

Міністерство освіти і науки України
«Київський національний університет імені Тараса Шевченка»

Факультет інформаційних технологій
Кафедра мережевих та інтернет технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри
мережевих та інтернет технологій

_____ Ю.В. Кравченко

« _____ » _____ 2022 року

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему:

**Методи проектування системи "розумний будинок" з
підтримкою енергоефективності**

Виконала: студентка групи МІТм -21

Ширшова Каріна Сергіївна

(прізвище ім'я по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник: доцент кафедри мережевих та інтернет технологій

д.т.н., доц., проф. кафедри

Дуднік А.С.

(посада, прізвище ім'я по-батькові)

_____ (підпис)

Київ – 2022

Міністерство освіти і науки України
«Київський національний університет імені Тараса Шевченка»

Факультет інформаційних технологій
Кафедра мережевих та інтернет технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
мережевих та інтернет технологій
Юрій КРАВЧЕНКО

«_____» _____ 2022 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Здобувачу вищої освіти

Ширшовій Каріні Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи:

Методи проектування системи "розумний будинок" з підтримкою енергоефективності

затверджена на засіданні кафедри МІТ «31» серпня 2022 р. протокол №1

2. Термін здачі закінченої роботи «05» грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до проекту
(роботи)

Cisco Packet Tracer

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх потрібно розробити, обсяг – 70-80 стор.)

Вступ

**1 ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ
"РОЗУМНОГО БУДИНКУ"**

1.1 Концепції систем "Розумний будинок"

1.2 Переваги систем розумного дому над стандартними електричними системами

1.3 Огляд перспективних технологій автоматизації та керування систем "розумний будинок" з підтримкою енергоефективності

1.4 Штучний інтелект в розумному будинку

**2 КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМИ "РОЗУМНИЙ БУДИНОК" З ПІДТРИМКОЮ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

2.1 Пошук концептуального рішення енергоефективної системи розумного будинку

2.2 Визначення складових та загальних параметрів системи

2.3 Загальні завдання мережевого забезпечення функціонування підсистем розумного дому

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ З ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

3.1. Проект системи «Smart House»

3.2. Програмна реалізація і тестування

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу 8-10 слайдів

Дата видачі завдання

01.09.2022р.

Керівник роботи

А.С. Дуднік

д.т.н., доц., проф. кафедри

(підпис) (посада, прізвище, ім'я, по батькові)

Завдання прийняв до виконання

К. С. Ширшова

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підготовчий	24.10.2022	
2	Розділ 1	01.11.2022	
3	Розділ 2	15.11.2022	
4	Розділ 3	01.12.2022	
5	Доповідь та слайди	05.12.2021	
6	Пояснювальна записка	05.12.2022	

Здобувач вищої освіти _____ Каріна Сергіївна Ширшова
(підпис)

Керівник _____ Андрій Сергійович Дуднік
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 84 с., 62 рис., 1 табл., 28 джерел.

Об'єкт дослідження: Internet of Things.

Мета роботи: створити концепцію системи розумного будинку з підтримкою енергоефективності.

Методи дослідження: налаштування та моделювання мережі Internet of Things у Cisco Packet Tracer.

У спеціальній частині дана характеристика існуючих систем керування розумним будинком та методів їх підключень також описані їх переваги та недоліки.

У роботі проведено аналіз підходів до створення систем “розумний дім”, розглянуті елементи які застосовуються в даних системах та наведені приклади найбільш прогресивних на сьогоднішній день платформ забезпечення функціонування таких систем.

Запропоновано рішення системи “розумний дім” для заміського будинку з присадибною ділянкою.

Побудовано схему функціонування підсистем пожежної безпеки, опалення, управління гаджетами будинку та системи поливу присадибної ділянки.

Розроблено алгоритм роботи вище описаних підсистем, як цілісної автономної системи забезпечення функціонування будинку.

Практичне значення роботи полягає у створенні оселі з застосування технології розумного будинку, яка дозволить значною мірою підвищити автономність функціонування систем даної забудови та значно знизити використання залежність від загальної електросистеми. Крім того підхід

описаний у магістерській дисертації дозволяє підвищити ефективність використання часу користувачів шляхом заощадження на діях пов'язаних з повсякденними проблемами.

Ключові слова: INTERNET OF THINGS, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, CISCO PACKET TRACER, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА МЕРЕЖА, МІКРОКОНТРОЛЛЕР, SMART HOUSE, ENERGY EFFICIENCY.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ "РОЗУМНОГО БУДИНКУ".....	9
1.1 Концепції систем "Розумний будинок".....	10
1.2 Переваги систем розумного дому над стандартними електричними системами.....	20
1.2.1 Елементи класичної житлової інсталяції.....	20
1.2.2 Структура системи розумний дім.....	29
1.3 Огляд перспективних технологій автоматизації та керування систем "розумний будинок" з підтримкою енергоефективності.....	32
1.4 Штучний інтелект в розумному будинку	37
2 КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМИ "РОЗУМНИЙ БУДИНОК" З ПІДТРИМКОЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	39
2.1 Пошук концептуального рішення енергоефективної системи розумного будинку.....	39
2.1.1 Аналіз готових рішень системи «розумний будинок»	39
2.2 Визначення складових та загальних параметрів системи.....	47
2.3 Загальні завдання мережевого забезпечення функціонування підсистем розумного дому.....	59
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ З ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	62

3.1. Проект системи «Smart House»	62
3.2. Програмна реалізація і тестування	73
ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	83

ВСТУП

Традиційно будинки, квартири, комерційні приміщення та будівлі різного призначення складаються з окремих електричних пристроїв і систем, де кожна з них потребує окремого поводження та працює незалежно одна від одної. Зазвичай у наших домівках ми не можемо відкрити двері за допомогою пульта від телевізора або не можемо змінити радіостанцію за допомогою настінних перемикачів. Це пояснюється тим, що кожна система працює сама по собі і не спілкується з іншими.

Зі збільшенням обчислювальної здатності гаджетів концепція «розумний будинок» отримала своє логічне продовження – систему «Інтернет речей», згідно з якою була проведена первинна стандартизація та визначені основні правила та рекомендації до побудови готового продукту на рівні як системи загалом, так і окремих компонентів. Незважаючи на відносну новизну, вже зараз існує декілька десятків різних рішень.

На фоні прагнення суспільства до екологічності та енергоефективності використовуваних ресурсів все більших обертів набирає актуальність концепції “Розумний дім”. Зазвичай такі оселі є значно технологічнішими та дозволяють заощаджувати як природні ресурси необхідні для їх опалення так і електроенергію за рахунок розумного її розподілення та споживання.

У даній роботі наведені актуальні рішення з забезпечення найбільш влучних рішень застосування системи розумний будинок, які повністю задовольняють сучасним потребам суспільства.

Актуальність даної теми підкріплюється основним правилом маркетингової сфери: “Де є попит – там є і пропозиція”. Тобто використання технологій розумного дому є найбільш економічно вигідним рішенням для сучасного населення.

1 ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ "РОЗУМНОГО БУДИНКУ"

«Розумний дім» – це фактично житло, де організована система домашньої автоматизації з'єднує всі електричні пристрої для управління освітленням, опаленням, кондиціонуванням повітря, вентиляцією, системою охоронної сигналізації, аудіо та відеосистемою, пристроями виклику, обладнанням для контролю енергії, автоматика (двері, вікна, жалюзі, ворота), технічна сигналізація (наприклад, у разі небажаного розливу води) тощо.

Таким чином, розумний дім створюється шляхом з'єднання окремих частин побутових установок, таких як освітлення, опалення, охолодження, жалюзі, датчики тощо, у загальну систему. Ця форма автоматизації призводить до зменшення потреби у взаємодії з людиною та підвищує комфорт та безпеку, надає додаткові переваги та підвищує енергоефективність.

«Розумний будинок» повинен вміти розпізнавати конкретні ситуації, що відбуваються в будівлі, і відповідним чином на них реагувати. Одна з систем може управляти поведінкою інших по заздалегідь виробленим алгоритмам.

Основною особливістю інтелектуальної будівлі є об'єднання окремих підсистем в єдиний керований комплекс (див. рис. 1.1). Важливою особливістю і властивістю «розумного будинку», яка відрізняє його від інших способів організації життєвого простору, є те, що це найбільш прогресивна концепція взаємодії людини з житловим простором, коли людина однією командою задає бажану обстановку, а вже автоматика відстежує режими роботи всіх інженерних систем і електроприладів [1].

Підвищуючи енергоефективність, тобто зменшуючи споживання електроенергії, ми зменшуємо вплив вуглецю, що відповідає поточній європейській та світовій політиці.



Рисунок 1.1 - Концептуальне зображення системи «розумний будинок»

1.1 Концепції систем "Розумний будинок"

Концепція інтелектуальної будівлі містить в собі такі положення [2]:

- Створення інтегрованої системи управління будівлею – системи з можливістю забезпечення комплексної роботи всіх інженерних систем будівлі: освітлення, опалення, вентиляції, кондиціонування, водопостачання, контролю доступу та багатьох інших.
- Відсутність обслуговуючого персоналу і передача функцій контролю і прийняття рішень підсистемам інтегрованої системи управління будівлею. З цих підсистем і закладається «інтелект» – алгоритм дій у відповідь на зміну параметрів датчиків системи та інших подій типу позаштатних ситуацій.

- Реалізація механізму негайного відключення і передачі, при необхідності, управління людині будь-якою підсистемою інтелектуальної будівлі. Разом з цим людині повинен надаватися зручний і однаковий доступ до управління і відображення всіх підсистем і частин «розумного будинку».
- Забезпечення коректної роботи окремих підсистем в разі відмови загальної керуючої системи або інших частин системи.
- Мінімізація вартості обслуговування і модернізації систем будівлі, що має забезпечуватися застосуванням загальних стандартів у побудові підсистем, автоматичне конфігурування і виявлення нових пристроїв і модулів при їх додаванні в систему.
- Наявність в будівлі прокладеною комунікаційного середовища для підключення до неї пристроїв і модулів. Поряд з цим, можливість використання в якості комунікаційного середовища в системі управління різних типів фізичних каналів: слабкоструміві лінії, силові лінії, радіоканали.

Коли ми думаємо про домашню автоматизацію, або системи розумного дому ми уявляємо розумні термостати, освітлення з датчиком руху та автоматизовані системи опалення та вентиляції. Його можна визначити як використання набору пристроїв, які автоматично, а іноді й дистанційно, керують основними функціями та функціями будинку.

Але якщо розглядати будівлю, а не будинок, то пропоновані послуги та потреби користувачів можуть відрізнятися. Більшу частину часу кімнати будівлі використовуються, в основному вдень. Такі будівлі налічують десятки, сотні чи навіть тисячі пристроїв, якими потрібно керувати, крім того застосовується обладнання, якого зазвичай немає вдома (наприклад, ліфт, вентилятори-змійовики, ескалатори) та приділяється особлива увага до контролю доступу, енергозбереження, безпеки.

Загальне визначення автоматизації будівель може бути таким: «Система автоматизації, яка включає комплексне та скоординоване керування однією або декількома основними функціями системи, необхідними для об'єкта».

Системи «розумний дім» (або системи домашньої автоматизації) і системи автоматизації будівель мають однакові технології та однакову здатність до керування, з дещо іншою точкою зору щодо реалізованих функцій і кількості контрольованих пристроїв.

Система «розумний дім» включає в себе наступні об'єкти автоматизації [4]:

- управління освітленням;
- управління електроприводами;
- клімат-контроль;
- управління системою вентиляції;
- централізоване управління системами на кшталт домашнього кінотеатру;
- мультирум;
- системи відеоспостереження;
- охоронно-пожежна сигналізація (ОПС);
- системи контролю доступу;
- контроль електричних навантажень і аварійних станів;
- управління інженерним обладнанням з сенсорних панелей;
- сервер управління.

Розглянемо деякі аспекти, які може зробити система розумного будинку.

Освітлення. Освітлення є найважливішим і найчастіше використовуваним елементом електрики у вашому домі. На даний момент наш спосіб життя такий, що більшу частину часу ми проводимо вдома ввечері. Оскільки в цей час не вистачає природного світла, ми замінюємо його на штучне.

У деяких приміщеннях будинку рекомендується використовувати освітлення з можливістю затемнення або навіть зміни температури освітлення (світлого кольору).

Розумні будинки зазвичай також мають зовнішнє освітлення. За допомогою різних ламп можна створити різні сцени та атмосферу перед своїм домом. Якщо мова йде про те, що ви знаходитесь на вулиці, то бажано скористатися опцією дистанційного ввімкнення і цих ламп. Це дозволить вам керувати зовнішніми світильниками за допомогою пульта дистанційного керування (або смартфона) у кишені за потреби, не заходячи кожного разу в будинок.



Рисунок 1.2 - Зовнішнє освітлення

За допомогою системи розумного дому ви можете керувати всіма видами ламп у режимі ввімкнення/вимкнення або затемнення, вибираючи найкращий для вас інтерфейс. Так можна обрати, яку лампу чи групу ламп увімкнути чи вимкнути, можна встановити певний час доби, коли вони мають працювати, можна вибрати деякі «сцени» (перша лампа на 100% своєї інтенсивності, друга на 50% і третя на 20%) або також деякі профілі освітлення (на 1 годину лампа на 70%, потім на 25 хвилин на 40%, потім на 5 хвилин на 15%...). Також можна використовувати іншу функцію для того ж, оскільки ваша домашня бездротова мережа завжди знає, де ви перебуваєте, адже ваш смартфон завжди з вами.

Таким чином під'їзна дорога до будинку засвітиться, щойно ви підійдете досить близько до свого дому, без необхідності вмикати його самостійно по телефону. Вночі встановіть автоматичне відключення зовнішнього освітлення, щоб воно не світилося всю ніч. Воно знову ввімкнеться, якщо в гості прийде хтось запрошений чи незваний. Ваш розумний будинок сповістить вас про його прихід зовнішнім освітленням.

Опалення. Опалення є однією з підсистем, які завжди присутні в оселі. Деякі користувачі, можливо, живуть у будинку та мають центральне опалення з радіаторами. У цьому випадку ви можете встановити термостатичні вентиля, підключені до системи «розумний дім», і контролювати їх по кімнатах, встановлюючи різні температури. Інші, можливо, живуть у таунхаусі або на віллі. У цьому випадку ви можете мати теплу підлогу з гідравлічним колектором, а також можете встановити більше зонних клапанів з приводами, підключеними до системи розумного дому.



Рисунок 1.3 - Приклад датчиків контролю температури

З цими пристроями ви можете контролювати опалення вдома навіть за допомогою смартфона. Додаткова перевага полягає в тому, що він навіть може заощадити на вашому рахунку за опалення, нагріваючи лише тоді і там, де вам потрібно.

Сцени (сценарії): «сцена» використовується для встановлення групи команд, які діють на їх виконавчі механізми з різними значеннями. Типовими прикладами є освітлення сцен для різних випадків (вечірка, романтична вечеря, перегляд телевізора тощо). Якщо у вас дво- або триповерховий будинок, завдання закрити або відкрити всі вікна може зайняти певний час. Але якщо у вас є система «розумний дім», то біля вхідних дверей можна встановити на стіні вимикач, за допомогою якого можна одним натисканням кнопки вимкнути все світло в квартирі в момент виходу з дому.

Сцена не повинна мати справу лише з освітленням. «Сцена кінотеатру» може, наприклад, передбачати спеціальне керування світлом, опущені жалюзі в кімнаті, увімкнений відеопроєктор і активований моторизований екран.

Противіламна система. Більшість виробників систем «розумний дім» продають пристрої, які забезпечують протиугінні функції, від найнижчого рівня (лише датчики присутності та сирена) до найвищого (зв'язок із поліцією чи службою безпеки у разі спрацювання протиугінної системи).

Якщо грабіжник проникає у ваш будинок, система «розумний дім» також може викликати швидке блимання всіх ламп у квартирі (подібно до стробоскопічного світла), щоб якомога більше заплутати грабіжника.

Симуляція присутності: навіть найкраща протизламна система в світі не відверне рішучого грабіжника. Але система розумного дому може дещо зробити.

Система «розумний дім» може забезпечити функцію симуляції присутності. Вона записує ваші команди протягом усього дня, наприклад:

- коли в будинку вмикалися та вимикалися окремі світильники,
- підняті та опущені жалюзі в кожній кімнаті,
- змінене освітлення кімнат,
- змінено колір світлодіодних ламп RGB ...

Коли ви йдете з дому на тривалий час, наприклад ви можете активувати функцію імітації присутності, натиснувши одну клавішу, перш ніж вийти з дому. Вона відтворюватиме всі збережені команди, так що ззовні буде виглядати так, ніби ви все ще фізично вдома.

Таким чином ви можете записувати те, що відбувається протягом дня, тижня чи навіть місяця, щоб відтворення запису виглядало якомога реалістичніше.

Описана операція є великою перевагою з точки зору безпеки порівняно з простими таймерами, які вмикають і вимикають освітлення щодня в один і той же час.

