

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК**

## **ВИПУСКНА РОБОТА**

**на тему:**

**«Інтелектуальна мережа Internet of Things»**

**Завідувач  
випускаючої кафедри**

**Довбиш А.С.**

**Керівник роботи**

**Великодний Д.В.**

**Студентки групи ІН – 62**

**Вишневської Д.В.**

**СУМИ 2020**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра комп'ютерних наук**

Затверджую \_\_\_\_\_

Зав. кафедрою Довбиш А.С.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАВДАННЯ  
до випускної роботи**

Студентки четвертого курсу, групи ІН-62 спеціальності “Інформатика” денної форми навчання Вишневської Дар’ї Валеріївни.

**Тема: “Інтелектуальна мережа Internet of Things”**

Затверджена наказом по СумДУ

№ \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Зміст пояснювальної записки:** 1) Аналітичний огляд технології IoT; 2) Формування завдання дослідження; 3) Вивчення Cisco Packet Tracer 7 та його можливості моделювання IoT; 4) Дослідження українського ринку «смарт-будинків»; 4) Моделювання та налаштування «розумних пристроїв» системи у симуляторі; 5) Програмування мікроконтролера.

Дата видачі завдання “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 г.

Керівник випускної роботи \_\_\_\_\_ Великодний Д.В.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Вишневська Д.В.

## РЕФЕРАТ

**Записка:** 54 стор., 50 рис., 20 джерел.

**Об'єкт дослідження** – Internet of Things.

**Предмет дослідження** – інтелектуальна мережа «розумний будинок».

**Мета роботи** – створення та налаштування інтелектуальної мережі «розумний будинок» у програмі Cisco Packet Tracer 7 з можливістю віддаленого контролю та моніторингу пристроїв з різних кінцевих приладів.

**Методи дослідження** – налаштування та моделювання мережі Internet of Things у Cisco Packet Tracer 7.

**Результати** – у результаті роботи створено інтелектуальну мережу «розумного дому», використовуючи бездротовий та дротовий типи зв'язку. Конфігурація та контроль пристроїв здійснюється через зручний та інтуїтивно-зрозумілий користувацький веб-інтерфейс браузера планшета або смартфона. Налаштування приладів можливе знаходячись безпосередньо вдома, використовуючи сигнал Wi-Fi або віддалено – з використанням стільникового 3G/4G сигналу. Усі інтелектуальні пристрої та датчики зв'язані домашнім шлюзом та мають змогу взаємодіяти між собою та з навколишнім середовищем, змінюючи свої показники у ході взаємодії. Передбачено функцію реєстрування нових користувачів у системі для подальшого управління та конфігурування умов роботи «розумного дому». Результуюча схема моделює реально можливу поведінку «розумних» пристроїв у домі. Виконавши процес системного тестування доведено, що такий вид взаємодії є зручним та простим у користуванні звичайною людиною без додаткових технічних навичок.

INTERNET OF THINGS, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, CISCO PACKET TRACER,  
SLAP, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА МЕРЕЖА,  
МІКРОКОНТРОЛЛЕР, SMART HOUSE

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ «ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ».....	5
1.1 Можливості «Інтернету речей» .....	5
1.2 Принципи проектування мережі «розумний дім» .....	13
1.3. Постановка задачі роботи.....	19
2    ВИБІР МЕТОДУ РІШЕННЯ.....	21
2.1. Можливості Cisco Packet Tracer 7 для створення IoT мереж .....	21
2.2. Український ринок технологій «смарт» будинків .....	28
3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ.....	35
3.1. Проект системи «Smart House» .....	35
3.2. Програмна реалізація і тестування .....	44
ВИСНОВКИ .....	51
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	52

## ВСТУП

Розвиток телекомунікаційних технологій стрімко йде по спіралі та охоплює всі сфери людського життя. Internet of Things (IoT) – один з векторів розвитку ринку телекомунікацій. Концепція «Інтернету речей» полягає у підключені до всесвітньої павутини звичайних фізичних об'єктів, які оточують людей кожен день. Така технологія базується на принципі машинного спілкування. Глобальна мережа, у якій без втручання людини електронні пристрої взаємодіють між собою, з навколишнім середовищем та навчають один одного в процесі виконання певних задач. Актуальність «Інтернету речей» на сьогодні підтверджується його серйозними перевагами. Цей метод дозволяє змінювати бізнес-моделі галузей і навіть економіки цілих країн. Яскравим представником IoT являється "Розумний будинок" (Smart House) – це сучасна інтелектуальна мережа пристроїв, датчиків і приладів, які працюють для забезпечення прогресивного і зручного проживання людини у власній оселі.

Актуальність системи «смарт-будинку» в першу чергу полягає у створенні комфортного житла. З такою технологією в оселі гарантована безпека та затишок, сучасне оформлення та легкість у керуванні нею. Можливий контроль за використанням енергоресурсів і оптимізація їх витрат, як наслідок, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. «Розумна система» для дому з кожним роком все доступніша та більш удосконалена, стає незамінним помічником власника будинку. Вона дозволяє забути про дрібні повсякденні справи, залишаючи більше часу для приємного спілкування з родиною або друзями.

Актуальність даної теми підкріплюється попитом бізнесу на інтелектуальні системи, зростаючою кількістю досліджень та інновацій у цій сфері. Проникнення смартфонів та гаджетів у повсякденне життя стає все більшим, Інтернет стає доступнішим, вартість підключення зменшується. Люди віддають перевагу комфортним та безтурботним умовам життя у автоматизованому світі, де значна частка колись рутинної роботи виконується роботами або машинами. Усі ці речі створюють «ідеальну бурю» для IoT.

# 1 ТЕОРЕТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ «ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ»

## 1.1 Можливості «Інтернету речей»

Згідно дослідженню компанії Cisco активний перехід до «Інтернету речей» стався у проміжку 2008-2009 років. Саме з цього моменту вважається, що численність населення Землі стала меншою за кількість пристроїв підключених до глобальної мережі Інтернет. [1]

Можливості для розвитку нескінченні, коли мова йде про «Інтернет речей», статистика це безумовно відображає. Китай, Північна Америка та Західна Європа становлять 67% встановленої бази «Інтернету речей». Морган Стенлі прогнозує, що розмір ринку промислового IoT до 2020 року досягне 110 млрд. дол.

На протязі останніх років, технологія стала вже невід'ємною частиною повсякденного життя, проте дослідження Cisco показали, що лише 0.06% речей зараз можуть буди підключені до глобальної мережі. З цього робимо висновок, що досліджувана галузь є перспективною.

На сьогоднішній день усім знайомі такі інтелектуальні девайси як: телефони, термостати, детектори руху, місця для паркування, годинники, фітнес-браслети, спортивні трекери, чайники, веб-камери, дверні дзвінки, оприскувачі газону, двері, кавоварки, світлофори, машини, літаки, джерела світла, та багато іншого. Будь-який об'єкт може стати інтелектуальним, усе обмежується лише людською увагою і потребами. Багато різних організацій отримують вигоду від зібраних, збережених і проаналізованих даних з таких інтелектуальних датчиків.

Підприємства мають більше інформації про продукти, які вони продають і про то ким є цільова аудиторія їх товарів. Володіючи такими даними, вони можуть оптимізувати виробництво і націлювати свій маркетинг та рекламу на конкретні області або аудиторію, сприяти створенню нових бізнес-можливостей та маркетингових ідей і відповідно отримувати більший прибуток.

Роздрібні торговці можуть використовувати більше цільовий-маркетинг, зменшувати збитки на основі непроданої продукції та можуть надавати бонуси

лояльності для бажаючих або частих клієнтів, а також керувати товарами в магазині.

Виробництво економить гроші, підвищує ефективність та продуктивність виробничих процесів та операцій. Виробники зменшують час простою, передбачаючи потреби в технічному обслуговуванні та вдосконалюючи планування служби співробітників на місцях.

Уряд проводить моніторинг екологічних проблем, цільове фінансування соціальних питань та інформування про контроль над виробництвом енергії. Міста мають можливість контролювати трафік залежно від часу доби чи інших подій, моніторити і контролювати прибирання сміття та його переробку, контролювати потреби у сфері здоров'я та житла.

Фізичні особи можуть отримати користь від покращення здоров'я, забезпечити собі безпечні «розумні будинки», зменшити витрати на енергію та опалення. Можуть насолоджуватись більш різноманітними розвагами, контролювати здоров'я та багато іншого [2].

В даний час найпопулярніше використання IoT передбачає розумні домашні пристрої. Люди використовують пристрої у своїх будинках з будь-яких причин, витрачаючи на побудову «розумної» домашньої системи різний бюджет. Автоматизуються не тільки рутинні та побутові справи, а ще й розваги, і IoT відіграє у ньому величезну роль. Варто відзначити, що для дітей створюється нескінченна кількість пристроїв для інтерактивного відпочинку та навчання. На рисунку 1.2 можна побачити динаміку зростання розміру витрат на девайси для «розумних будинків» за напрямками. З графіку видно, що до 2023 року прогнозується збільшення витрат майже вдвічі.

Оскільки розумні будинки та пов'язані з ними пристрої стають все більш популярними, ринок безпеки також процвітає. Однією з головних проблем, з якою стикаються власники «розумних будинків» це хакерство (від англ. hacker - комп'ютерний хуліган). Зважаючи на це, фахівці з машинного навчання прагнуть

створити ще «Ринок безпеки інтелектуального будинку», де будуть представлені ще більш сильні, більш оптимізовані, а головне – більш безпечні пристрої IoT.

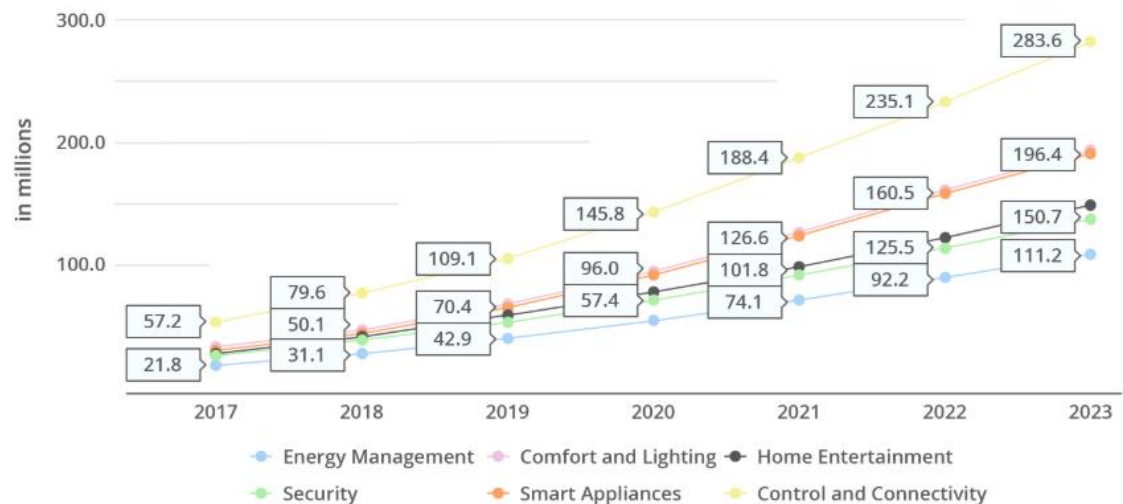


Рисунок 1.1 – Статистика витрат на обладнання для «розумних будинків» [3]

Amazon та Google домінують на ринку розумного дому, розробляючи всілякі товари, від «розумних термостатів» до «розумних світильників». Інтелектуальний домашній ринок IoT динамічно розвивається. Велика частка ринку в цьому сегменті пояснюється високою швидкістю проникнення виробів, які швидко стають «розумними». Наприклад, лічильники та детектори диму є майже в кожній оселі. Проте досі головною проблемою багатьох господарів залишається зростаюча ціна на електроенергію, яка спонукає до економії.

Еволюція збільшення ринку «розумного дому» може бути пов'язана з такими факторами:

- Смартфони і гаджети з'являються у кожного, навіть в декількох екземплярах, як наслідок – зростає кількість користувачів у мережі;
- IoT приносить великий прибуток розвинутим країнам;
- Важливість домашнього моніторингу у віддалених містах та селах зростає;
- З'являється усвідомлення негативного людського впливу на навколишнє середовище;
- Як наслідок з попереднього пункту, зростає потреба в енергозберігаючих та низьковуглецевих рішеннях;



- Завдяки пристроям «розумного дому» витрати знижуються та стають більш ефективними;
- Влада країн стурбована безпекою та зручністю проживання серед людей;
- Бачення IoT ринку розумних міст.

В найближчі кілька років лише ринок «розумного дому» за прогнозами буде оцінено на рівні понад 50 мільярдів доларів США. Використання «смарт-систем» поширюється не лише на житлові будинки чи котеджі, а створюються також розумні готелі, офіси, лікарні. Зрештою, навіть розумні міста. Кінцевою метою IoT є створення розумних країн, а можливо навіть і планет.

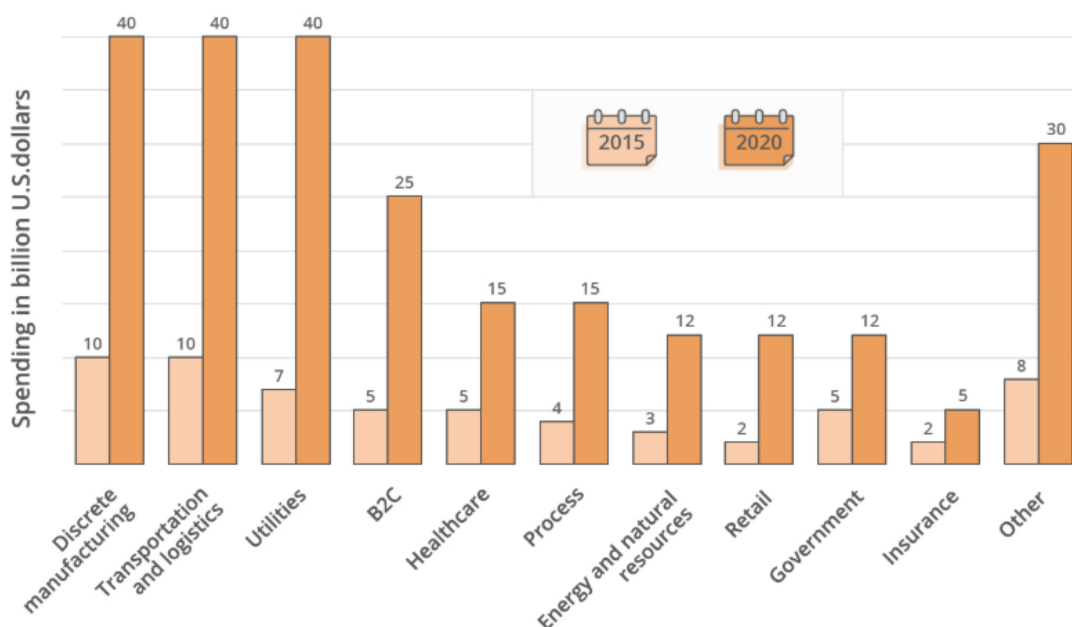


Рисунок 1.2 – Глобальна витрата на IoT у 2015 та 2020 р. (млн. доларів США)

На рисунку 1.2 можна побачити позитивну динаміку зростання витрат різноманітних сфер на IoT індустрію за останні 5 років. З графіків добре видно, що витрати на IoT сферу невгамовно зростають. Особливою популярністю IoT користується у виробництві, транспортуванні та логістиці, комунальних послугах, тощо. Business Insider прогнозує, що загальна витрата бізнесу на рішення IoT до 2021 року досягне 6 трильйонів доларів. Різні галузі ринку сприяють своїм попитом можливостям для розвитку і популярності IoT. Світовий ринок IoT у 2019 році становив 1,7 трлн.дол. Економічна цінність IoT

також може потенційно збільшитися до 4 трильйонів доларів - 11 трильйонів доларів до 2025 року.

