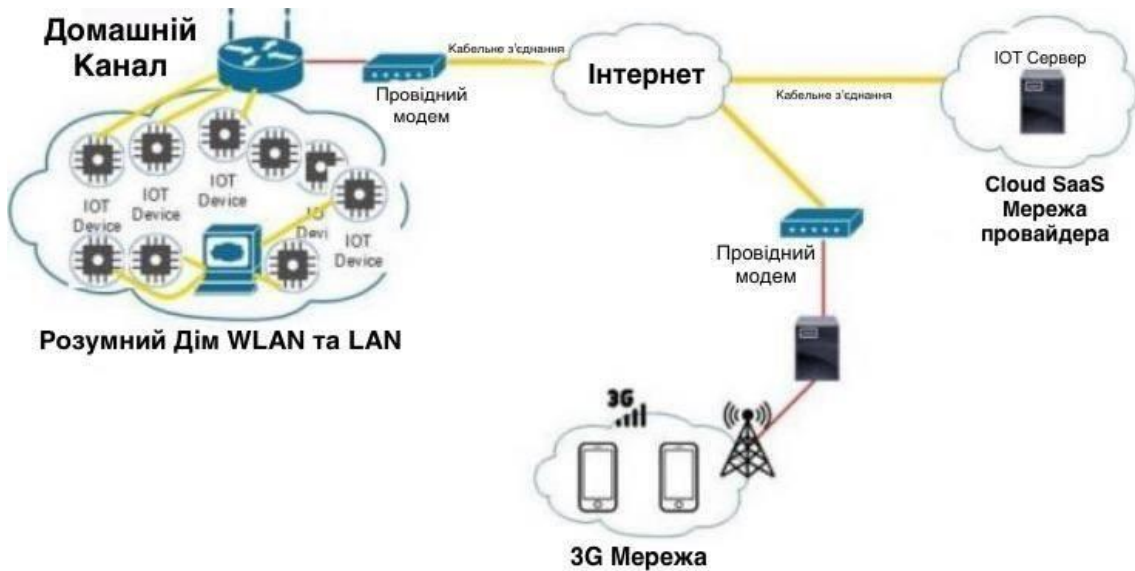


Рис. 3.2 — Топологія розумного будинку

### 3.2.1 Датчики

Розумні будинки використовують різноманітні датчики, актуатори та інші пристрої для автоматизації різних аспектів життя (рис. 3.3), включаючи системи опалення, кондиціонування повітря, освітлення, безпеку і мультимедійні системи.



Рис 3.3 — Приклад зон використання різних датчиків

Датчики температури — вимірюють температуру в приміщенні і дозволяють регулювати системи опалення та кондиціонування повітря.

Датчики температури необхідно вибирати виходячи з передбачуваного місця встановлення, наприклад: кімната, вулиця тепла підлога. Також потрібно брати до уваги можливі варіанти датчиків температури по їх характеристикам та засобам захисту, вони можуть бути вмонтовані в підлогу якщо у будинку и тепла підлога, можуть використовуватись щоб контролювати температуру нагріваючих пристроїв а також різних електричних пристроїв як безперебійне живлення, резервні акумулятори, котел і тд. Для використання зовні будинку є спеціальні датчики з захистом від вологи та конструкція передбачає герметичність корпусу щоб справно працювати за будь яку погоду та знімати коректні показники.

Датчики вологості — вимірюють вологість в приміщенні і можуть використовуватися для автоматичного управління зволожувачами або вентиляцією. Ці датчики також використовують у ванних кімнатах, санвузлах, або в технічній кімнаті з котлом та основними системами водопостачання щоб запобігти та завчасно попередити власника будинку про протікання води.

Датчики руху — сприймають рух в приміщенні і використовуються для включення/вимкнення освітлення та безпекових систем. Це один з найпоширеніших датчиків що використовуються не тільки у системах розумних будинків а й у звичайних будинках, це освітлення з датчиком руху що автоматично вмикає освітлення на час визначений вмонтованим таймером, що економить енергоресурси та дуже зручний у використанні. Також датчики руху використовують у системах безпеки як частину сигналізації. Одне з можливих використань це для автоматичного закриття воріт у двір та гараж, при дистанційному відкритті воріт, датчик знімає показник що автомобіль проїзжає через ворота, і після певного часу встановленого таймером, наприклад якщо протягом 30 секунд датчик не розпізнає перешкод, він посилає сигнал на центральний комп'ютер та ворота автоматично закриваються.

Датчики відкриття/закриття — використовуються для відстеження стану дверей, вікон, шаф і інших важливих об'єктів. Ці датчики активно використовують для контролю безпеки будинку. Вони встановлюються на вхідні двері, вікна, або на додаткові проходи через які можна потрапити в будинок і система завжди буде знати у якому вони стані. Завдяки додатку завжди можна перевірити чи всі двері та вікна закриті, у якому стані електро замки або фізичні, щоб перевірити чи будинок надійно захищений від проникнення.

Датчики диму та CO<sub>2</sub> — сприймають дим та викиди CO<sub>2</sub> та можуть активувати сигнали тривоги або системи вентиляції. Дуже важливі датчики для запобігання пожеж та передбачання поломок обігріву будинку. Їх використовують найчастіше щоб за час відсутності контролювати чи не відбулось випадкове займання у будинку, також для контролю витіку газу, тому що не завжди можливо передбачити витік газу за час відсутності в дома.

Рекомендовано використовувати ці датчики у місцях найбільш можливих місцях займань, таких як електро шафа, кухня, та окремої технічної кімнати де знаходиться система опалення якщо така є.

Датчики освітлення — вимірюють рівень освітленості та дозволяють регулювати інтенсивність освітлення відповідно до потреб. Ці датчики дозволяють економно використовувати електроенергію та комфортно регулювати освітлення, з їх допомогою можна налаштувати плавний перехід освітлення та використовувати стільки скільки потрібно власнику.

Датчики звуку — використовуються для виявлення звукових сигналів або голосових команд для активації систем. Датчики звуку являють собою мікрофони які передають інформацію на центральний комп'ютер та розпізнають запрограмовані патерни для голосовою активації різних пристроїв що полегшує користування більшістю приладів та збільшує комфорт життя.

Датчики рівня води — вимірюють рівень рідини в басейнах, резервуарах або інших контейнерах. Ці датчики дуже корисні якщо у будинку є запасний резервуар з водою, також для автоматичного набирання басейну, або контролю появи води у власній свердловині, і автоматичного включення відкачки води у

ній, яка могла потрапити через надмірні дощі тощо. Також їх часто використовують якщо у будинку и великий підвал або підземний гараж.

Датчики витрати енергії — вимірюють споживану електроенергію та дозволяють моніторити та оптимізувати енергозбереження. За допомогою цих датчиків можна моніторити у реальному часі витрати електроенергії у розетках, системах освітлення, побутових приборів та інших пристроїв та систем, а також змінати актуальні та детальні показники ефективності всього будинку для оптимізації, збільшення ефективності та економічності витрати енергоресурсів. Це надзвичайно важлива частина розумного будинку якщо використовуються сонячні системи накопичення енергії, вітрогенераторів або інших систем зеленої енергії.

Одна з найголовніших частин мого проекту, є системи зчитування спожитої електроенергії та датчики, тому, як на базі цих даних і будуть виконуватись подальші розрахунки спожитої електроенергії.

Для початку потрібно встановити датчик напруги 220В (Рис. 3.4), для забезпечення контролю наявності напруги в мережі. Даний прилад призначений для стеження у реальному часі за наявністю напруги і може бути підключений до охоронної сигналізації або інших систем. Цей датчик можна підключити до центрального комп'ютера для відстеження онлайн стану мережі, а також підключення реле, для автоматичного перемикавання на резервне живлення будинку. При підключенні реле до цього датчику можна створити сигналізацію, яка буде спрацьовувати на перебої з подачею електрики, розмикаючи контакт ОК з контактом GND. За наявності 220 В на клеммах колодки X2, і 12 В на контактах GND та +12, контакт ОК видає -12 В (GND замикається на ОК). При зникненні 220 В подача -12 В з контакту ОК припиняється. А також цей датчик можна інтегрувати в вже існуючу систему, без додаткових маніпуляцій.



Рис. 3.4 — Приклади датчика напруги 220В

Для контролю загальної спожитої електроенергії використовуються розумний лічильник, це сучасний пристрій який зчитує загальне споживання електроенергії у всьому будинку (Рис. 3.5), та передає данні на центральний комп'ютер, який в свою чергу надає відалений доступ користувачу до цих даних онлайн.



Рис. 3.5 — Розумний лічильник

Якщо у користувача вже встановлений аналоговий лічильник, його можна доповнити за допомогою додаткової системи контролю яка буде знімати данні та передавати їх на центральний комп'ютер. Наприклад можна використати розумний енергомонітор, який має тіж самі функції що і розумний лічильник, але має можливість інтегрування у вже готову енергосистему (Рис. 3.6).



Рис.3.6 — Розумний енергомонітор

Для контролю використання електроенергії побутовими приладами або іншими пристроями використовують смарт розетки. Вони мають функції моніторинг стану підключених побутових пристроїв з відправкою власнику повідомлень про контрольовані параметри (температура, напруга у мережі), дистанційне керування за допомогою мобільних пристроїв, автоматичне відключення побутової техніки в разі стрибків напруги, короткого замикання, перегріву підключеного пристрою, відсутності мешканців протягом заданого часу, включення/вимикання приладів за встановленими значеннями часу (активація систем клімату при приході власника, забезпечення необхідного

циклу роботи агрегатів, технологічна перезавантаження обладнання), деактивація режиму очікування при перевищенні встановленої тривалості з повним відключенням приладу від мережі тощо. Смарт розетки можуть бути як вмонтовані, а також як окремі пристрої (Рис. 3.7). Для дистанційного керування такими пристроями можуть використовуватися комп'ютер, ноутбук, планшет або смартфон, іншими словами, будь-які гаджети, що мають вільний доступ до Інтернету. Це може бути стаціонарне, мобільне або Wi-Fi підключення. На даному етапі розвитку інженерної думки концепцію "розумного" будинку можна реалізувати лише за допомогою адаптерів, пристроїв з вбудованими механізмами дистанційного керування. Саме такими адаптерами є "розумні" розетки. Вони складаються з двох елементів - електромагнітного реле і контролера. Контролер отримує сигнали і передає їх електромагнітному реле, яке, в свою чергу, відповідає за замикання і відмикання електричної ланки, тобто за живлення навантаження. Сигнали контролер може отримувати через Інтернет, по SMS або GSM – каналах зв'язку. Подібні адаптери відрізняються типом управляючого сигналу, потужністю передаваного навантаження, конструкцією, функціональними і технічними особливостями.

Принцип роботи пристрою базується на використанні звичайного реле. При отриманні сигналу з пульта дистанційного керування, смартфона, планшета або іншого гаджета, вона вмикає або вимикає підключене до розетки електрообладнання. В даний час для контролю та управління розеткою широко використовуються Wi-Fi і Bluetooth. Наявність цих підключень дозволяє перетворити звичайний смартфон на пульт дистанційного керування, для цього достатньо встановити на гаджет спеціальну програму, яка передає сигнал на контролер пристрою.





Рис. 3.7 — Смарт розетка

У сфері обслуговування квартир і будинків існує безліч рішень про найпростіші, на зразок центрального опалення або електричних обігрівачів і печей, до високотехнологічних інфрачервоних обігрівачів, теплих підлог і систем кондиціонерів із кліматом і підтриманням потрібного рівня вологості повітря.