Система «Розумний дім» може дати вам можливість не тільки поставити більше будильників, а й підключитися до дитячої кімнати

(наприклад, за допомогою планшета або смартфона) і відразу включити світло в кімнаті на максимум і підняти жалюзі.

Контроль погоди: ваша система розумного дому може бути оснащена модулем погоди, здатним вимірювати такі дані, як інтенсивність дощу, вологість, швидкість вітру тощо. Якщо вас немає вдома і раптом почнеться дощ, система може закрити вікна, щоб, наприклад, не намочити підлогу. Або при сильному вітрі може підняти тент, щоб не пошкодити його.

Автоматика. Прийшовши додому, ви можете за допомогою пульта дистанційного керування або смартфона ввімкнути відкриття дверей перед входом в будинок і відкриття гаражних воріт. Використовуючи електродвигуни, керовані смарт-приводами, підключеними до системи розумного дому, ви можете автоматизувати майже все: двері, вікна, жалюзі, ворота, ширми, навіть крісла та диван.

Таким же чином ви можете керувати пристроями сторонніх розробників, які можна інтегрувати в систему керування розумним будинком, як-от сходовий підйомник, обладнання для інвалідів тощо.

Безпека. Безперечно, безпека близьких для кожного важливіша за гроші та матеріальні блага. Захист свого будинку сьогодні є абсолютно необхідним, оскільки це забезпечує компенсацію у разі пожежі, крадіжки зі зломом ... Однак ви повинні зробити все можливе, щоб запобігти подібним випадкам.

У режимі реального часу обробляються різноманітні події, що реєструються датчиками розумного дому, а також дані про опалення, температуру в приміщенні, стан освітлення, вентиляцію тощо. Це означає, що система повідомить користувача про подію, як тільки вона відбудеться, а не пізніше. Водночас усі ці події можуть автоматично зберігатися в базі даних подій для потреб можливого подальшого аналізу. Повернувшись

додому, ви можете дивитися ці події чи ні, і ви можете отримувати найважливіше на свій смартфон, навіть коли вас немає вдома.

Система розумного дому забезпечує зв'язок між різними важливими функціями безпеки. До системи сигналізації можна підключити електроустановку, а також датчики руху, диму, CO₂, розливу води, відкритих вікон і дверей, вимірювання споживання енергії. З їх допомогою можна захистити свій будинок від пошкоджень і зменшити побічні ефекти через випадкові події.

Енергоефективність. Домогосподарства використовують енергію для різних цілей: опалення приміщень і води, охолодження приміщень, приготування їжі, освітлення, електроприлади та інші кінцеві потреби. У більшості випадків користувач не знає, яке споживання енергії вимагає обладнання, що використовується, і в цьому випадку лише можливість контролювати це, може зменшити витрати енергії.

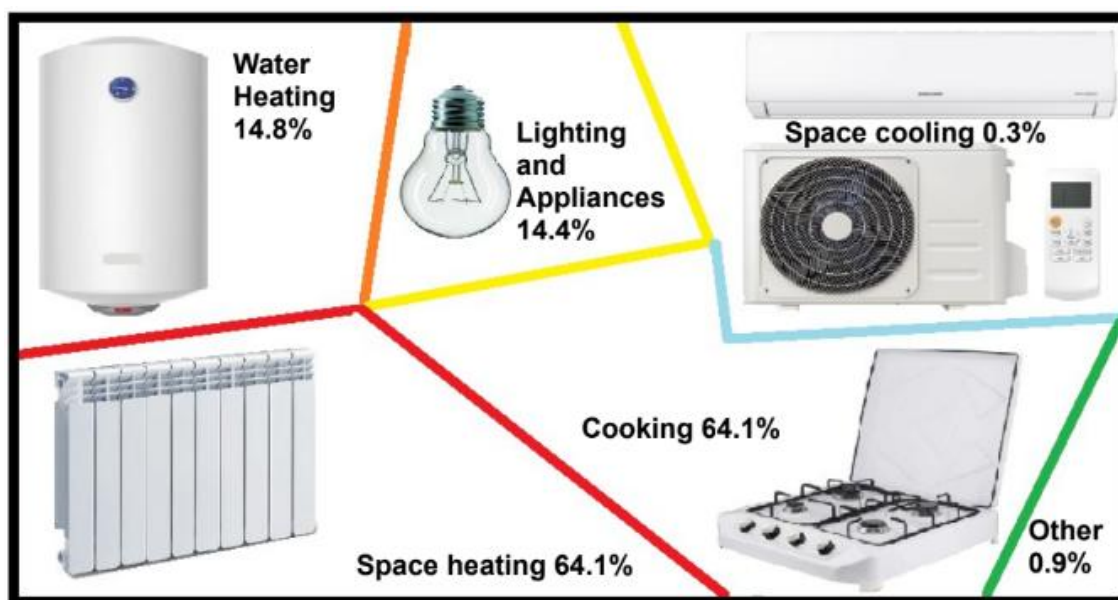


Рисунок 1.4 - Споживання енергії в європейських домогосподарствах

Система розумного дому може вимірювати та відображати споживання енергії всіма пристроями, підключеними до електричної системи, може встановлювати поріг потужності, який не можна перевищувати, щоб

запобігти спрацюванню загального автоматичного вимикача, може активувати прилад, коли тариф на електроенергію знижується. Зручніше, можна вимкнути світло і опалення, коли в кімнаті нікого немає. Крім того, його можна сполучати з усіма видами систем виробництва відновлюваної енергії.

Системи «розумний дім» із їхніми інтелектуальними термостатами, датчиками присутності та пристроями моніторингу енергії прокладають шлях до яскравішого й екологічнішого майбутнього, заощаджуючи на цьому шляху гроші.

Дистанційне керування будинком. Щоб керувати всіма пристроями та функціями, ви можете використовувати перемикачі, кнопки, сенсорні екрани та навіть інтерфейс голосового керування.

Але якщо ви дуже поспішаєте з дому і лише пізніше в дорозі чи на роботі згадуєте, що не натиснули кнопку «Вимкни все світло», коли виходили, ви можете просто увійти в систему розумного дому за допомогою смартфона, планшета або комп'ютера і зробити це.

Більшість виробників систем розумного дому сьогодні надають можливість мати інтерфейс дистанційного керування, і в більшості випадків він складається з веб-сторінки, де ви можете увійти (за допомогою свого імені та пароля) і перевірити стан кожного обладнання і кожної підсистеми.

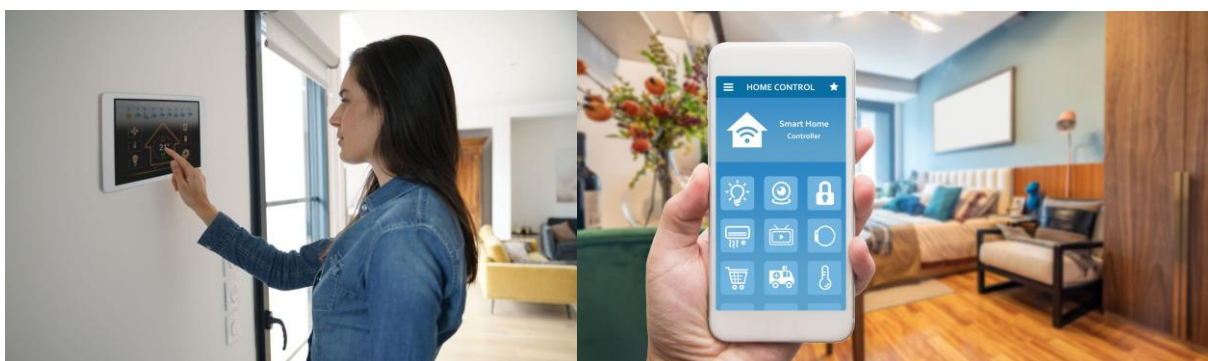


Рисунок 1.5 - Управління будинком зі смартфона

Ми перерахували тут найпоширеніший і використовуваний набір функцій, які може виконувати система розумного будинку, але є безмежні можливості використання. За допомогою такої системи ви можете контролювати систему поливу, інтегрувати інтелектуальні прилади, телемедійні пристрої та будь-який тип електричного обладнання, яке ви можете використовувати.

1.2 Переваги систем розумного дому над стандартними електричними системами

1.2.1 Елементи класичної житлової інсталяції

Провід і з'єднання. Напруга, яка використовується в усій Європі (включаючи Великобританію), була узгоджена з січня 2003 року на рівні 230 В 50 Гц. Він розподіляється за допомогою двох провідників, які називаються Лінія (літера L, колір коричневий або чорний) і Нейтраль (літера N, колір синій). Між ними виникає змінна напруга (АС) синусоїдальної форми.

Правильний вибір провідника визначається призначенням кінцевого пристрою, тобто його потужністю. Найважливішим фактором при виборі правильного кабелю є сила струму, яку він може витримувати постійно.

Наприклад, для освітлення найчастіше використовується провід 1,5 мм² і захист 10 А, а для розеток – провід 2,5 мм² і захист 16 А або більше, в залежності від споживача.

При розрахунку провідника також розраховується падіння напруги від розподільчої шафи до вимірювальної шафи домашнього підключення. Допустимий перепад напруги, який не повинен перевищувати провідник, становить 4%.

Усі навантаження на нашій електростанції підключені, як показано на малюнку нижче

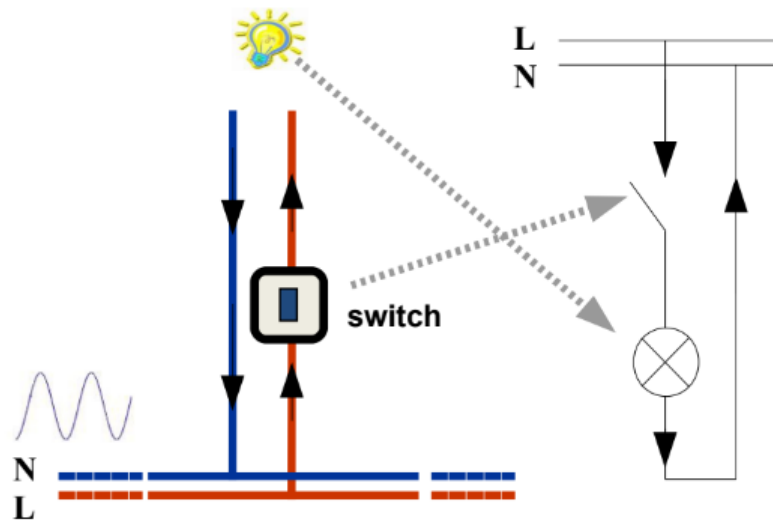


Рисунок 1.6 - Підключення напруги та перемикача в стандартній електричній системі

Також є третій провід, який називається «Захисне заземлення» (букви PE, колір зелений/жовтий)

З міркувань безпеки цей провід подає потенціал землі до всіх електричних розеток. Прилади з металевим корпусом під'єднані до заземлюючого дроту, тому в разі пошкодження будь-якої ізоляції в приладі струм буде закорочено на землю, таким чином спрацьовуючи вимикач або розплавляючи запобіжник у цьому ланцюзі та захищаючи життя людини.

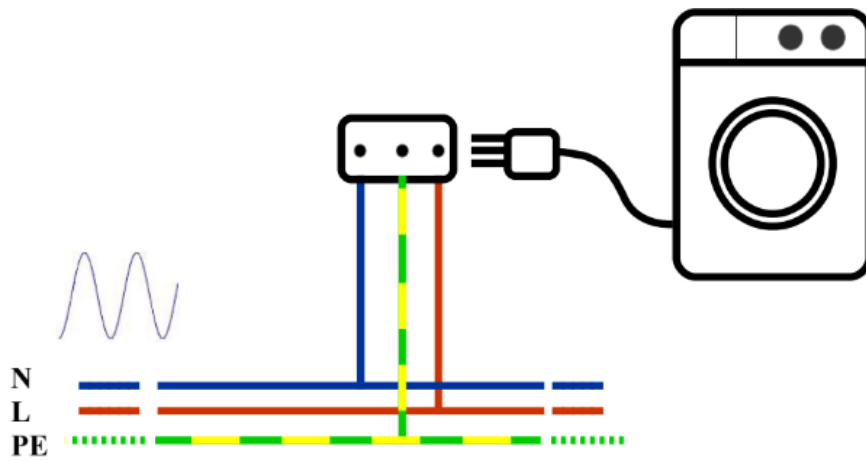


Рисунок 1.7 - Схема підключення з захисним заземлювальним кабелем

У стандартній електричній системі перемикач є точкою, де користувач вирішує увімкнути або вимкнути навантаження (це команда), а також точкою, де лінія під'єднана чи ні до навантаження (тобто виконавчий механізм).

Захисні пристрої. Захисні пристрої встановлюються в будівлях з метою захисту виконаної електроустановки від виходу з ладу через надмірне нагрівання і струму короткого замикання, а також захисту людей від ураження електричним струмом.

Деякі приклади захисних пристроїв:

1. Автоматичний вимикач: служить для захисту провідників від надструму від місця їх установки до навантаження, але не самого навантаження.



Рисунок 1.8 - Автоматичний вимикач

2. Автоматичний вимикач залишкового струму: також називається «диференційним вимикачем», оскільки він контролює вхідний і вихідний струм, і якщо створюється різниця, ланцюг розривається (відсутній струм може потрапити в тіло людини).

3. Комбінований автоматичний вимикач: це пристрій, який поєднує в собі функції автоматичного вимикача та пристрою захисного відключення і тому є практичним елементом, якщо у нас є проблема з браком місця в розподільнику.



Рисунок 1.9 - Комбінований автоматичний вимикач

4. Вимикач-роз'єднувач: це пристрій, який використовується для складання та ізоляції електричних ланцюгів і характеризується високим ступенем сумісності та великими величинами короточасних витримуваних струмів.



Рисунок 1.10 - Вимикачі-роз'єднувач

5. Запобіжник: це пристрій, що захищає від короткого замикання. У більшості випадків він складається з нитки певного діаметру, відкаліброваної для підтримки певної величини струму. Коли струм перевищує цю величину, нитка розривається і ланцюг розривається.



Рисунок 1.11 - Запобіжник

Перемикачі та кнопки. Комутаційні елементи служать для вмикання та вимикання електрообладнання та приладів. Деякі приклади таких елементів:

1. Вимикачі: бістабільні пристрої, які використовуються для вмикання та вимикання навантаження (лампи або приладу). У них немає, скажімо так, положення «відпочинок»: при натисканні вони залишаються в тому положенні, на яке їх перемістили, доки наступне натискання не змінить це положення. Одна позиція відповідає стану ON, а інша – стану OFF, з фіксованим призначенням.



Рисунок 1.12 - Вимикач

2. Кнопки: моностабільні пристрої, що використовуються для вмикання та вимикання навантаження. Вони мають лише одне стабільне положення, і коли їх відпускають, вони автоматично повертаються в це стабільне положення. У стандартній електричній системі, якщо ми хочемо використовувати кнопку для керування навантаженням, ми також повинні використовувати реле, яке одним спусковим механізмом може змінювати та підтримувати свій стан.



Рисунок 1.13 - Одинарна та подвійна кнопка-вимикач

3. Кнопка шторки: має функцію підняття та опускання жалюзі.



Рисунок 1.14 - Кнопка шторки

4. Імпульсний вимикач: електронний дистанційний вимикач з функцією енергозбереження. Якщо ми не вимкнемо світло протягом встановленого часу, натиснувши кнопку, воно вимкнеться автоматично і дозволить підключення з 3-4 провідниками.



Рисунок 1.15 - Імпульсний вимикач

Реле. Реле – це електромагнітні пристрої, що складаються з котушки та одного або кількох контактів. Коли на котушку подається струм, вона стає магнітом і притягує металевий рухомий елемент, з'єднаний з контактом,

який змінює положення та переходить з одного стану (наприклад, увімкнено) в інший (наприклад, у вимкненому стані) або навпаки. Зазвичай котушка підключається до кнопки, а контакти розташовані між лінією живлення та навантаженням, тому при натисканні кнопки навантаження підключається до лінії живлення.



Рисунок 1.16 - Реле

Розетки. Електричні розетки – це елементи, що використовуються для встановлення електричного зв'язку між електроустановкою та переносними споживачами.



Рисунок 1.17 - Електрична розетка

Таймери. Таймер має функцію автоматичного відключення електричних пристроїв за допомогою цифрового таймера.



Рисунок 1.18 - Розетка з таймером

1.2.2 Структура системи розумний дім

У той час як у стандартній електричній системі функції управління та підключення живлення виконуються одним пристроєм (перемикачем), у системі розумного дому ці дві ролі розділені: функція керування виконується «розумним вимикачем», а підключення до лінії електропередачі функція виконується «розумним приводом».

І команди, і виконавчі механізми повинні мати можливість передавати та отримувати інформацію, тому вони підключені до комунікаційної шини, яка також є інфраструктурою, яка їх живить.

Ця шина проходить через усі інтелектуальні модулі системи, починаючи від пристрою живлення.