Вже у 2020 році для багатьох людей домашнє середовище стає «розумним». Роботи-пилососи, кухонна техніка та «смарт-розетки» активно з'являються навіть у власників українських осель. Google асистент для шанувувачів Android та Siri для IOS дозволяють своїм володарям керувати різноманітними інтелектуальними речами в домі. Прилади для годування або вигулу тварин також автоматизуються, щоб полегшити домашні обов'язки для господарів. Активно створюються мобільні та веб-додатки для віддаленого керування та налаштування пристроїв і датчиків. Проте, крім «розумних осель» розвиваються і інші сегменти ринку Internet of Things. Розглянемо Рисунок 1.3 на якому зображено поділ частки ринку IoT у найпоширеніших галузях.

Найбільшу частку, а саме 28,6% становлять «розумні міста». Що спільного між Гамбургом, Барселоною, Канзас-Сіті, Джайпуром, Копенгагеном та Манчестером? Всі вони використовують цифрові технології, щоб зробити їхнє місто кращим місцем для проживання. Деякі з цих міст користуються технологією зменшення викидів вуглецю або моніторингу рівня CO<sub>2</sub>. Інші використовують технологію, щоб забезпечити безкоштовний бездротовий доступ до Інтернету по всьому місту, поліпшити громадську безпеку або покращити транспортні параметри [2].

Від розумних міст не відстає і промисловий «Інтернет речей» та «розумні заводи», які складають 26,4%. «Промисловий IoT» об'єднує машини та людей. Це мережа виробничих пристроїв та датчиків, з'єднаних безпечними високошвидкісними комунікаційними технологіями. Це призводить до систем, які можуть відслідковувати процеси: збирати, обмінювати та аналізувати дані; і використовувати цю інформацію для постійного коригування виробничого процесу. Наразі ми знаходимося в четвертій промисловій революції, або що називається Industry 4.0. Це описує середовище, де машини та обладнання здатні вдосконалювати процеси завдяки автоматизації та самооптимізації.

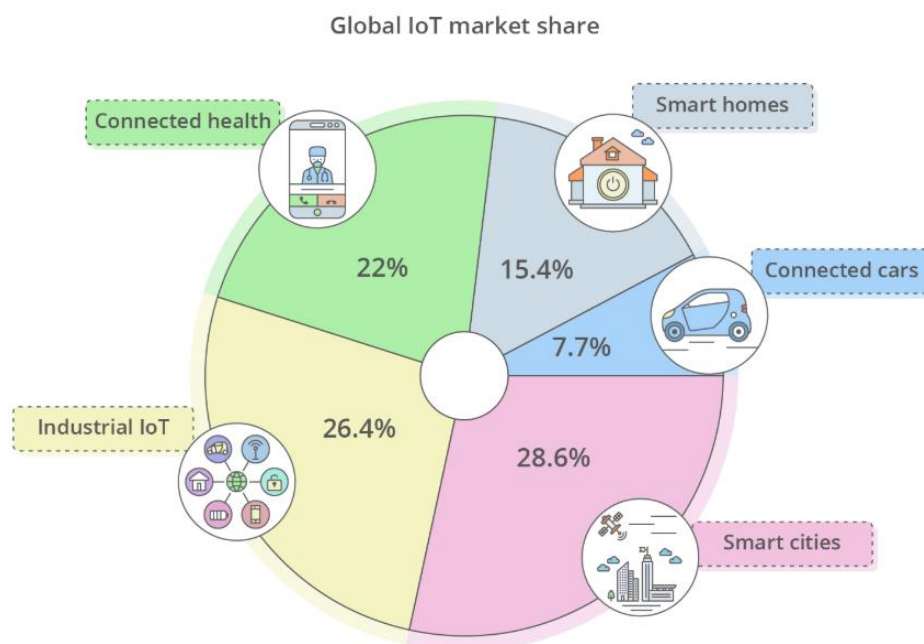


Рисунок 1.3 – Поділ глобальної частки ринку IoT у найпоширеніших галузях

Наступну ланку займає медична діагностика та хірургія – 22%. Медична професія покладається на лікарів та медсестер, щоб провести тестування та визначити діагноз, заснований на результатах. В даний час розроблені системи, які використовують технологію для точного та автоматичного проведення медичних тестів. Потім ці системи здійснюють пошук за допомогою комплексних баз даних, що роблять велику кількість обчислень та порівнянь. Результатом є більш точний діагноз та режим лікування, ніж це можливо від однієї людини. Крім того, тепер машини використовуються для більш точного контролю за лікуванням, що мінімізує периферичні ушкодження пацієнта. Не кажучи вже про те, що в 2020 році людина може відвідати онлайн-консультацію будь-якого спеціаліста та отримати належні рекомендації [2].

15,4% від загального обсягу ринку IoT становлять «розумні будинки». Підприємства всіх типів використовують розумні технології для автоматизації будівельних процесів. Ці процеси забезпечують ефективне освітлення, використання енергії, опалення, кондиціонування та безпеку. Наприклад, «розумна будівля» може зменшити витрати на енергію, використовуючи датчики, які визначають кількість людей, що перебувають у приміщенні, і

належним чином налаштувати опалення або охолодження. Такі будівлі також можуть підключитися до розумної електромережі та спілкуватися з нею. Це дозволяє більш ефективно керувати енергетичними системами.

7,7% ринку складають технології «розумних авто». Більшість сучасних автомобілів мають інтегровану технологію, яка допомагає водіям бути більш безпечними в дорозі. Наприклад, не дрейфувати в сусідні смуги або робити небезпечні зміни смуг. Система автоматично застосовує гальма, якщо транспортний засіб перед ним зупиняється або раптово сповільнюється. Ці технології безпеки використовують поєднання програмного та апаратного забезпечення для визначення ризиків безпеки та вжиття заходів для уникнення аварії.

Ще варто відзначити категорію магазинів та послуг. Задачі, які колись виконували люди, все частіше виконуються машинами. Ресторани швидкого харчування створюють термінали для самообслуговування та ведення замовлень, банки все частіше звертаються до автоматизованих банкоматів або додатків, призначених для роботи у смартфоні, а супермаркети та універмаги встановили апарати самообслуговування.

Проаналізувавши статистику вище, можна зробити висновок, що IoT швидко стає невід'ємною частиною нашого життя. Кількість пристроїв зростає, і величезні проекти та виробники IoT діють по всьому світу. Хоча може здатися, що Інтернет речей завойовує світ, важливо усвідомити, що IoT - це потужний інструмент, який може допомогти просунути суспільство вперед [2].

«Розумний дім» - це органічний мікс найсучасніших технологій та стильного оформлення зовнішнього вигляду оселі.

Нижче наведено деякі основні особливості для «розумного будинку», які можуть бути популярними в сучасній Україні [4]:

1) Технології «смарт-оселі» допоможуть вирішити актуальну проблему взаємодії між власниками домівок та підприємствами електромережі, водопостачання, газопостачання, тощо. Інтелектуальні датчики будуть

отримувати та аналізувати інформацію про споживання ресурсів та ціни на них, потім встановлювати план витрат та керувати ним у режимі онлайн. Безумовно, українцям більше не буде потрібно кожен місяць передавати показання за спожиті ресурси, цей обов'язок буде перекладено на «плечі» системи. В тому числі такий метод існування допоможе підвищити обізнаність та свідомість людей, щодо раціонального використання енергії та збереження навколишнього середовища;

2) Крім віддаленого платежу за комунальні послуги, «розумний-будинок» з легкістю може бути налаштований під купівлю провільчих продуктів, харчів, побутових товарів і таке інше;

3) За допомогою віддаленої мережі «розумний будинок» може контролювати умовно стан оселі. Тобто виявляти несправності, моніторити процеси, налагоджувати систему самостійно, навчати прилади в ній;

4) Безперечно, «розумний» дім підвищує комфорт, безпеку, зручність та інтерактивність домашнього життя. Функції захисту від шахраїв або автоматичного виклику пожежної служби вже не викликають здивування. Проте, варто відмітити, що такий будинок не лише полегшує життя своїм господарям, але й може нагадувати їм про ранкові фізичні вправи, йогу чи заняття спортом у залі.

Перелічені пункти розкривають далеко не всі можливості інтелектуальної мережі. Оскільки ми продовжуємо використовувати переваги IoT, автоматизація стає все більш важливою, з'являються нові професії та робочі місця. Доступ до величезної кількості швидко оброблюваних даних дає людям роздуми про те, як застосовувати концепції машинного навчання та автоматизації до повсякденних завдань. Багато рутинних завдань автоматизуються для підвищення їх точності та ефективності. Зараз людство бачить автоматизацію скрізь, від самообслуговування в магазинах до автономних машин і літаків [2].

## 1.2 Принципи проектування мережі «розумний дім»

«Розумний дім» це зручне домашнє середовище, в якому приладами та пристроями можна дистанційно керувати з будь-якого місця через Інтернет-з'єднання за допомогою мобільного або іншого мережевого пристрою. Пристрої розумного будинку взаємопов'язані через Інтернет, що дозволяє користувачеві керувати такими функціями, як безпечний доступ до будинку, температура, освітлення, домашній кінотеатр та ін. [6].

Пристрої розумного будинку пов'язані між собою і доступ до них можна отримати через одну центральну точку - смартфон, планшет, ноутбук або ігрову консоль. Замками дверей, камерами відеоспостереження, системою клімат контролю, освітленням та навіть такими приладами, як холодильник та пральна машина, можна керувати за допомогою однієї системи домашньої автоматизації. Система встановлюється на мобільному або іншому мережевому пристрої, і користувач може створювати графіки часу для вступу в силу певних змін.

Розумні побутові прилади мають навички самонавчання, щоб вони могли вивчити графіки власника дому та вносити коригування за потребою. Розумні будинки, що підтримують керування освітленням, дозволяють власникам будинків зменшити споживання електроенергії та отримати вигоду від економії витрат на енергію. Деякі системи домашньої автоматизації сповіщають власника будинку про виявлення будь-якого руху в будинку, коли він відсутній, а інші можуть викликати - поліцію чи пожежну службу у разі невідкладних ситуацій. «Розумний будинок» є частиною технології «Інтернету речей» (ІоТ) [6].

Зразок топології ІоТ наведено на рис.1.4. Пристрої можуть бути пов'язані між собою за допомогою дротового та бездротового зв'язку. Бездротові системи простіше інсталювати, що знижує вартість реалізації. З іншого боку, дротові системи вважаються більш надійними, але є і недолік – вища ціна. Встановлення такої системи може обійтися власникам будинків у десятки тисяч доларів [2].

Контролери несуть відповідальність за збір даних з датчиків та забезпечення мережевого або інтернет-з'єднання. Контролери можуть мати

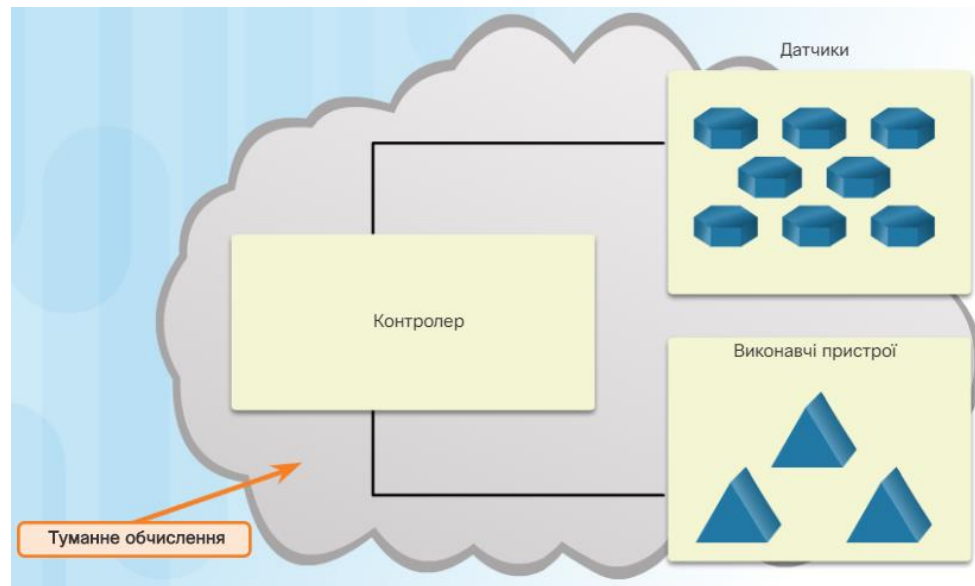


Рисунок 1.4 – Зразок топології IoT

можливість приймати негайні рішення, або вони можуть надсилати дані на більш потужний комп'ютер для аналізу. Цей більш потужний комп'ютер може бути в тій самій локальній мережі, що і контролер, або може бути доступний лише через підключення до Інтернету.

Датчики часто працюють разом із пристроєм, який називається виконавчим механізмом. Приводи приймають електричний струм і перетворюють його у фізичну дію. Як приклад, якщо датчик виявляє надлишок тепла в приміщенні, датчик передає значення температури на мікроконтролер. Мікроконтролер може надсилати дані на привід, який потім включить кондиціонер.

Більшість нових пристроїв, таких як фітнес-трекери, імплантовані кардіостимулятори, лічильники повітря в шахтах та лічильники води у фермерському середовищі вимагають бездротового підключення. Оскільки багато датчиків працюють від акумуляторів або сонячних панелей, необхідно враховувати споживання енергії. Для оптимізації та збільшення доступності датчика необхідно використовувати опції з низьким рівнем живлення.

Інтелектуальний будинок можна уявити собі у вигляді пазла, кожен елемент якого виконує певну функцію. Тому безперервний зв'язок між усіма

цими елементами дуже важливий. Для зв'язку пристрою використовуються як дротові, так і бездротові протоколи. Розглянемо ті, які є найбільш популярними.

Протокол 1-Wire – простий у виконанні і досить надійний дротовий протокол. Основна лінія для передачі інформації – двонаправлена шина, пара дротів. Перший дріт передає дані і живлення, другий використовується в якості заземлення. Топологія такої мережі буде представлена однією шиною. Обладнання підключається до загального кабелю. Можливе використання в якості основи виті пари, пристрої в цьому випадку підключаються через RJ-розетки. Передача даних здійснюється на досить великі відстані. При дотриманні деяких умов воно може досягати 300 м. Для підключення обладнання досить двох проводів. Невисока вартість є ще одним плюсом технології. З недоліків варто відзначити низьку відмовостійкість такого зв'язку. Її зазвичай вибирають економні користувачі, які передбачають використовувати мінімальний набір функцій «розумного дому».

