

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА**  
**РОБОТА**

**на тему:**

**«Технологія Інтернету речей IT-системи «Розумний  
будинок»»**

**Завідувач**

**випускаючої кафедри**

**Довбиш А.С.**

**Керівник роботи**

**Великодний Д.В.**

**Студентки групи ІКм – 01**

**Вишневської Д.В.**

**СУМИ 2021**

Сумський державний університет

(назва вузу)

Факультет ЕЛІТ Кафедра Комп'ютерних наук

Спеціальність «122 -Комп'ютерні науки»

Затверджую:

зав.кафедрою \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТОВІ

*Вишневській Дар'ї Валеріївні*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Технологія Інтернету речей ІТ-системи «Розумний будинок»

затверджую наказом по інституту від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вхідні данні до проекту (роботи) \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)  
1) Огляд технологій Інтернету речей; 2) Огляд існуючих рішень на ринку; 3) Постановка і формування задачі дослідження; 4) Аналіз можливостей Cisco Packet Tracer та Arduino для моделювання системи «розумного будинку»; 5) Проектування системи у симуляторі та моделювання електронної моделі; 6) Тестування і аналіз результатів.

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

6. Консультанти до проекту (роботи), із значенням розділів проекту, що стосується їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання проекту (роботи)	Примітка
1.	Огляд технологій Інтернету речей		
2.	Постановка задачі та формування завдань дослідження		
3.	Аналіз можливостей Cisco Packet Tracer та Arduino для моделювання системи «розумного будинку»		
4.	Проектування системи у симуляторі та моделювання електронної моделі		
5.	Оформлення пояснювальної записки до кваліфікаційної магістерської роботи		

Студент – дипломник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

**Записка:** 62 стор., 28 рис., 8 таблиці, 1 додаток, 25 літературних джерел.

**Об'єкт дослідження** — технологія Інтернет речей

**Мета роботи** — створення та налаштування інтелектуальної мережі «розумний будинок» у програмі Cisco Packet Tracer 7, за побудованною схемою програмування електронної моделі «розумного будинку» на основі плати Arduino.

**Результати** — проведений аналіз концепції технології Інтернету речей. Досліджено принципи проектування інтелектуальної мережі розумного будинку. Розглянуто застосування інтелектуальних пристроїв та датчиків у різних аспектах життя. Проаналізовано ринок Інтернету речей, а також опитування серед кінцевих користувачів або потенційних користувачів системи розумного будинку. Створено схему інтелектуальної мережі розумного будинку у симуляторі Cisco Packet Tracer. Запрограмований мікроконтроллер Arduino ATmega2560. На основі схеми у Packet Tracer та налаштовано електронну модель розумного будинку на основі плати Arduino. Використані датчики загазованності, вологи, реле для підключення освітлення та системи вентиляції, датчик руху та відкриття дверей. Передбачено використання сигналізації та сповіщення господаря через SMS з використанням GSM модуля. Результуючий проект протестований, підтверджена легкість у користуванні та коректне виконання запрограмованих сценаріїв датчиками.

INTERNET OF THINGS, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, CISCO PACKET  
TRACER, ARDUINO, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ,  
МІКРОКОНТРОЛЛЕР, SMART HOUSE

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ</b> .....	7
1.1 Огляд технології Інтернету речей .....	7
1.2 Огляд існуючих рішень .....	22
1.3 Постановка задачі роботи .....	25
<b>2 ВИБІР МЕТОДУ РІШЕННЯ</b> .....	27
2.1. Cisco Packet Tracer 7 для створення ІТ-систем розумного будинку .....	27
2.2. «Розумний будинок» на основі Arduino .....	32
<b>3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ</b> .....	36
3.1. Проект системи Розумного будинку у симуляторі Cisco Packet Tracer .....	36
3.2. Електронна модель системи Розумного будинку на Arduino .....	40
3.3. Програмна реалізація і тестування .....	47
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	55
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	56
<b>ДОДАТКИ</b> .....	60
Додаток А. Лістинг коду для мікроконтролера Ардуіно АТmega2560 .....	60

## ВСТУП

Розумний будинок зараз є актуальною сферою інтересів і досліджень. Оскільки Інтернет є важливою частиною широкого спілкування в сучасному житті, Інтернет речей дозволив будинкам вийти за межі в будівництві до створення інтерактивних будинків. У багатьох сферах людського життя Інтернет речей зріс у геометричній прогресії, включаючи моніторинг екологічних факторів, керування домом, безпекою, його приладами та зберігання даних, створених домашніми пристроями у хмарі. Розумний дім включає в себе безліч компонентів, технологій і пристроїв, які генерують цінні дані для прогнозування діяльності в домі та в навколишньому середовищі.