У замиському будівництві водяні теплі підлоги мають перевагу перед електричними, оскільки сильно економлять споживання електроенергії, що дуже відчувається при обігріву великої площі.

Опалення теплою підлогою поділяється на декілька типів в залежності від гріючого елемента, в якості якого може бути гріючий кабель, нагріваючий мат чи інфрачервоний обігрів. Тепла підлога з використанням гріючого кабелю влаштована досить просто. Спеціальний кабель з великим опором розташовується в стягуванні підлоги, виконуваної поверх підстави. При проходженні електроживлення через кабель виділяється тепло, яке нагріває стяжку і, відповідно, нагріває приміщення.

Тепла підлога з використанням нагріваючого мату служить універсальним способом обігріву приміщень. В якості нагріваючого мату

використовується тонкий кабель, що клеється на сітку з склотканини. Для його монтажу не потрібно виконувати додаткову стяжку. Зазвичай мати у своєму розпорядженні під облицюванням підлоги. В якості останньої найбільш підходящими будуть керамічна плитка або керамограніт, і нагрівальний елемент розташовується безпосередньо в клейовому шарі.

Тепла підлога з використанням інфрачервоного обігріву вважається найбільш передовою. Нагрівальним елементом являється спеціальна термоплівка. Струмopовідні елементи розташовані всередині плівки, при протіканні струму через яку виділяється інфрачервоне випромінювання. Воно й нагріває підлогу, повітря і навколишні предмети (меблі, стіни, і т.д.).

Підсистема охорони будинку повинна здійснювати контроль будинку та його території контроль за входними дверима при відсутності господаря. У разі вторгнення включається сигналізація і відбувається сповіщення власника, а також охоронних служб. Для здійснення таких функцій необхідні датчик руху, наприклад HC-SR501 (Рис. 3.8), що реагує на тепло людини і тварин. Для виключення помилкового спрацювання є функція калібрування.



Рисунок 3.8 — Датчик руху HC-SR501.

Додатковий контроль за безпекою стає доступним при використанні датчиків відкриття дверей та вікна (рис. 3.9). Для цієї цілі використовується датчик KY-021, що використовується для контролю відкриття/закриття вікон та дверей, так включення/виключення світла в приміщення. У разі спрацювання

включається камера і блокуються двері, на яких встановлені замки. Згідно зі сценарієм відбувається оповіщення спеціальних служб і власника.



Рисунок 3.9 — Датчик руху HC-SR501.

### 3.3 Налаштування систем доступу та безпеки

Для доступу користувача до керування системою, потрібно створити та налаштувати WLAN та LAN підключення до хмари. Користувач отримає змогу керувати розумним будинком у внутрішній мережі WIFI за відсутності інтернету, а також віддалене керування при наявності підключення до мережі інтернет. Налаштування доступу через WIFI дає можливість керувати системою локально, не залежно чи є мережа інтернет, чи ні, підключення відбувається напряму, минаючи хмарний сервер, якщо використовуються додаткові сервіси. Для цього обирається два веб-сервери, через які користувач зможе переглянути актуальний статус роботи систем та буде мати можливість віддаленого керування системами розумного будинку. Вхід в який відбувається за допомогою догіна та пароля (Рис. 3.10), також можливо налаштувати додаткову ідентифікацію за допомогою довірених пристроїв, відбитку пальця що збережений на телефоні, або FaceID. Веб-застосунок може бути підібраний як вже з наявних застосунків управління доступних на

ринку, а також створений та адаптований на вимоги користувача, у форматі веб-сайту та веб-застосунку.

Другий сервер призначається для захисту та безпеки доступу, через нього буде проходити реєстрація нових користувачів (Рис. 3.11) та пристроїв, що будуть мати доступ до керування системами розумного будинку. Також можна визначати рівень доступу або обмежений доступ до конкретних систем іншим користувачам. Наприклад налаштувати майстер доступ для власника, та обмежений доступ для дітей. Таким чином власник буде мати можливість змінювати налаштування, додавати та вилучати нові пристрої, датчики, та буде мати змогу керувати підсистемою безпеки, також вилучати або обмежувати доступ інших користувачів. Діти в свою чергу будуть мати доступ тільки до керування базових підсистем, це можуть бути підсистеми освітлення, мультимедійні прилади, і тд.



Рисунок 3.10 — Сторінка авторизації Registration веб-серверу



Рисунок 3.11 — HTTP сторінка створення нового аккаунту

Для встановлення зв'язку між елементами схеми Registration сервер з'єднуємо з IoT Register роутером, а Smart сервер з Smart роутером і IoT Register роутером відповідно. Роутери з'єднуються між собою через порти Gigabit Ethernet (з боку серверів використані Fast Ethernet порти). IoT Register роутер з'єднується з Main Router, використовуючи порти Gigabit Ethernet, Main Router в свою чергу з'єднаний з ISP комутатором та Central Office Server. Central Office Server з'єднаний коаксіальним кабелем з Cell Tower провайдера Vodafone, який поширює сигнал 3G/4G для мобільних пристроїв. З іншого порту Fast Ethernet комутатор з'єднаний з DNS сервером мідною витотою парою.

Для прикладу зареєструємо у нашій системі датчик CO<sub>2</sub> (Рис. 3.12), датчик є незалежним IoT, тому доступ до нього буде напряму через веб-сервер керування будинку.

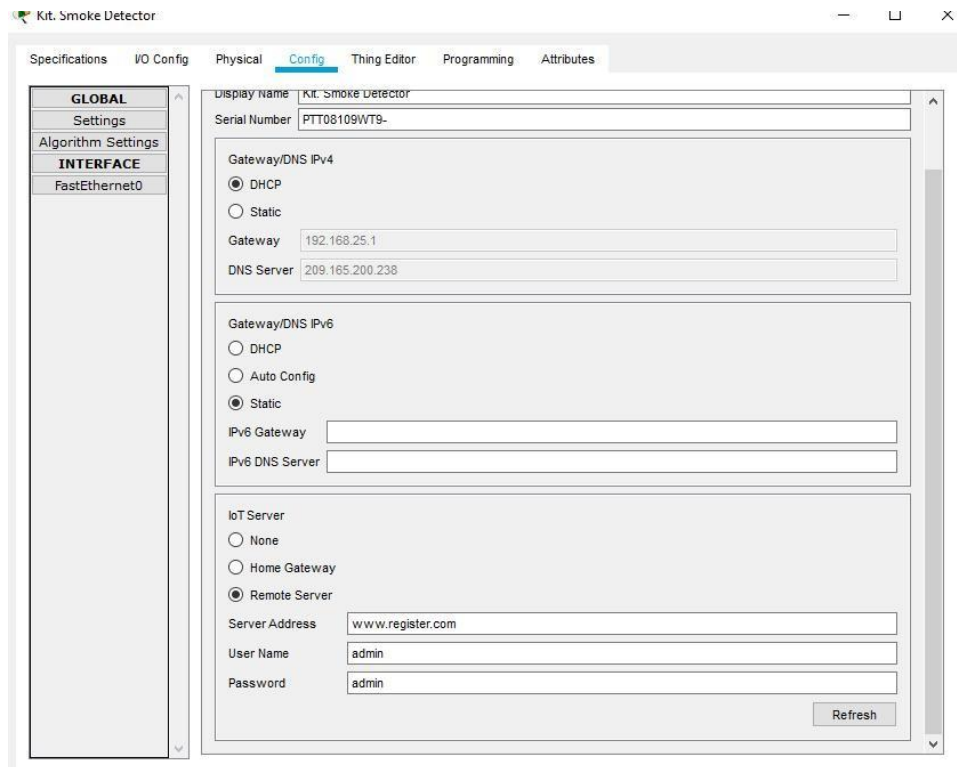


Рисунок 3.12 — Налаштування детектору диму

У хмару ISP додані порти PT-Cloud-NM-1CFE та два порта PT-Cloud- NM1CX для забезпечення з'єднання з LAN мережею, модемом, та сервером стільникового зв'язку — відповідно. Коаксіальний кабель з'єднує коаксіальний спліттер, який в свою чергу з'єднаний з телевизором та модемом.

Для більш точного тестування, вимкнено можливість отримання 3G сигналу на планшеті. А для смартфона навпаки увімкнемо, та зазначено назву провайдера — Vodafone, як і для вишки і для серверу.

Мікроконтролери з'єднано з інтелектуальними пристроями IoT Custom Cable дротом. Ним же сполучено батарею, кавоварку, веб-камеру, «смарт-двері» і сонячну батарею для забезпечення їх роботи від сонячної енергії. Так само поєднано термостат із приладом опалення і охолодження.

Пристрої smart мережі відправляють сигнали на домашній шлюз. Для подальшої роботи задано IP-адреса шлюза, SSID - HomeGateway, та WPA2-PSK кодування і пароль шлюзу.

Домашній шлюз застосований для аналізу поведінки та контролю якості мережі. Він збирає дані з системних елементів, аналізує отримані пакети даних, формує файли CSV та відправляє їх на сервер та передає сигнали іншим елементам інтелектуальної мережі, ініціалізує наявність послуг TCP, DNS, HTTP.

Розумні мережі зазвичай комбінують бездротові та дротові зв'язки. Щоб виконати цю роботу, розглянуто обидва варіанти. Підключено пристрої сонячної панелі та акумулятору, які подаватимуть безперебійну електричну енергію. Таким чином, використано широко розповсюджений протокол KNX: європейський стандарт для проектування смарт-мереж.

Налаштування дротового зв'язку розглянемо на прикладі детектору диму на кухні. Обрано серед «З'єднань» елемент з назвою Copper Straight Through (мідна звита пара) і з'єднано детектор комутатором 2960. Комутатор було додано у схему для можливості більшого підключення інтелектуальних пристроїв. Комутатор 2960 з'єднано з доступним інтерфейсом домашнього шлюзу FastEthernet0/24 — FastEthernet0/1.

Лампи-індикатори зелені, тому виконали подальші налаштування. Для цього відкрили детектор → Advanced → вкладку Config та задали ім'я, IP, віддалений сервер із указанням IP шлюзу, логіну та пароллю до системи. Аналогічно підключено інші прилади фізичної LAN мережі.

Налаштування бездротової мережі розглянемо на прикладі «розумної кавоварки» (Рис. 3.13). Спершу додали бездротовий модуль — серед Advanced налаштувань на вкладці I/Oconfig обрано бездротовий адаптер RT-IOT-NM-1W. На вкладці Config задано ім'я та IoT-сервер — Home Gateway. На вкладці Wireless0 вказано SSID — HomeGateway, тип автентифікації WPA2-PSK та пароль. Важливо зауважити, що тип з'єднання можна змінити у будь-який момент. Налаштовано доступ з кінцевих пристроїв для керування та моніторингу мережі — планшет та смартфон. Специфіка конфігурації така, що тип адаптора обирати непотрібно. Інші налаштування схожі з описаними вище.