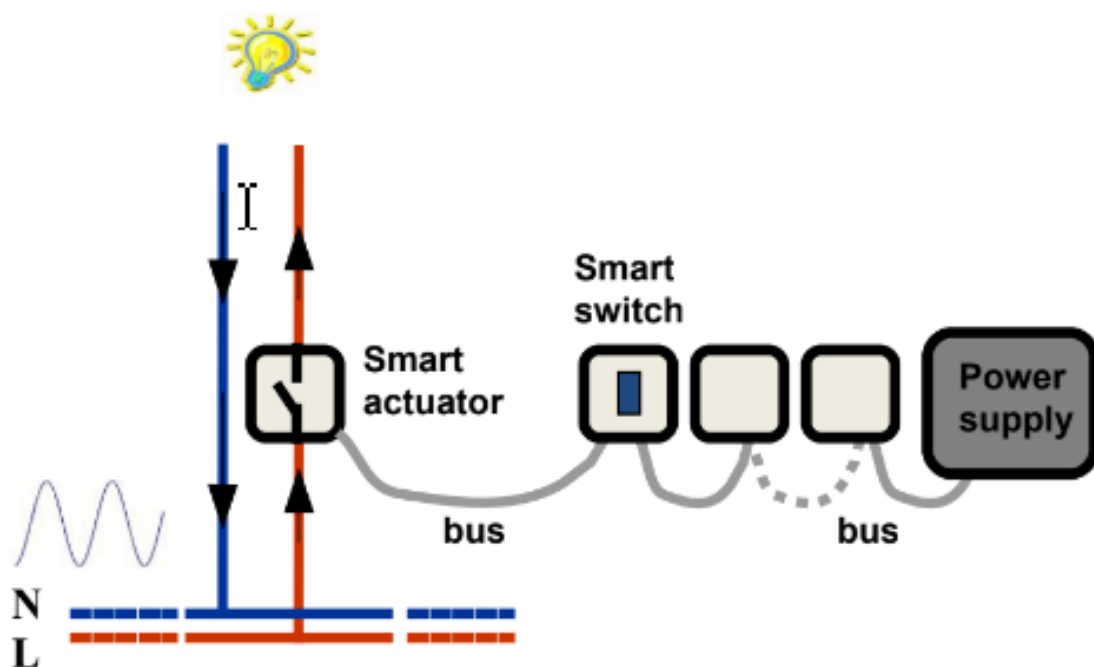


Рисунок 1.19 - Інфраструктура системи розумного будинку

Система «розумний дім» — це сучасна електротехнічна установка будівлі, тобто набір децентралізованих електричних вихідних елементів для розподілу електроенергії на кінцеві пристрої, децентралізованого зв'язку та елементів введення для збору інформації, управління та зв'язку, підключених до загальної комунікаційної шини для взаємодії, автоматизації роботи різних будівельних систем і пристроїв, з можливістю оптимізації споживання енергії в будівлі.

Щоб пристрої могли обмінюватися інформацією один з одним, вони повинні бути налаштовані на розуміння протоколів, які дозволяють їм спілкуватися один з одним. Той факт, що система «розумний дім» є децентралізованою, означає, що немає центральної життєво важливої точки (наприклад, центрального комп'ютера або контролера), яка призвела б до раптового вимкнення системи. Кожен комунікаційний елемент системи параметризується окремо, і в разі виходу з ладу одного елемента інші продовжують працювати в нормальному режимі. У системі «розумний дім» розрізняють енергорозподільну частину установки (230 В) і комунікаційну

частину установки (BUS), підключену до низької напруги (зазвичай у діапазоні 20–30 В постійного струму), як показано на малюнку 20.

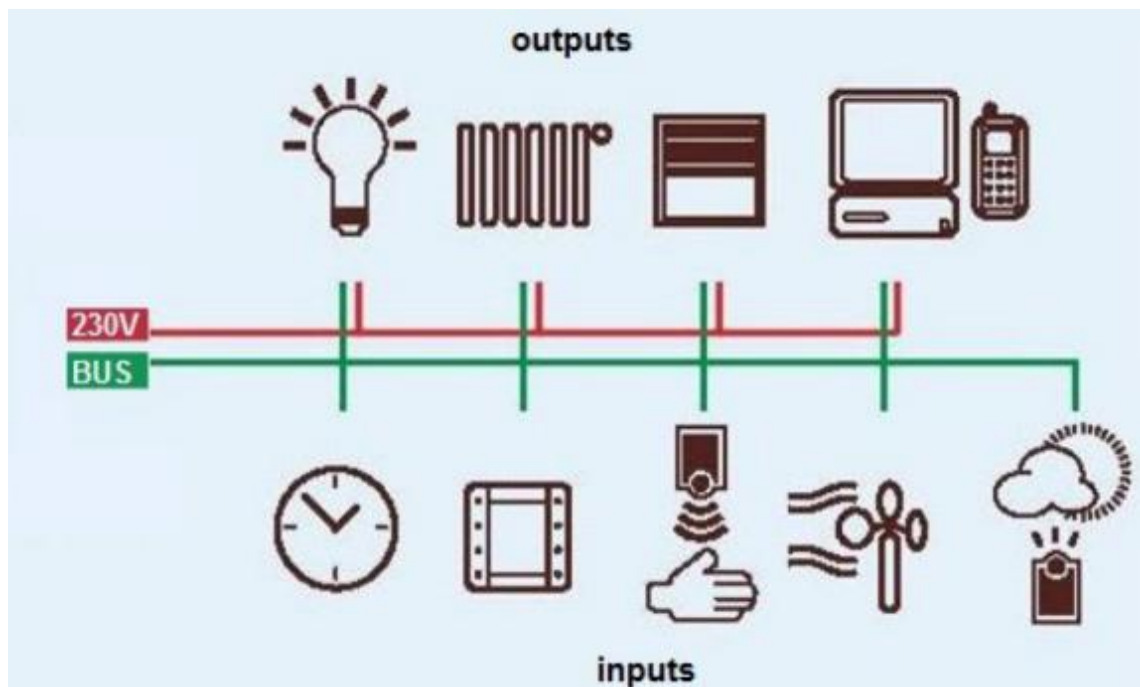


Рисунок 1.20 - Розподіл електроенергії та шини в системі розумного дому

Кожен кінцевий пристрій підключається до енергетичної частини установки та до комунікаційної шини через відповідний виконавчий механізм, тоді як пристрої керування (кнопки, перемикачі, датчики, термостати тощо) підключаються лише до комунікаційної шини.

Оскільки всі елементи, вхід і вихід, підключені до комунікаційної шини, можлива взаємодія між різними системами та пристроями (наприклад, інформація про поточну температуру, швидкість вітру, відблиски, інтенсивність світла, зайнятість простору, вимірюється датчиком і може використовуватися як вхідна інформація для кожного пристрою в системі).

Завдяки можливості взаємодії між різними системами досягається більш високий рівень регулювання та управління системою, що забезпечує більшу економію енергії в будівлі.

Після впровадження системи «розумний дім» вона має можливість перепрофілювати та змінювати функціональність виконавчих функцій (наприклад, реорганізувати або перепрофілювати простір), додаючи нові елементи керування до існуючої комунікаційної шини або замінюючи сам виконавчий механізм.

1.3 Огляд перспективних технологій автоматизації та керування систем "розумний будинок" з підтримкою енергоефективності

На ринку можна знайти багато різних систем розумного будинку.

Кожна система заснована на певній технології, яка використовується для обміну даними між усіма модулями системи.

Ці різні технології відрізняються продуктивністю, обсягом, швидкістю передачі даних тощо.

Деякі з цих технологій:

Interbus: це шина даних датчиків/приводів. Він характеризується кільцевою топологією на основі інтерфейсу RS485, що дає ряд переваг, а саме: можливість передачі даних всередині системи на відстань до 13 км і полегшення пошуку несправностей у критичних ситуаціях.

Недоліком цієї системи є те, що при виході з ладу одного пристрою всі інші також виходять з ладу. Пристрої на шині не повинні мати адреси через кільцеву топологію, положення всередині кільця достатньо для ідентифікації. Швидкість передачі даних по цій шині до 500кбіт/с.

P-NET: це шина головного-підлеглого типу. Використовує інтерфейс RS485, можливе використання інтерфейсу TP або RS232, але зі зниженою швидкістю передачі даних. Максимальна довжина такої шини – 1200 м, а швидкість передачі даних – 76,8 Кбіт / с.

Profibus: використовує інтерфейс RS485 або оптичний кабель як середовище передачі даних. Існує три варіанти цієї технології: Profibus-FMS (специфікація повідомлень польової шини), Profibus-DP (децентралізовані периферійні пристрої) і Profibus-PA (автоматизація процесів), які охоплюють широкий спектр можливих застосувань і можуть співпрацювати один з одним.

CAN (Controller Area Network): спеціалізується на автомобільних додатках завдяки високій швидкості передачі даних 1 Мбіт/с і короткій довжині передачі даних 40 м. Він використовує метод CSMA / CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) під час передачі даних.

LonWorks: це відкрите мережеве рішення для побудови мереж автоматизації та керування, розроблене американською компанією Echelon. Він розроблений таким чином, що його можна використовувати в централізованих контролерах автоматизації будівель, а також у компонентах децентралізованого керування будівлями. LONWORKS — це стандартизована шинна система (ANSI/CEA-709.1-B та EN ISO/IEC 14908), яка дає змогу інтелектуальним пристроям обмінюватися даними один з одним через локально керовану контрольну мережу. LON означає локальну операційну мережу.

BACnet: BACnet (Building Automation and Control Network) — це стандартизований протокол передачі даних, розроблений Американським товариством інженерів з опалення, охолодження та кондиціонування повітря (ASHRAE) для використання в автоматизації будівель, щоб дозволити пристроям і системам обмінюватися інформацією. BACnet використовується в численних системах автоматизації будівель у всьому світі та отримав міжнародний стандарт ISO 16484-5 у 2003 році. BACnet розвинувся з потреби у стандартизованому протоколі передачі даних, який би дозволив

різним компонентам автоматизації та керування в будівлі спілкуватися один з одним, забезпечення сумісності та незалежності виробника.

ZWAVE: Z-Wave – це бездротова система останнього покоління, спочатку розроблена компанією Zensys у Данії, яка дозволяє всім електронним елементам спілкуватися як між собою, так і з користувачем без проводів. Після перших інсталяцій у 2005 році було створено Z-Wave Alliance як консорціум компаній, які виробляють підключені пристрої, керовані через програми на смартфонах, планшетах або комп'ютерах за допомогою технології бездротової сітчастої мережі Z-Wave. Він використовує радіосигнал з частотою 868,4 МГц і максимальною потужністю випромінювання близько 20 – 30 мВт. При цьому він використовує прості, надійні радіохвилі малої потужності, які легко проходять крізь стіни.

Z - Wave використовує мережеву топологію Mesh, тому може поширюватися набагато довше, ніж радіохвилі одного блоку. Система дуже проста і легка, як в установці, так і в експлуатації, і практично не вимагає багато знань і часу для установки і запуску в експлуатацію. Ця система використовується особливо для будинків з рішеннями «зроби сам».

ENOCEAN: EnOcean розробив технологію, яка базується на ефективному використанні найменших змін у навколишньому середовищі для отримання необхідної енергії, яка потім перетворюється на електрику, яка потім служить джерелом енергії для надсилання радіочастотних сигналів від датчиків до виконавчих механізмів. Усі компоненти EnOcean працюють без батарей і розроблені для роботи без обслуговування. Найпростішим прикладом продукту на основі радіочастотного протоколу є вимикач освітлення без батареї та бездротового зв'язку. Натискаючи на такий перемикач, ви «вкладаєте» в нього стільки енергії, щоб перемикач виробляв стільки електроенергії, скільки було потрібно, щоб надіслати слабкий РЧ-сигнал приводу для ввімкнення світла. Або, повертаючи ручку на вікні, ви

виробляє стільки енергії, що ручка надсилає радіочастотний сигнал до клапана на радіаторі, який повідомляє йому, що вікно відкрито і що клапан повинен закритися, тому що проводка між вимикачем і світлом не потрібна.

MODBUS: Розроблено Gould Modicon, підтримується більшістю програмованих логічних контролерів. Він спирається на протокол Master/Slave. Він дуже простий і легкий у використанні, тому його використовують обидва виробники контролерів та виробники будівельно-монтажного обладнання. Він став дуже популярним, оскільки є безкоштовним. Він обмежений через простий обмін даними і тому є не використовується для більш складних потреб.

X10: X10 — це протокол для зв'язку між електронними пристроями, що використовуються для домашньої автоматизації. Для сигналізації та керування в ньому в основному використовуються електропроводки. Також визначено транспортний протокол на основі бездротового радіо. Він був розроблений в 1975 році для дистанційного керування побутовою технікою. Це була перша технологія домашньої автоматизації, яка досі доступна в усьому світі.

На жаль, сьогодні він застарів, оскільки дуже повільний (близько 20 біт/с). Через невеликий набір команд і низьку надійність він не дуже поширений в Європі сьогодні.

ZIGBEE: специфікація ZigBee описує інфраструктуру та служби, доступні для програм, що працюють на платформі ZigBee. Він визначає комунікаційний протокол високого рівня, який використовує малопотужні цифрові радіосигнали на основі стандарту IEEE 802.15.4 для потреб бездротових мереж (медичні пристрої, димова та охоронна сигналізація, автоматизація будівель). Сама технологія є простішою та дешевшою, ніж з іншими бездротовими мережами, такими як Bluetooth.

Найпотужніший вузол ZigBee містить лише 10% програмного забезпечення, що міститься в типовій Bluetooth або звичайній бездротовій мережі, а найпростіший лише 2%. Зараз тривають домовленості між ZigBee та Комісією BACnet щодо створення з'єднання між дротовим і бездротовим відкритим протоколом.

DALI: DALI (DALIa, DALIb) – це цифровий протокол зв'язку, розроблений спеціально для схем освітлення. DALI дуже підходить для створення сцен і отримання відгуків про несправні лампи. Тому він дуже підходить у поєднанні з автоматизацією будівель, де потрібен дистанційний моніторинг та звіти про обслуговування. DALI був представлений у 1999 році виробниками електронних баластів, які хотіли стандартизований цифровий протокол керування для електронних баластів. Це зроблено так, що його дуже легко встановити та налаштувати. Усі виконавчі механізми, контролери та датчики з'єднані між собою одним кабелем зв'язку. Система DALI складається з електронних баластів, перемикачів, датчиків, інтерфейсів керування та контролерів 1-10 В. DALI – це не система автоматизації будівлі, а лише система керування освітленням. Звичайно, система DALI з використанням різних інтерфейсів може бути простим (і дешевшим) доповненням до різних систем автоматизації будівель, таких як, напр. BACnet, Lonworks або KNX.

DMX 512/1990: DMX 512/1990 є стандартом передачі цифрових даних для диммерів і контролерів, що працюють у режимі постійного струму. Він може керувати до 512 каналів. Дані передаються пакетами. Кожен пакет оновлює всі вбудовані пристрої. Кожен пакет складається до 513 кадрів, які позначають початок і кінець кожного пакета. Ми не отримуємо прямий доступ до пристроїв, але інформація, яку ми надсилаємо на пристрій, визначається в певній структурі кожного пакета. Стандарт DMX широко використовується в театрах, дискотеках і клубах, оскільки багато

спеціальних ламп, стробоскопів, протитуманних машин та інших пристроїв реалізують його на борту.

1.4 Штучний інтелект в розумному будинку

За даними компанії Cisco, до 2021 року близько 46% програм розумного будинку, що забезпечують автоматизацію, безпеку, відеоспостереження та інше, будуть працювати на базі штучного інтелекту.

Доступність електронних пристроїв ще більш зросте, основна маса техніки в будинку, саду, гаражі буде керуватися зі смартфона або планшета. Сучасні інтелектуальні системи, такі як Amazon Echo і Google home, об'єднують різні пристрої один з одним за допомогою інтернету речей (IoT), виконують голосові команди, але повна автоматизація домашнього простору все ще залишається завданням майбутнього [4].

Майбутнє домашньої автоматизації – це інтелектуальне середовище, здатне за певний час до повернення власника додому встановити потрібну температуру, включивши кондиціонер, відкрити штори або включити музику, почати варити каву і т. д.

Популярні сучасні смарт-системи [5]:

- Nest;
- HomeKit;
- Wink;
- Z-Wave;
- Zigbee;
- SmartThings;

- Brillo.

В топі поки що тримаються Amazon Alexa, Apple HomeKit і Google Home. Серед розробок можна знайти як більш дорогі, так і бюджетні, наприклад, Orvibo Security Kit [5].

Технічні гіганти Amazon, Apple і Google роблять ставку на голосових помічників: системи розумного будинку повинні забезпечувати комфорт всім без винятку, особливо допомоги потребують люди з інвалідністю або літні люди, яким важко ходити, управляти побутовими електричними приладами та гаджетами. Тому функція автоматизації вважається пріоритетною.