X10 протокол активно використовується, незважаючи на свою сорокарічну історію. Головний плюс – висока універсальність. X10 використовується як дротовий протокол, але для цього не потрібно прокладати спеціальний кабель. Передача сигналу здійснюється на стандартній електропроводці. На додаток до цього X10 здатний забезпечувати зв'язок з бездротовими пристроями. Для цього використовуються трансивери, що перетворюють їх сигнал в формат, який підходить для передачі по кабелю. Переваги застосування: зручне управління, а також простий і швидкий монтаж. Зручні і гнучкі налаштування окремих елементів мережі. Вартість доступна. Значущих недоліків X10 кілька. Прокіл дуже повільний. Передача однієї команди або адреси займає  $\frac{3}{4}$  секунди, що дуже помітно при використанні двостороннього зв'язку. У конкретний момент часу в мережі може передаватися тільки одна команда. Для використання протоколу може знадобитися трохи доопрацювати існуючу проводку.

Протокол KNX один з найскладніших в інсталяції і проектуванні стандартів. Для передачі інформації може використовуватися електрична



мережа, радіоканал або вита пара. Найчастіше застосовується останній варіант, в такому випадку шину укладають разом з силовими дротами в процесі будівництва. Топологія мережі може бути найрізноманітнішою: лінія, зірка, дерево. Зручне управління і широкий функціонал. Просте перепрограмування і модернізація, а також незалежне проектування і подальший монтаж сигнальних і силових ліній можна віднести до переваг даної технології. А також число об'єднаних в мережу пристроїв може бути дуже великим. Недоліком можна вважати відносно повільну передачу даних і високу вартість. Протокол призначений в першу чергу для професійного використання.

Wi-Fi – бездротовий протокол, який використовується майже в кожній домашній системі. Основне застосування: здійснення управління розумним будинком з мобільного пристрою. Для цього розроблені спеціальні програми, що працюють на різних платформах. Wi-Fi використовується і для зв'язку з автономним обладнанням, функціонуючим окремо від автоматизованої системи. Мережу можна розгорнути без прокладки кабелю. Частоти, на яких працює протокол, не створюють перешкод і безпечні для людей. Обладнання, що підтримує технологію Wi-Fi широко розповсюджене. Тобто сумісність таких пристроїв гарантована. Однією з найзначніших переваг Wi-Fi є висока швидкість передачі даних. З недоліків стандарту слід відзначити високу вартість модулів, їх велику енергоємність і відсутність можливості тривалої роботи обладнання від автономних джерел живлення.

ZigBee протокол, його друга назва IEEE 802.15.4. Бездротовий протокол з дуже низьким електроспоживанням. Основною перевагою вважається можливість створення комірчастої мережі, здатної до самоорганізації і самовідновлення (рис. 1.5) Вихід двох-трьох елементів з ладу не призведе до серйозних наслідків. При поломці одного з них решта зв'язуються між собою безпосередньо або через проміжні об'єкти. До переваг можна віднести можливість створення складних мережевих рішень з автоматичної маршрутизацією. Рівень захисту даних є достатньо високим. Одна мережа здатна

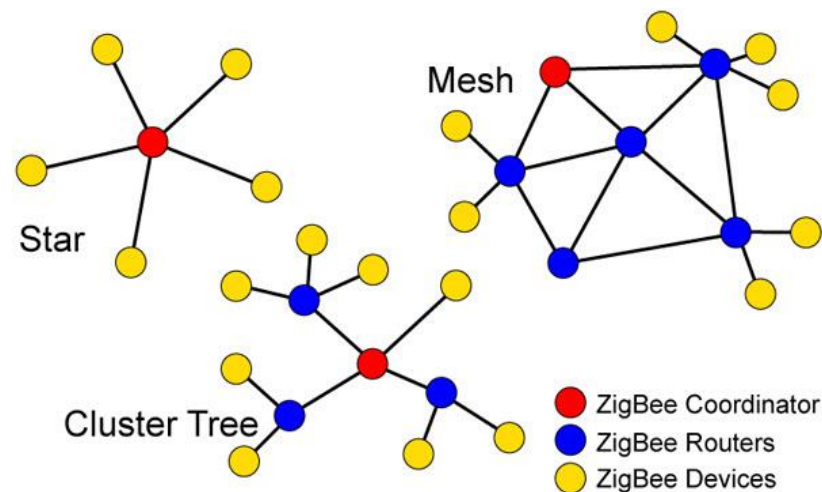


Рисунок 1.5 – Зразок топології ZigBee

підтримувати до декількох тисяч елементів. Наявна можливість гнучкого налаштування вузлів мережі. Вартість технології невисока, досить простий монтаж. Головний недолік ZigBee - відсутність стандартизації, внаслідок чого устаткування різних брендів рідко виявляється сумісним. Ще один мінус полягає в тому, що швидкість передачі даних відносно невисока.

Z-Wave – бездротовий протокол (рис. 1.6) багато в чому схожий на ZigBee. Характеризується низьким енергоспоживанням, здатний формувати мережу комірчастої топології. Цілком можна порівняти з аналогом і за ціною обладнання.

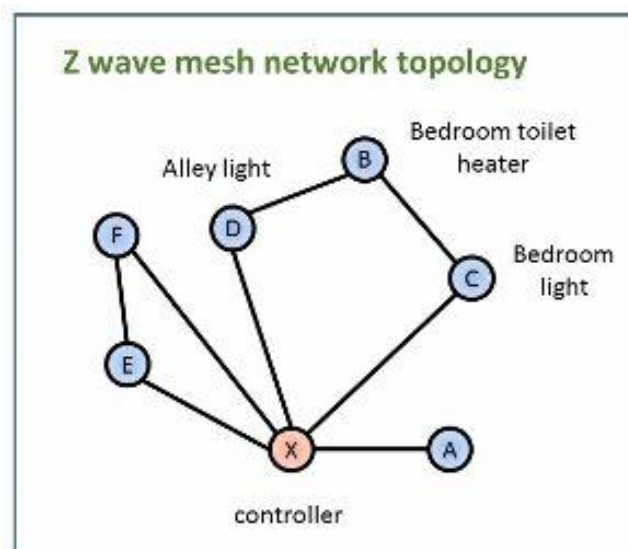


Рисунок 1.6 – Зразок топології Z-Wave

Головна перевага Z-Wave - в стандартизації. Усі працюючі за цим протоколом прилади базуються на модулях Sigma Designs, тому сумісні між собою. Взаємодія пристроїв з таким протоколом надійна і безпечна. Є можливість розширення у мережі, простота використання. Рівень випромінювання низький, безпечний для людини. Вартість невисока. З недоліків можна відзначити відносно невисоку швидкість передачі даних. Z-Wave вважається одним з кращих рішень для самостійної збірки «розумного будинку».

Insteon протокол використовує одночасно бездротовий і дротовий тип зв'язку. Для передачі сигналу використовується електропроводка, але в порівнянні з X10 дані передаються набагато швидше. Стандарт сумісний з X10. Бездротова складова протоколу реалізується за допомогою радіозв'язку.

Протокол Insteon підтримує коміркову типологію мережі. Можливе створення децентралізованої мережі. Передача даних надійна і швидка. Наявна сумісність з X10, що дає можливість поступового переведення системи на новий протокол. Сумісність приладів гарантує жорстка стандартизація обладнання. Присутня можливість поступового доповнення систем «розумного будинку». З недоліків варто виділити труднощі з доступністю необхідного обладнання, оскільки протокол спочатку розроблявся для США.

BLE – Стандарт Bluetooth з малим енергоспоживанням. Його використовують для передачі даних між двома приладами, що знаходяться поблизу один від одного. Широко застосовується в домашній автоматизації в якості додаткового протоколу. Стандарт добре захищений від несанкціонованого доступу. Перевагами BLE вважаються: висока швидкість передачі даних, простота у використанні, відсутність дротів, невелике споживання енергії. З недоліків відзначають обмежений радіус дії.

Для зв'язку між елементами «розумного будинку» використовуються різні протоколи. Кожен з них має переваги і недоліки. Для знайомства з основами домашньої автоматизацією оптимальним варіантом стане Z-Wave або ZigBee. Ці стандарти дозволять створити розгалужену повноцінну мережу. Якщо потрібно

перейти до бездротового протоколу від встановленого раніше X10, оптимально використовувати Insteon. [7] Для професіоналів хорошим вибором стане KNX.

### 1.3. Постановка задачі роботи

Провівши теоретичне дослідження теми Інтернету речей та «розумних будинків» можна стверджувати, що одного разу ми опинимося в ідеально організованій та продуманій екосистемі розумних пристроїв, які спілкуються між собою, щоб покращити та спростити наше життя. [8] А поки можна виділити такі переваги інтелектуальних будинків: контроль та моніторинг, вартість та економія енергії, позитивний вплив на навколишнє середовище, краща безпека та комфорт. Багато відомих світових компаній вже створили чудові продукти та рішення. Деякі експерти вважають, що у випадку, якщо ми продовжимо створювати автономні рішення, ми не зможемо отримати єдиної розумної екосистеми, якої ми насправді хочемо. Отже, це гарна ідея створити продукти, які легко взаємодіють із уже наявними. Тому постановку задачі для дипломної роботи формуємо наступним чином:

- проаналізувати концепцію технології «Internet of Things»;
- дослідити принципи проектування інтелектуальної мережі «Smart House»;
- розглянути застосування «смарт-пристроїв» у різних аспектах життя;
- вивчити український ринок технологій «розумних будинків»;
- спроектувати власну мережу «розумної оселі» з застосуванням різних пристроїв;
- створити систему використовуючи бездротовий та дротовий зв'язок;
- розробити схему, в якій на приладах зконфігуровані правила взаємодії з іншими приладами системи та з навколишнім середовищем або їх поєднанням;
- написати код для мікроконтролеру пожежної безпеки;
- створити внутрішню мережу Wi-Fi надати доступ планшету до управління інтелектуальними пристроями;

- налаштувати стільниковий зв'язок для смартфона і надати йому можливість управління «розумним будинком»;
- протестувати інтелектуальну мережу «Smart House».

У результаті виконання поставленої задачі буде створена мережа «розумного дому» з комбінованим типом зв'язку, можливістю налаштування конфігурацій через веб-інтерфейс, перебуваючи вдома або віддалено.

## 2 ВИБІР МЕТОДУ РІШЕННЯ

### 2.1. Можливості Cisco Packet Tracer 7 для створення IoT мереж

Як і будь-який інший проект, установку системи «розумного будинку» краще спланувати заздалегідь. Необхідно витратити час, щоб відразу визначитися із загальною концепцією «розумного будинку» і продумати деякі нюанси. Це допоможе скоротити зайві витрати на пристрої, позбавить клопоту з купівлею обладнання і таке інше. Перш ніж починати створювати власний «розумний будинок» самостійно чи покладатися на плечі відомих компаній-розробників, необхідно визначитися, яку систему потрібно налаштувати – дротову чи бездротову. Останнім часом дротові системи встановлюють у офісних приміщеннях, готелях, лікарнях, тощо. А в міській квартирі чи котеджі зручніше будувати бездротову мережу. Це значно зекономить гроші на роботи по прокладці кабелю. Таку систему можна легко встановити на готовий ремонт. Втім, технології зараз дозволяють комбінувати. Потрібно також визначитися з протоколом домашньої автоматизації. На сьогоднішній день вибір бездротових технологій досить широкий: Z-Wave, ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth, тощо. Не варто ігнорувати цей етап проектування, в подальшому від нього залежатиме, які пристрої необхідно купити для майбутнього проекту. Коли підготовчі етапи завершені, можна починати проектування системи «розумного будинку». По-перше, необхідно визначити, хто саме буде користуватися системою. Концепція «розумного дому» в першу чергу полягає у комфорті, тому необхідно створити його так, щоб всім членам родини було зручно у користування, не залежно від їх статі, віку та технічних навичок. По-друге, слід виділити речі, які власник будинку хоче автоматизувати. Визначившись з тим, що саме необхідно автоматизувати, слід вирішити як буде здійснюватися управління системою. Безумовно, не слід забувати про бюджет. Іноді вибір на користь того чи іншого способу автоматизації диктують гроші, а не кращі із технічних рішень, які є на ринку. Урахувавши великий об'єм вхідних даних, для зменшення ризиків, маємо необхідність виконати дизайн проекту. Крім того, продемонструвати замовнику

імітацію роботи системи у симуляторі дасть наочність сприйняття, що дозволяє продумати більше сценаріїв та виявити проблеми з найменшими фінансовими втратами. Інтелектуальну мережу можна спроектувати у Cisco Packet Tracer – 7. Цей додаток має різні розумні пристрої. Проте, окрім вже готових приладів є можливість створювати пристрої самостійно, задавати їх опис, зовнішній вигляд та програмувати поведінку, залежно від інших пристроїв та показників навколишнього середовища [4].

Cisco Packet Tracer – це інноваційний програма для моделювання та візуалізації мережі та пристроїв IoT. Це дуже потужне програмне забезпечення. Пристрої Cisco зазвичай дорогі, і не доречно інвестувати в них лише для побудови моделі системи «розумного будинку». Завантажуючи Cisco Packet Tracer, можна експериментувати з декількома тестовими сценаріями практично без використання реального обладнання. Packet Tracer можна запустити на Linux та Microsoft Windows, а також macOS. Також доступні подібні програми для Android та iOS. Packet Tracer дозволяє користувачам створювати модельовані мережеві топології, додавати маршрутизатори, комутатори та різні інші типи мережевих пристроїв. Фізичний зв'язок між пристроями представлений елементом "кабель". Packet Tracer підтримує масив модельованих протоколів додаткового шару, а також базову маршрутизацію з RIP, OSPF, EIGRP, BGP [9].

Програма Cisco Packet Tracer надає багато можливостей для створення та програмування розумних приміщень, заводів, доріг та навіть міст. За допомогою цього рішення Cisco та його функціоналу проектування розумних будинків та міст відбувається легше та зручніше. Завдяки добре розвиненому функціоналу програмного забезпечення Cisco Packet Tracer моделювання проекту можна здійснити за невеликий час, що дозволить швидко презентувати проект замовнику та погодити його [9].

На рисунку 2.1 зображено можливості Packet Tracer для моделювання мереж з використанням технології IoT. Тут є категорії для маршрутизаторів,

комутаторів, концентраторів, бездротових пристроїв і навіть пристроїв безпеки. Для побудови «розумного будинку» потрібні кінцеві пристрої (End Devices).

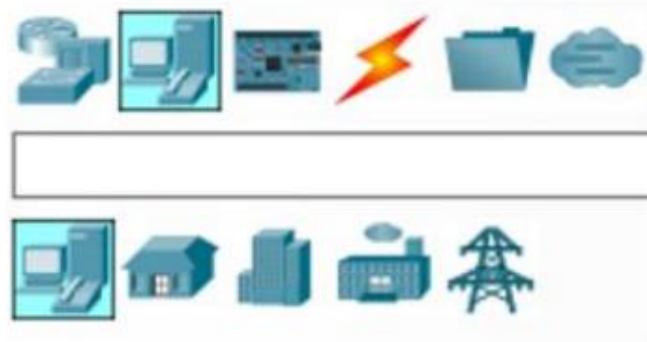


Рисунок 2.1 – Панель категорій

На вкладці кінцевих пристроїв доступні для вибору категорії найрозповсюдженіших девайсів:

1. Кінцеві пристрої: ПК, ноутбук, сервер, принтер, телефон, телевізор, смартфон, планшет, тощо (рис. 2.2);



Рисунок 2.2 – Панель кінцевих пристроїв

2. «Розумний Дім», може включати елементи, які зображені на рисунку 2.3. А саме: динаміки, сонячна батарея, акумулятор, детектор вітру, двері, оприскувач, вебкамера, ворота, лампа, водостік, кондиціонер, детектори діюмоксиду, нагрівач, термостат, вентилятор, зволожувач, кавоварка, музикальний, контролер центр, тощо.