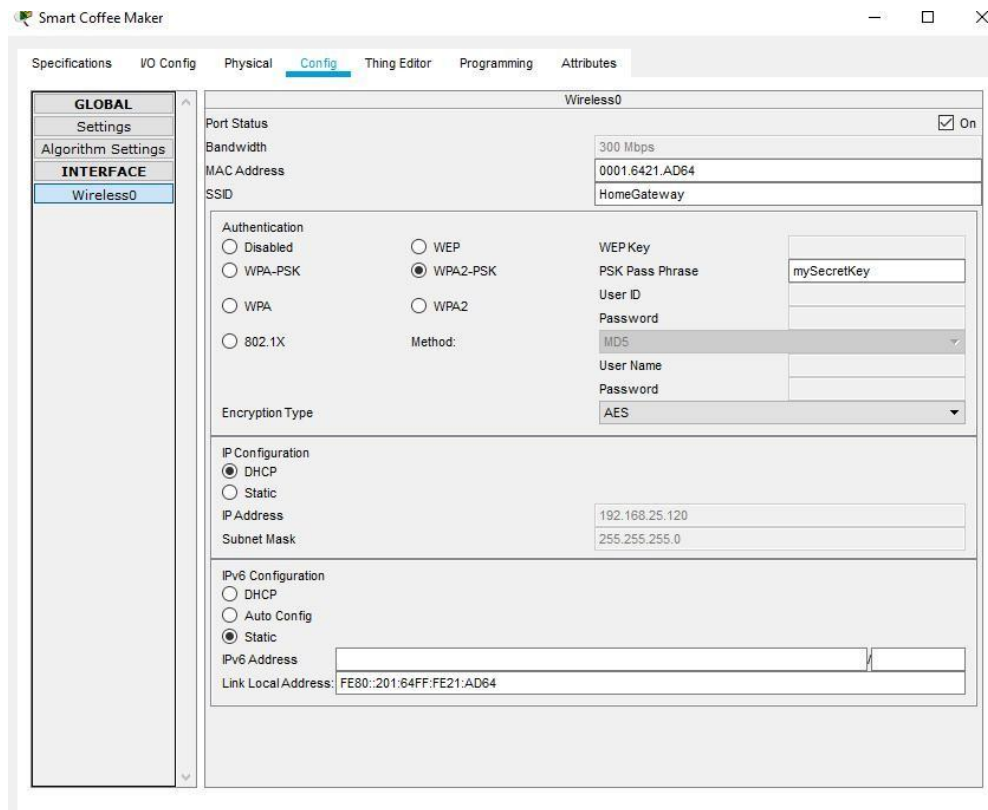


Рисунок 3.13 — Налаштування аутентифікації для віртуальної мережі

Для моніторингу мережі через мобільні пристрої, на вкладці Desktop обрано веб-інтерфейс шлюзу. Вказано адресу серверу, логін та пароль для логіну. Вхід до екрану керування пристроями системи (Рис 3.14), панель де можна вмикати/вимикати, контролювати налаштування, тощо (рис. 3.15).



Рисунок 3.14 — Доступ до веб-інтерфейсу шлюзу через планшет



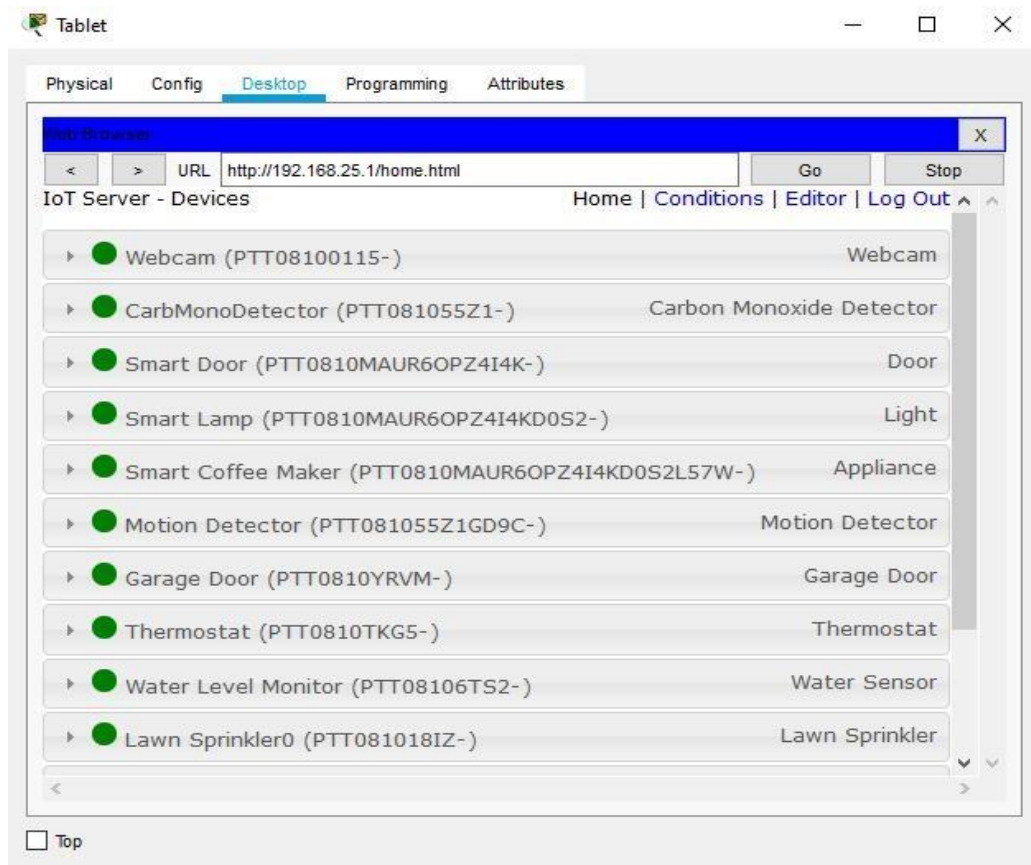


Рисунок 3.15 — Веб-інтерфейс планшета для керування інтелектуальною мережею

На рисунку 3.16 показана схема, отримана в результаті проекту «Smart Home». При необхідності цю мережу можна розширити аналогічними маніпуляціями з будь-яким із кінцевих пристроїв, доступних у симуляторі, через вже побудовані канали зв'язку.

Дані пристроїв у режимі обміну пакетами, дійшовши до шлюзу, надсилаються всім «розумним» елементам, і ті з них, які сконфігуровані за певними правилами, залежно від отриманих даних, будуть реагувати відповідним чином. Так, наприклад, після отримання сигналу від вхідних дверей, кавоварка та джерело світла увімкнуться.

Для проектування системи було використано комбінований тип зв'язку. Налаштована внутрішня мережа Wi-Fi для планшета, та стільниковий 3G/4G зв'язок для смартфона. Була реалізована можливість реєструвати нових

користувачів у системі «домашній дім» та встановлювати нові правила взаємодії пристроїв віддалено або безпосередньо вдома.

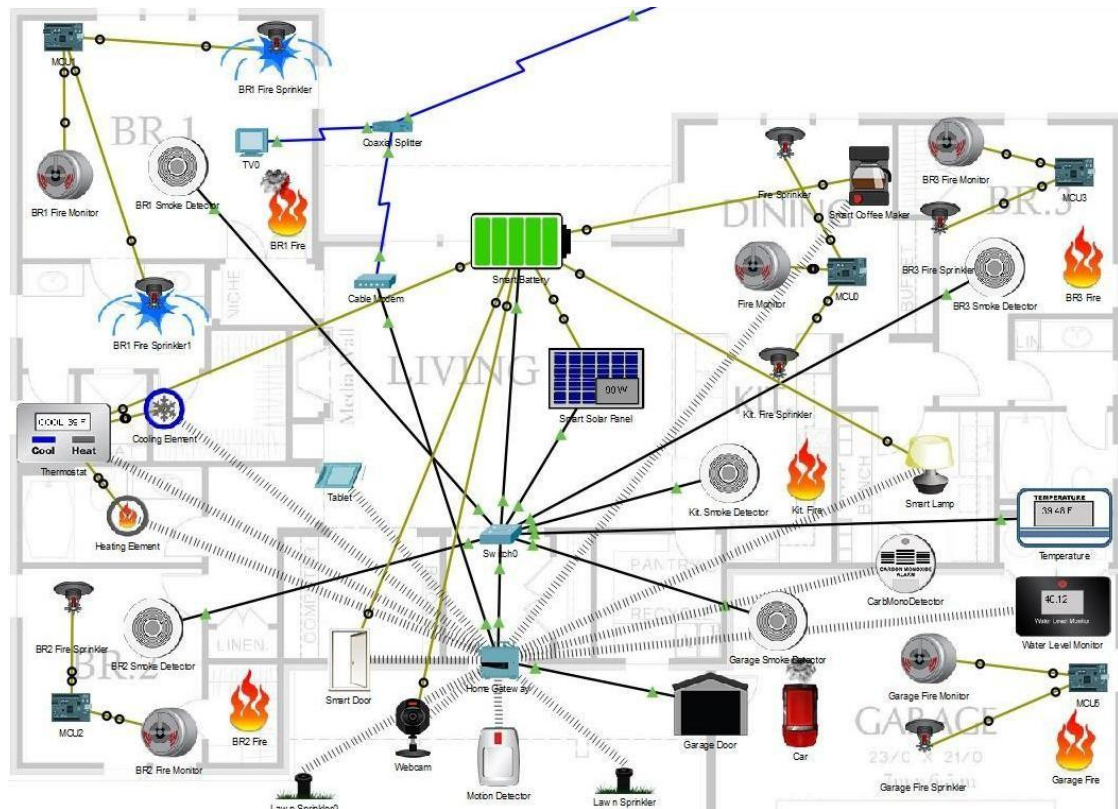


Рисунок 3.16 — Інтелектуальна мережа «розумного будинку»

В результаті базових налаштувань було отримано проект робочої мережі розумного будинку. Це приклад системи для уявлення роботи різних приладів, підсистем у великій мережі.

## 4 ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

У Cisco Packet Tracer є можливість змоделювати модель розумного будинку та відтворити симуляцію роботи датчиків, мікроконтролерів та пристроїв. Данна програма передбачає більшість можливих сценаріїв. Можливість ручного керування пристроями або автономна активація, в залежності від змін параметрів використовуваних датчиків. Найголовніше, за допомогою данної симуляції є змога контролювати використання електроенергії різними споживачами.

Так наприклад, у даній роботі реалізована сонячна батарея, яка живить пристрої у домі у денний час доби від енергії променів. Конфігурувати правила взаємодії приладів можна використовуючи веб-інтерфейс. Якщо цього функціоналу недостатньо, то Cisco Packet Tracer дозволяє програмувати пристрої в залежності від бажань користувача. У даній роботі реалізовані і описані всі ці варіанти.

### 4.1 Тестування патернів автоматичної роботи системи

У користувача є спеціальне вікно «Home» браузера для управління системою «розумного будинку». За потреби він може перейти на вкладку Conditions та створити власні правила, які визначають умови взаємодії інтелектуальних приладів. Правила програмуються на основі простих if-then умов. Це ще раз підтверджує легкість у конфігуруванні інтелектуальної системи для звичайного користувача. Так, встановлено, що веб-камера активується, коли активується детектор руху. Інтерфейс взаємодії (Рис. 4.1) дуже зручний і зрозумілий.