Актуальність даної теми, полягає у бажанні людини, фінансових та технічних можливостях придбати та встановити у себе систему «Розумного будинку» у тій чи іншій комплектації. На сам перед завдяки тим перевагам, які люди отримують, коли починають користуватись системою: економія ресурсів, автоматизація рутинної роботи, створення більш безпечного середовища, можливість у будь-який час та у будь-якому місці де є можливість підключення до Інтернету зв'язатись та отримати достовірну інформацію щодо реального стану речей, зрозуміла система керування для будь-якого користувача смартфонів.

Розробки таких інтелектуальних систем створюють сприятливі умови для розвитку не тільки нових технологій, а і для малого та середнього бізнесу по їх впровадженню та обслуговуванню, сприяють створенню нових робочих місць де працівники отримують високу заробітну плату та платять податки, тим самим покращуючи економічну ситуацію в країні в цілому. Користувачі отримують більш комфортні, контрольовані та безпечні умови життя, економлячи свій найголовніший ресурс – час, тим самим надаючи поштовх для подальшого розвитку сфер застосування Інтернету речей в тому числі систем «Розумного будинку».

# 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ

## 1.1 Огляд технології Інтернету речей

З часом житло людини розвивалося, стаючи все більш комфортним, безпечним та зручним. Форма будинку змінювалася протягом століть, культурних революцій та кліматичних змін. Люди розділили свої будинки на кімнати, призначені для сну, приготування їжі, роботи, дітей, санітарних потреб, складування тощо. Наше століття дає людству одну з найсильніших технологічних можливостей, яку активно впроваджують в будинки. Вхід до будинку захищений кількома засобами: камери, електронні та механічні замки, сигналізації та інше. Для захисту будинків від небажаного доступу застосовуються різні системи безпеки. Деякі моделі також дозволяють здійснювати відеодзвінки, щоб здійснити візуальну перевірку. У коридорах та холах встановлено пульти керування, де господар може поставити на будівлю під охорону, контролювати кондиціонування, електрику та керувати системою життєзабезпечення будинку. У складських приміщеннях встановлено кондиціонування, щоб підтримувати продукти свіжими або просто уникнути грибка чи інших біологічних загроз. Кухня наповнена різноманітною електронікою, яка підтримує господаря під час приготування їжі, прання і таке інше. Такі високотехнологічні досягнення допомагають людині керувати процесами у будинку, а також займатися власними справами, в той час як рутинна робота виконується автоматично. Ванна кімната і вбиральня тепер допомагають підтримувати необхідний рівень теплої води, вчасно прати та сушити білизну. Кімнати та офіси оснащені більш сучасною та складною електронікою. Зараз ноутбук або настільний комп'ютер – це частина стандартного обладнання, яке використовується для роботи, спілкування та розваг. Люди купують товари через Інтернет-сервіси, які скорочують час і допомагають тримати всі фінанси під контролем. Пристрої зберігають інформацію та дані. З розробкою

сучасного телевізора, телефону та кількох голосових помічників відкриваються нові можливості. Тепер людина може переглядати інформацію не лише на комп'ютері, а і на смарт-телевізорі та на мобільному телефоні, які мають таку ж потужність, як нині комп'ютери. Вони роблять зв'язок і, отже, спілкування є дуже простим, і тепер кожен може зателефонувати рідним і друзям або отримати допомогу миттєво. Технологія прийшла навіть у спальні та дитячі кімнати. Люди розмістили там регулятори температури, зволожувачі, детектори вуглекислого газу, голосові помічники та інші датчики. Усі вони допомагають піклуватися про родину та попереджають у разі небезпеки. Технологія прийшла в будинки назавжди. А останні роки принесли величезний розвиток в будинках. На разі стандарт Інтернету речей (IoT) переважає в електронних пристроях, які розроблені для забезпечення підключення до Інтернету та різноманітних варіантів керування через Wi-Fi, Bluetooth, радіочастотну ідентифікацію (RFID), локальну мережу (LAN) та багато інших протоколів маршрутизації [1]. Усі вони доступні не тільки в комп'ютерах, а й у телевізорах, мобільних телефонах, пральних машинах, холодильниках, кавоварках, кондиціонерах, обігрівачах та будь-якому обладнанні, яке може працювати з датчиками. Тому можна спостерігати тенденцію до розгалужених технологій, які підтримують людину у більшості дій вдома, перетворюючи його звичайний дім на розумний.