Рисунок 2.3 – Панель девайсів розумного дому

Можна взаємодіяти зі всіма цими елементами і управляти ними в Cisco Packet Tracer 7. Їх дуже просто розгорнути. Все, що потрібно зробити - це клацнути на пристрій і вибрати вільне місце на екрані.

3. «Розумне Місто», може включати елементи зображені на рисунку 2.4: Сонячна led-лампа, радіо-мітка, сонячна батарея, автомобіль, ліхтар, bluetooth-маячки, вентилятор, вольтметр, датчик вітру, датчик атмосферного тиску, тощо.



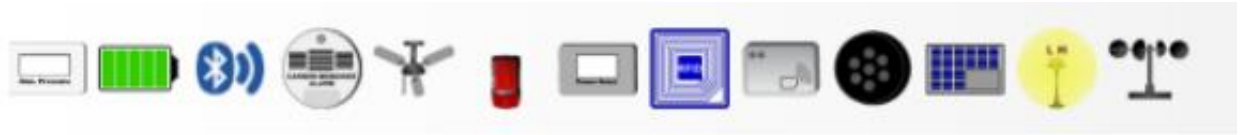


Рисунок 2.4 – Панель девайсів розумного міста

Тут є навіть категорія промисловості (рис. 2.5) і категорія електроенергетичної системи (рис. 2.6).

4. Для промисловості можуть бути використані наступні прилади: датчик вогню, диму, розприскувач води, кондиціонер, чайник, сонячна панель, сонячна батарея, датчик вітру, датчик рухів, детектор радіо-міток, тощо.



Рисунок 2.5 – Панель девайсів промислового IoT

5. Для проектування енергетичних систем у Packet Tracer використовують: сонячну батарею, сонячну панель, вольтметр, датчик та генератор вітру.



Рисунок 2.6 – Панель девайсів електроенергетичної системи

Cisco Packet Tracer передбачає проектування IoT мережі з використанням мікроконтролерів (рис. 2.7): MCU (microcontroller unit) та SBC (session border controller), які дозволяють запрограмувати один (або декілька) розумних пристроїв або створити власний з іншими можливостями [10,11].

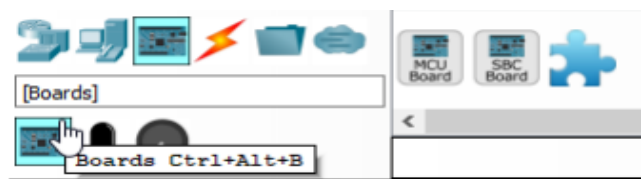
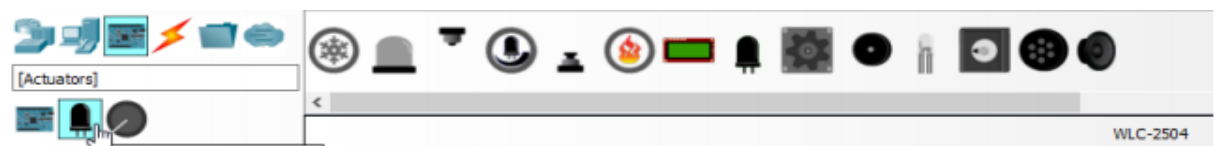


Рисунок 2.7 – Плати

На рисунку 2.8 представлені виконуючі пристрої. Такі як: лампа сигналізації, розприскувач води, нагрівач та охолоджувач для термостата, гучномовець, рідкокристалічний дисплей, тощо.



## Рисунок 2.8 – Панель виконуючих пристроїв

До сенсорів зображених на рисунку 2.9 відносять: потенціометр, сенсор навколишнього середовища, датчик світла, кнопку переключання, датчик вологості, сенсор металу, детектор температури, детектор диму, детектор шуму, кнопка натускання, детектор води, детектор вітру, датчик вологості, тощо.



Рисунок 2.9 – Панель сенсорів

Налаштування проводиться у зрозумілому інтерфейсі користувача, який не потребує додаткових технічних навичок або глибокого знання симулятора. Для просунутих користувачів є можливість конфігурації у Command Line Interface (CLI). Спираючись на цей метод, необхідно застосовувати команди, які дуже схожими на налаштування справжніх фізичних пристроїв.

Для моделювання IoT доступні різні способи з'єднань (рис. 2.10) пристроїв, які зустрічаються у реальному житті.



Рисунок 2.10 – Панель дротів

Зручна Packet Tracer особливість - це можливість налаштувати поведінку пристроїв, виходячи з обставин та стану інших пристроїв та детекторів. Наприклад, налаштувати активацію камери безпеки при увімкненому детекторі руху. Підвищувати або знижувати температуру у будинку при певній зміні температури навколишнього середовища. Вмикати світло, кавоварку, чайник при відкритті входних дверей, тощо.

Важлива особливість інструменту Cisco Packet Tracer - це можливість розділення мережі на логічний (рис. 2.11) та фізичний (рис. 2.12) рівні з використанням підсередовищ, таких як місто, будівля, контейнери та електромонтажні шафи. Можна дуже швидко переключитись з логічного рівня

на фізичний. Створюючи мережеві імітації, за логічним виглядом, за замовчуванням всі компоненти розміщені в одному фізичному просторі.

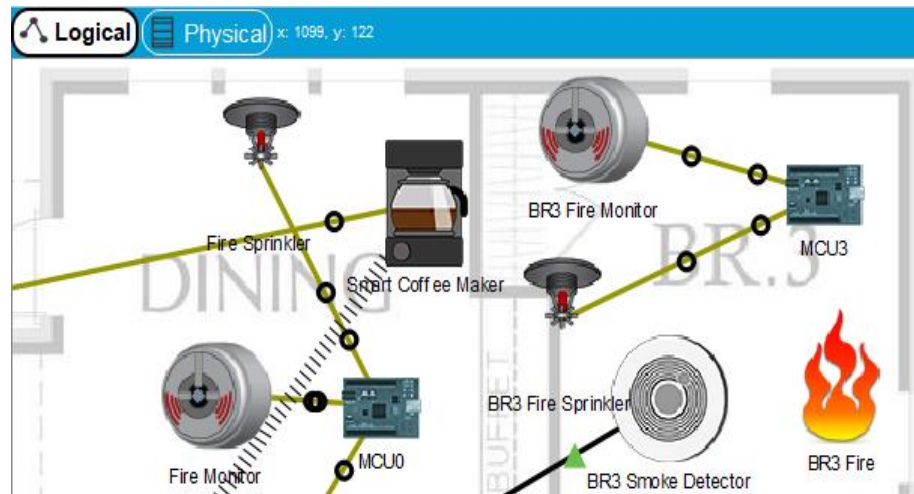


Рисунок 2.11 – Логічний рівень

Для базового моделювання це не дуже важлива деталь, однак для більш складного – слід використовувати різні фізичні рівні, де можна решулювати зміну середовища для впливу на поведінку пристроїв.

Фізичне розділення допомагає ділити мережу на кілька підрегіонів, запровадивши більш реалістичний її аспект. Кожен фізичний рівень, за винятком електричних шаф, має повністю настроюванні змінні середовища. Змінні - це параметри для представлення реальних життєвих середовищ, таких як: кількість сонячного світла, концентрація вуглекислого газу в повітрі, сила тяжіння, швидкість вітру, вологість, випромінення та багато іншого. У Cisco Packet Tracer є понад п'ятдесят різних змінних.

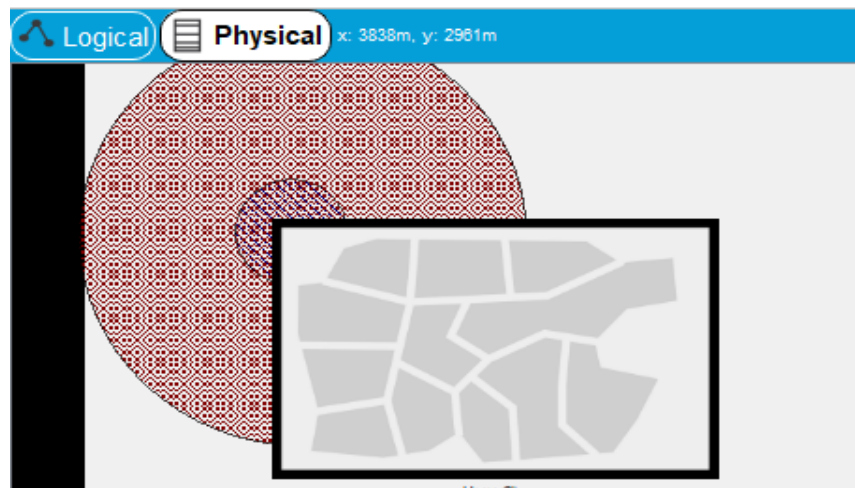


Рисунок 2.12 – Фізичний рівень

У Cisco Packet Tracer можна запрограмувати пристрої, що імітують поведінку мікроконтролерів, та здатні приймати сигнали від різних датчиків і передавати команди виконуючим приладам. Для програмування використовуються JavaScript, Python або Blockly на вкладці Програмування (рис.2.13) мікроконтролера [12]. У даній роботі був використаний Python.

Проаналізувавши вищезазначені можливості, можемо зробити висновок, що Cisco Packet Tracer 7 має широкий спектр функцій для моделювання розумних мереж. Часто використовується для навчання в школі та університетах. Використання Cisco Packet Tracer 7 є поширеним у всьому світі для імітації мереж різної складності.

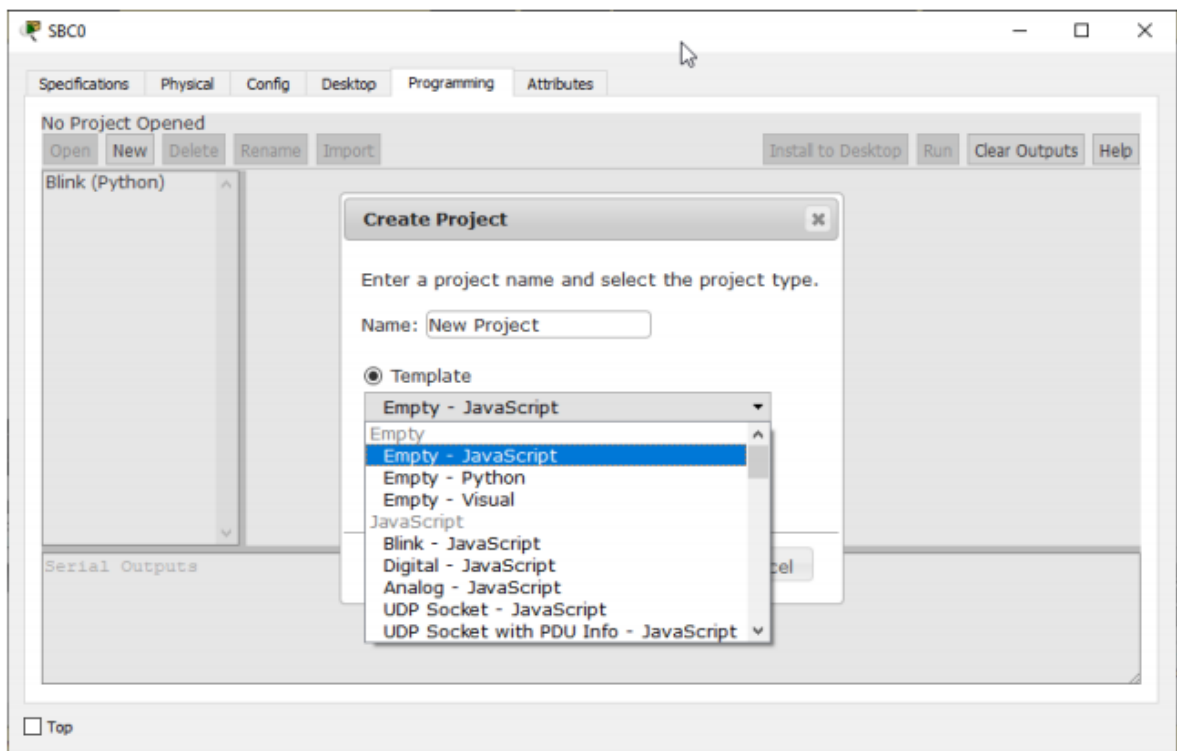


Рисунок 2.13 – Програмування мікроконтролера

Нові функції Інтернету речей роблять Packet Tracer ще більш зручним. Програму можна використовувати людям різного рівня технічної обізнаності, для цього передбачено декілька мов програмування приладів і датчиків (у тому числі Blockly, з якої починається навчання програмуванню). Cisco Packet Tracer 7 може бути застосований при проектуванні інтелектуальної мережі власної квартири.

## 2.2. Український ринок технологій «смайт» будинків

Україна не є винятком із глобальних прагнень стати частиною "розумного світу". Львів, Харків, Дніпро, Київ та Одеса прагнуть бути "смайт" містами. В Україні уже успішно існують та розвиваються компанії та стартапи, які займаються технологіями «розумних будинків».

Ajax Systems з 2011 року виробляє у Києві професійні системи безпеки для офісних приміщень та дому. Успіхи компанії заключаються у гармонічному поєднанні інноваційних рішень та технологічного дизайну. Ajax Systems кажуть, що «розумна безпека» є фундаментом їх діяльності. Офіси компанії представлені не лише в Україні, а й у Сполучених Штатах Америки та Великобританії. Основний вектор своїх розробок вони направляють на віддалену охорону в Україні. Менталітет сформований в 90-ті роки характерний для всіх пострадянських країн, у тому числі і для українців – у разі надзвичайної події, люди хочуть щоб хтось терміново приїхав до них. Є певний елемент недовіри. Вдома люди зберігають і накопичують багато цінних та коштовних речей. В нашій країні існує багато охоронних приватних компаній, служба держ-безпеки. Якщо в 2019 році Ajax Systems мала лише 20 охоронних компаній, як партнерів, то на сьогодні по всій країні є понад 50-60 приватних компаній, а також поліція державної безпеки, які є партнерами Ajax [14].

Ecoisme — система управління споживанням енергії в будинках та офісах. Датчики та центральний модуль складають систему і дозволяють керувати споживанням енергії та пристосовувати режими споживання електроенергії під щоденну практику та найпоширеніші сценарії використання на протязі дня. Ecoisme також підтримує сонячні панелі. Останні 5 років в Ecoisme підписали понад 30 пілотних проектів з різними корпораціями, але стартував лише один з них. Спочатку компанія отримала інвестиції під enterprise-рішення, але пізніше сконцентрувалася на кінцевих користувачах. Вивести продукт в масовий ринок їй не вдалося. 26 червня 2019 року засновник повідомив про закриття стартапу [15].

uMuni — платформа для організації технічної діяльності енергосервісних компаній, мереж установ, торгових та офісних центрів та інших приватних підприємств. Основними завданнями ПО та технологічного рішення є сертифікація будівель та енергоменеджмент [13].