2 КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМИ "РОЗУМНИЙ БУДИНОК" З ПІДТРИМКОЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

2.1 Пошук концептуального рішення енергоефективної системи розумного будинку

2.1.1 Аналіз готових рішень системи «розумний будинок»

Екосистемою називають управління розумним будинком з центрального пульта або віддаленого доступу. Варіантів всього два [5]:

1. Зібрати схему своїми руками, використовуючи різні хаби; для кожного пристрою вручну підібрати і налаштувати свій плагін; керувати за допомогою саморобних додатків.

2. Купити готовий стартовий набір, після чого придбати сумісні з ним пристрої, підключити їх до хабу, скачати спеціальний додаток на смартфон і керувати власним інтелектуальним житлом.

У другому випадку користувач отримує готове рішення і гарантований результат. При цьому сума вкладень може бути цілком демократичною. Досить придбати базовий комплект, що включає в себе контроль безпеки при пожежі, витік води, несанкціоноване проникнення.

Сьогодні існує багато технології об'єднання і управління системами «розумного будинку». Розглянемо деякі популярні готові рішення і проаналізуємо їх переваги і недоліки [5].

1) **Ajax StarterKit** (рис. 2.1). Український бренд Ajax представляє систему свого смарт будинку, із забезпеченням контролю безпеки. Ajax StarterKit попередить власника про несанкціоноване проникнення, спалах, затоплення.

У комплект входять:

- центральний контролер;
- сирена;
- брелок з функцією пульта;
- сенсори положення дверей і вікон (відкрито/закрито);
- розбитого скла;
- протікання води;
- руху (розрізняє людей і тварин).



Рисунок 2.1 - Система «розумного будинку» Ajax StarterKit

Переваги:

- захищений радіоканал;
- простота налаштування і управління;
- швидке оповіщення;
- резервне живлення контролера.

Недоліки:

- виключно охоронні функції.
- середня ціна: 4600 грн.

2) **Xiaomi**. Відома китайська компанія, що випускає високоякісну електроніку. Її екосистема, не обмежуючись базовим набором, виробляє безліч смарт пристроїв за доступними цінами. Це дозволяє організувати розумний будинок з широким функціоналом.

Шлюз Miija (рис. 2.2), поєднує в собі функції нічника, радіоприймача, хаба. Датчики вікон і дверей відстежують несанкціоноване проникнення, відправляють повідомлення власникові і включають камеру. При відкритті вікна вранці, автоматично включається освіжувач повітря. При відкриванні дверей вранці в спальню дитини вмикається приємна мелодія будильника. Бездротовий вимикач (бездротова кнопка) дозволяє одним натисканням розбудити дитину під час приготування сніданку на кухні. Йдучи на роботу, можна одним натисканням знеструмити всі електроприлади.



Рисунок 2.2 - Система «розумного будинку» Xiaomi Miija

Інший важливий елемент системи – розумна розетка. Підключивши її до багатофункціонального шлюзу, використовуючи додаток на смартфоні, можна окремо запрограмувати включення і відключення будь-якого електроустаткування за часом доби.

Для цього в додатку на кожен прилад налаштовуються свої іконки. Датчик руху вмикає світло в передпокої при відкриванні вхідних дверей, кондиціонер при відході до сну, запалить нічник або світлодіодну стрічку, якщо вночі знадобиться відвідати туалет. Весь набір коштує 1900 грн.

Переваги:

- реалізація безлічі корисних функцій вже зі стартовим набором елементів;
- сумісність з Android і iPhone;
- все налаштоване «з коробки».

Недоліки:

- китайські розетки не придатні для європейських вилок,
- потрібне придбання перехідника;
- шлюз в режимі радіоприймача приймає тільки китайські радіостанції.

3) **Redmond**. Продукція цього бренду відрізняється найширшим вибором пристроїв, керованих одним додатком. Голосове управління поки не реалізовано, але за кількістю виробленого обладнання Redmond знаходиться в лідерах. У комплект входять: розетка, датчик руху, датчик контролю положення дверей (герконовий) (рис. 2.3). Решта пристроїв, включаючи центр управління Redmond SkyCenter 11S, купуються окремо.



Рисунок 2.3 - Система «розумного будинку» Redmond

В сумі базовий комплект коштує 3200 грн.

Переваги:

- величезну кількість IoT пристроїв,
- можливість повної автоматизації будинку;
- якість і надійність.

Недоліки:

- відсутність голосового управління;
- для дистанційного керування екосистемою зі смартфона потрібна наявність смарт пристрою в будинку (планшет або смартфон).

4) **Google**. Американський бренд китайського виробництва. Його розумний будинок управляється і мобільним додатком, і голосом. Асистент відгукнеться на вітання «Окей Гугл» і виконає прохання включити музику, завести будильник, і т. д. В якості керуючого центру використовується музична колонка (єдиний пристрій, який виробляє Google).

Всі інші гаджети розробляються фірмами-партнерами гіганта – Xiaomi, TP-Link або Phillips. Тому список сумісного обладнання досить великий. Середня ціна колонки Google Home – 3100 грн. Решта обладнання купується окремо, від інших виробників. Вартість комплекту, здатного регулювати освітлення, тепло, воду, управляти іншим домашнім обладнанням, в кожному окремому випадку визначається індивідуально.

Переваги:

- наявність розумної колонки;
- можливість голосового управління;
- безліч сумісного з екосистемою домашнього обладнання від різних виробників.

Недоліки:

- висока ціна.

5) **Amazon.** Найближчий конкурент Google Home, американець китайського виробництва. Екосистема побудована навколо своєї смарт колонки, з якої чудово працюють IoT пристрою від різноманітних виробників. Це полегшує користувачам комплектацію необхідного набору, з можливістю подальшого розширення. Amazon вважається самим гнучким і перспективним брендом в цьому ряду, з урахуванням широкої сумісності, високої якості, маси новітніх розробок і помірних цін.

Так само як і Google Home, Amazon виробляє лише колонку, середня ціна якої дорівнює 4350 грн. Решта обладнання комплектується іншими виробниками.

Переваги:

- гнучкість системи;
- можливість налаштування великої кількості сценаріїв автоматизації; сумісність з багатьма виробниками;
- голосове керування.

Недоліки:

- відсутність української мови.

Порівняльні характеристики різних екосистем для «розумного будинку» наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльні характеристики екосистем «розумного будинку»

Екосистема	Ajax StarterKit	Xiaomi Mijia	Redmond	Google Home	Amazon
Простота налаштування	+	+	+	+	+
Відкритість системи	-	+	-	+	+
Мобільний додаток	+	+	-	+	+
Web-інтерфейс	+	+	+	+	+
Голосове керування	-	-	-	+	+
Базова вартість системи, грн	4600	1900	3200	8000	9000

З розглянутих готових програмно-апаратних рішень найбільшим функціоналом і простотою інтеграції відрізняються Google Home і Amazon, оскільки вони елементарні в налаштуванні і встановленні додаткового обладнання. Але через високу ціну і необхідність «будувати» систему з пристроїв від різних виробників ці варіанти не є ідеальними.

2.2 Визначення складових та загальних параметрів системи

Модулі системи розумний дім. У функціональному плані компоненти інтелектуальної установки можна розділити на:

- елементи системи
- елементи введення
- вихідні елементи (приводи)

Деякі приклади елементів системи:

Блок живлення: він генерує низьку напругу постійного струму, яка живить усі розумні модулі системи. Накладаючись на цю напругу, також є цифровий малий сигнал, який забезпечує передачу даних між усіма вхідними та вихідними елементами.



Рисунок 2.4 - Блок живлення

Шлюзи або інтерфейси: дозволяють інтегрувати інші пристрої, які використовують інші протоколи зв'язку. Наприклад, нижче ми можемо побачити шлюз DALI/KNX, який використовується для додавання до системи деяких функцій освітлення, обладнаних протоколом керування DALI, на шині зв'язку KNX.



Рисунок 2.5 - Шлюз KNX/DALI

IP-маршрутизатор: дозволяє відображати систему розумного дому будівлі на різних пристроях (ПК, планшет, смартфон) через WEB-браузер. Також за допомогою IP-маршрутизатора ми можемо налаштовувати та керувати системою розумного дому віддалено, з іншого місця.



Рисунок 2.6 - IP-маршрутизатор

Випрямляч 230 В постійного струму / 24 В постійного струму: служить джерелом живлення низької напруги (24 В постійного струму) для деяких елементів системи розумного будинку (наприклад, метеорологічних станцій).



Рисунок 2.7 - Випрямляч постійного струму 230 В / 24 В

Шинний кабель: використовується для підключення всіх елементів системи «розумний дім» і з'єднання їх в єдину систему управління - моніторингу.

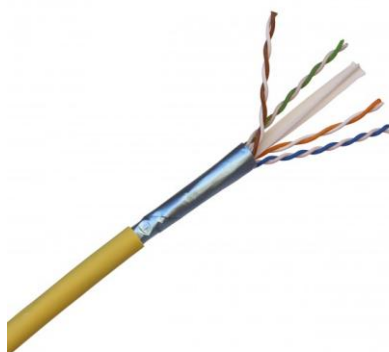


Рисунок 2.7 - Кабель шини

Деякі приклади вхідних елементів:

Зовнішня метеостанція (метеостанція) обладнана датчиками для моніторингу та вимірювання поточних зовнішніх умов (вітер, дощ, температура, світловий день). Розміщується на фасаді будівлі.



Рисунок 2.8 - Зовнішня метеостанція

Віконний контакт розміщується на вікні для контролю відкриття жалюзі.



Рисунок 2.9 - Віконний контактер

Вхідний бінарний модуль: дозволяє інтегрувати нерозумну інформацію з елементів введення (наприклад, віконних контактів, вимикачів, термостатів, гігростатів) у систему розумного будинку

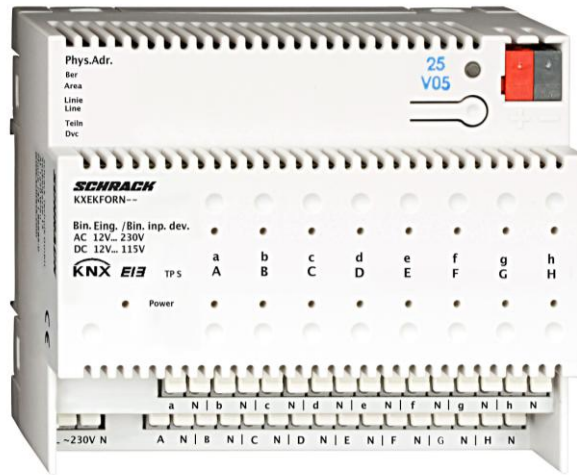


Рисунок 2.10 - Вхідний бінарний модуль

Кімнатний регулятор: оснащений датчиком температури, який вимірює температуру в приміщенні. Є екран, на якому можна побачити задані та поточні значення за допомогою програмованих клавіш, для ручного керування кімнатними пристроями та обладнанням (наприклад, освітлення, жалюзі, фанкойли).



Рисунок 2.11 - Кімнатний регулятор

Мультифункціональна кнопка: оснащена декількома програмованими кнопками для ручного керування кімнатними пристроями та обладнанням (наприклад, насосами, вентиляторами, клапанами).



Рисунок 2.12 - Мультифункціональна кнопка

Цифровий годинник: забезпечує функцію моніторингу в реальному часі та вмикання та вимикання елементів інтелектуальної системи відповідно до річної програми часу. Має функцію ASTRO (вмикання/вимкнення зовнішнього освітлення в залежності від географічного положення будівлі та сезону сходу/заходу сонця) і містить декілька програмних каналів.



Рисунок 2.13 - Цифровий годинник

Багатостельовий датчик присутності та освітлення: пасивний датчик присутності людей та кількості денного світла, призначений для монтажу на стелі, з кутом виявлення 360°.



Рисунок 2.14 - Багатостельовий датчик присутності та освітлення

Деякі приклади вихідних елементів:

Привід перемикання: оснащений релейними виходами і використовується для вмикання та вимикання різних електричних пристроїв (освітлення, двигуни ...).



Рисунок 2.15 - Привід перемикання

Привід ролет: оснащений чотирма 3-позиційними перемикаючими виходами (відкриття, зупинка, закриття), для підключення електроприводів віконних жалюзі.

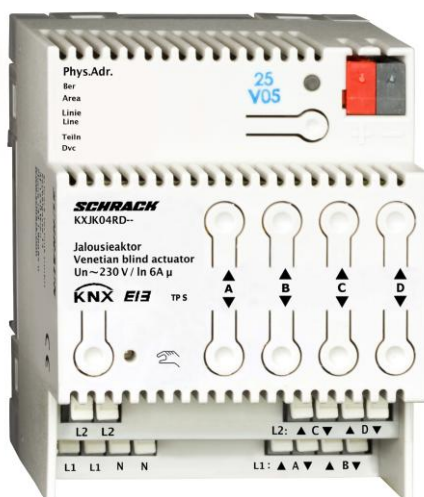


Рисунок 2.16 - Привід ролет

Привід фанкойла: призначений для керування фанкойлом зі змінною швидкістю вентиляції.



Рисунок 2.16 - Привід фанкойла

Зважаючи на великий асортимент можливостей розумного будинку було прийнято рішення розглянути можливі варіанти реалізації наступних систем:

- система опалення та охолодження
- система безпеки
- система водопостачання
- система освітлення

Для наведених систем були розглянуті можливі рішення наведенні нижче для кожної системи окремо.

Система опалення та охолодження. Одним із найпопулярніших способів використання технології Smart Home є оптимізація опалення та охолодження. Уявіть собі, що ви контролюєте та контролюєте температуру, вологість і повітряний потік у вашому домі за допомогою свого мобільного пристрою в будь-якому місці та в будь-який час. Багато з цих оновлень стверджують, що вони значно покращують енергоефективність дому — деякі комунальні служби навіть пропонують власникам будинків стимули для встановлення цих продуктів.

Розумні термостати. Розумні термостати стали дуже популярними завдяки простоті використання та вражаючим функціям налаштування, як цей від Nest. Термостат Nest фактично вчиться з коригувань, які ви вносите в температуру вашого дому з часом, і почне робити ці коригування самостійно. Отже, якщо вам подобається тепліше вдень і прохолодніше вночі, ваш термостат дізнається про це та автоматично регулює температуру в цей час доби. Він також автоматично вимикається, коли ви виходите з дому.

Інший популярний варіант від esobee можна використовувати з кількома дистанційними датчиками, щоб ви могли налаштовувати температуру в окремих кімнатах або просторах, що може бути особливо корисним для двоповерхових будинків.

Розумні вентиляції. Розумні вентиляційні отвори працюють так само, як описані вище термометри, вимірюючи температуру в різних частинах будинку та налаштовуючись, щоб підтримувати правильну температуру в окремих кімнатах. Деякі моделі, як-от ця від Keen Home, можуть навіть інтегруватися з інтелектуальними термостатами, такими як Nest.

Розумні настельні вентилятори. Стельові вентилятори Haiku були першими розробленими розумними вентиляторами. Він вмикається, коли виявляє людей у кімнаті, і вимикається, коли вони виходять. Він також автоматично налаштовується, щоб підтримувати в приміщенні потрібну температуру. Якщо вам не подобається зовнішній вигляд Haiku, Insteon продає модулі, які ви можете використовувати майже з будь-яким світильником на свій вибір, щоб ви могли дистанційно керувати та планувати швидкість і світло стельового вентилятора.

Зволожувачі повітря для всієї оселі. Зволожувачі повітря для цілого будинку чудово підходять для будинків у районах із надзвичайно сухою погодою або для сімей, чутливих до сухого повітря. На ринку є кілька інтелектуальних систем зволожувачів повітря, у тому числі такі, які підключаються безпосередньо до водопроводу, тому їх ніколи не потрібно наповнювати, а деякі мають Wi-Fi, і ними можна стежити та керувати за допомогою мобільного пристрою.

Система безпеки. Важливо бути в безпеці у своєму домі. Розумні системи безпеки дозволяють налаштовувати та контролювати системи безпеки, щоб перевіряти ваш будинок.

Розумні домофони. Для сімей, які, як правило, розкидані по дому, існують розумні домашні домофони, щоб залишатися на зв'язку один з одним. Одним із таких продуктів, Wuloo, є одностороння бездротова система внутрішнього зв'язку, яка пропонує кілька каналів і функцій відповідно до ваших потреб.

Розумні дверні замки. Одним із найбільш очевидних способів застосувати інтелектуальну технологію для безпеки будинку є вдосконалені дверні замки. Серпень загнав ринок у кут своїм надзвичайно популярним Smart Lock. За допомогою програми для телефону ви можете замикати та відмикати двері, створювати віртуальні ключі для гостей і відстежувати, хто входив у ваш дім і виходив з нього.

Розумні внутрішні камери. Якщо ви часто буваєте далеко від дому, система розумних камер може допомогти зменшити стрес, пов'язаний з безпекою будинку. Існує безліч доступних систем камер, які підключаються до вашого мобільного пристрою та містять такі функції, як датчики руху, технологія розпізнавання обличчя, відеомоніторинг у реальному часі та системи сповіщень.