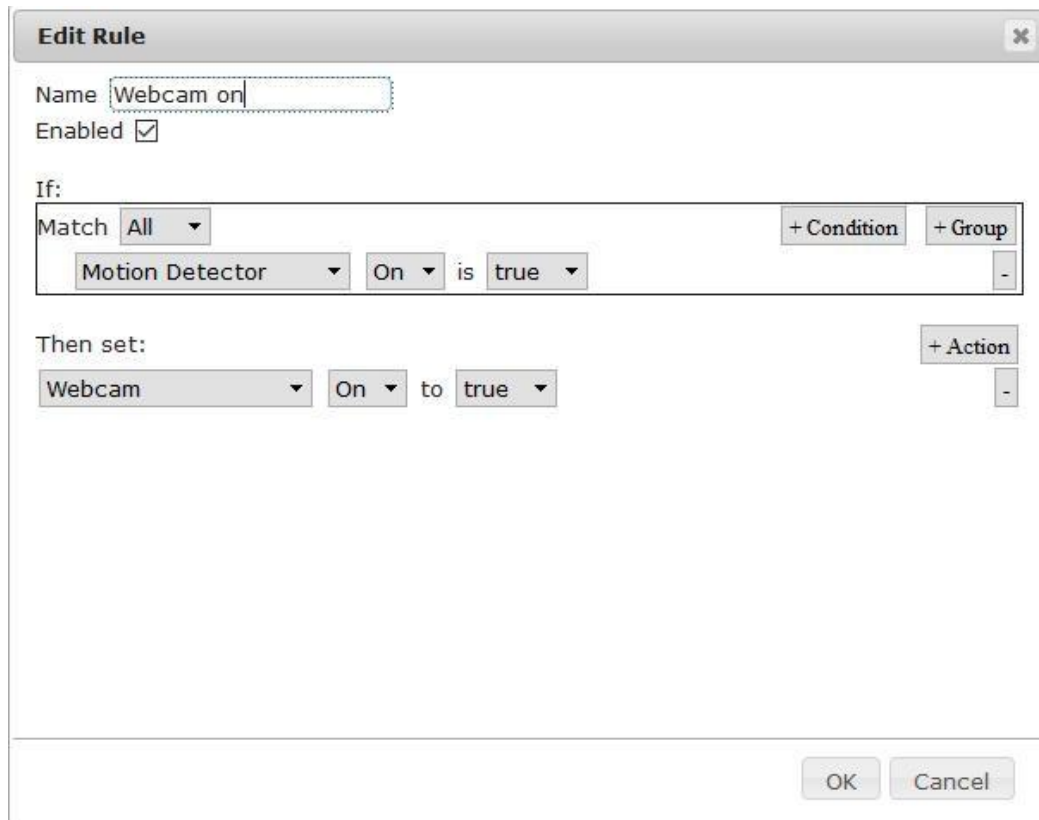


Рисунок 4.1 — Налаштування правил автовмикання веб-камери при активації детектору руху

Для перевірки руху детектора його активують переміщенням миші з натисканням клавіші Alt на клавіатурі. Вимикається автоматично через 5 секунд. Отже, коли курсор рухається до детектора, детектор включається і веб-камера активується. На рисунках 4.2, 4.3 показано активний та пасивний стан інтерфейсів пристроїв. На рисунку 4.3 спрацьовує активація детектору руху, вмикається веб-камера. На веб-інтерфейсі ми можемо спостерігати що саме відбувається на вулиці. При цьому «смарт-двері» автоматично зачиняються, гарантуючи безпеку власникам будинку.

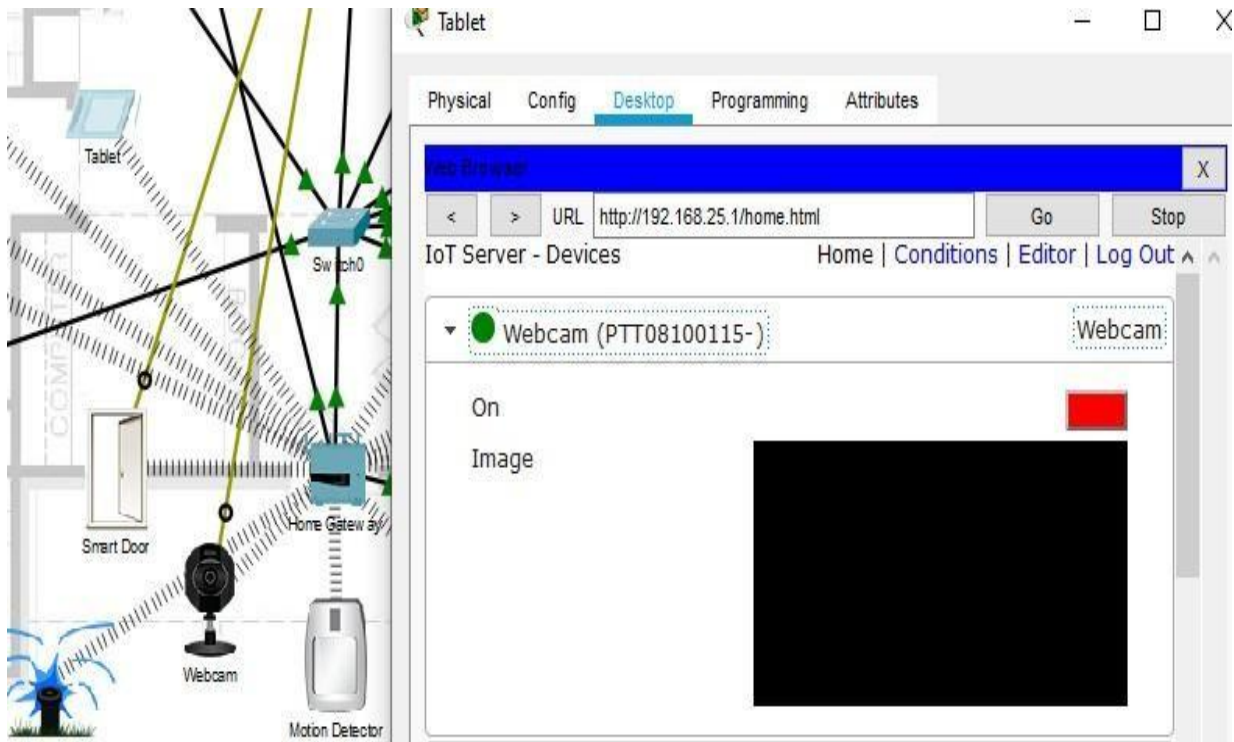
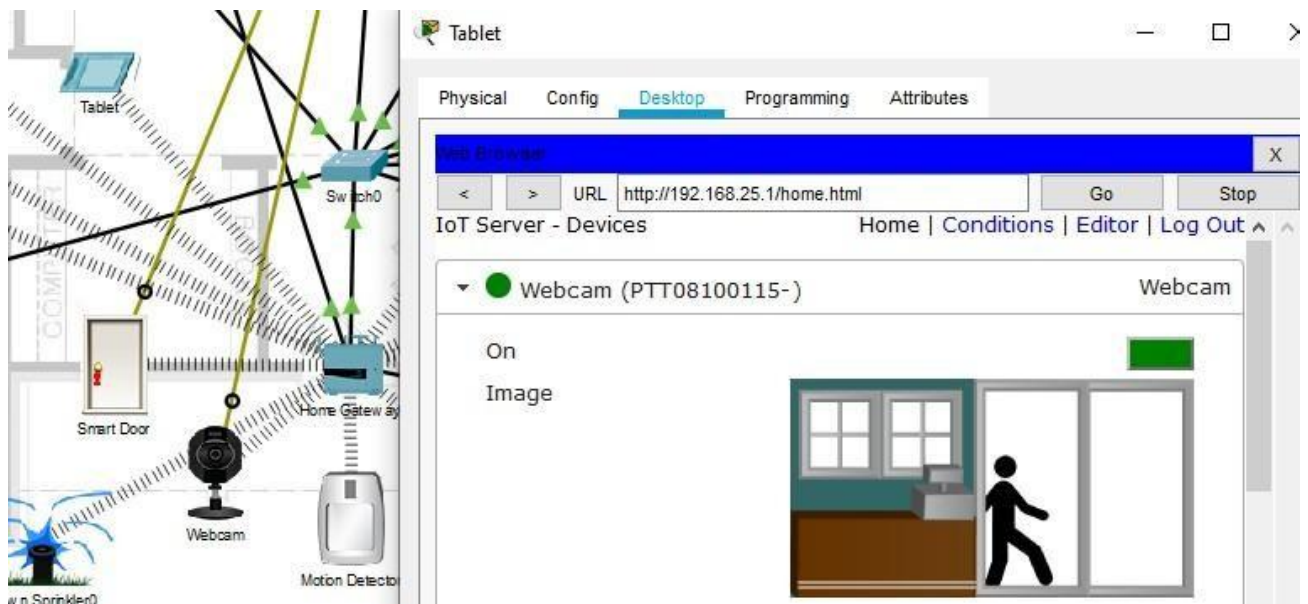


Рисунок 4.2 — Вимкнений детектор руху і камера спостереження

Відповідно, на рисунку 4.2 детектор руху вимкнений, та камера спостереження вимкнена. «Смарт-двері» відчинені.



Риснок 4.3 — Активація веб-камери і закриття дверей при активації детектору руху

Перейдемо до налаштування автоматичного підйомника гаражних дверей коли, детектор чадного газу виявив рівень вище 0,2. Для цього використано IoT "старий автомобіль" для підвищення рівня газу. Активація натисканням курсору + Alt. Така комбінація клавіш відкриє двері гаража, якщо власник запустив машину, тим самим забезпечивши запобігання газовим аваріям. Налаштування провели задаючи умову на вкладці Conditions веб-інтерфейсу планшету. Протестуємо, що ворота зачинені при нормальному рівні газу. Для перевірки спрацювання механізму активували роботу машини за допомогою лівої клавіші миші та кнопки Alt на клавіатурі. Як бачимо на рисунку 4.4 — чадний газ підняв рівень на детекторі до 0,3 і ворота відчинились.

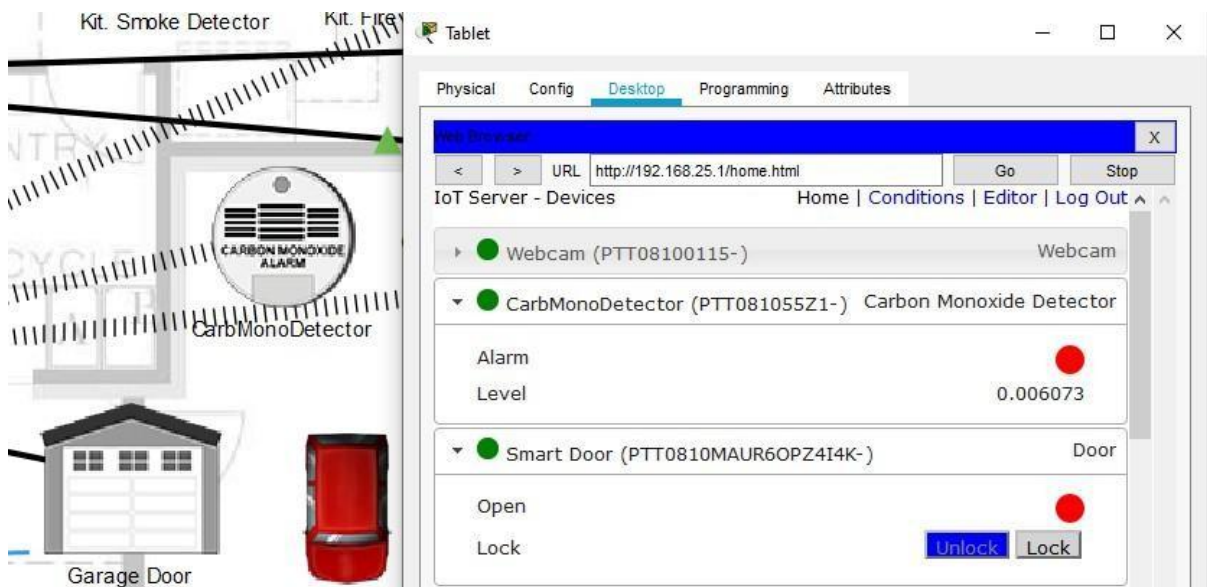


Рисунок 4.4 — Рівень чадного газу  $<0.2$ , двері гаражу зачинені

Відповідно коли рівень чадного газу знизиться, двері автоматично зачиняться (Рис. 4.5). З моделюємо ситуацію коли можна використати цей патерн, наприклад, коли автівку власник заводить віддалено, у зимній період часу. Або це буде включено у підсистему безпеки, для автоматичного відкриття дверей, у якості запасного виходу з будинку.