Команда зі Львову розробила хмарну систему оцінки споживання енергії UMuni. Її вже пропонують в комунальних установах, а за підрахунками економія за рік складає приблизно 30млн грн. Це «розумна система», яка оптимізує витрати на енергресурси. В першу чергу uMuni розрахована на використання підприємствами, офісними приміщеннями, тощо. Працівники установ збирають за допомогою цього продукту дані про використання ресурсів, процесів, техніки, тощо. Відповідно, збільшується швидкість реакції при високому споживанні енергії. У Львові використовуючи систему UMuni вдалось заощадити 18млн грн, при зростанні тарифів на 20% [16].

CLAP — українська компанія, якою керує Олександр Пойманов. Усі системи та їх частини розроблені у Вінниці. У 2018 році систему почали встановлювати у всіх новобудовах Укрбуду. Першим проектом став “Sky Spas”. На комп'ютерній конференції iForum 2018 року офіційними спонсорами були CLAP [13]. Особлива увага CLAP була приділена розробці полегшення управління. Для управління системою можна використовувати повний центр управління, розташований у квартирі, або комп'ютер чи мобільний додаток на смартфоні або планшеті. На тих же пристроях система попередить вас про можливі порушення встановленого режиму безпеки або про виникнення надзвичайних ситуацій. Забудовник піклується про всі питання безпеки квартири CLAP. А користувачі не витрачають додаткового часу та грошей. На сьогодні ця система є ексклюзивною (рис. 2.16) і не має повноцінних аналогів в Україні [17]. Розробники CLAP на чолі з Олександром Поймановим заклали в систему основні чотири напрямки розвитку свого продукту: створення комфорту в будинку, економія часу, економія грошей власника і найважливіше - його безпеку за будь-яких умов [18].

Система CLAP допомагає значно заощадити на рахунках за комунальні послуги. Якщо в квартирі є декілька джерел тепла, CLAP самостійно обере той, який дозволить отримати оптимальну температуру з найменшими витратами.



Рисунок 2.16 – Система розумного будинку CLAP

Якщо в будинку є певні знижки на енергію або субсидія, система «розумного будинку» врахує це. Є можливість встановлення оптимального сценарію електроспоживання. У разі незаконного вторгнення система CLAP закриє двері, увімкне сигналізацію та зателефонує до охорони. «Розумний будинок» повідомить про пожежу в квартирі, запустить пожежну сигналізацію та автоматично відключить воду, при затопленні. Можна налаштувати температуру в приміщенні, увімкнути комфортну температуру опалення підлоги, налаштувати сценарій опалення за конкретними параметрами (рис. 2.17), контролювати вартість послуг, обрати дні тижня для різних сценаріїв [17]. Додаток CLAP містить десятки змінних параметрів, які створені для більш комфортного проживання у оселях. Доступні вони для завантаження на платформи iOS та Android. Для шанувальників персональних комп'ютерів доступна десктопна версія.

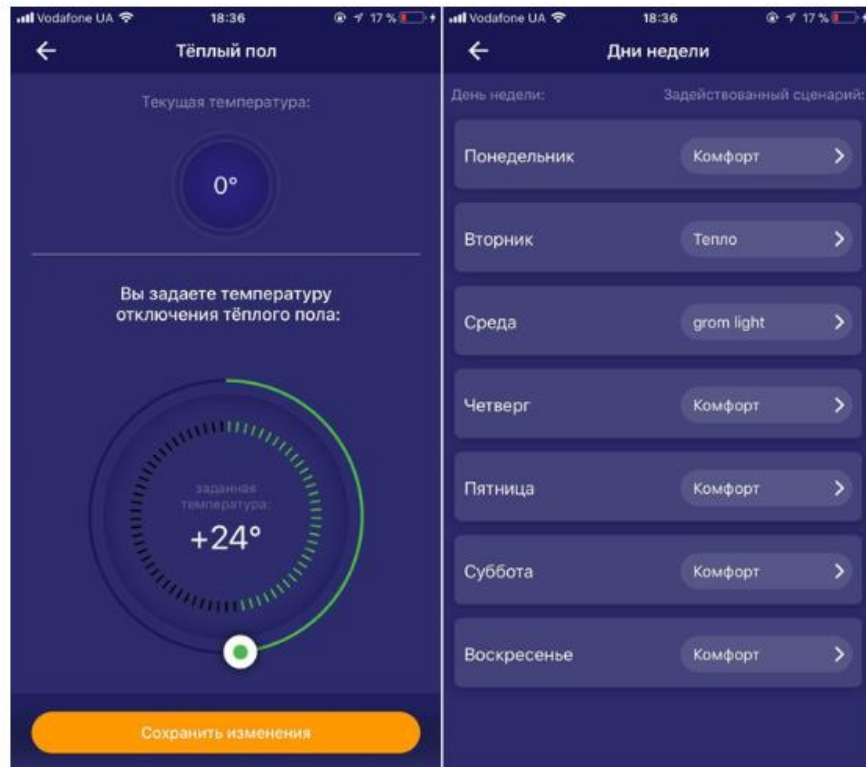


Рисунок 2.17 – Интерфейс мобильного додатку CLAP для керуванням «розумним будинком»

Для різних членів сім'ї можна встановити різні рівні доступу. Наприклад, дитина зможе тільки контролювати температуру в своїй кімнаті. У CLAP є конс'єрж-сервіс, який буде працювати для мешканців будинків. Власники квартир зможуть через додаток CLAP повідомити про проблему в квартирі або під'їзді, викликати сантехніка, електрика або іншого фахівця, а також замовити піцу або таксі. На рисунку 2.18 зображені всі прилади CLAP які на 2020 рік забезпечують «розумні будинки» мешканців України [18].



Рисунок 2.18 – Всі прилади CLAP



Користувач може задати ліміт витрат в день на опалення, і система запропонує відповідний сценарій (рис. 2.19).



Рисунок 2.19 – Інтерфейс мобільного додатку CLAP для керуванням «розумним будинком»

Система зможе враховувати знижки на ресурси при плануванні опалення. Наприклад, нічний тариф на електроенергію. Якщо «прив'язати» до додатка банківську карту, то оплачуватися рахунки будуть автоматично, в потрібний день. У такий спосіб не буде переplat на штрафах за прострочений платіж. Якщо поточні настройки опалення можуть привести до перевитрати, додаток відправить про це повідомлення користувачу. CLAP самостійно отримує покази лічильників за допомогою спеціальних накладок-зчитувачів. Немає необхідності вручну регулювати опалювальні пристрої - ходити по квартирі, крутити терморегулятори батарей. Можна створити сценарій «Нікого немає вдома», який буде включатися одним натисканням в додатку. Тоді система самостійно поставить квартиру на сигналізацію і зменшить обігрів житла до мінімально допустимого рівня, економлячи час на включенні-виключенні приладів.

CLAP дозволяє на відстані контролювати, хто дзвонить у двері. Через додаток можна відповідати на дзвінки з відеодомофона, як ніби ви вдома, дивитися, хто за дверима. Так можна убезпечити, наприклад, дитину, якщо вона удома одна і може відкрити двері чужому. Додаток також дозволяє проконтролювати, чи вдома діти або літні батьки, коли вони пішли і з ким. Цю інформацію можна отримати з камер спостереження, якщо вони встановлені у вас вдома. Також є індивідуальний номер кожного члена сім'ї, які використовуються при постановці квартири на сигналізацію. Всі дані з камер і від системи в цілому розробники розмістили в хмарі. У CLAP є датчик диму, який попередить про можливу пожежу. Датчик затоплення може перекрити всі крани в квартирі, якщо зафіксує протікання води. Передбачений в системі і захист від злому квартири - датчики розкриття і розбиття вікон і дверей.

Додаток CLAP враховує Особливості «розумного будинку» саме для України. У порівнянні з зарубіжними аналогами у CLAP основна перевага - адаптованість до наших реалій. В системі враховано те, як працюють наші комунальні служби, в якому форматі їм потрібні дані, як працює тарифікація. Українська розробка може зчитувати дані зі всіх лічильників, які встановлюються в квартирах. І може спілкуватися з користувачем українською мовою. На думку Олександра Пойманова, для глобального ринку у продукту є дві переваги. Перше, природно, ціна - вартість CLAP набагато нижче, ніж у подібних систем від європейських, американських або азіатських виробників. Друге - комплексність. У CLAP один додаток, яке контролює опалення, оплату комунальних рахунків, безпеку і так далі. Система CLAP буде продаватися як в роздробі - через партнерські магазини і дистриб'юторів, так і корпоративним клієнтам.

У компанії є плани по виходу на іноземні ринки, в першу чергу - в США, Канаду і Європу і, можливо, ОАЕ. Олександр Пойманов розраховує повернути інвестиції в проект протягом двох років. У той же час він не виключає

можливості зробити це і в більш стислі терміни, «з огляду на інтерес до продукту» [17].

Розглянемо як саме працює «розумний будинок» CLAP. Ядро системи - координаційний центр і панель управління, об'єднана з відео-домофоном. До ядра підключаються датчики і регулятори. Зараз пропонуються три комплектації: "комфорт", "бізнес" і "преміум", в залежності від класу житла. У комплектацію "комфорт" включені: домофон (монітор) і панель виклику для нього, координаційний центр ХАБ, терморегулятори на все батареї, датчик відкриття (геркон) на вхідні двері, а також датчик диму, руху, антипотоп (на кухні та у ванній) , автоматичні запірні крани на кожному стояку в квартирі (гаряча і холодна вода), на кожному лічильнику води - накладки-зчитувачі.

Додаткові елементи в комплектаціях "бізнес" і "преміум" залежать від побажання клієнта. Наприклад, датчик відкриття можна встановити не тільки біля вхідних дверей, але і на всіх вікнах, а датчики руху - в кожному приміщенні. Також є можливість приєднати до системи та інші прилади, наприклад, камери спостереження або датчики вуглекислого газу.

Більшість цих приладів - бездротові, а значить встановлюються легко і швидко, без ремонтних робіт. Датчики працюють на батарейках, міняти які треба не частіше одного разу на п'ять років. Система захищена від глушіння і має три резервних каналу зв'язку [18].

## 3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

### 3.1. Проект системи «Smart House»

В першу чергу для того, щоб розмістити прилади на їх логічних і остаточних місцях, необхідна схема будинку. Тому здійснено завантаження схеми майбутньої оселі. На схемі будинку розміщено усі прилади IoT, які утворюють необхідну інтелектуальну мережу всередині дому – Home Cluster (рисунок 3.1), а саме:

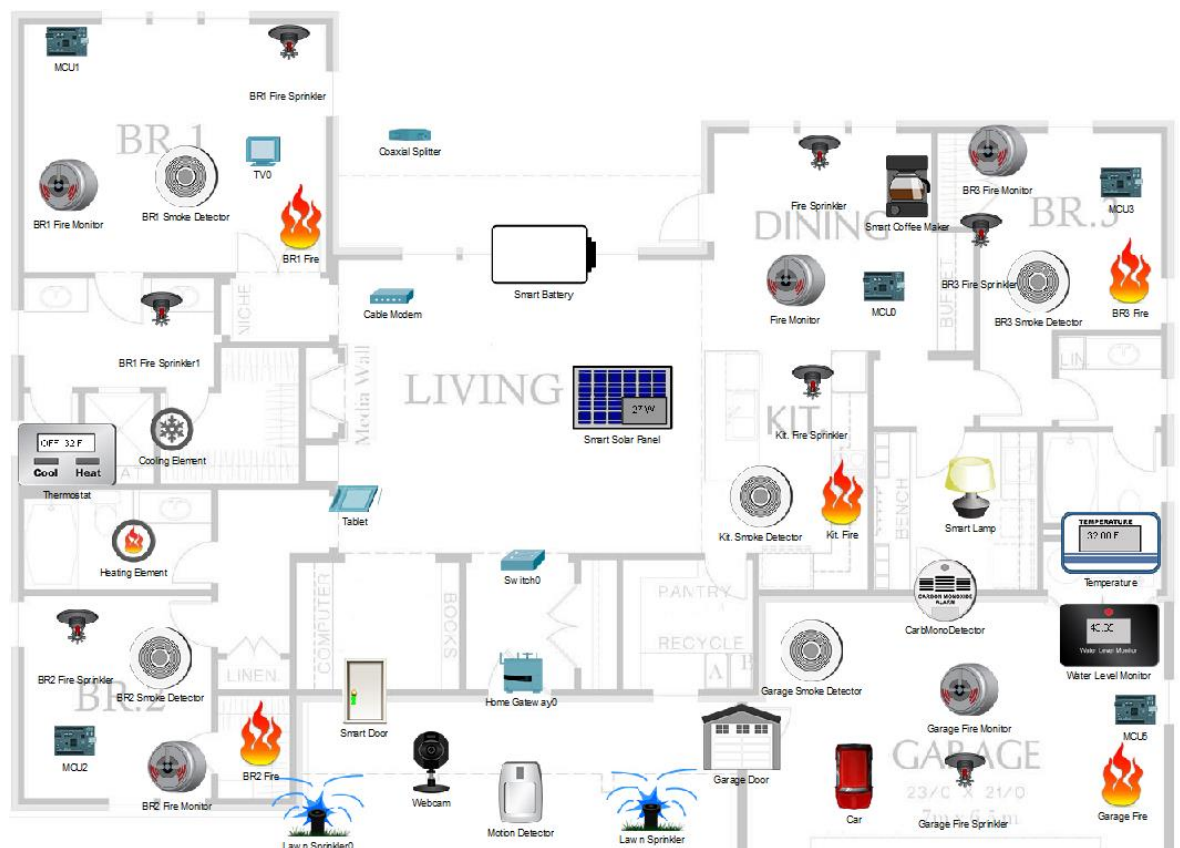


Рисунок 3.1 – Датчики та пристрої всередині «Розумного будинку»

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.

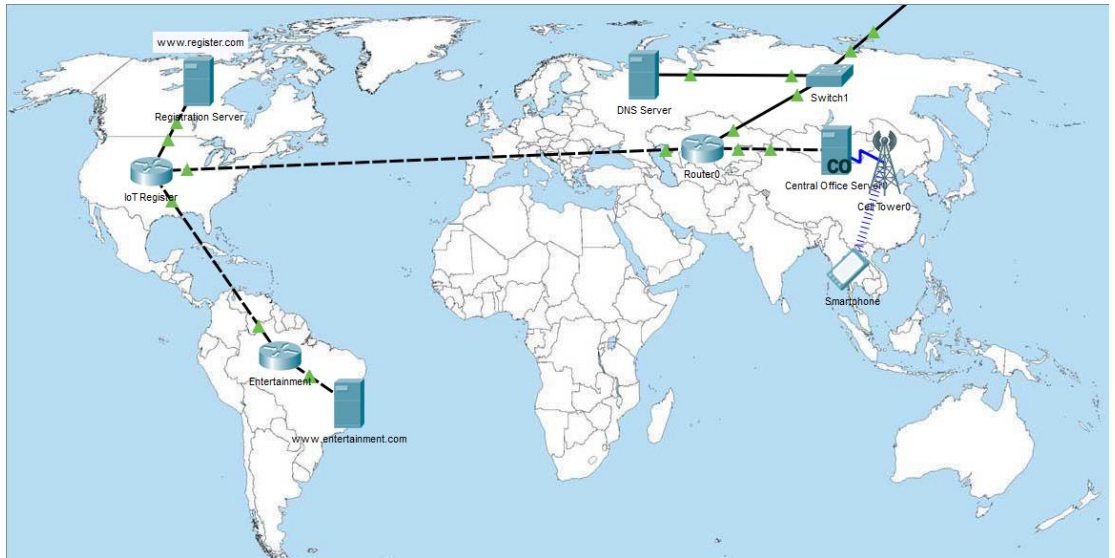


Рисунок 3.2 – Топологія IPS-Internet кластеру та мережі стільникового зв'язку

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.