Розумні відеодверні дзвоник. Сучасний погляд на вічко, відеодверні дзвінки дозволяють вам побачити, хто стоїть біля ваших дверей, навіть якщо ви не перебуваєте з іншого боку. Одна популярна модель від Ring дозволяє не тільки бачити, але й чути відвідувача, а також розмовляти з ним зі свого смартфона. Він також поставляється з додатковими оновленнями, такими як нічне бачення та вибір налаштування дзвінка відповідно до ваших потреб.

Розумні сповіщувачі задимленості приміщення. Ще однією проблемою для кожного власника будинку є запобігання та швидке реагування на пожежу. Багато систем виявлення диму тепер містять технологію з'єднання з Wi-Fi та сповіщення вашого телефону про низький рівень заряду батарей або коли активується сигналізація. Димова сигналізація Google Nest Protect виявляє дим і чадний газ, а також контролює загальну якість повітря в домі. Цю систему можна ввімкнути для сповіщень Bluetooth і Wi-Fi, а якщо це лише спалена їжа, ви можете легко вимкнути димову сигналізацію зі свого телефону.

Розумне відкривання гаражних воріт. Подібно до багатьох розумних замків, розроблених для ваших вхідних дверей, пристрій відкривання гаражних дверей MyQ дозволяє вам контролювати стан ваших гаражних воріт, відкривати та закривати їх, а також отримувати сповіщення на свій телефон з будь-якого місця. MyQ також пропонує розумні механізми відкривання воріт, щоб ще більше захистити.

Система водопостачання

Розумні датчики витоку води. Часто власники будинків не помічають витоків води, поки вони не завдадуть серйозної шкоди. Такі системи, як ця від D-Link, підключаються до домашнього Wi-Fi, щоб виявити витoki. У цій моделі використовується багатофункціональна система тривоги, яка включає голосовий сигнал, сигнал тривоги та текстове повідомлення для негайного сповіщення.

Розумні душі. Почніть або закінчіть свій день персоналізованим душем за допомогою душу Moen Smart Shower. Ви можете керувати своїм душем за допомогою попереднього налаштування через Alexa, Siri або Google Assistant або навіть керувати ним за допомогою голосу. Він пропонує параметри запуску та паузи, контроль температури, сповіщення пристрою тощо.

Розумні ванни. Якщо ви або член сім'ї з нетерпінням чекаєте розслабитися у ванні, можливо, вам сподобається ідея розумної ванни, як-от модель VibrAcoustic від Kohler. У цій ванні використовуються перетворювачі, які вібрують воду звуковими хвилями від музики, яка транслюється через Bluetooth з будь-якого вашого пристрою. Ви також можете використовувати одну з шести власних композицій ванни, створених звукотерапевтами спеціально для релаксації.

Система освітлення

Розумні розетки. Є кілька способів перетворити звичайне домашнє освітлення на «розумне освітлення». Один із способів – через розетки. Amazon пропонує лінійку розумних розеток, які дозволяють керувати домашнім освітленням за допомогою програми для смартфона. Ви можете запланувати час увімкнення та вимкнення освітлення, установити рівні освітлення та перевірити стан освітлення вдома, коли вас немає. Ви також можете налаштувати розклад через додаток Alexa, щоб світло могло вмикатися та вимикатися в певний час.

Розумні лампи. Розумні лампочки можуть здатися безглуздими, оскільки їх потрібно час від часу міняти, але багато з них служать вражаюче довго — наприклад, 30000 годин. Багато з цих лампочок, як і лампочки Sengled, використовують різні кольори, щоб створити різний настрій протягом дня та дозволити користувачам приглушувати світло.

2.3 Загальні завдання мережевого забезпечення функціонування підсистем розумного дому

Після проведеного аналізу можливих технологій, які можуть бути застосовані в розумному будинку прийшов час конкретизувати загальні завдання, які маю бути реалізованими в даній магістерській роботі.

Насамперед необхідно забезпечити віддалене управління IoT-пристроями, що здійснюватиметься зі смартфона. Такий підхід дозволить моніторити обстановку будинку будь де та будь коли.

Крім можливості моніторингу зі смартфона необхідно реалізувати управління IoT-пристроями у будинку з ПЕОМ. Таке рішення дозволить

здійснювати більш зручне та точне налаштування параметрів систем будинку.

В створюваному проєкті розумного дому повинна бути реалізована функція автоматичного відкривання дверей, яка буде комунікувати з елементами системи відеоспостереження в нашому конкретному випадку з Web-камерою. Весь будинок повинен бути оснащений елементами системи пожежної безпеки та датчиками контролю CO₂. Таким чином у випадку виникнення пожежі система зможе автоматично її загасити навіть коли нікого немає вдома та викликати працівників ДСНС за необхідності.

Для підвищення енергоефективності оселі необхідно облаштувати будинок альтернативними джерелами енергії. В даній роботі було прийнято рішення застосувати сонячні батареї, які були б спроможними забезпечити необхідною кількістю енергії всю енергоспоживчу потребу.

Щоб забезпечити комфортне перебування у будинку необхідно реалізувати систему контролю температури, тобто клімат контроль. Таке рішення не тільки робить перебування в оселі більш приємним, але розумно врегулювати споживання тепла. Таким чином можна значно заощадити за рахунок зниження об'ємів використання газу та електроенергії. Ще одією опцією, яка повинна бути реалізована є можливість автоматичного відкривання гаражних воріт аби заощадити час на паркування авто та приділити його більш важливим речам.

Крім цього в роботі буде розглянута змога комфортного користування гаджетами в будинку, зокрема керування телемедійними засобами та кавоваркою. Такі дрібниці дозволяють заощати час на ранкові збори на роботу, або на відпочиннок після складного робочого дня.

З урахуванням того, що даний проєкт реалізовується для заміського будинку з присадибною ділянкою боли прийнято рішення реалізувати

автономну систему поливу. Така система дозволяє здійснювати полив газону та культурних насаджень з визначеною періодикою, тим самим запобігати пересиханню рослин та допомагати у догляді за ділянкою.

CarbMonoDetector, BR Smoke Detector, Smart Lamp, Tablet, Coaxial Splitter, Garage Door, TV, Cable Modem, Car, Home Gateway, Smart Door, Webcam, Smart Coffee Maker, Motion Detector, MCU, BR Fire Sprinkler, BR Fire Monitor, BR Smoke Detector, Lawn Sprinkler, Heating Element, Termostat, Cooling Element, Switch, Fire, Water level Monitor, Temperature, Smart Solar Panel, Smart Battery.

IPS-Internet кластер та мережу стільникового зв'язку (рис. 3.2) склали наступні прилади: IoT Register, Switch, Cell Tower, Smartphone, DNS Server, Registration Server, Central Office Server, Router Main.

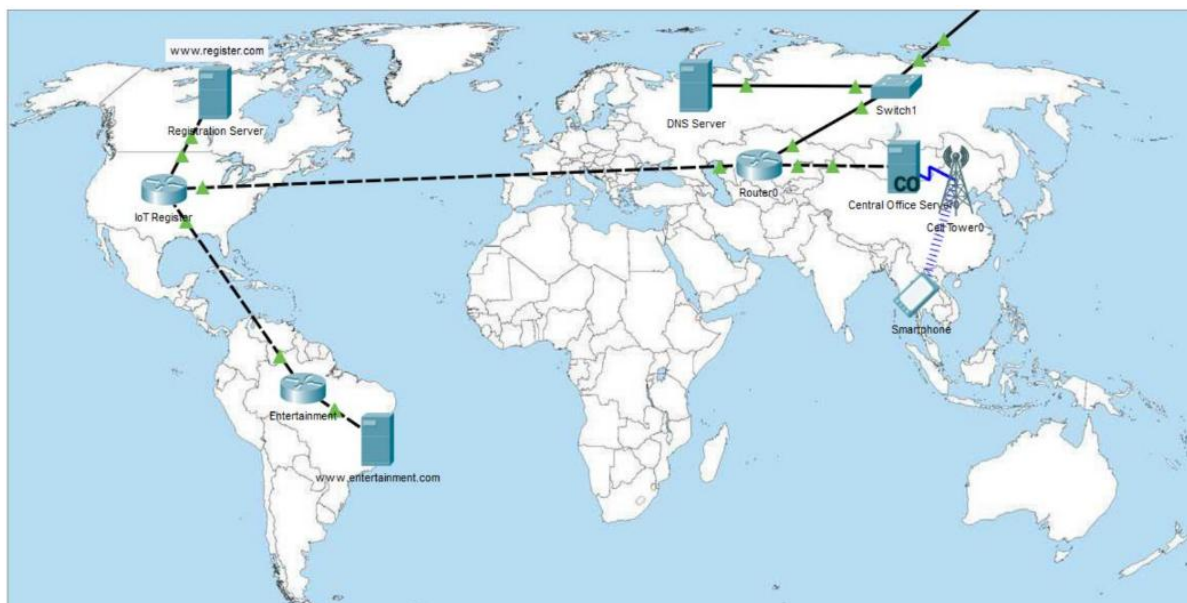


Рисунок 3.2 – Топологія IPS-Internet кластеру та мережі стільникового зв'язку

Для зручності користування було створено кнопки швидкої навігації (рис. 3.3). Натиснувши кнопку «Home» користувач потрапляє всередину «розумного будинку» (рис. 3.1). Тут можна спостерігати багато налаштованих IoT девайсів А натиснувши кнопку «IPS-Internet» – до IPS-Internet кластеру відповідно, з можливістю моніторингу IoT дому з будь-якої точки у світі.

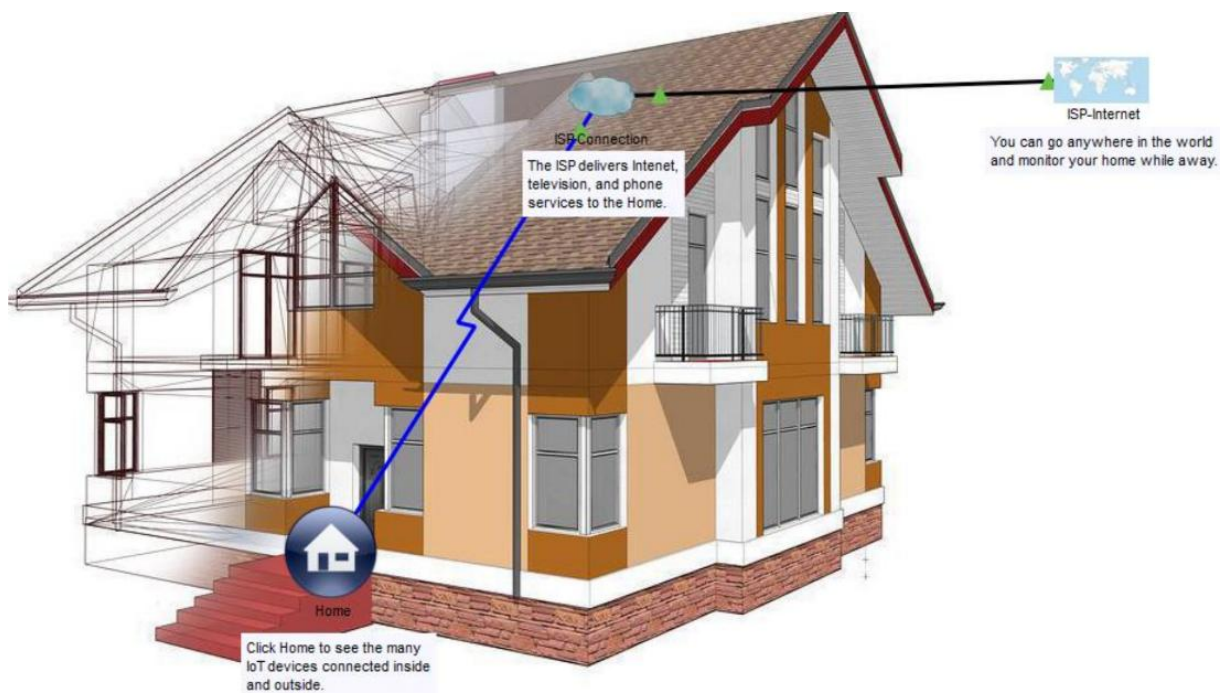


Рисунок 3.3 – Швидка навігація

Мережа містить наступні компоненти (рис. 3.4):

1. Пристрої (IoT Devices) – «інтелектуальні» прилади у домі.
2. Датчики – пристрої збору інформації.
3. Мікроконтролер – механізм, який об'єднує датчики в групи та посилає інформацію від сервера до кінцевих вузлів.
4. Домашній шлюз – основний пристрій для керування системою та з'єднання з зовнішньою мережею.
5. Канали передачі даних – логічні та фізичні канали, які передають дані з урахуванням швидкості, пріоритету, безпеки, тощо.
6. Хмара – зовнішня служба, яка виступає як база даних зі статистикою та іншою службовою інформацією.

7. Мобільні пристрої – набір девайсів, якими користувач керує системою розумного дому.

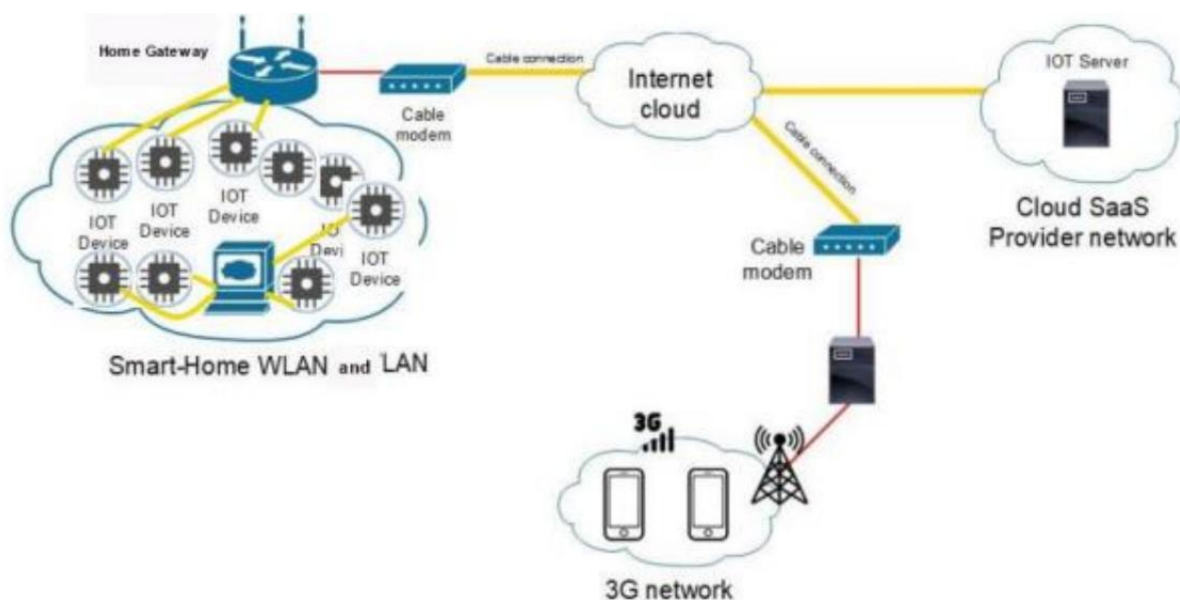


Рисунок 3.4 – Топологія «розумного будинку» [15]

Користувачеві необхідно самостійно налаштувати WLAN та LAN для підключення до керування «розумним будинком». Користувач зможе підключатись до системи знаходячись у внутрішній мережі wi-fi, та віддалено підключитись до панелі управління використовуючи через смартфон та мережу 3G/4G. Додатково було створено два веб-сервери. Перший – Entertainment веб-сервер (рис. 3.5) на який користувач зможе заходити для проведення дозвілля ввівши www.entertainment.com в пошукову стрічку браузера з планшета або мобільного пристрою.



Рисунок 3.5 – HTTP сторінка Entertainment веб-серверу

Другий сервер – Registration веб-сервер, створений для реєстрації нових користувачів у мережі. Для цього необхідно ввести `www.register.com` в пошукову стрічку браузера з планшета або мобільного пристрою (рис. 3.6).

Таким чином, можна зареєструвати членів родини або друзів для управління «розумним домом», їм будуть доступні власні конфігурації пристроїв у будинку. Натиснувши кнопку «Sing up now» відбувається переадресація на сторінку створення нового акаунту. Необхідно вигадати логін та пароль для майбутнього входу (рис. 3.7). Крім цього, Registration веб-сервер використовується як IoT віддалений сервер для конфігурування та управління пристроями, налаштувавши їх відповідним чином попередньо. (рис. 3.8). Для цього на вкладці Config у полі IoT сервер необхідно встановити `www.register.com` як Remote Server з відповідним логіном та паролем.