Інтернет речей (IoT) - це нова парадигма, яка дозволяє спілкуватися електронним пристроям та датчикам через Інтернет, щоб полегшити людське життя. Інтернет речей використовує «розумні» пристрої для надання інноваційних рішень для різних викликів та питань, пов'язаних з бізнесом, державними та приватними галузями у всьому світі [1]. Інтернет речей поступово стає важливим аспектом життя, який можна відчувати всюди. В цілому, Інтернет речей - це інновація, яка об'єднує величезну різноманітність «розумних» систем, фреймворків, інтелектуальних пристроїв та датчиків.



Велику трансформацію можна спостерігати у повсякденному житті людини разом із збільшенням участі пристроїв та технологій Інтернету речей. Однією з таких розробок Інтернету речей є концепція систем розумного будинку (SHS) та побутової техніки, що складається з «розумних» пристроїв під'єднаних до Інтернету, системи автоматизації будинків, надійної системи управління енергією і так далі [2].

Крім того, ще одним важливим досягненням Інтернету речей є система Smart Health Sensing (SHSS). SHSS включає в себе невелике інтелектуальне обладнання та пристрої для підтримки здоров'я людини. Ці пристрої можна використовувати як у приміщенні, так і на вулиці для перевірки та моніторингу різних проблем зі здоров'ям та рівня фізичної підготовки чи кількості калорій, спалених у фітнес-центрі, тощо. Також вони використовуються для моніторингу критичних станів здоров'я в лікарнях та травматологічних центрах. Таким чином, Інтернет речей змінює весь сценарій медичної сфери, полегшуючи його за допомогою високих технологій та розумних пристроїв [3, 4]. Крім того, розробники та дослідники Інтернету речей активно залучаються до покращення способу життя людей з обмеженими можливостями та людей старшого віку. Інтернет речей продемонстрував значні результати в цій сфері і дав новий напрямок для нормального та повноцінного життя таких людей. Оскільки ці пристрої та обладнання є дуже економічно ефективними з точки зору вартості розробки та легко доступними в межах цінового діапазону, більшість людей користується ними вже зараз [5]. Завдяки Інтернету речей, вони можуть жити більш комфортним життям.

Ще один важливий аспект людського життя – транспорт. Інтернет речей запровадив деякі нові досягнення, щоб зробити транспорт більш ефективним, зручним і надійним. Інтелектуальні датчики, безпілотні пристрої зараз контролюють рух на різних перехрестях у великих містах. Крім того, на ринках

запускаються транспортні засоби з попередньо встановленими датчиками, які здатні визначати майбутні великі затори на карті та можуть запропонувати вам інший маршрут із низьким рівнем заторів [6]. Тому Інтернет речей має багатий позитивний вплив на різні аспекти життя та на розвиток технологій.

Інтернет речей також показав свою важливість та потенціал для економічного та промислового впливу для зростання розвиваючихся регіонів. Однак безпека даних та інформації є важливою проблемою та серйозним складним питанням що потребує негайного вирішення в масштабах всіх країн [5]. Інтернет є найбільшою загрозою інформаційній безпеці та кібератакам, відкриваючи «хакерам» різні двері та роблячи дані та інформацію незахищеними. Однак Інтернет речей прагне надати найкращі можливі рішення для вирішення питань безпеки даних та інформації у світовому масштабі. Отже, найважливішою проблемою Інтернету речей у торгівлі та економіці є безпека. Тому розробка безпечного шляху до співпраці між соціальними мережами та проблеми конфіденційності є гарячою темою в IoT, і розробники наполегливо працюють над цим.