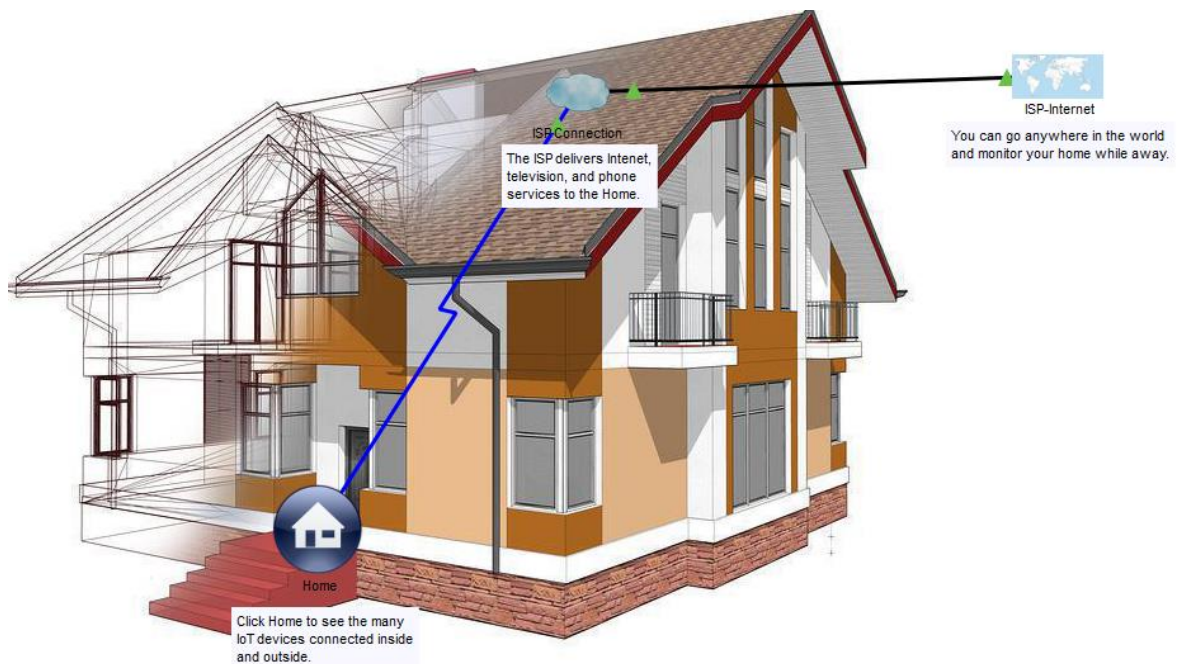


Рисунок 3.3 – Швидка навігація

Мережа містить наступні компоненти (рис. 3.5):

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 [15].

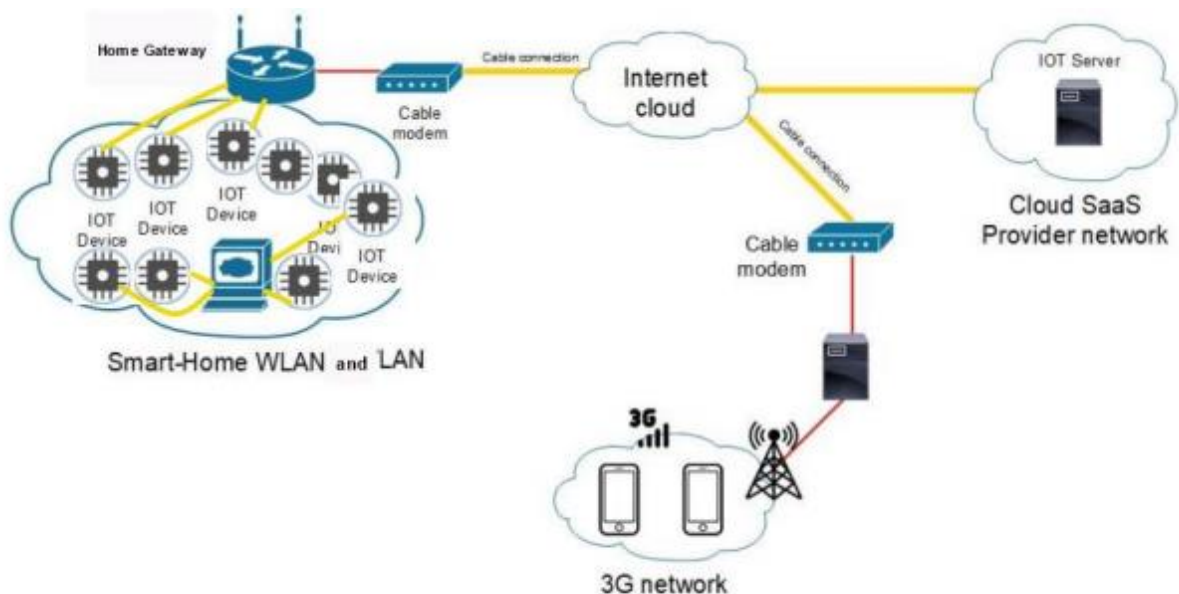


Рисунок 3.5 – Топологія «розумного будинку» [15]

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. 3.6) на який користувач зможе заходити для проведення дозвілля ввівши [www.entertainment.com](http://www.entertainment.com) в пошукову стрічку браузера з планшета або мобільного пристрою.

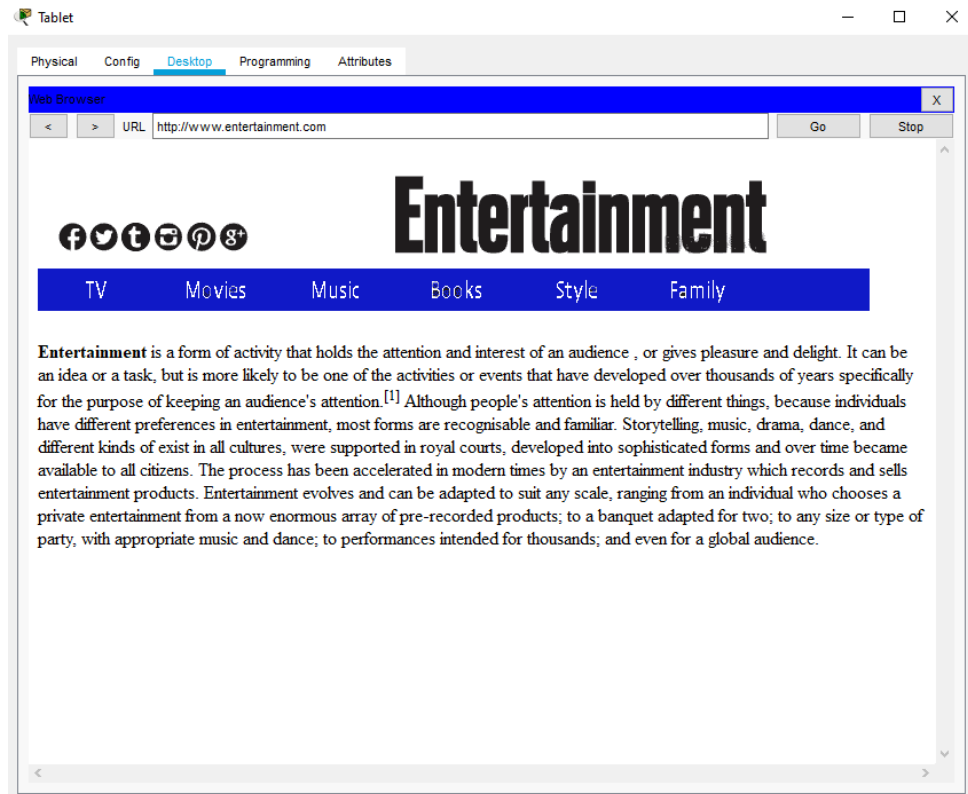


Рисунок 3.6 – HTTP сторінка Entertainment веб-серверу

Другий сервер – Registration веб-сервер, створений для реєстрації нових користувачів у мережі. Для цього необхідно ввести [www.register.com](http://www.register.com) в пошукову стрічку браузера з планшета або мобільного пристрою (рис. 3.7). 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 аккаунту. Необхідно вигадати логін та пароль для майбутнього входу (рис. 3.8). Крім цього, Registration веб-сервер використовується як IoT віддалений сервер для конфігурування та управління пристроями, налаштувавши їх відповідним чином попередньо. (рис. 3.9). Для цього на вкладці Config у полі IoT сервер необхідно встановити [www.register.com](http://www.register.com) як Remote Server з відповідним логіном та паролем.

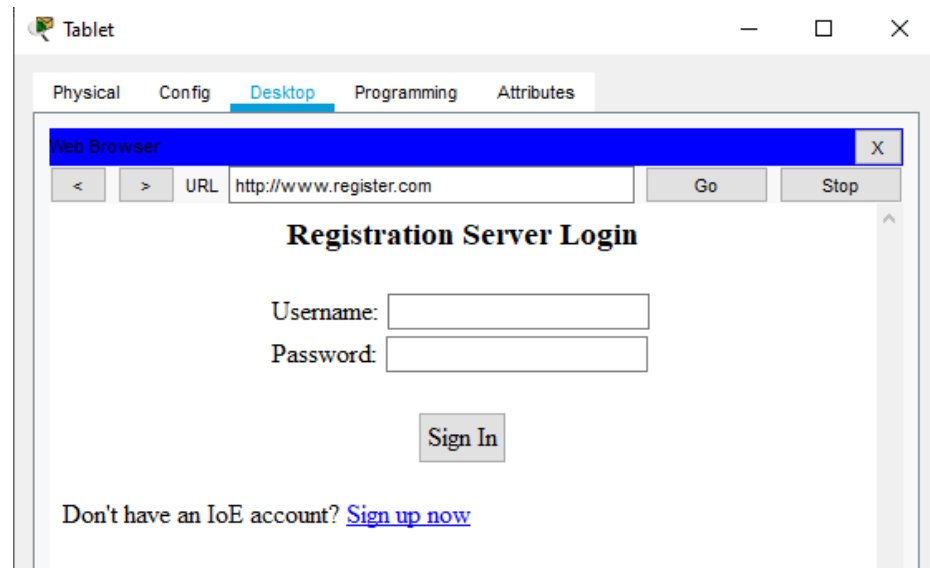


Рисунок 3.7 – Сторінка авторизації Registration веб-серверу

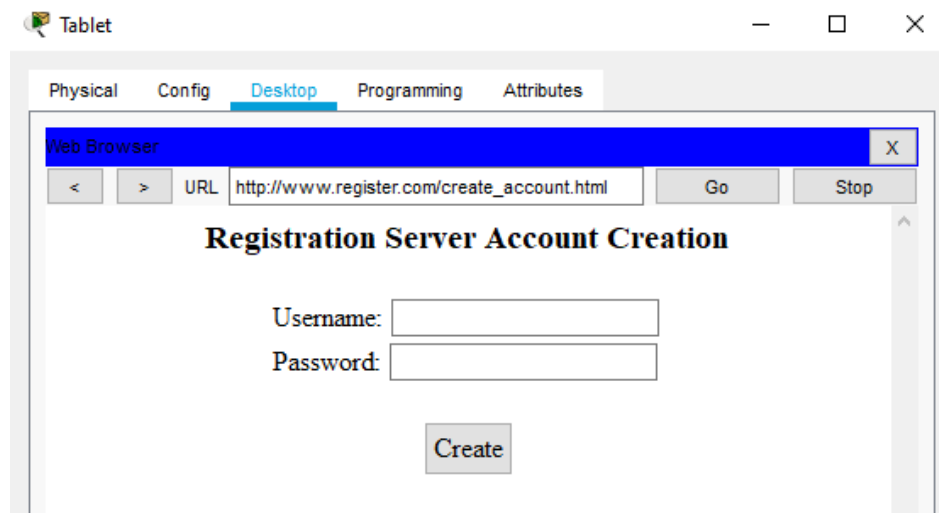


Рисунок 3.8 – HTTP сторінка створення нового акаунту

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 крос-овером, 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 витою парою.



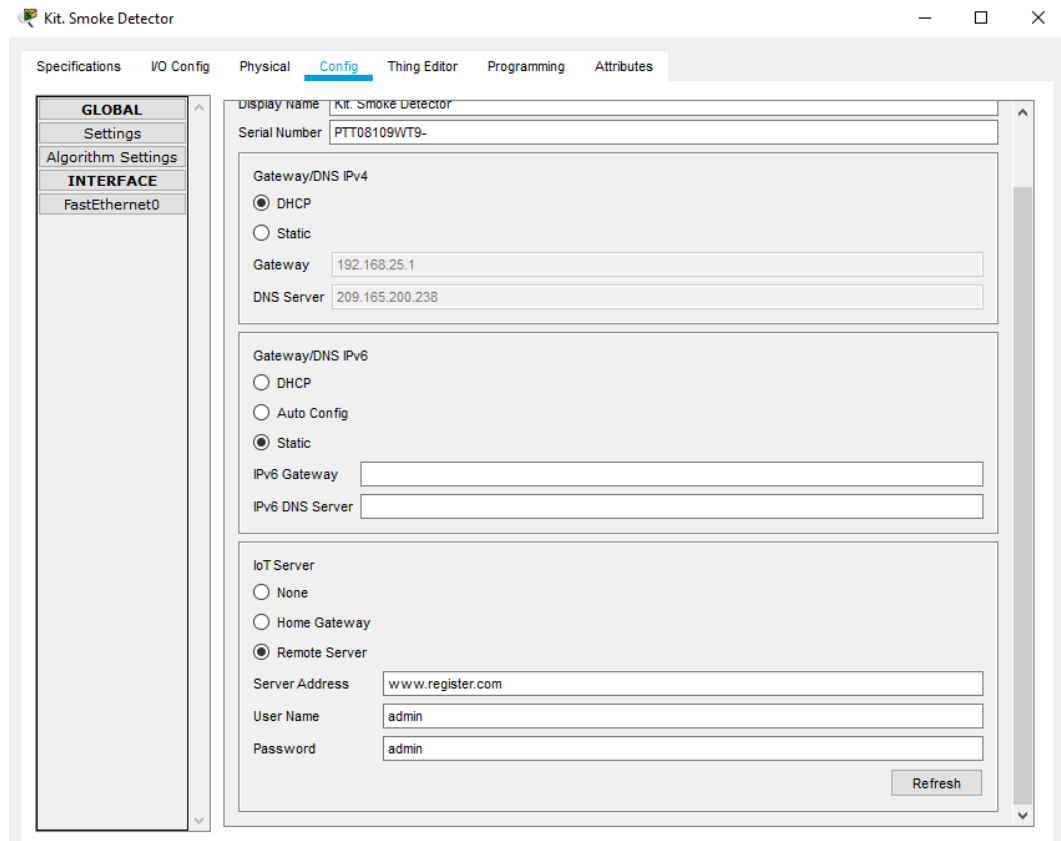


Рисунок 3.9 – Налаштування детектору диму, де Registration веб-сервер використовується як віддалений IoT сервер

У хмару ISP додані порти PT-Cloud-NM-1CFE та два порта PT-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 – 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 пароллю 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.