Рисунок 4.5 — Рівень чадного газу  $>0.2$ , двері гаражу відчинені

#### 4.2 Тестування автономної роботи безперебійного живлення та розподілення електроенергії

Для забезпечення безперебійного живлення розумного будинку було використано додаткові джерела електроенергії. Так, у симуляторі зімітована робота сонячної панелі та акумулятора. У подальшому кількість сонячних панелей, їх тип та потужність можна змінювати, а ємність та тип акумуляторної батареї також. Для цього пристрої з'єднуються між собою спеціальним кабелем IoT і кожен з них підключено окремо до шлюзу. Графік сонячного світла налаштовано на вкладці окремо (рис. 4.6). На рисунку показано, що з 12 годин ночі починається зріст сонячного світла. Найбільша його частина припадає на 12 годину дня. А потім, відповідно починає зменшуватися. З цих даних ми можемо порівняти кількість електроенергії що споживається, з даними скільки електроенергії виробляє сонячна панель. Результат порівняння можна використовувати для моніторингу ефективності генерації електроенергії та прогнозування тривалості автономної роботи.



Рисунок 4.6 — Графік зміни температури та сонячного світла протягом доби

Перевірено, чи сонячна панель отримує живлення протягом дня, і, якщо необхідно, розподіляє накопичену електроенергію в батареї до підключеної кавоварки, лампи, веб-камери та дверей, інших побутових приладів, або підсистем. Швидкість заряду акумулятора відповідно змінюється, що можна спостерігати на індикаторі (рис. 4.7). Якщо у будинку використовуються смарт побутові прилади, вони в свою чергу підключаються до загальної системи і регулюють використання електроенергії, змінюючи режим роботи. Якщо система працює автономно без підключення до загальної електромережі, а кількість споживання електроенергії перевищує її генерацію, підсистеми будуть вимикатися по налаштованих групах.

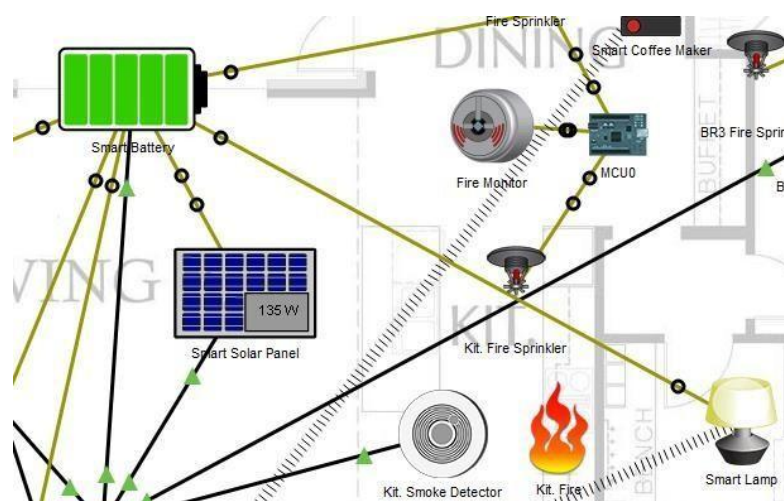


Рисунок 4.7 — Розподілення заряду на розумні пристрої



### 4.3 Тестування систем безпеки

Наступним кроком розглянемо підсистему пожежної безпеки в спальній кімнаті. Пожежна безпека реалізована програмованим мікроконтролером, детектором диму, приладом монітору пожежі та розприскувачем води. Детектори диму з'єднані з домашнім шлюзом через комутатор відповідно витою парою. А розпилювач води та пристрій моніторингу пожежі з'єднані спеціальним IoT кабелем з мікроконтролером. Отже, MSU приймає аналоговий сигнал про наявність пожежі та передає його іншим пристроям (рис. 4.8). Детектори диму та пожежі розміщені по всьому будинку, проте, при появі вогню вмикаються розприскувачі лише у потрібній кімнаті.

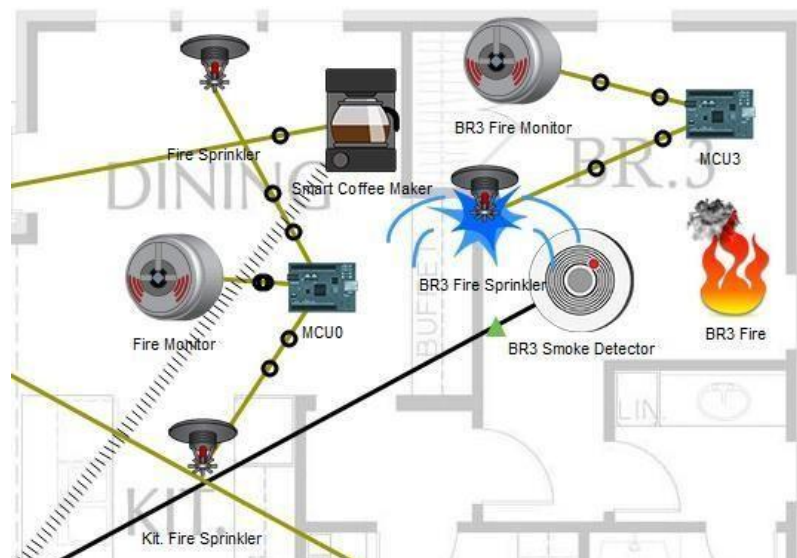


Рисунок 4.8 — Процес спрацювання пожежної безпеки

Розприскувачі води поза будинком (на ганку) та в будинку запрограмовані по-різному (рис.4.9). При ввімкненні розприскувачів у домі, розприскувачі на вулиці автоматично вимикаються для раціональнішого використання води. Для цього використаний спеціальний пристрій, який виконує моніторинг рівня води.

<a href="#">Edit</a> <a href="#">Remove</a>	Yes	Turn on sprinkler	Match all: <ul style="list-style-type: none"> <li>Water Level Monitor Water Level &lt; 20 cm</li> <li>Lawn Sprinkler Status is false</li> </ul>	Set Lawn Sprinkler0 Status to true Set Lawn Sprinkler Status to true
<a href="#">Edit</a> <a href="#">Remove</a>	Yes	Turn off sprinklers	Match all: <ul style="list-style-type: none"> <li>Lawn Sprinkler Status is true</li> <li>Water Level Monitor Water Level &gt; 50 cm</li> </ul>	Set Lawn Sprinkler0 Status to false Set Lawn Sprinkler Status to false

Рисунок 4.9 — Умови ввімкнення розприскувачів води на вулиці

Кавоварка та освітлення також запрограмовані на вмикання при певних умовах (рис. 4.10). При відкритті дверей автоматично запускається кавоварка та вмикається світло. Це забезпечує комфорт для господаря.

<a href="#">Edit</a> <a href="#">Remove</a>	Yes	Coffee	Smart Door Open is true	Set Smart Coffee Maker On to true
<a href="#">Edit</a> <a href="#">Remove</a>	Yes	Light	Smart Door Lock is Unlock	Set Smart Lamp Status to On

Рисунок 4.10 — Умови ввімкнення кавоварки та джерела світла

Для системи клімат контролю у приміщенні використано термостат та датчик температури. Монітор температури - це пристрій, який збирає дані про температуру з навколишнього середовища і перетворює їх у читану форму даних, також використовується для фізичного регулювання. Найпростішим для користувача способом управління температури у домі є налаштування термостата через веб-інтерфейс (рис. 4.11) та вибір автоматичного режиму (рис. 4.12).

<a href="#">Edit</a> <a href="#">Remove</a>	Yes	Cooling	Thermostat Temperature $\geq$ 75.0 °F	Set Thermostat Auto Cool Temperature to 68.0 °F
<a href="#">Edit</a> <a href="#">Remove</a>	Yes	Heating	Thermostat Temperature < 32.0 °F	Set Thermostat Auto Heat Temperature to 68.0 °F

Рисунок 4.11 — Правила ввімкнення охолоджувального та нагріваючого елементів

Таким чином, термостат при охолодженні температури <32 градусів за Фаренгейтом спрацьовує на підігрівання, а при підвищенні більше 75 градусів за Фаренгейтом — охолоджує. На температуру в приміщенні

також впливає температура навколишнього середовища. Так, на рисунку 4.6 зображено зміну температури впродовж доби. З дванадцятої до шостої ранку температура складає тридцять два градуси, потім поступово підіймається. О дванадцятій годині вона сягає сімдесяти двох градусів (найбільшого значення) і потім поступово падає назад до тридцяти двох градусів у шість годин вечора.

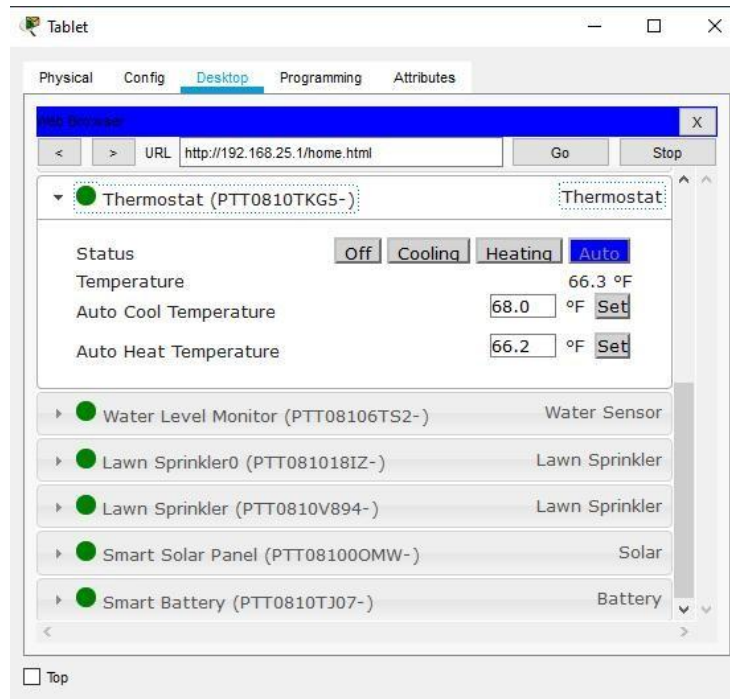


Рисунок 4.12 — Управління термостатом з веб-інтерфейса

Таким чином, було протестовано різні підсистеми розумного будинку у симуляторі Cisco Packet Tracer.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення комерційного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу впровадження методів та засобів, розробленої системи адаптивного тестування знань.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університету: Захарченко Сергій Михайлович, Кадук Олександр Володимирович, Крупельницький Леонід Віталієвич.

Аудит науково-технічної розробки та її комерційного потенціалу проведено за допомогою таблиці 5.1, застосовуючи п'ятибальну шкалу оцінювання за 12-ма критеріями оцінки.