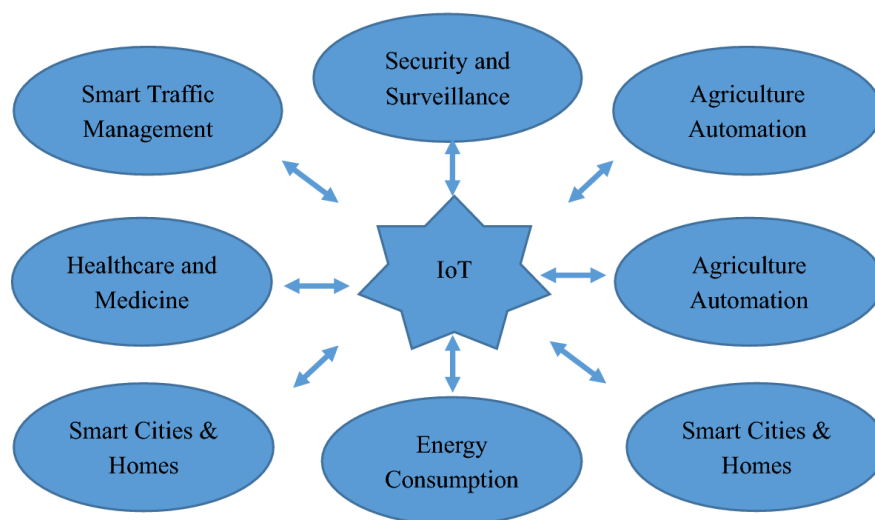


Рисунок 1.1 – Потенційні області застосування Інтернету речей

Інтернет речей має багатопрофільне застосування, для забезпечення користі у кількох сферах, таких як екологічна, промислова, державна, приватна, медична,

транспортна тощо. Потенціал і потужність Інтернету речей можна побачити в кількох прикладних областях. Рисунок 1.1 ілюструє декілька областей застосування потенціалів Інтернету речей. А саме: сферу безпеки, автоматизацію сільського господарства, розумні будинки та міста, оптимізація енергозабезпечення, розумні транспортні засоби та інфраструктура доріг, медицина та забезпечення здоров'я людини та інші.

Рисунок 1.2 ілюструє глобальну частку ринку IoT проектів у всьому світі [7]. Очевидно, що промислові, будівельні та енергоефективні проекти мають велику частку ринку в порівнянні з іншими.