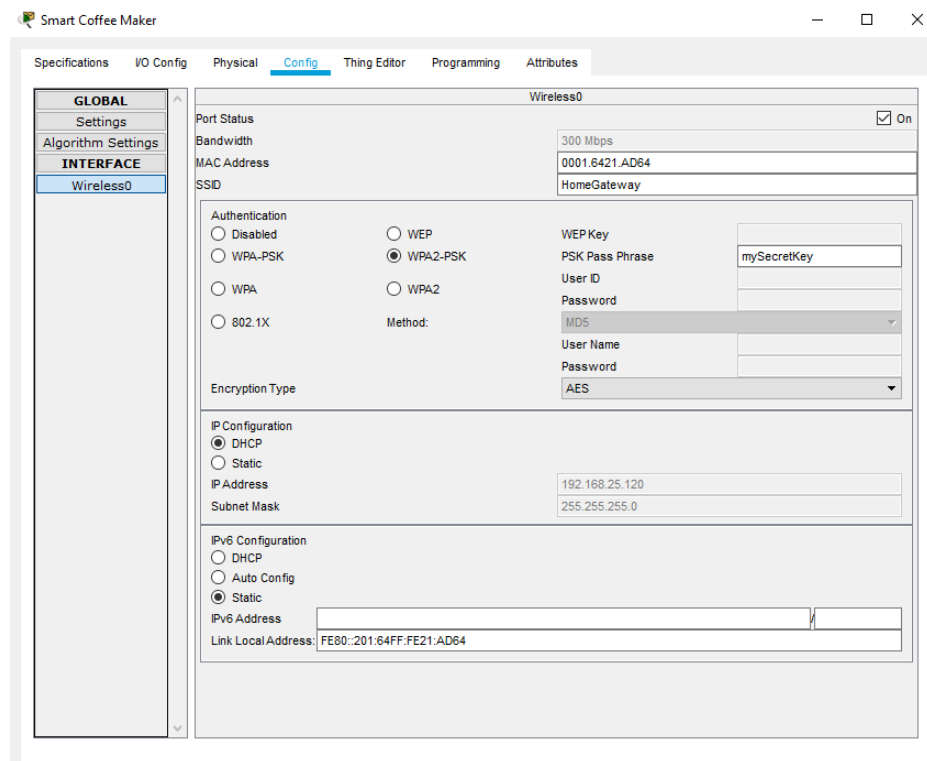


Рисунок 3.10 – Налаштування аутентифікації для віртуальної мережі  
Для моніторингу мережі через мобільні пристрої, на вкладці Desktop обрано веб-інтерфейс шлюзу. Вказано адресу серверу, логін та пароль для логіну. Вхід до екрану керування пристроями системи – рисунок 3.11, панель де можна вмикати/вимикати, контролювати налаштування, тощо (рис. 3.12).

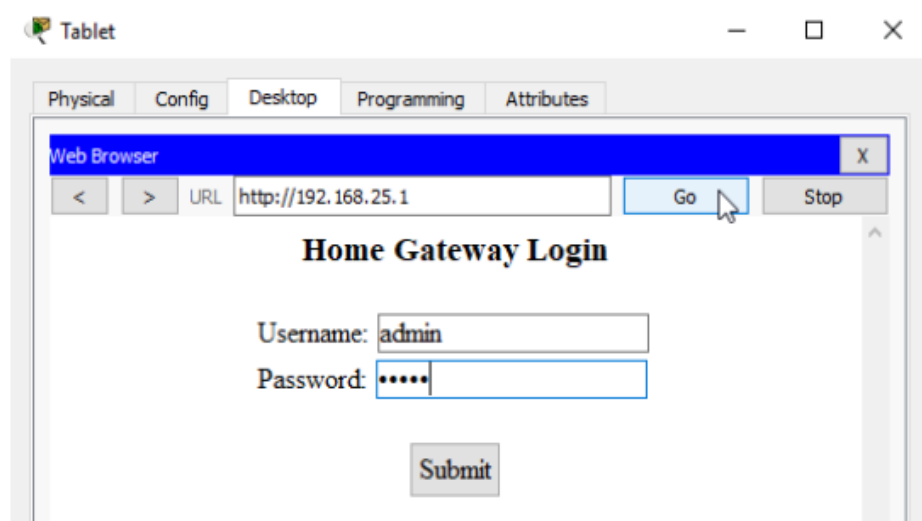


Рисунок 3.11 – Доступ до веб-інтерфейсу шлюзу через планшет

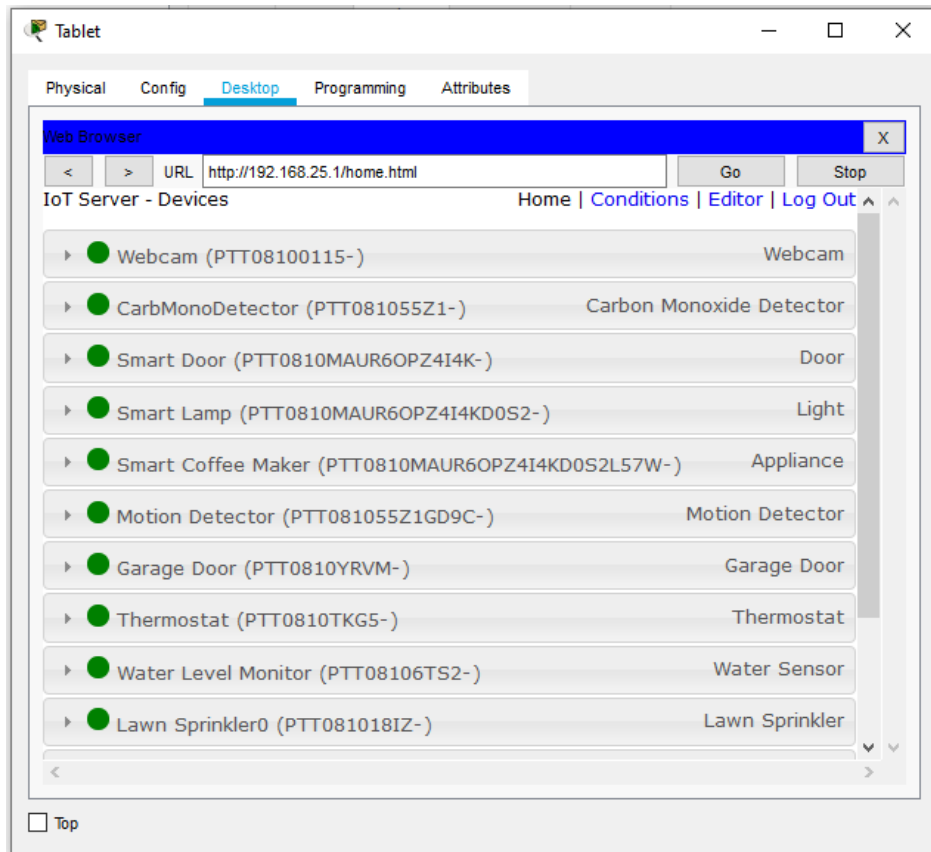


Рисунок 3.12 – Веб-інтерфейс планшету для керування інтелектуальною мережею

На рисунку 3.13 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.

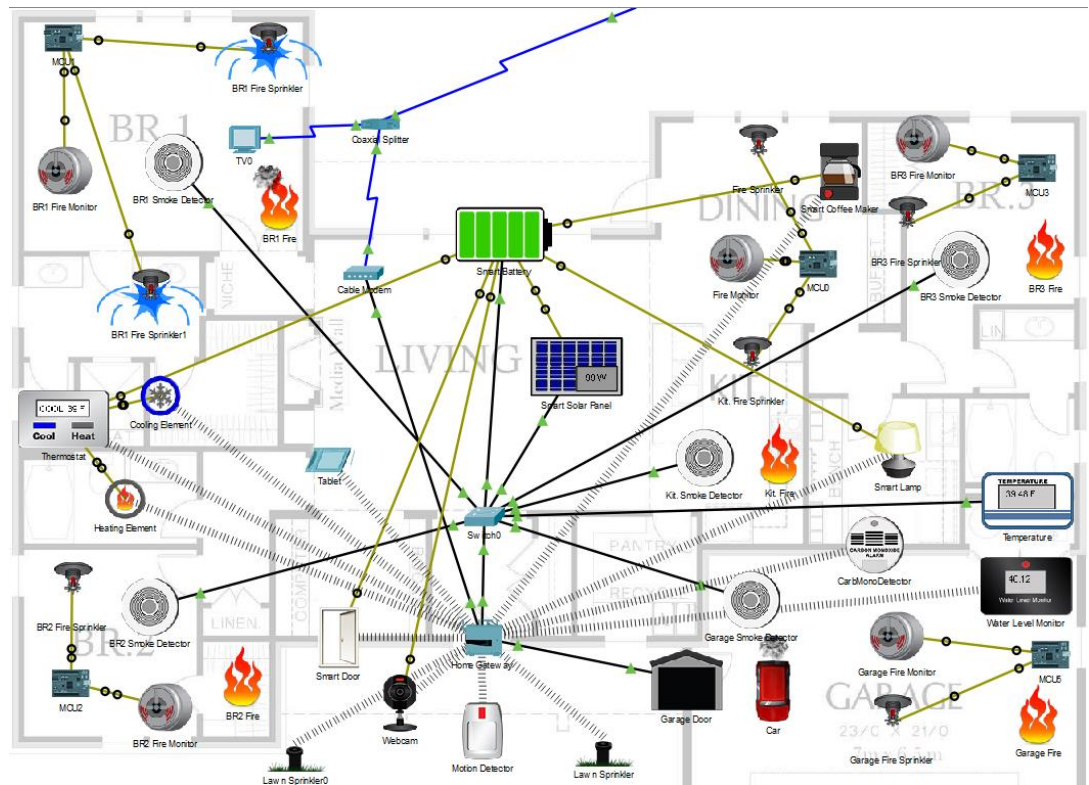


Рисунок 3.13 – Інтелектуальна мережа «розумного будинку»

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 смарт-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 7 дозволяє програмувати пристрої в залежності від бажань користувача. У даній роботі реалізовані і описані всі ці варіанти.

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 простий 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. 3.14.

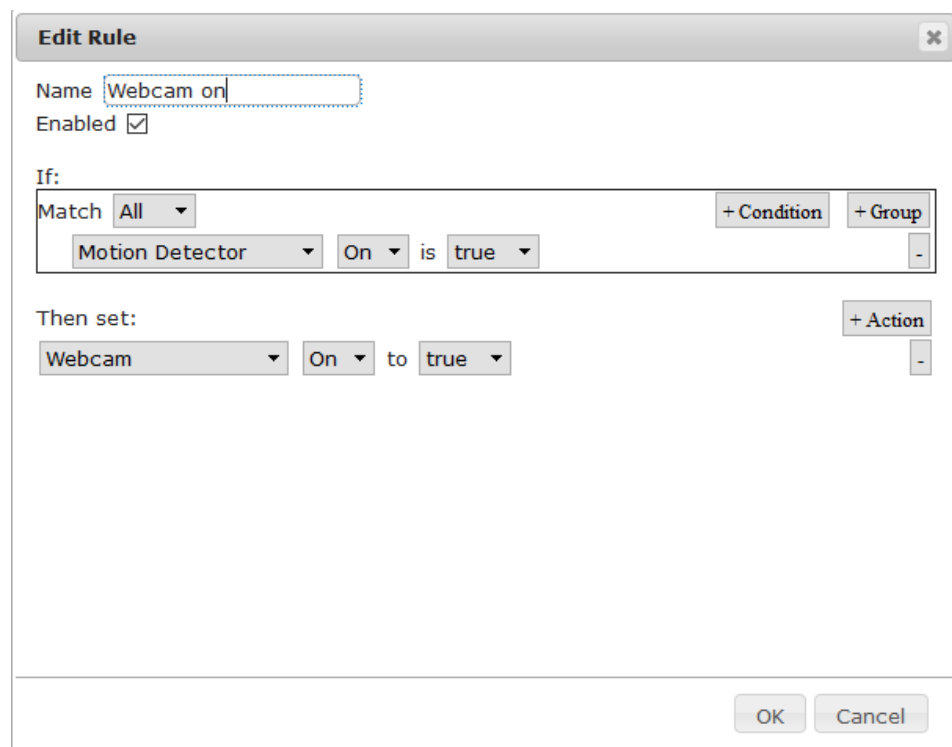


Рисунок 3.14 – Налаштування правил автовмикання веб-камери при активації детектору руху

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 3.15, 3.16 показано активний та пасивний стан інтерфейсів пристроїв. На рисунку 3.16 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.

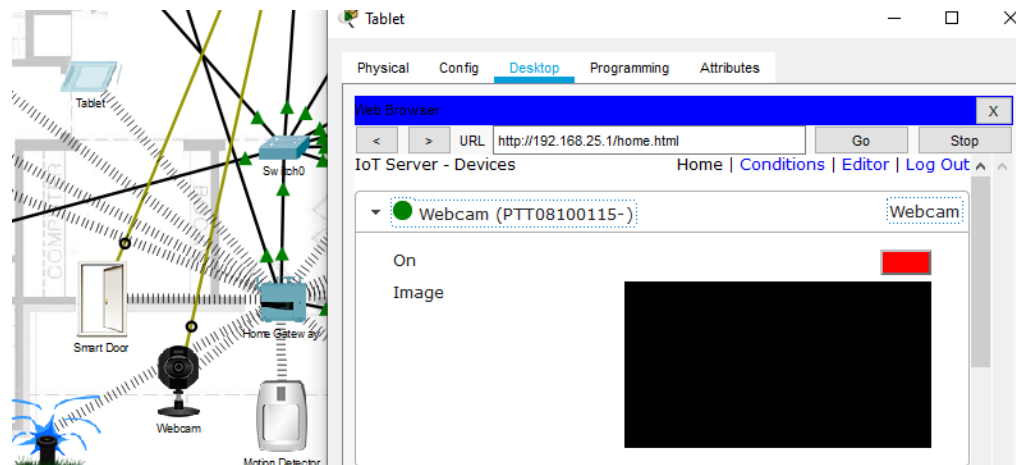


Рисунок 3.15 – Вимкнений детектор руху і камера спостереження

Відповідно, на рисунку 3.15 детектор руху вимкнений, та камера спостереження вимкнена. «Смарт-двері» відчинені.

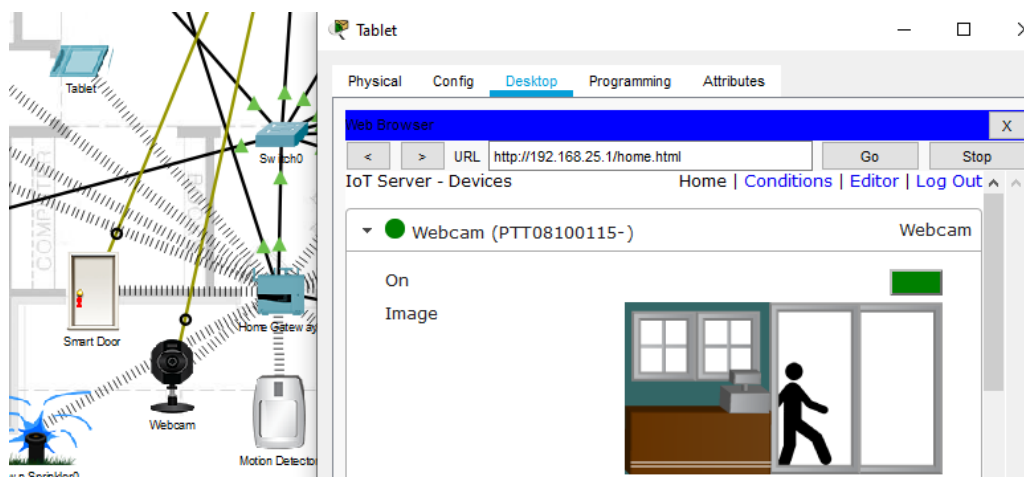


Рисунок 3.16 – Активація веб-камери і закриття дверей при активації детектору руху

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 3.18 – чадний газ підняв рівень на детекторі до 0,3 і ворота відчинились.