Таблиця 5.1 — Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
#	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

В таблиці 5.2 наведено результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 5.2 — Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	1. Захарченко С.М.	2. Кадук О.В.	3. Крупельницький Л.В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	1	3	4
2	3	1	1
3	3	3	2

Продовження таблиці 5.2

4	1	1	2
5	1	3	2
6	3	4	2
7	3	2	1
8	2	1	2
9	3	4	3
10	4	4	4
11	4	4	4
12	2	3	4
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =30	СБ <sub>2</sub> =33	СБ <sub>3</sub> =31
Середньоарифметич	$\bar{Б} = \frac{\sum_{i=1}^n СБ_i}{n} = \frac{30 + 33 + 31}{3} = 31.3$		

В таблиці 5.3 наведено шкалу оцінки комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 5.3 — Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 5.2 та шкалою оцінки наведеної в таблиці 5.3 можна зробити висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. Середньоарифметична сума балів, виставлених експертами склала 31.3, що відповідає рівню «вище середнього».

Такий рівень комерційного потенціалу досягнуто за рахунок актуальності стабільного енергопостачання у період частих аварійних відключень. Особливо актуально це при відключеннях світла у житлових будинках що знаходяться у селах, або передмісті. Передусім апаратно-програмний засіб дозволяє забезпечити функціонування необхідних підсистем та побутових приладів у будинку, а також витрати на електроенергію.

## 5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи можна розрахувати за наступними статтями:

- витрати на оплату праці;
- витрати на інструментальне та інфраструктурне програмне забезпечення;
- амортизаційні відрахування;
- енергія для науково-виробничих цілей.

### 5.2.1 Основна заробітна плата

Заробітна плата кожного із залучених осіб визначається за формулою (5.1)

$$Z_0 = \sum_{i=1}^k (P_i) \quad (5.1)$$

де  $k$  — кількість посад працівників, залучених до процесу дослідження і розробки;

— місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

$T_p$  — число робочих днів в місяці; приблизно  $T_p = 22$ ;

$T$  — кількість робочих днів роботи працівника.

Для проектування і розробки системи адаптивного тестування знань було залучено наступних робітників: Інженер, Електротехнік, 3D візуалізатор, Технік. Посадові оклади, число днів роботи та витрати на компенсацію наведено в таблиці 5.4



Таблиця 5.4 — Компенсація спеціаліста в дослідницькій установі

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату грн.
Інженер	35000	1591	12	19092
Електротехнік	33000	1500	5	7500
3D візуалізатор	32000	1455	3	4365
Технік	24000	1091	5	5455
Всього				36412

### 5.2.2 Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата  $Z_d$  всіх робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується за формулою (5.2) як 10 - 15 % від основної заробітної плати робітників як премія.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата нараховується в розмірі 10% від основної заробітної плати.

$$Z_d = (Z_o + Z_p) * \frac{H_{\text{дод}}}{100\%} \quad (5.2)$$

$$Z_d = 0,1 * 36412 = 3641 \text{ грн}$$

### 5.2.3 Нарахування на заробітну плату

Нарахування на заробітну плату  $H_{зп}$  робітників, які брали участь у виконанні роботи, розраховуються за формулою (5.3):

$$H_{зп} = (Z_o + Z_p + Z_d) * \frac{H_{зп}}{100} \text{ (грн)} \quad (5.3)$$

де  $Z_0$  — основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_d$  — додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

$H_{\text{Д}}$  — ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, % .

Основна ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування на 2023 рік – 22 %, тоді:

$$Z_{\text{Д}} = (36412 + 3641) \cdot 0.22 = 8812(\text{грн})$$

#### 5.2.4 Витрати на матеріали та комплектуючі вироби

Дана стаття витрат включає витрати на матеріали, пристрої, засоби, які використовують при виготовленні одиниці продукції. Розраховуються, згідно їх номенклатури, за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.4)$$

де  $N_i$  — кількість комплектуючих  $i$ -го виду, шт.;

$C_i$  — покупна ціна комплектуючих  $i$ -го найменування, грн.;

$K_i$  — коефіцієнт транспортних витрат (1,1...1,15).

Потрібно закладати витрати на доставку у вигляді коефіцієнту транспортних витрат — 1.1. Інформацію про використані матеріали та комплектуючі наведено у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 — Матеріали, що використані на розробку

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Креслярське приладдя	200	1	200
Креслярські листки	21	6	126
Набір Ардуїно	870	1	870
Фарба принтера	125	1	125
Офісний папір	200	1	200
Всього			1521
З врахуванням коефіцієнта транспортування			1581

### 5.2.5 Витрати на програмне забезпечення

До даної статті входять витрати на програмне забезпечення, необхідне для проектування та розробки апаратно-програмного засобу для управління та контролю систем розумного будинку в автономному режимі. Балансову вартість програмного забезпечення розраховують за формулою 5.5:

$$V_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{пр}i} \cdot K_i \quad (5.5)$$

де  $C_{\text{пр}i}$  — ціна придбання/використання одиниці програмного засобу цього виду, грн;

$C_{\text{пр}i}$  — кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

$K_i$  — коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо ( $K_i = 1, 10 \dots 1, 12$ );

$k$  — кількість найменувань програмних засобів.

Отримані результати наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 — Витрати на використання програмних

Найменування устаткування	Час використання, місяців	Ціна за місяць, грн	Вартість, грн
Cisco P T	1	0	0
Підписка Microsoft Visual Studio Professional 22	1	1754	1754
Підписка Home Plan PRO	1	1443	1443
Всього			3197

### 5.2.6 Амортизація обладнання

До даної статті включаються амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, устаткування яке використовувалось для проектування та розробки системи адаптивного тестування знань.

$$\Delta_{\text{обл}} = \frac{C_6}{T_B} * \frac{\text{вик}}{12} \quad (5.6)$$

де  $C_6$  — балансова вартість даного виду обладнання (приміщень), грн.;

$\text{вик}$  — час користування;

$T_B$  — термін використання обладнання (приміщень), цілі місяці.

Для 3D візуалізації використовувався персональний комп'ютер вартістю 75000 грн. Для розробки та тестування частин електросхеми та роботи патернів використовувався комп'ютер вартістю 22000 грн. Амортизаційні відрахування наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 — Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Комп'ютер	75000	3	1	174
Комп'ютер	22000	3	1	51
Офісне приміщення	1200000	10	1	833
Всього				1058

### 5.2.7 Енергія для науково-виробничих цілей

До даної статті відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються з технологічною метою на проведення досліджень.

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{P_{e, \text{нi}} K_{\text{нi}}}{i} \quad (5.7)$$

де  $P_{e, \text{нi}}$  — встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

$t_{\text{нi}}$  — тривалість роботи обладнання, год;

$C_e$  — вартість 1 кВт-години електроенергії, грн;

$K_{\text{нi}}$  — коефіцієнт, що враховує використання потужності,  $K_{\text{нi}} < 1$ ;

$i$  — коефіцієнт корисної дії обладнання,  $i < 1$ .

Вартість електроенергії становить 7.6 грн за кВт в 2023 році. При розробці системи використовувався 2 комп'ютери з сумарною потужністю 0.7 кВт, освітлення, вентиляція та кондиціонування має сумарну потужність 0.4 кВт. Сумарні витрати на електроенергію становлять:

$$B_e = \frac{(0.7 + 0.4) \cdot 176 \cdot 7.6 \cdot 0.45}{0.75} = 322$$

5.2.8 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Стаття включає витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень. Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою 5.8:

$$B_{\text{св}} = \left( \frac{3}{0} + \frac{3}{p} \right) \cdot \frac{H_{\text{св}}}{100} \quad (5.8)$$

де  $H_{\text{св}}$  — норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$B_{\text{св}} = 36412 \cdot 0.2 = 7282 \text{ грн}$$

5.2.9 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Дана стаття витрат включає витрати на проведення досліджень, що не можуть бути виконані штатними працівниками або наявним обладнанням організації, а виконуються на договірній основі іншими підприємствами, установами і організаціями незалежно від форм власності та позаштатними працівниками. Такі витрати розраховуються як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою 5.9.

$$V_{\text{сп}} = \left( \frac{3}{0} + \frac{3}{p} \right) \cdot \frac{H_{\text{сп}}}{100} \quad (5.9)$$

де  $H_{\text{сп}}$  — норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації».

$$V_{\text{сп}} = 36412 * 0.30 = 10924 \text{ рл}$$

#### 5.2.10 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у попередніх статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість розробки за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати робітників за формулою 5.10

$$I_{\text{в}} = \left( \frac{3}{0} + \frac{3}{p} \right) \cdot \frac{H_{\text{в}}}{100} \quad (5.10)$$

де  $H_{\text{в}}$  — норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$I_{\text{в}} = 36412 * 0.5 = 18206 \text{ рл}$$

### 5.2.11 Загальновиробничі витрати

Дана стаття витрат охоплює витрати на управління організацією, оплату службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо. Накладні (загальновиробничі) витрати  $V_{нзв}$  можна прийняти як 120% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$V_{нзв} = \left( Z_o + Z_p \right) \cdot \frac{N_{нзв}}{100}, \quad (5.8)$$

де  $N_{нзв}$  — норма нарахування за статтею «Загальновиробничі витрати».

$$V_{нзв} = 36412 \cdot 1.2 = 43694 \text{ грн}$$

### 5.2.12 Загальні витрати

Сума всіх статей витрат дає в результаті витрати на проведення дослідження та розробку апаратно-програмного засобу для управління та контролю систем розумного будинку в автономному режимі і розраховується за формулою:

$$V = Z_o + Z_p + Z_{зд} + Z_{н} + M + K_b + V_{зд} + V_{тр} + A_{бл} + V_e + V_{в} + V_{д} + I_b + V_{нзв} \quad (5.9)$$

$$V = 36412 + 3641 + 8812 + 1581 + 3197 + 1058 + 322 + 7282 + 10924 + 18206 + 43694 = 135129 \text{ грн}$$



Загальні витрати ЗВ на завершення роботи та оформлення її результатів розраховуються за формулою:

$$\mathbb{Z} = \frac{B}{\eta}, \text{ --} \quad (5.10)$$

де  $\eta$  — коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії дослідного зразка, то коефіцієнт  $\beta = 0.5$ .

Звідси:

$$\mathbb{Z} = \frac{135129}{0.5} = 270258 \text{ грн.}$$

### 5.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

У даному підрозділі проведемо кількісне прогнозування, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Збільшення раціонального використання електроенергії шляхом впровадження результатів тієї чи іншої розробки, зменшить навантаження на енергосистему в цілому, у кінцевому результаті шляхом зменшення електроспоживання. З зменшенням навантаження, буде зменшено кількість аварійних відключень мережі, що дасть змогу використати кошти на модернізацію енергосистеми. В умовах ринку узагальнюючим позитивним результатом, що його отримує підприємство від впровадження результатів тієї чи іншої розробки, є збільшення чистого прибутку підприємства. Зростання чистого прибутку можна оцінити у теперішній вартості грошей.

Виконання даної наукової роботи та впровадження її результатів складає приблизно 1 рік.

Позитивні результати від впровадження розробки очікуються на другий рік впровадження.

Проведемо детальніше прогнозування позитивних результатів та кількісне їх оцінювання по роках.

Обчислимо збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_i$ , що розраховується за формулою:

$$\Pi_{\text{я}} = \sum (\Pi_{\text{я}1} + \Pi_{\text{я}} \cdot n) \text{ [грн]}, \quad (5.7)$$

де  $\Delta\Pi_{\text{я}}$  — покращення основного якісного показника від впровадження результатів розробки у даному році;

$N$  — основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

$\Delta N$  — покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

$\Pi_{\text{я}}$  — основний якісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

$n$  — кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки.