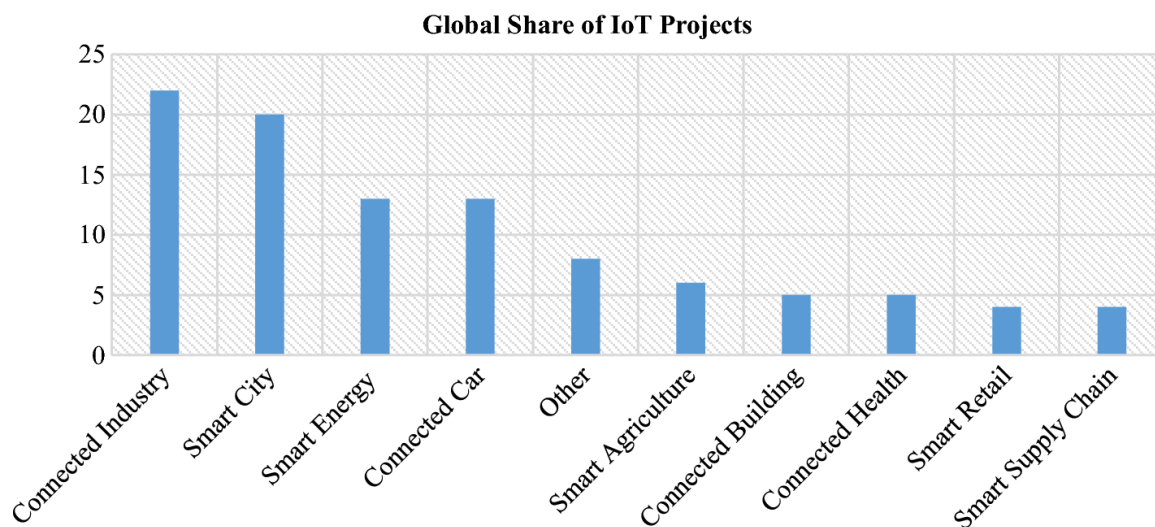


Рисунок 1.2 – Глобальна частка проектів Інтернету речей у світі

Розумне місто - одна з нових галузей застосування Інтернету речей, яка також включає в себе створення розумних будинків. Розумний будинок складається з побутової техніки з підтримкою Інтернету речей, системи кондиціонування, опалення, телевізора, пристроїв потокового передавання аудіо/відео та систем безпеки, які спілкуються між собою з метою забезпечення найкращого комфорту, безпеки та зменшення споживання енергії. [8] Все це спілкування відбувається через центральний блок управління на основі технології Інтернету речей. Концепція розумного міста набула популярності в останнє десятиліття і залучила

багато дослідницької діяльності. [9] Економіка «розумного домашнього бізнесу» збирається подолати планку в 100 мільярдів доларів до 2022 року [10]. Розумний будинок не тільки забезпечує домашній затишок, але і приносить власнику будинку скорочення витрат у кількох аспектах, наприклад, низьке споживання енергії призведе до порівняно нижчого рахунку за електроенергію.

Крім розумних будинків, іншою категорією, що входить до складу розумного міста, є розумні транспортні засоби. Сучасні автомобілі оснащені інтелектуальними пристроями та датчиками, які керують більшістю компонентів від фар автомобіля до двигуна [11]. Інтернет речей прагне розробити нові системи розумних автомобілів, які включають бездротовий зв'язок між автомобілем та автомобілем, автомобілем та водієм, щоб забезпечити прогнозоване обслуговування з комфортним і безпечним водінням [12]. Дослідники застосували практичний аналіз для оцінки цих домашніх технологій, які б надавали різноманітні послуги мешканцям. Нижче розглянуті деякі основні функції розумного будинку:

1. Розумний будинок має потенціал для покращення взаємодії споживача та електромережі. Він допомагає збирати дані про споживання електроенергії, витрати на енергію та складати план використання енергії. Розумні будинки також здійснюють моніторинг ефективного використання ресурсів та сприяють поінформованості родини про збереження енергії та екологічну стійкість.

2. Розумний дім може покращити спосіб життя, підвищуючи безпеку будинку, зручність в управлінні та інтерактивність.

3. Розумний будинок може підтримувати дистанційну оплату за комунальні послуги або місячну орендну плату.

4. Розумні будинки можуть використовувати комп'ютер, мобільний телефон, планшет, віддалену мережу для моніторингу та зв'язку з будинком.

Сучасна людина потребує сучасних умов для свого комфортного існування .

Розумний будинок їй в цьому всіляко сприяє: дозволяє скоротити не тільки грошові витрати на утримання будинку, а ще скоротити час на його обслуговування, створити безпечні та більш зручні умови для проживання, вивільнити час, що є одним з найцінніших ресурсів сьогодення, на інші, більш важливі потреби людини.

Особисті думки та почуття людей, які є потенційними кінцевими користувачами Інтернету речей та його додатків є важливою сферою дослідження, тому у Міському університеті Гонконгу було проведено наступне дослідження корисності та проблем із застосуванням розумного дому з точки зору кінцевого користувача [13]. У цьому дослідженні думки 248 людей з Європи та Азії були зібрані шляхом інтерв'ю та Інтернет-опитування. Основна увага була спрямована на пошук відповідей на такі питання:

1) Чи респонденти вже знайомі з розумними будинками та програмами для розумного дому?

2) Чи вважають респонденти, що програми розумного дому були б корисними в їхньому житті?

3) Чи є якісь занепокоєння щодо конфіденційності чи занепокоєння щодо практичності, вартості чи надійності технології, що використовується в цих програмах?