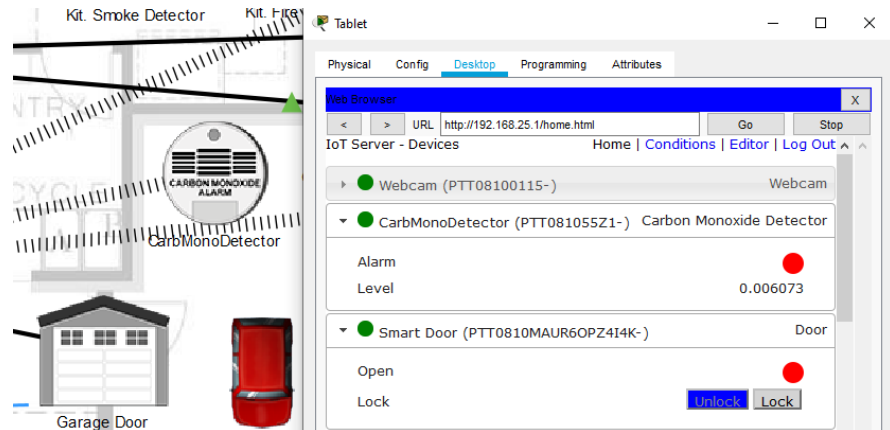


Рисунок 3.17 – Рівень чадного газу  $<0.2$ , двері гаражу зачинені

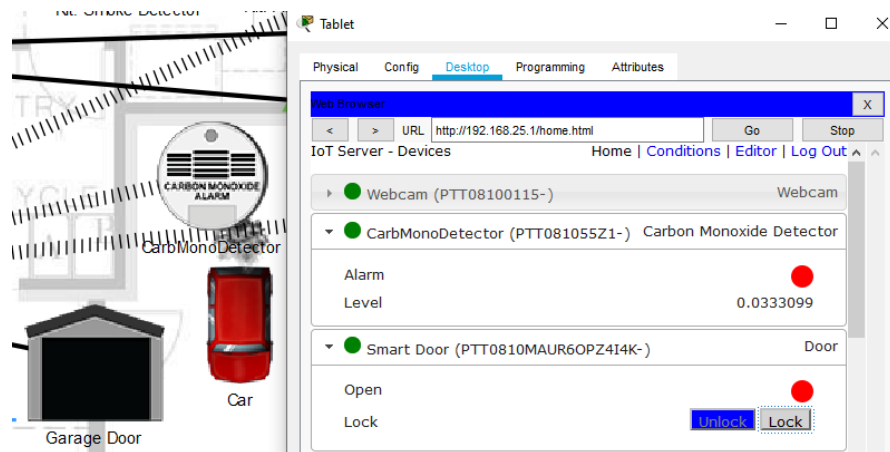


Рисунок 3.18 – Рівень чадного газу  $>0.2$ , двері гаражу відчинені

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. 3.19). 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 дверях. Швидкість заряду акумулятора відповідно змінюється (рис. 3.20).



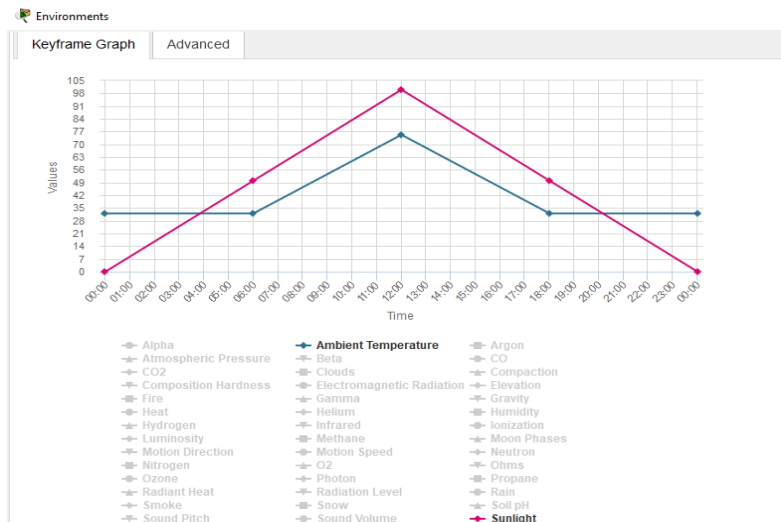


Рисунок 3.19 – Графік зміни температури та сонячного світла протягом доби

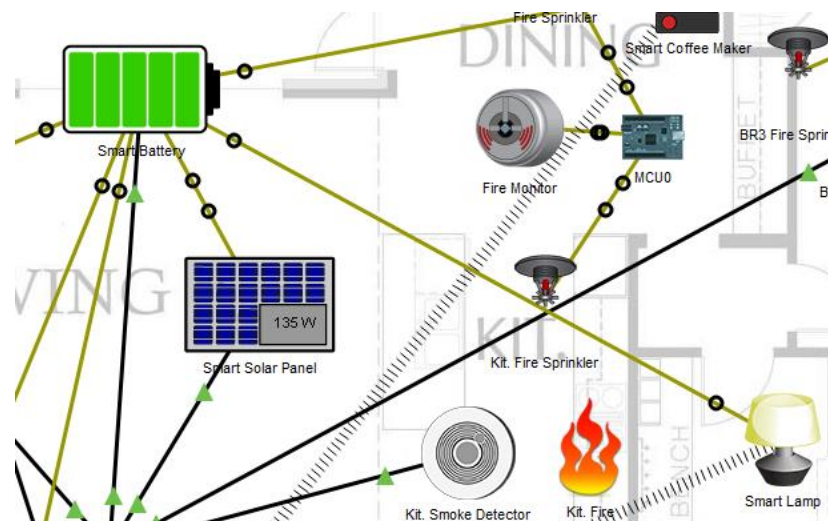


Рисунок 3.20 – Розподілення заряду на «розумні пристрої»

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. 3.21). Детектори диму та пожежі розміщені по всьому будинку, проте, при появі вогню вмикаються розприскувачі лише у потрібній кімнаті.

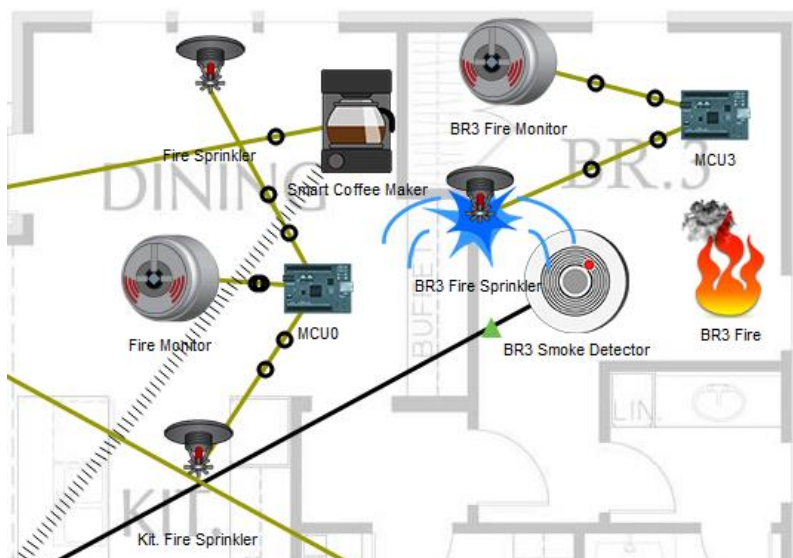


Рисунок 3.21 – Спрацювання пожежної безпеки

Розприскувачі води поза будинком (на ганку) та в будинку запрограмовані по-різному (рис.3.22). 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"> <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
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	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 3.22 – Правила ввімкнення розприскувачів води на ганку

Кавоварка та «смарт-світло» також запрограмовані на вмикання за певними правилами (рис. 3.23). 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 3.23 – 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

налаштування термостата через веб-інтерфейс (рис. 3.24) та вибір автоматичного режиму (рис. 3.25).

<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 3.24 – 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 3.19 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.

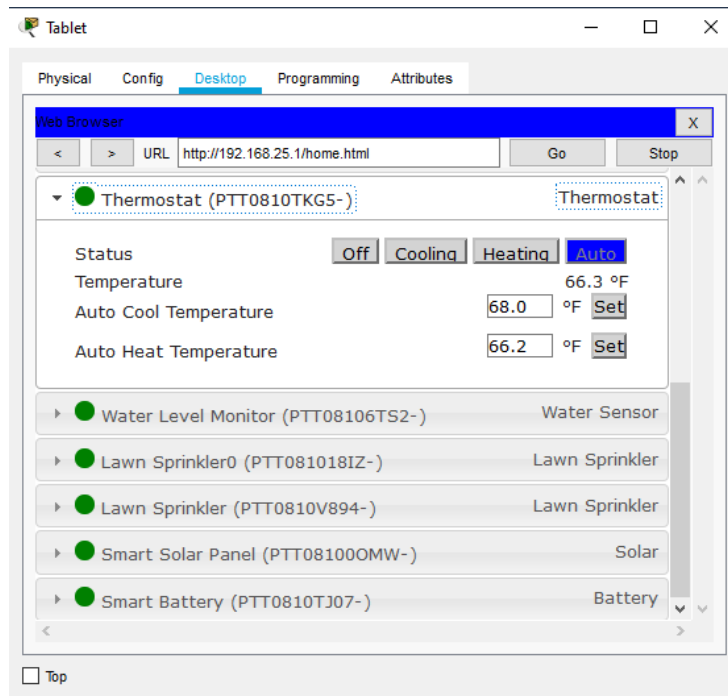


Рисунок 3.25 – Управління термостатом з веб-інтерфейса

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 Інтернет речей все частіше використовується для домашнього застосування. Традиційні та перевірені стандарти домашньої автоматизації, такі як KNX, інтегруються у все більше рішень. Інноваційні технології забезпечують комфортне та безпечне життя своїм власникам.

У ході дипломної роботи було отримано проект робочої інтелектуальної домашньої мережі «Smart House» у симуляторі Cisco Packet Tracer 7. Для проектування системи було використано бездротовий та дротовий зв'язок. Перевірено, що усі з'єднані пристрої доступні для керування та моніторингу через веб-інтерфейс кінцевих пристроїв, а саме: смартфонів та планшетів. Також налаштована внутрішня мережа Wi-Fi для планшета, та стільниковий зв'язок для смартфона. Реалізована можливість реєструвати нових користувачів в системі «розумного будинку» та конфігурувати нові правила взаємодії пристроїв віддалено, або безпосередньо знаходячись у будинку.

Наразі інтелектуальна система підтримує функції пожежогасіння у чотирьох кімнатах та в гаражі, альтернативне джерело живлення, 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 7. Власник такої системи отримує зручне і наочне управління, чітку взаємодію всіх інженерних систем та автоматичну адаптацію під господаря. Розроблена система є основою, здатною приймати трансформації та модернізації, щоб задовольнити сучасним потребам власника. Система має перспективу комерційної реалізації як бізнес-проекту, для отримання прибутку.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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-beingforced-into-botnet-slavery/>.
2. Cisco Networking Academy. Introduction to IoT [Електронний ресурс] / Cisco. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://1331758.netacad.com/courses/1012514>
3. Smart Home Statistics [Електронний ресурс] / Jaleesa Bustamante – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://ipropertymanagement.com/research/iot-statistics>
4. Євтух Б.В. «Система управління розумним домом. Підсистема забезпечення безпеки», [Електронний ресурс] /Євтух. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: [http://cad.kpi.ua/attachments/093\\_2015\\_%D0%B5%D0%B2%D1%82%D1%83%D1%85.pdf](http://cad.kpi.ua/attachments/093_2015_%D0%B5%D0%B2%D1%82%D1%83%D1%85.pdf)
5. Smart Home [Електронний ресурс] / James Chen – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-home.asp>
6. Fortune Business Insights [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/internet-of-things-iot-market-100307>
7. Протоколы умного дома: новейшие технологии для комфортной жизни [Електронний ресурс] – 2017 – Режим доступу до ресурсу: <https://techhouse.su/protokoly-umnogo-doma-novejshie-texnologii-dlya-komfortnojzhizni/>
8. Internet of Things In Smart Home [Електронний ресурс] – 2019 – Режим доступу до ресурсу: <https://scand.com/company/blog/internet-of-things-in-smart-home/>
9. Old versions of Cisco Packet Tracer - V7.1, v7.0, v6.3, v6.2 [Електронний ресурс]. – 2020 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.geekdashboard.com/cisco-packet-tracer-download/>

10. Конфігурація системи розумний дім [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://amperasmart.ru/article/>
11. Al-Qutayri, Mahmoud & Jeedella. Integrated Wireless Technologies for Smart Homes Applications [Електронний ресурс]. – 2010. – Режим доступу до ресурсу:  
[https://www.researchgate.net/publication/221907506\\_Integrated\\_Wireless\\_Technologies\\_for\\_Smart\\_Homes\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/221907506_Integrated_Wireless_Technologies_for_Smart_Homes_Applications)
12. Andrea Finardi. IoT simulations with Cisco Packet Tracer [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/150158/Andrea%20Finardi%20%20Master%20of%20Engineering%20%20Information%20technology.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
13. Розумний будинок — з чого він складається та чи потрібен вам [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу:  
<https://nachasi.com/2018/06/25/smart-house-faq/>
14. Как команда Ajax Systems создает охранные системы в Украине. И продала уже 1 млн устройств [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://ain.ua/2019/01/09/kak-rabotaet-ajax/>
15. Украинский стартап Ecoisme закрывается [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://ain.ua/2019/06/26/ecoisme-zakryvaetsya/>
16. Львівський стартап uMuni працює над системою енергозбереження, яка економить до 15% [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://ain.ua/2015/10/29/lvovskij-startap-umuni-rabotaet-nad-sistemoj-energoberezeniya-kotoraya-ekonomit-do-15/>
17. What is CLAP? Why is CLAP? / Official CLAP Company web-site [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://clap.ua/en>
18. 50 человек в команде и производство в Виннице. Как стартап CLAP создает в Украине отечественную систему «умного дома» / Вера Черныш. [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу:

<https://mc.today/50-chelovek-v-komande-i-proizvodstvo-v-vinnitse-kak-startap-clap-sozdaet-v-ukraine-otechestvennuyu-sistemu-umnogo-doma/>

19. Як працює система «розумного будинку» CLAP, яку встановлять у 20 тис. Квартир "Укрбуду" [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://abcnews.com.ua/ru/markets/kak-rabotaet-sistema-umnogo-doma-clap-kotoruiu-ustanoviat-v-20-tys-kvartir-ukrbuda>
20. Andrea Finardi. IoT simulations with Cisco Packet Tracer [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/150158/Andrea%20Finardi%20%20Master%20of%20Engineering%20%20Information%20technology.pdf?sequence=1&isAllowed=y>