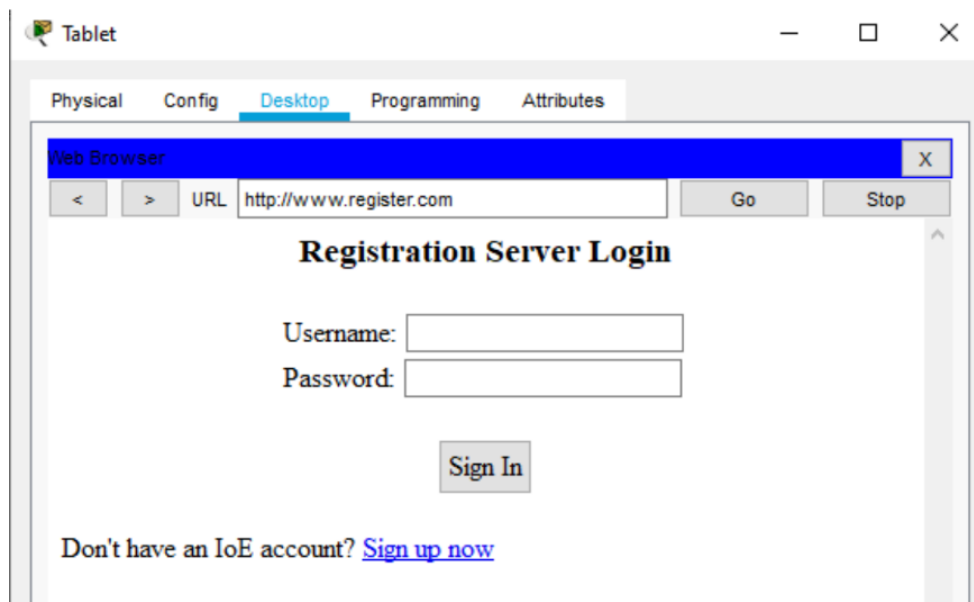


Рисунок 3.6 – Сторінка авторизації Registration веб-серверу



Рисунок 3.7 – HTTP сторінка створення нового аккаунту

Для встановлення зв'язку між елементами схеми Registration сервер з'єднуємо з IoT Register роутером мідним крос-овер дротом, а Entertainment сервер з Entertainment 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 мідним кросовером, 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 Telefonica, який поширює сигнал 3G/4G для мобільних пристроїв. З іншого порту Fast Ethernet комутатор з'єднаний з DNS сервером мідною витною парою.

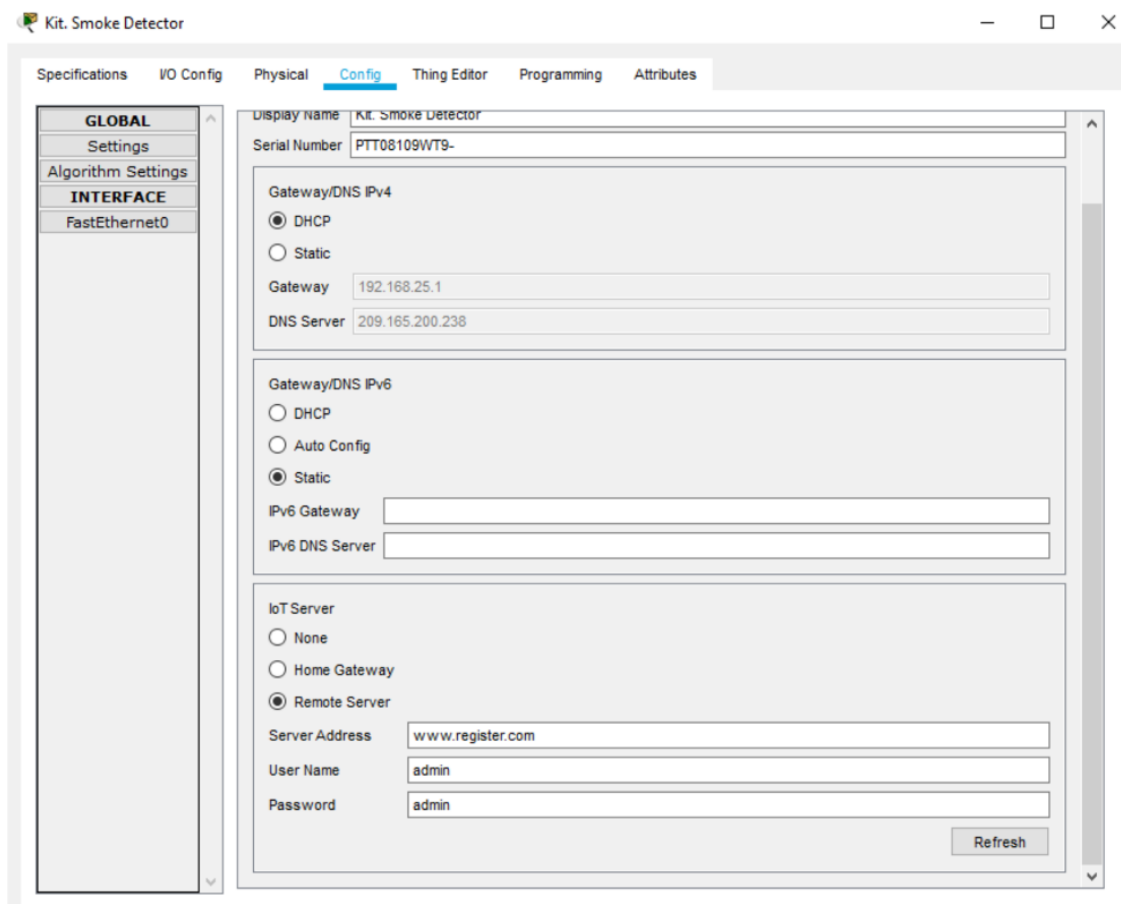


Рисунок 3.8 – Налаштування детектору диму, де Registration веб-сервер використовується як віддалений IoT сервер

У хмару ISP додані порти PT-Cloud-NM-1CFE та два порта PT-CloudNM1CX 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 телевізором та модемом. Для більш точного тестування, вимкнено можливість отримання 3G сигналу на планшеті. А для смартфона навпаки увімкнемо, та зазначено назву провайдера – Telefonica, 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 паролю до системи.

Аналогічно підключено інші прилади фізичної LAN мережі. Налаштування бездротової мережі розглянемо на прикладі «розумної кавоварки» (рис. 3.10). Спершу додали бездротовий модуль – серед Advanced налаштувань на вкладці I/Oconfig обрано бездротовий адаптер PT-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.

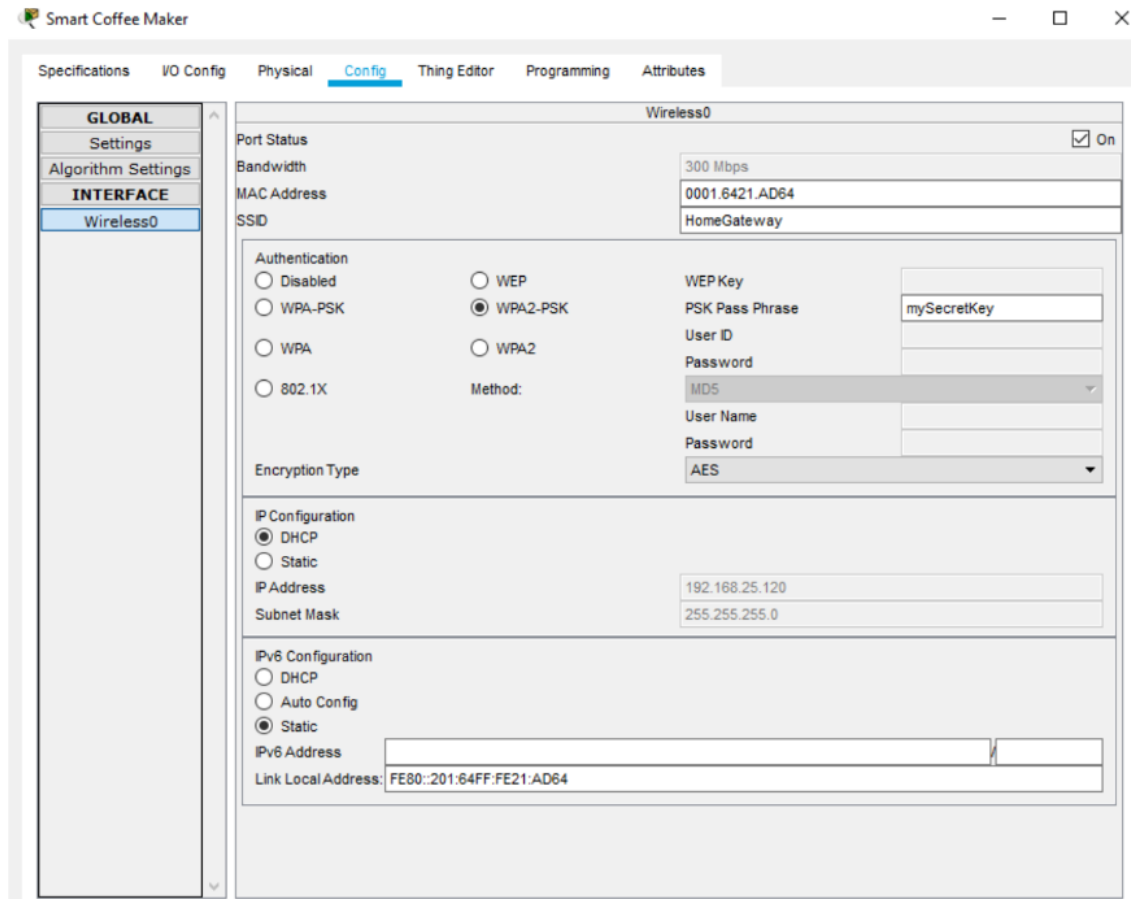


Рисунок 3.9 – Налаштування аутентифікації для віртуальної мережі

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 – рисунок 3.10, панель де можна вмикати/вимикати, контролювати налаштування, тощо (рис. 3.11).

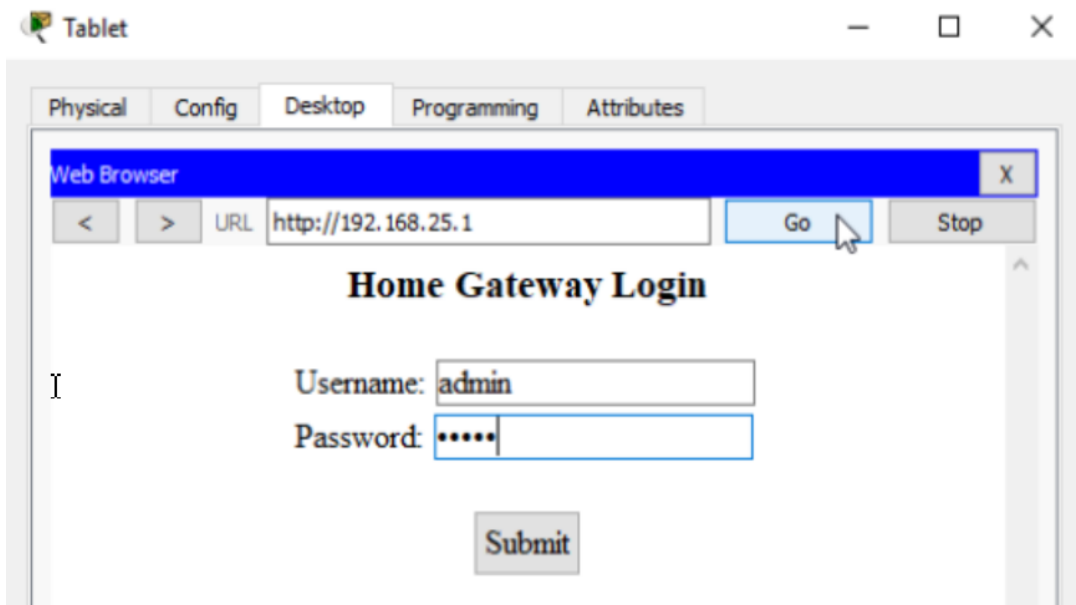


Рисунок 3.10 – Доступ до веб-інтерфейсу шлюзу через планшет

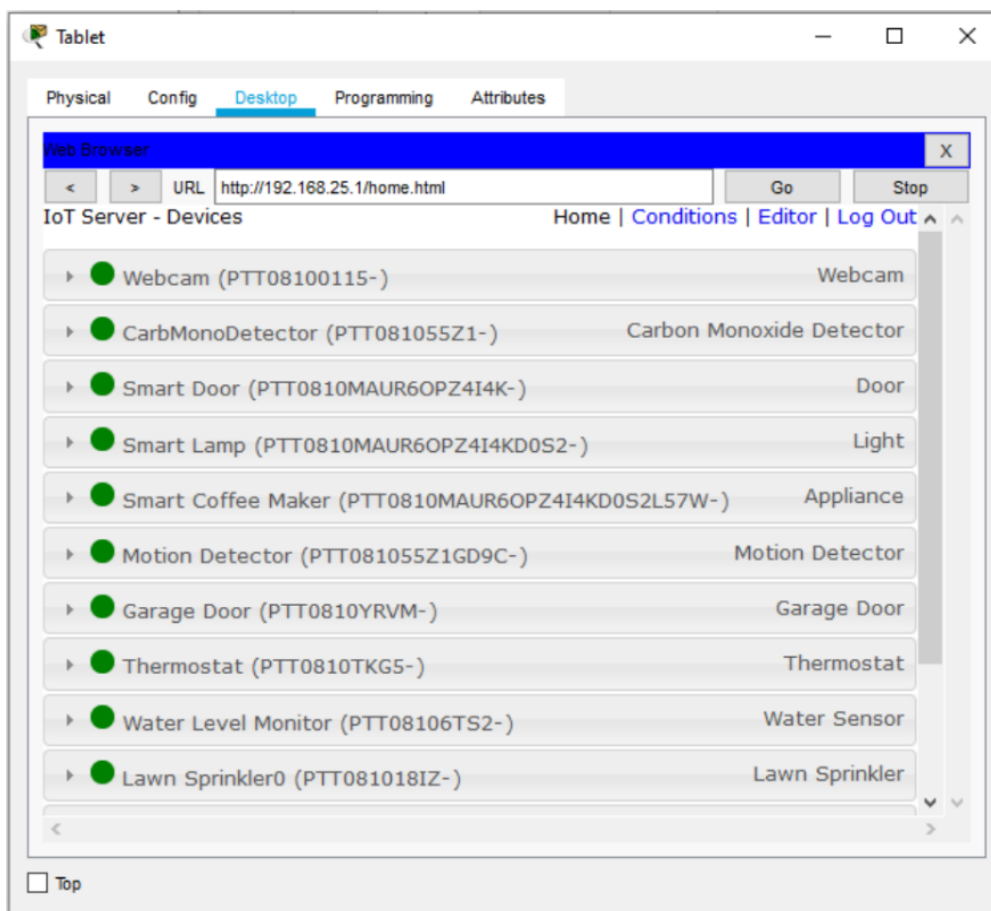


Рисунок 3.11 – Веб-інтерфейс планшету для керування інтелектуальною мережею

На рисунку 3.12 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 законфігуровані 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 планшету, 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.

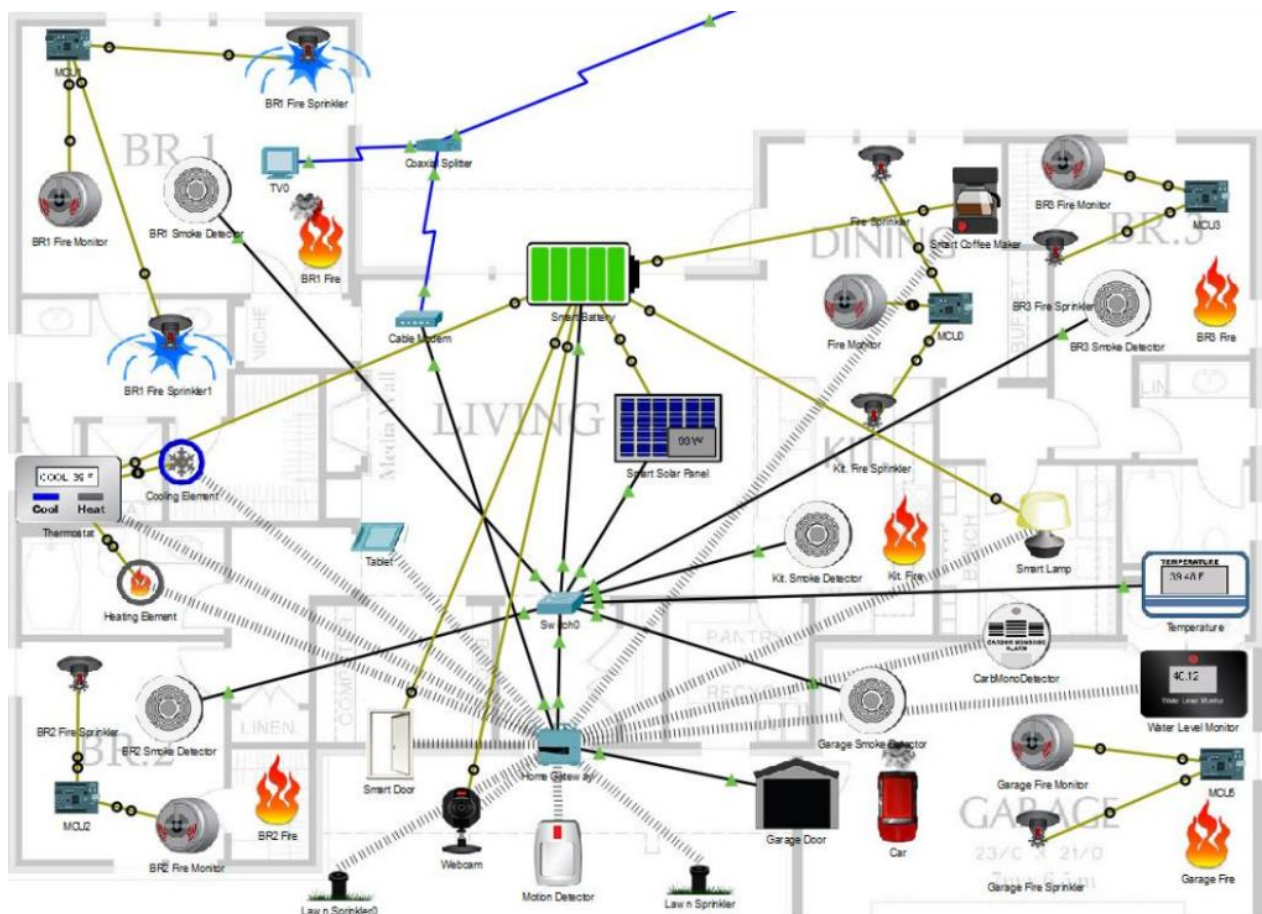


Рисунок 3.12 – Інтелектуальна мережа «розумного будинку»

В результаті базових налаштувань було отримано проект робочої мережі «розумного будинку». Усі підключені пристрої перевірені та доступні для управління і контролю через веб-інтерфейс мобільних пристроїв.