Припустимо, що внаслідок впровадження результатів наукової розробки покращується якість, що дозволяє підвищити ціну його реалізації на 250 грн, а кількість споживачів зацікавлених у даних технологіях збільшиться: протягом першого року — на 100 сп., протягом другого року — на 200 сп., протягом третього року — ще на 300 сп.

Орієнтовно: реалізація послуг до впровадження результатів наукової розробки складала 20 шт., а її чистий прибуток — 2500 грн.

Спрогнозуємо збільшення чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки у кожному році відносно базового.

Збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_i$  протягом першого року складе:

$$\Delta\Pi_1 = 0 \cdot 20 + 2500 \cdot 100 = 250000 \text{ (грн)}.$$

Обчислимо збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_2$  протягом другого року:

$$\Delta\Pi_2 = 250 \cdot 120 + 2500 \cdot 200 = 530000 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_3$  протягом третього року становитиме:

$$\Delta\Pi_3 = 250 \cdot 320 + 2750 \cdot 300 = 905000 \text{ (грн)}.$$

Отже, розрахунки показують, що відповідно прогнозуванню комерційний ефект від впровадження розробки виражається у значному збільшенні чистого прибутку підприємства.

#### 5.4 Визначення економічної доцільності фінансування наукової розробки

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахунок ефективності вкладених інвестицій передбачає:

1-й крок — розрахунок теперішньої вартості інвестицій  $PV$ , що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат  $ZB$  на виконання та впровадження результатів НДДКР, тобто  $ZB = PV = 270258$  (грн).

2-й крок — розрахунок очікуваного збільшення прибутку  $\Delta\Pi_i$ , що його отримає підприємство (організація) від впровадження результатів наукової розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження проведено вище.

3-й крок — приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$\text{ПП} = \sum_1^{\tau} \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.8)$$

де  $\Delta\Pi_i$  — збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн;

$\tau$  — період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

$\tau$  — ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні - 0,1;

$t$  — період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

$$\text{П} = \frac{270258}{(1+0,1)^1} + \frac{250000}{(1+0,1)^2} + \frac{530000}{(1+0,1)^3} + \frac{905000}{(1+0,1)^4} = 1466931 \text{ (грн. )}$$

$$E_{\text{абс}} = 1466931 - 270258 = 1196673 \text{ (грн.)}$$

Оскільки  $E_{\text{абс}} > 0$ , результат від проведення наукових досліджень щодо розробки програмного продукту та їх впровадження принесе прибуток, тобто є доцільним, але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даної програми.

4-й крок — розраховують відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_v$  за формулою:

$$E_v = \sqrt[T_{\text{ж}}]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1, \quad (5.9)$$

де  $E_{\text{абс}}$  — абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

PV — теперішня вартість інвестицій  $PV = 3B$ , грн;

$T_{ж}$  — життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_B = \sqrt[4]{1 + \frac{1196673}{270258}} - 1 = 0,526 \text{ або } 52,6\%$$

Порівняємо  $E_B$  з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування  $\tau_{\min}$ , яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть.

Спрогнозуємо величину  $\tau_{\min}$ . У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування  $\tau_{\min}$  визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.10)$$

де  $d$  — середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках,  $d = 0,14$ ;

$f$  — показник, що характеризує ризикованість вкладень, величина  $f = 0,3$ .

$$\tau = 0,14 + 0,3 = 0,44$$

Припустимо, що за даних умов прибуток буде збільшуватись, то у інвестора є потенційна зацікавленість у фінансуванні даної наукової розробки.

5-й крок — розраховують термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій  $T_{ок}$  за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_B} \text{ [Грн]}. \quad (5.11)$$

$$T = \frac{1}{0,562} = 1,779 \text{ (роки)}.$$

Оскільки термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій менше трьох років ( $T_{ок} < 3$  років), то фінансування нової розробки є доцільним.

### 5.5 Результати економічного аналізу

В даному розділі було здійснено оцінювання комерційного потенціалу розробки системи апаратно - програмного засобу для управління системами розумного будинку в автономному режимі.

Проведено технологічний аудит з залученням трьох експертів. Аналіз експертних даних показав, що рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього. Дослідження комерційного потенціалу розробки показав, що програмний продукт за своїми характеристиками випереджає аналогічні технічні послуги і є перспективною розробкою. Він є конкурентоспроможним товаром на ринку.

Згідно із розрахунками всіх статей витрат на виконання науково-дослідної, дослідно-конструкторської та конструкторсько-технологічної роботи загальна вартість витрат на розробку і впровадження складає 270258 грн.

Розрахована абсолютна ефективність вкладених інвестицій в сумі 1196673 грн свідчить про отримання прибутку інвестором від впровадження програмного продукту у діяльність підприємства.

Щорічна ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій складає 52,6%, що вище за мінімальну бар'єрну ставку дисконтування, яка складає 44%. Це означає потенційну зацікавленість інвесторів у фінансуванні розробки. Термін окупності складає 1,779 років, що також свідчить про доцільність фінансування.

Усе це, узятє разом, забезпечує прийняття рішення про доцільність виготовлення нового продукту.

## **ВИСНОВКИ**

Проведено аналітичний огляд існуючих систем розумних будинків, виконано аналіз методів підключення систем та пристроїв. Здійснено порівняння можливостей та доцільності додаткової модернізації.

Проаналізовано системи контролю, збереження та розподілу електроенергії. Були розглянуті принципові схеми роботи обладнання.

Наведено метод керування системою розумного будинку для забезпечення доступу до системи за відсутності електропостачання, що дозволить керувати системою в автономному режимі та ефективно розподіляти енергетичні ресурси між компонентами системи.

Розроблено проект розумного будинку та реалізовано його віртуальну модель. Виконано налаштування окремих пристроїв та датчиків. Розглянуто можливості його подальшої модернізації.

Проведено тестування моделі розумного будинку, його окремих патернів, автономної роботи безперебійного живлення, розподілення електроенергії та безпеки.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Smart home technology: Challenges and opportunities for collaborative governance and policy research, 20 February 2022  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ropr.12470>.
2. Smart home automation in the IoT era: A communication technologies review, December 2020, Vasilios A Orfanos, S.D. KAMINARIS, Dimitrios Piromalis, Panagiotis Papageorgas  
[https://www.researchgate.net/publication/347651906\\_Smart\\_home\\_automation\\_in\\_the\\_IoT\\_era\\_A\\_communication\\_technologies\\_review](https://www.researchgate.net/publication/347651906_Smart_home_automation_in_the_IoT_era_A_communication_technologies_review).
3. Energy Management for Smart Homes—State of the Art, Appl. Sci. 2019, 9(17), 3459; <https://doi.org/10.3390/app9173459>.
4. User Manual for Smart Home Control Hub <https://manuals.plus/tag/smart-home-hub#axzz8FvKnu2ZM>.
5. Analysis of smart building solutions for optimizing the energy performance in a new commercial building  
[https://www.researchgate.net/publication/355870003\\_Analysis\\_of\\_smart\\_building\\_solutions\\_for\\_optimizing\\_the\\_energy\\_performance\\_in\\_a\\_new\\_commercial\\_building](https://www.researchgate.net/publication/355870003_Analysis_of_smart_building_solutions_for_optimizing_the_energy_performance_in_a_new_commercial_building)
6. Energy-efficient smart home systems: Infrastructure and decision-making process [https://www.researchgate.net/publication/332636266\\_Energy-efficient\\_smart\\_home\\_systems\\_Infrastructure\\_and\\_decision-making\\_process](https://www.researchgate.net/publication/332636266_Energy-efficient_smart_home_systems_Infrastructure_and_decision-making_process)
7. Optimal Design of Photovoltaic Domestic Installations Considering Second-Purpose Batteries  
[https://www.researchgate.net/publication/376245282\\_Optimal\\_Design\\_of\\_Photovoltaic\\_Domestic\\_Installations\\_Considering\\_Second-Purpose\\_Batteries](https://www.researchgate.net/publication/376245282_Optimal_Design_of_Photovoltaic_Domestic_Installations_Considering_Second-Purpose_Batteries)
8. Smart Home System With Battery Backup and Internet of Things  
[https://www.researchgate.net/publication/376402664\\_Smart\\_Home\\_System\\_With\\_Battery\\_Backup\\_and\\_Internet\\_of\\_Things](https://www.researchgate.net/publication/376402664_Smart_Home_System_With_Battery_Backup_and_Internet_of_Things)
9. Advanced IoT Technologies and Applications in the Industry 4.0 Digital Economy



<https://www.researchgate.net/publication/369770885> Advanced IoT Technologies and Applications in the Industry 40 Digital Economy

10. The role of smart technologies in the development of cost-effective and sustainable energy

<https://www.researchgate.net/publication/375871822> The\_role\_of\_smart\_technologies\_in\_the\_development\_of\_cost-effective\_and\_sustainable\_energy?\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InNjaWVuY2VUbnBpYyIsInByZXZpb3VzUGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

11. Smart Building Management with Pervasive Computing: Implementing an IoT-Enabled Building Automation and Energy Efficiency System

<https://www.researchgate.net/publication/375640153> Smart Building Management with Pervasive Computing Implementing an IoT-Enabled Building Automation and Energy Efficiency System

12. Optimizing Energy Usage and Smoothing Load Profile via a Home Energy Management Strategy with Vehicle-to-Home and Energy Storage System

<https://www.researchgate.net/publication/374813605> Optimizing Energy Usage and Smoothing Load Profile via a Home Energy Management Strategy with Vehicle-to-Home and Energy Storage System

13. General Overview and Proof of Concept of a Smart Home Energy Management System Architecture

<https://www.researchgate.net/publication/375092398> General Overview and Proof of Concept of a Smart Home Energy Management System Architecture

14. Rooftop Solar and Electric Vehicle Integration for Smart, Sustainable Homes: A Comprehensive Review

<https://www.researchgate.net/publication/374950942> Rooftop Solar and Electric Vehicle Integration for Smart Sustainable Homes A Comprehensive Review

15. КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ / Азаров О. Д., Захарченко С. М., Кадук О. В., Орлова М. М., Тарасенко В. П. — Вінниця : ВНТУ, 2020.

16. An Optimized and Scalable Blockchain-Based Distributed Learning Platform for Consumer IoT <https://www.researchgate.net/topic/Smart-Home/publications>

17. Incentivized Energy Consumption Adaption in Private Households Facing the Energy Crisis  
[https://www.researchgate.net/publication/376072335\\_Incentivized\\_Energy\\_Consumption\\_Adaption\\_in\\_Private\\_Households\\_Facing\\_the\\_Energy\\_Crisis](https://www.researchgate.net/publication/376072335_Incentivized_Energy_Consumption_Adaption_in_Private_Households_Facing_the_Energy_Crisis)

18. The role of smart technologies in the development of cost-effective and sustainable energy  
[https://www.researchgate.net/publication/375871822\\_The\\_role\\_of\\_smart\\_technologies\\_in\\_the\\_development\\_of\\_cost-effective\\_and\\_sustainable\\_energy](https://www.researchgate.net/publication/375871822_The_role_of_smart_technologies_in_the_development_of_cost-effective_and_sustainable_energy)

19. Empowering Human Resources through Digitization and IoT Training: Development of Remote Home Lighting Control System Using IoT  
[https://www.researchgate.net/publication/375560412\\_Empowering\\_Human\\_Resources\\_through\\_Digitization\\_and\\_IoT\\_Training\\_Development\\_of\\_Remote\\_Home\\_Lighting\\_Control\\_System\\_Using\\_IoT](https://www.researchgate.net/publication/375560412_Empowering_Human_Resources_through_Digitization_and_IoT_Training_Development_of_Remote_Home_Lighting_Control_System_Using_IoT)

20. Exploring the integration of IoT systems in interior design and the built environment: A systematic review  
[https://www.researchgate.net/publication/375919565\\_Exploring\\_the\\_integration\\_of\\_IoT\\_systems\\_in\\_interior\\_design\\_and\\_the\\_built\\_environment\\_A\\_systematic\\_review](https://www.researchgate.net/publication/375919565_Exploring_the_integration_of_IoT_systems_in_interior_design_and_the_built_environment_A_systematic_review)

## ДОДАТОК А

### Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ

проф., д.т.н.. Азаров О.Д..