Усі дані для цього дослідження були зібрані протягом червня-серпня 2019 року. У першій частині цього дослідження було опитано 95 осіб, а в таблиці 1.1 наведено більше інформації про відповідачів. Люди різного віку, статі та професії були обрані з Європи (50 осіб, усі з Фінляндії) та з Азії (45 осіб, усі з Гонконгу та материкового Китаю). Особисті інтерв'ю відбувалися або на робочому місці для відповідачів, або в нейтральному громадському місці. Деякі інтерв'ю проводилися за допомогою приватних електронних листів між дослідником і відповіддю. Таким чином, усі ці інтерв'ю мали більшу гнучкість, ніж анонімна газета або Інтернет-опитування, оскільки і дослідник, і відповідач мали змогу попросити

роз'яснення. Однак особисті інтерв'ю займають досить багато часу, тому потрібен був більш ефективний метод збору даних.

		Інтернет-опитування			Інтерв'ю		
		Азія	Європа	Разом	Азія	Європа	Разом
Разом		103	50	153	45	50	95
Стать	Чоловіки	50	26	76	25	29	54
	Жінки	53	24	77	20	21	41
Вік	18-25	74	18	92	30	23	53
	26-35	20	25	45	15	13	28
	36-45	3	4	7	0	6	6
	46-55	6	1	7	0	6	6
	>55	0	2	2	0	2	2

Таблиця 1.1 Інформація про учасників опитування

Другою частиною цього дослідження було Інтернет-опитування, де було зібрано 153 відповіді, знову ж таки від людей різного віку, обох статей та різної професії (також показано в табл. 1.1). Було 50 людей з Європи (з Фінляндії, Швеції, Португалії, Німеччини, Італії, Болгарії, Норвегії, Росії, Словенії, Великобританії, Іспанії та Франції) та 103 з Азії (з материкового Китаю, Гонконгу, Ірану, Індії, Корея та Афганістан). Інтерв'ю склалися з таких питань:

1а) Ви вже чули про розумні будинки? (Так\ні)

1б) Що ви чули про них? Що ви знаєте про розумні будинки?

1с) Чи хотіли б ви жити в розумному домі? (Так\ні)

2) Які програми розумного дому цікавлять вас чи ваших друзів/сім'ю?

3) Які ваші основні турботи щодо розумних будинків, якщо такі є?

4) Коли, на вашу думку, розумні будинки стануть частиною нашого повсякденного життя?

Інтернет-опитування охоплює всі запитання з інтерв'ю та наступне додаткове запитання:

5а) Чи дозволите ви своєму розумному дому записувати особисту

інформацію людей, коли вони входять до дому? (Так\ні)

5b) Чи дозволите ви своєму розумному дому записувати ваше переміщення по дому? (Так\ні)

5c) Чи дозволите ви своєму розумному дому реєструвати стан вашого будинку? (Так\ні)

5d) Чи дозволите ви своєму розумному дому реєструвати ваш особистий стан здоров'я? (Так\ні)

Також: наскільки б ви турбувалися про свою особисту конфіденційність у наведених вище ситуаціях 5(a) - 5(d)? (Шкала: 1 - 5; 1 = зовсім не хвилююсь, 5 = дуже хвилююсь). Усі приклади отриманих коментарів представлені нижче у вигляді прямих цитат, а їх текст виділено курсивом.

Ви вже чули про розумні будинки?		
Інтерв'ю		
	Азія	Європа
Так	76%	64%
Ні	24%	36%
Інтернет-опитування		
	Азія	Європа
Так	74%	88%
Ні	26%	12%
Чи хотіли б ви жити в розумному домі?		
Інтерв'ю		
	Азія	Європа
Так	82%	74%
Ні	12%	26%
Інтернет-опитування		
	Азія	Європа
Так	86%	92%
Ні	14%	8%

Таблиця 1.2 Відповіді на запитання 1(a) та 1(c) про розумні будинки

Як видно з табл.1.2 76% азіатських і 64% європейських відповідачів в інтерв'ю були знайомі з розумними будинками. Відсотки становили 74% (азіати) і 88% (європейці) в Інтернет-опитуванні. Існує значна різниця між результатами

інтерв'ю та Інтернет-опитування у випадку європейських відповідачів. Частково це можна пояснити тим, що всі респонденти в інтерв'ю були з Фінляндії, тоді як в Інтернет-опитуванні були відповіді з кількох європейських країн. Таким чином, одним з обмежень у використанні результатів інтерв'ю в цьому дослідженні є те, що люди з Фінляндії та Китаю недостатньо репрезентативні, щоб відображати ставлення європейців та азіатів відповідно. Однак, також той факт, що респонденти Інтернет-опитування, ймовірно, більше знайомі з новими технологіями в цілому, можливо, вплинули на результати. Відсотки азіатських відповідачів були подібними в інтерв'ю та в Інтернет-опитуванні також із запитанням 1(с), де 82% (інтерв'ю) та 86% (інтернет-опитування) відповіли, що готові жити у розумному домі.