3.2. Програмна реалізація і тестування

У Cisco Packet Tracer користувач може побудувати модель «розумного будинку» та емулювати реальну поведінку датчиків, мікроконтролерів та пристроїв. Безперечно, деякі з них вимагають спеціального налаштування та програмування. Смарт-девайси можна активувати натиснувши на них лівою кнопкою миші з одночасним натисканням клавіші Alt на клавіатурі. Пристрої також можуть активуватися самостійно, в залежності від змін параметрів навколишнього середовища. Так наприклад, у даній роботі реалізована смартсонячна 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 7 дозволяє програмувати пристрої в залежності від бажань користувача.

У даній роботі реалізовані і описані всі ці варіанти. 45 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 простієї 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 дуже зручний і зрозумілий - рис. 3.13.

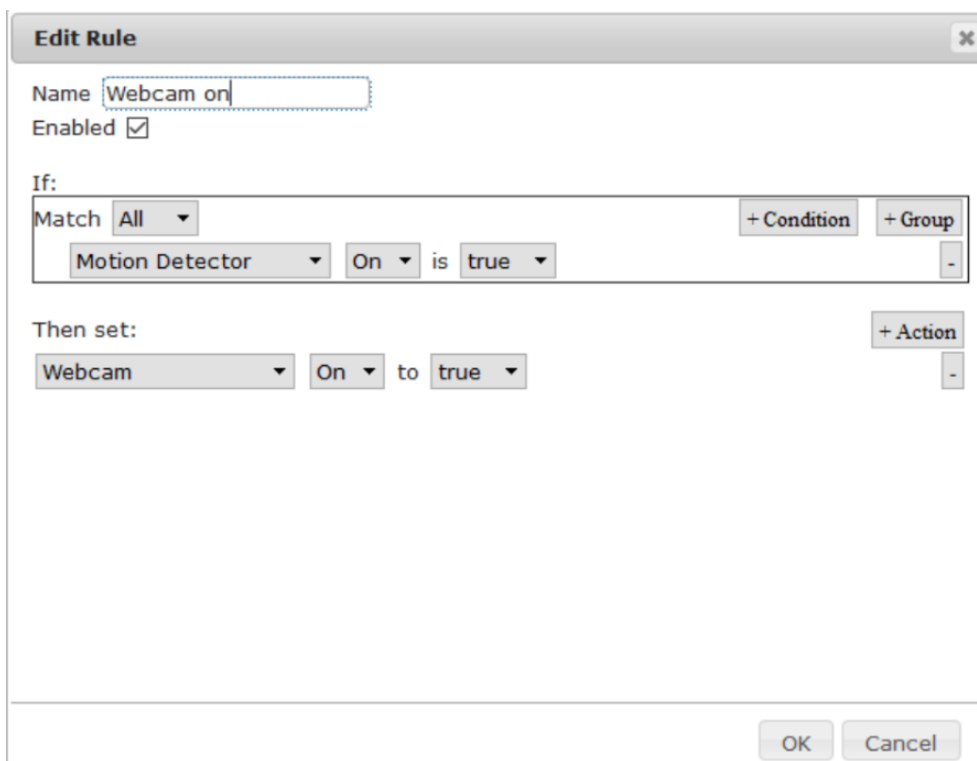


Рисунок 3.13 – Налаштування правил автовмикання веб-камери при активації детектору руху

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 вебкамера активується. На рисунках 3.14, 3.15 показано активний та пасивний стан інтерфейсів пристроїв. На рисунку 3.15 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.

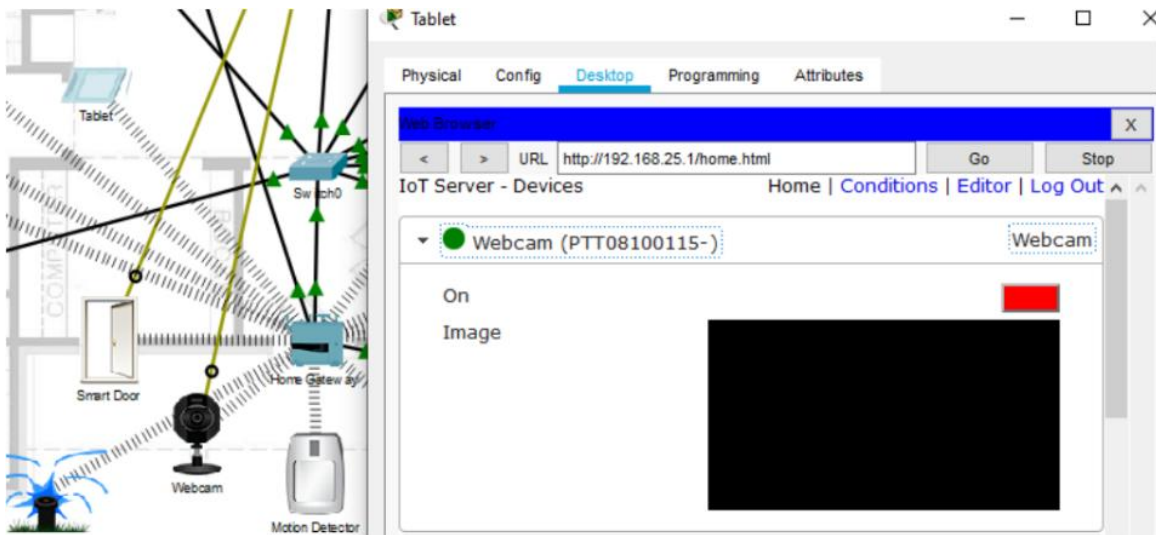


Рисунок 3.14 – Вимкнений детектор руху і камера спостереження

Відповідно, на рисунку 3.14 детектор руху вимкнений, та камера спостереження вимкнена. «Смарт-двері» відчинені.

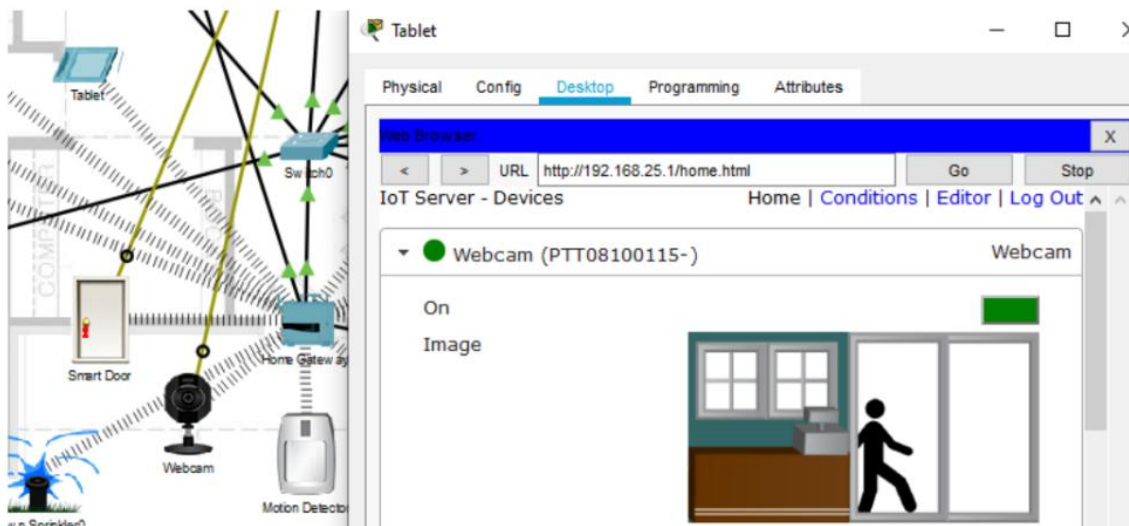


Рисунок 3.15 – Активація веб-камери і закриття дверей при активації детектору руху

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 планшета. Протестуємо, що ворота зачинені при нормальному рівні газу. Для перевірки спрацювання механізму активували роботу машини за допомогою лівої клавіші 47 миші та кнопки Alt на клавіатурі. Як бачимо на рисунку 3.17 – чадний газ підняв рівень на детекторі до 0,3 і ворота відчинились.

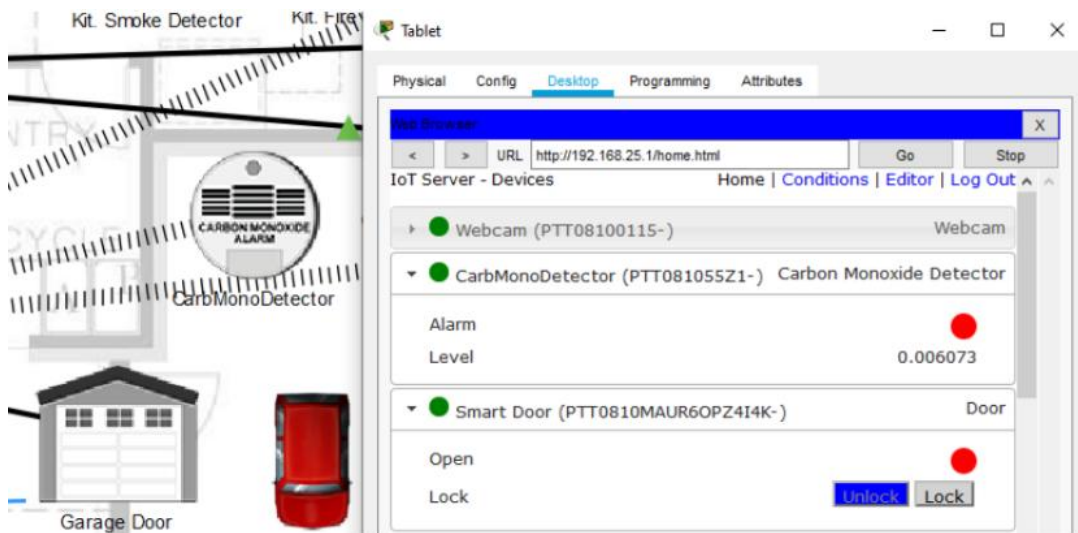


Рисунок 3.16 – Рівень чадного газу <0.2 , двері гаражу зачинені

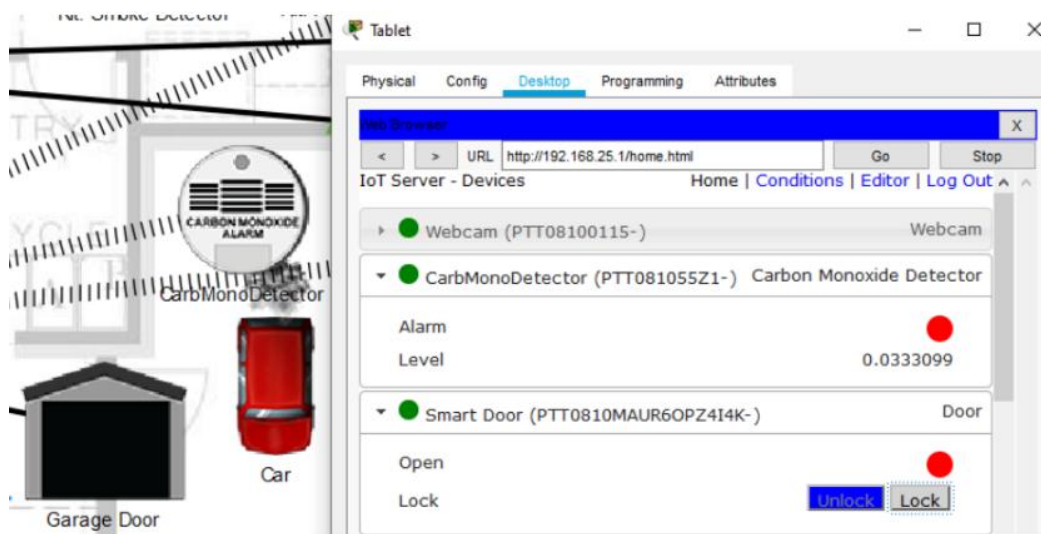


Рисунок 3.17 – Рівень чадного газу >0.2 , двері гаражу відчинені

Для забезпечення безперебійного живлення «розумного будинку» використано альтернативні джерела енергії. Так, у симуляторі імітована робота сонячної панелі та акумулятора. Для цього пристрої з'єднані між собою спеціальним кабелем IoT і кожен з них підключено окремо до шлюзу. Графік сонячного світла налаштовано на вкладці «Навколишнє середовище» (рис. 3.18). З рисунка видно, що з 12 годин ночі починається зріст сонячного світла. Найбільша його частина припадає на дванадцяту годину дня. А потім, відповідно починає зменшуватися. Перевірено, чи сонячна панель отримує живлення протягом дня, і, якщо необхідно, розподіляє батарею до підключеної кавоварки, лампи, веб-камери та дверей. Швидкість заряду акумулятора відповідно змінюється (рис. 3.19).