“29” вересня 2023 р.

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

“Апаратно-програмний засіб для управління системами розумного будинку в автономному режимі”  
08-54.МКР.045.00.000 ТЗ

Науковий керівник: проф. каф.ОТ

\_\_\_\_\_Захарченко С.М.

Студент групи 2КІ-22м

\_\_\_\_\_Хмельовський С.І.

ВНТУ 2023

## ДОДАТОК Б

## Типи підсистем розумного будинку

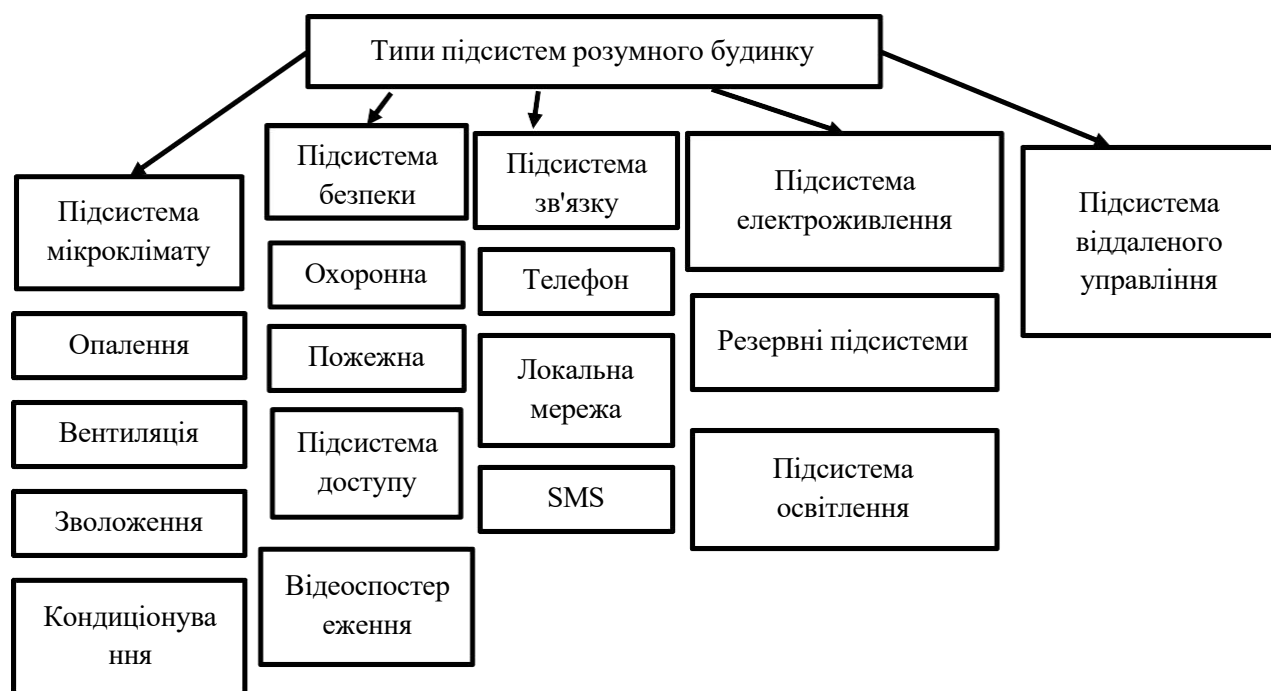


Рисунок Б.1 — Типи підсистем розумного будинку



## ДОДАТОК Г

## Графічне зображення розподіленої системи

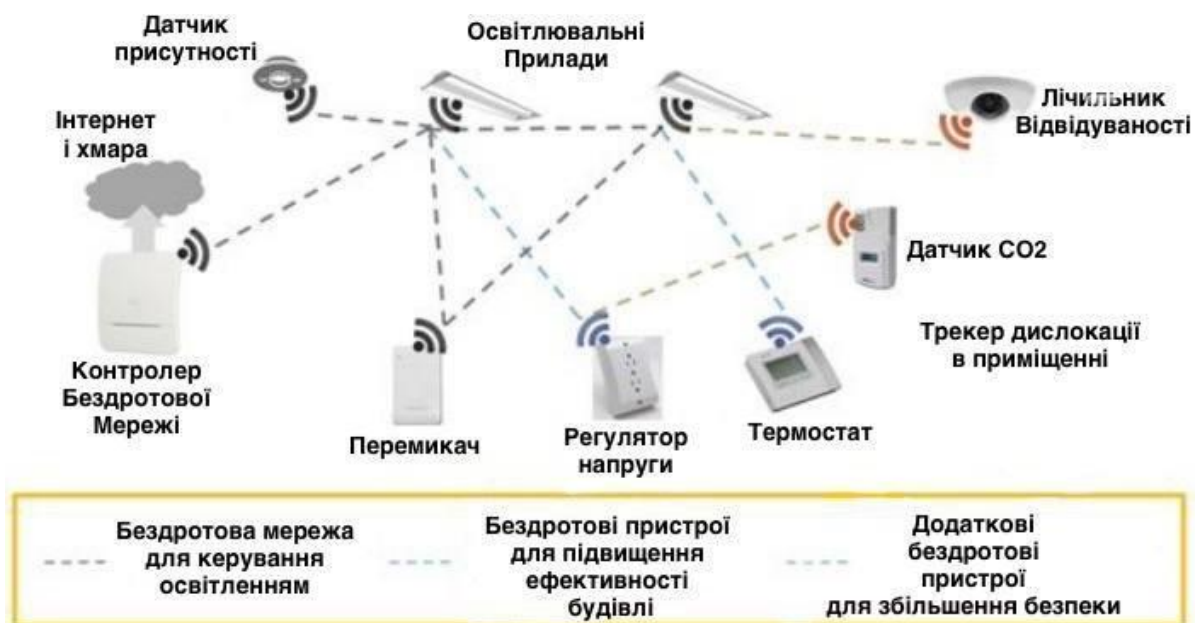


Рисунок Г.1 — Графічне зображення розподіленої системи

## ДОДАТОК Д

### Топологія розумного будинку

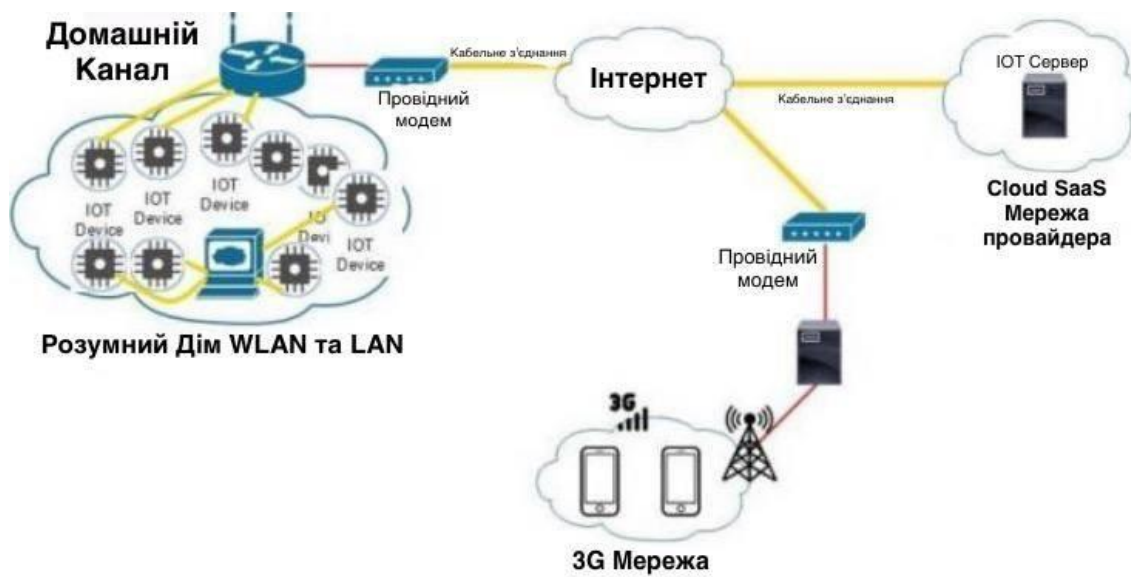


Рис. Д.1 — Топологія розумного будинку

## ДОДАТОК Е

## Графік зміни температури та сонячного світла протягом доби



Рисунок Е.1 — Графік зміни температури та сонячного світла протягом доби



## ДОДАТОК Ж

### Розподілення заряду на розумні пристрої

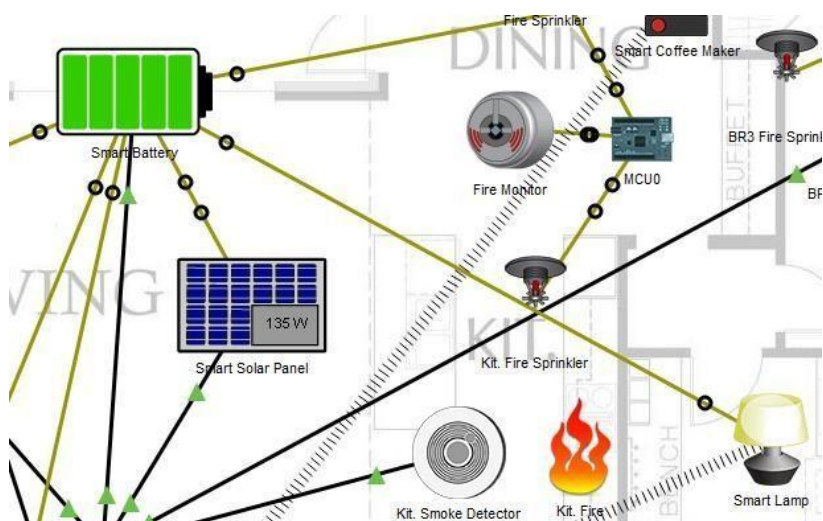


Рисунок Ж.1 — Розподілення заряду на розумні пристрої

## ДОДАТОК И

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи

### ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ)

### РОБОТИ

Назва роботи: **Апаратно-програмний засіб для управління системами розумного будинку в автономному режимі.**

Тип роботи: кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра обчислювальної техніки, ФІТКІ, 2–КІ–22м

Науковий керівник: проф. Захарченко С.М.

Unicheck	
Оригінальність	80%
Схожість	20%

### Аналіз звіту подібності

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи «Система автоматизації моніторингу на платформі Kubernetes».

Автор \_\_\_\_\_  
(підпис)

Хмельовський С.І.  
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення: **допустити до захисту**

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_  
(підпис)

Захарченко С.М.

(прізвище, ініціали)

Експерт \_\_\_\_\_  
(за потреби) (підпис)

(прізвище, ініціали, посада)