Знову ж таки, була різниця у відповідях з Європи: 74% (інтерв'ю) та 92% (інтернет-опитування) були готові жити в розумному домі. Проте, згідно з цими результатами, у всіх випадках більшість респондентів виявили бажання жити в розумному домі. Нижче наведено приклади різноманітних коментарів про те, що люди чули або що вони знають про розумні будинки: *«Додаток для керування всім; автоматичний кондиціонер, освітлення, опалення; контроль звуку для освітлення; холодильники можуть замовляти їжу автоматично; автоматичний контроль споживання електроенергії; замок будинку і сигналізація; бездротовий детектор для виявлення тих, хто знаходиться у вашому домі; iPad може керувати домашніми програмами; сонячна енергетична покрівля; побутова техніка підключена до бездротової мережі; автоматично повідомляти вам, що ввімкнено/вимкнено по телефону».*

Найбільш часто згадуваними програмами були автоматичне опалення та керування блискавкою, а також кілька разів згадувався автоматичний холодильник. Деякі з відповідачів з Фінляндії згадали розумну або автоматичну сауну. У коментарях було зазначено, що в сучасних будинках вже може бути встановлене



розумне обладнання, а отже, реалізувати розумний дім має бути легко. Проте було також прокоментовано, що інтеграція таких розумних додатків до існуючих будинків може бути складною та дорогою. У деяких коментарях вся концепція була піддана сумніву і, наприклад, стверджувалося, що розумні будинки — це *«тільки те, що бачать у фільмах»*. Багато людей також коментували, що, хоча вони чули про розумні будинки, вони насправді не знають, якими будуть розумні будинки в реальному житті та чого вони можуть очікувати та вимагати від майбутніх розумних додатків вдома. Таким чином, програми для розумного дому в цьому дослідженні були обрані з різноманітних сфер повсякденного життя. У таблиці 1.3 представлено, які програми розумного дому цікавили відповідачів. Багато людей вибрали більше ніж одну програму, і всі програми викликали певний інтерес. Однак у коментарях, наприклад, зазначалося, що люди *«живуть нормально без цих нових програм»*. Ці коментарі відповідають раніше згаданим результатам, досягнутим у [3]. Як бачимо, одну програму не можна назвати найпопулярнішою, хоча, наприклад, контроль температури та вологості, систему безпеки можна вважати цікавими серед усіх відповідачів. У майбутньому важливо вивчати думки та інтереси людей, що застосовуються за допомогою додатків, а також емпіричні дослідження користувачів можуть бути цінними.

	2. Які програми розумного дому цікавлять вас чи ваших друзів/сім'ю?			
	Інтерв'ю		Інтернет-опитування	
	Азія	Європа	Азія	Європа
Контроль безпеки	56%	40%	44%	14%
Контроль температури та вологості	49%	52%	65%	11%
Розумне освітлення	51%	36%	69%	10%
Домашня розважальна система	38%	26%	57%	11%
Система управління подвір'ям	31%	14%	39%	4%
Розумне прибирання	53%	50%	75%	11%
Система догляду за дітьми	42%	20%	74%	7%
Система догляду за інвалідами	40%	12%	29%	2%
Система енергоменеджменту	47%	40%	69%	11%
Система управління вікнами та шторами	22%	18%	56%	8%
Система годування домашніх тварин	7%	16%	33%	5%

Таблиця 1.3 Відповіді на запитання 2 про розумні будинки

У даному дослідженні азіатські респонденти більше цікавилися різними програмами для розумного дому, ніж ті, хто відповідав з Європи. Відповіді на запитання про основні проблеми, пов'язані з розумними будинками, можна побачити в таблиці 1.4. Загалом, азіатці хвилювалися більше, ніж вихідці з Європи; відсотки вищі в усіх варіантах (індивідуальна конфіденційність, надійність технології, практичність і вартість), і однаковий результат був досягнутий як в Інтернет-опитуванні, так і в інтерв'ю. Також у попередньому дослідженні про універсальні додатки ІОТ відповідачів з Фінляндії менше хвилювала особиста конфіденційність у ІОТ, ніж відповідачів з Китаю [14]. Серед азіатських відповідачів найбільшим занепокоєнням можна назвати вартість, хоча й інші відсотки були досить високими. У європейських інтерв'ю (люди з Фінляндії) безсумнівно, головним занепокоєнням була вартість. Однак серед європейських відповідачів інтернет-опитування немає жодного серйозного занепокоєння.