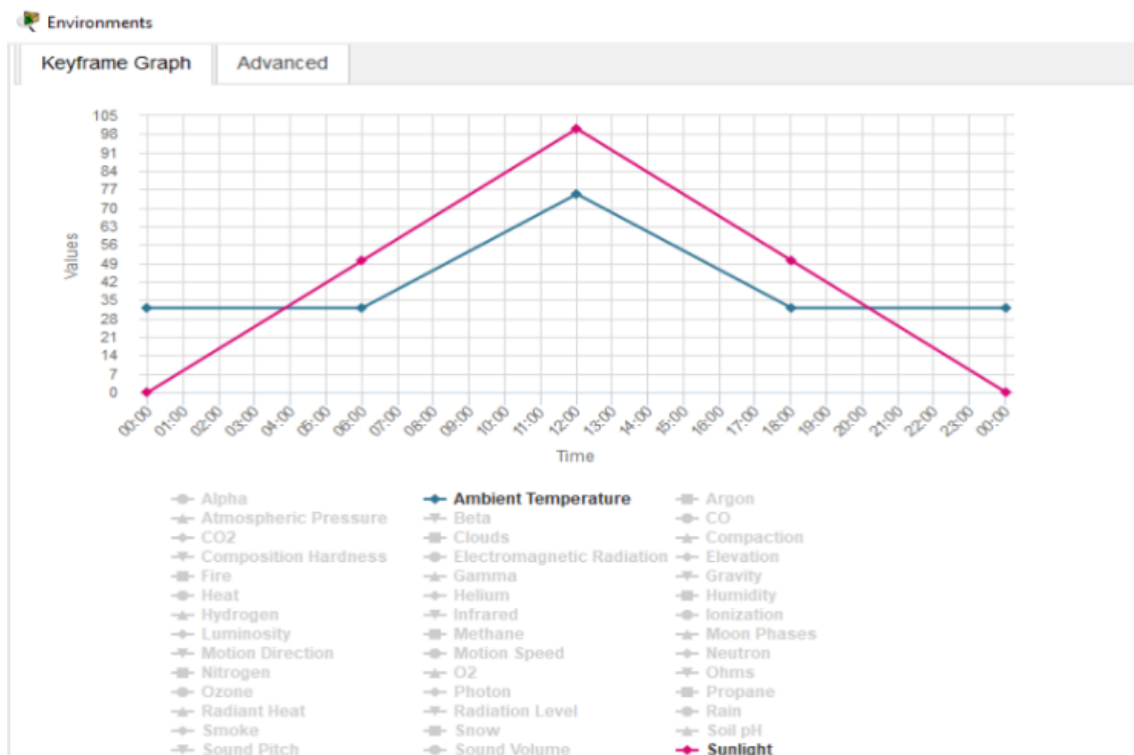


Рисунок 3.18 – Графік зміни температури та сонячного світла протягом доби

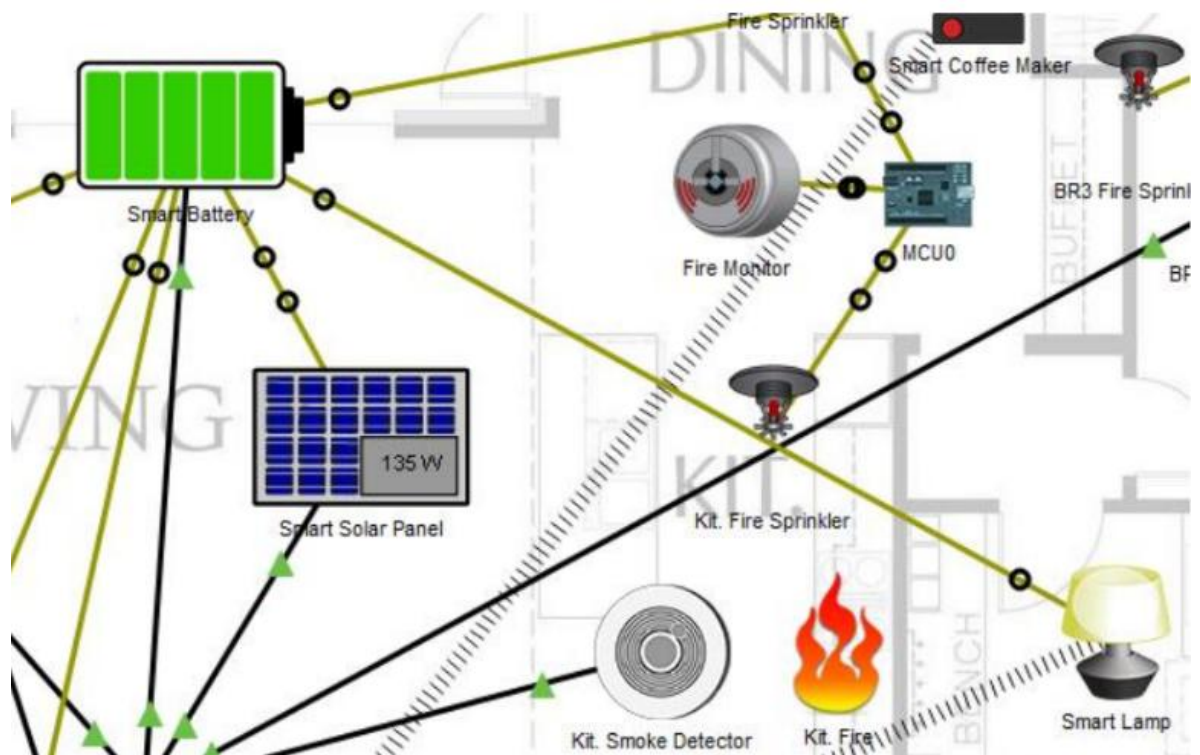


Рисунок 3.19 – Розподілення заряду на «розумні пристрої»

Наступним кроком розглянемо систему 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 розприскувач 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. 3.20). Детектори диму та пожежі розміщені по всьому будинку, проте, при появі вогню вмикаються розприскувачі лише у потрібній кімнаті.

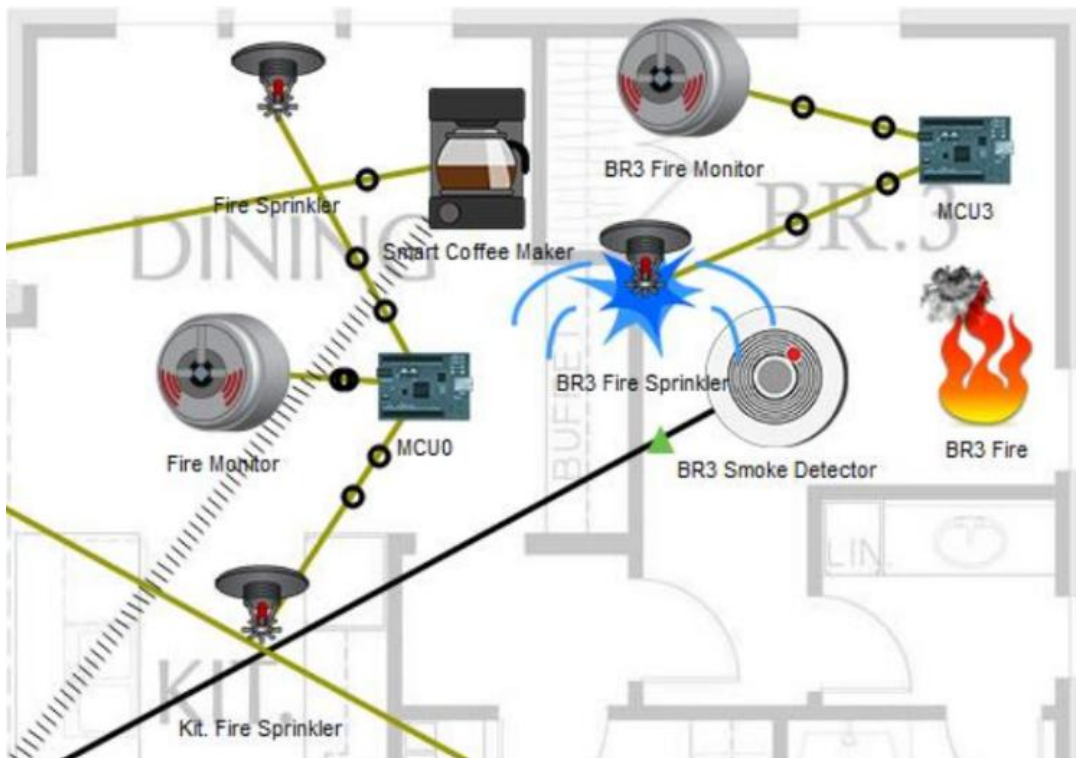


Рисунок 3.20 – Спрацювання пожежної безпеки

Розприскувачі води поза будинком (на ганку) та в будинку запрограмовані по-різному (рис.3.21). При ввімкненні розприскувачів у домі, розприскувачі на вулиці автоматично вимикаються для раціональнішого використання води. Для цього використаний спеціальний пристрій, який виконує моніторинг рівня води

<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Turn on sprinkler	Match all: <ul style="list-style-type: none"> Water Level Monitor Water Level < 20 cm Lawn Sprinkler Status is false 	Set Lawn Sprinkler0 Status to true Set Lawn Sprinkler Status to true
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Turn off sprinklers	Match all: <ul style="list-style-type: none"> Lawn Sprinkler Status is true Water Level Monitor Water Level > 50 cm 	Set Lawn Sprinkler0 Status to false Set Lawn Sprinkler Status to false

Рисунок 3.21 – Правила ввімкнення розприскувачів води на ганку

Кавоварка та «смарт-світло» також запрограмовані на вмикання за певними правилами (рис. 3.22). При відкритті дверей автоматично

запускається кавоварка та вмикається світло. Це забезпечує комфорт для господаря.

<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Coffee	Smart Door Open is true	Set Smart Coffee Maker On to true
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Light	Smart Door Lock is Unlock	Set Smart Lamp Status to On

Рисунок 3.22 – Правила ввімкнення кавоварки та джерела світла

Для системи клімат контролю використано термостата датчик температури у приміщенні. Монітор температури - це пристрій, який збирає дані про температуру з навколишнього середовища і перетворює їх у читану форму даних. Найпростішим для користувача способом управління температури у домі є 50 налаштування термостата через веб-інтерфейс (рис. 3.23) та вибір автоматичного режиму (рис. 3.24).

<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Cooling	Thermostat Temperature \geq 75.0 °F	Set Thermostat Auto Cool Temperature to 68.0 °F
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Heating	Thermostat Temperature $<$ 32.0 °F	Set Thermostat Auto Heat Temperature to 68.0 °F

Рисунок 3.23 – Правила ввімкнення охолоджувального та нагрівального 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 3.18 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.

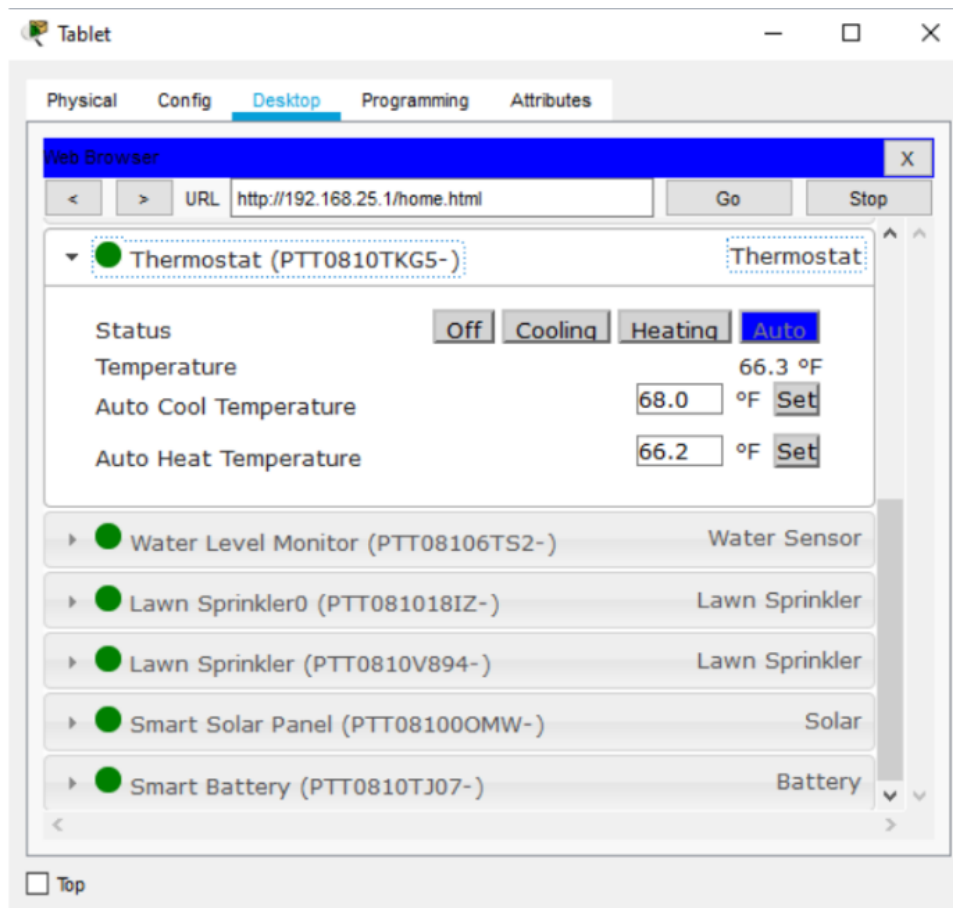


Рисунок 3.24 – Управління термостатом з веб-інтерфейса Таким чином, було програмно реалізовано інтелектуальну мережу «розумного будинку» у симуляторі Cisco Packet Tracer 7

ВИСНОВКИ

Провівши теоретичне дослідження та проаналізувати концепцію технології IoT, можна зробити висновок, що Internet of Things все частіше використовується для домашнього застосування. Інноваційні технології забезпечують комфортне та безпечне життя своїм власникам.

У ході виконання роботи було створено концепцію системи розумного будинку з підтримкою енергоефективності. Практична частини роботи була реалізована у Cisco Packet Tracer.

У процесі написання магістерської дисертації була дана характеристика існуючих систем керування розумним будинком та методів їх підключень, також описані їх переваги та недоліки. Проаналізовано сучасні підходи до створення систем “розумний дім”, розглянуті елементи які застосовуються в даних системах та наведені приклади найбільш прогресивних на сьогоднішній день платформ забезпечення функціонування таких систем.

У даній роботі реалізоване рішення системи “розумний дім” для заміського будинку з присадибною ділянкою, що наразі підтримує функції пожежогасіння у чотирьох кімнатах та в гаражі, альтернативне джерело живлення, реалізоване у вигляді сонячних батарей та накопичувачів до них, контроль температури у приміщенні, контроль рівня використання води, автоматичний полив газону на подвір’ї, «смарт-кавоварку», «смарт-джерело світла» та систему безпеки будинку з використанням веб-камери, «смарт-дверей» та детектору руху. Прилади у системі взаємодіють не лише один з одним, а й з параметрами навколишнього середовища.

Розроблена система показала високі результати при перевірці, що означає легкість у моделюванні та точність взаємодії приладів та датчиків у Cisco Packet Tracer.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Patrascu M. Integrating Services and Agents for Control and Monitoring: Managing Emergencies in Smart Buildings. Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing and Robotics. / Patrascu., 2014. – 544 с.
2. Dickson B. How to prevent your IoT devices from being forced into botnet bondage [Електронний ресурс] / Dickson. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://techcrunch.com/2016/08/16/how-to-prevent-your-iot-devices-from-being-forced-into-botnet-slavery/>.
3. An Overview of Home Automation Systems [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7791223/>.
4. Технологія розумного будинку: як AI створює простір, комфортний для життя [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.everest.ua/tehnologiya-rozumnogo-budynku-yak-ai-stvoryuye-prostir-komfortnyj-dlya-zhyttya/>
5. Лучшие системы «Умный дом» в 2021 году [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://yanashla.com/luchshie-sistemy-umnyj-dom/#i-3>
6. Антипов С. Т. Машины и аппараты умных домов / С. Т. Антипов– М.:Высшая школа, 2001. – 680 с.
7. Котунова, Д. Г. Огляд DIY елементів для систем «Smart Home» / Д. Г. Котунова, О. М. Павловський // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 35–38.

8. Моніт Я.В. Система «Розумний будинок» з відкритим програмним забезпеченням/ Я.В.Моніт // XIX науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», 15-16 лютого 2016 р. – К.: «Політехніка», 2016. – С. 43-44.
9. Из чего собрать умный дом в 2020 году: от хаба и до лампочки [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/company/mvideo/blog/499706/>
10. Обзор контроллеров (аппаратной платформы) Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://supereyes.ru/articles/other/obzor_kontrollerov_apparatnoy_platformy_arduino/
11. С. Беляков. Управление ветрогенератором [Електронний ресурс]. – 2020 –Режим доступу до ресурсу: https://aip.com.ru/article/wind_generator_management
12. Серіков Я.О., Пархоменко О.М. Виробничий травматизм та професійні захворювання на вітроелектричній станції / Зб.тез «Охорона праці та соціальний захист працівників». – К.; 2008.
13. Сопер М.Э. Практические советы и решения по созданию «Умного дома». – М.: НТ Пресс, 2007. – 432с.
14. Тесля Е.А. «Умный дом своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире. – Санкт Петербург.: НТ Пресс, 2008. – 224 с.
15. Овчинников Н.А., Мисюрина К.В., Рудникова М.Н., Максимова Е.А. Формализованная модель информационной безопасности системы

«Умный дом» // Апробация No 1. Ежемесячный научно -практический журнал – Махачкала: НИЦ «Апробация», 2016. – No 1 (40). – С.49-51.

16. Power Load Event Detection and Classification Based on Edge Symbol Analysis and Support Vector Machine [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа до ресурсу:
<https://www.hindawi.com/journals/acisc/2012/742461/>.
17. Granzer W. P. Security in Building Automation Systems / Wolfgang Praus Granzer. Munich: Apress, 2018. – 578 с.
18. Що таке розумний будинок? Все що потрібно знати про систему Розумний Дім [Електронний ресурс]. – Режим доступа до ресурсу:
<https://bron.ua/article/scho-take-rozumnij-budinok-vse-scho-potrбно-znati-pro-sistemu-rozumnij-dm/5/>
19. Розумне освітлення [Електронний ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <https://milight.com.ua/ua/umnoe-osveshchenie/>
20. KNX Basic Course Documentation by KNX Association; Edition: February 2011; [Електронний ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: www.knx.org (27.9.2017)
21. KNX Advanced Course Documentation by KNX Association; Edition: May 2010; [Електронний ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: www.knx.org (27.9.2017)
22. Handbook for Home and Building Control by KNX Association; Basic Principles; [Електронний ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: www.knx.org (27.9.2017)
23. GIRA service training courses - online seminars (online). [Електронний ресурс]. – Режим доступа до ресурсу:
<https://www.gira.com//en/service/schulungen/uebersicht.html> (27.9.2017)

24. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу:
[https://medium.com/when-the-bao-breaks/from-home-automation-to-building-automation e43737d9b7ba](https://medium.com/when-the-bao-breaks/from-home-automation-to-building-automation-e43737d9b7ba)
25. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.the-ambient.com/features/do-smart-homes-save-energy-1232>
26. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу:
<https://ec.europa.eu/eurostat/statistics>
27. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу:
[explained/index.php/ Energy_consumption_in_households](https://explained/index.php/Energy_consumption_in_households)
28. Konnex basics [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу:
https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_en.pdf