<b>3. Які ваші основні турботи щодо розумних будинків, якщо такі є?</b>				
	<b>Інтерв'ю</b>		<b>Інтернет-опитування</b>	
	<b>Азія</b>	<b>Європа</b>	<b>Азія</b>	<b>Європа</b>
<b>Особиста конфіденційність</b>	56%	38%	37%	30%
<b>Надійність технології</b>	49%	28%	55%	26%
<b>Практичність</b>	53%	6%	53%	15%
<b>Ціна</b>	62%	54%	61%	26%
<b>Інше</b>	2%	2%	2%	2%

Таблиця 1.4 Відповіді на запитання 3 про розумні будинки

<b>4. Коли, на вашу думку, розумні будинки стануть частиною нашого повсякденного життя?</b>				
	<b>Інтерв'ю</b>		<b>Інтернет-опитування</b>	
	<b>Азія</b>	<b>Європа</b>	<b>Азія</b>	<b>Європа</b>
<b>У найближчому майбутньому</b>	24%	18%	21%	8%
<b>Протягом 5-10 років</b>	36%	26%	26%	42%
<b>Протягом 11-20 років</b>	29%	36%	36%	38%
<b>Більше ніж 20 років</b>	11%	20%	20%	12%
<b>Ніколи</b>	0%	0%	0%	0%

Таблиця 1.5 Відповіді на запитання 4 про розумні будинки

Як видно з таблиці 1.5, у людей дуже різні думки щодо можливого розкладу розумних будинків, які ввійдуть у повсякденне використання. Наприклад, в Інтернет-опитуванні 42% респондентів вважали, що це відбудеться протягом наступних 5-10 років, а 29% азіатських і 38% європейських відповідачів вважають, що це займе 11-20 років. Крім того, 21% азіатів і 8% європейців вважають, що це станеться найближчим часом. Загалом, азіатських відповідачів можна вважати трохи більш оптимістичними щодо розкладу. Ніхто з відповідачів не відчував, що цього ніколи не станеться. Подібна велика дисперсія була також виявлена у відповідях інтерв'ю, також показаних у таблиці 5. Однією з основних причин цих відмінностей може бути виявлений факт, що люди мають дуже різні думки про те, що означає розумний будинок, що входить у повсякденне життя, і навіть що означає розумний будинок. Однак це різноманіття результатів також відповідає різноманітності результатів іншого дослідження (опублікованого 2013 року), де було запитано, що, на думку відповідачів, буде можливим графіком переростання поточного Інтернету в IOT та такого роду універсальна мережа для використання [14]. Питання конфіденційності майбутніх користувачів розумних технологій є важливою сферою дослідження. Наприклад, в одному дослідженні було досліджено репутацію роздрібного продавця та прийняття інформаційних послуг на основі RFID. Результати показали, що люди помірно обізнані про конфіденційність і що їх усвідомлення конфіденційності негативно пов'язане з тим, що вони схвалюють послугу. Також було виявлено групу «крайніх відкидачів», які мають вкрай негативне ставлення та значно упереджені групові засоби [14]. Також у нашому дослідженні, коли респондентів просили вказати кількість занепокоєнь щодо їх особистої конфіденційності в різних сценаріях, респонденти використовували всю шкалу від 1 до 5. Для нашого дослідження ми обрали 4 різні сценарії (5(a) - 5(d)) і вирішили представити середню кількість занепокоєння для кожної групи (табл.1.6). У попередньому дослідженні про занепокоєння людей,

пов'язаних з їхньою конфіденційністю, серед різних додатків ІОТ, програми, пов'язані з особистим здоров'ям, вважалися найменш занепокоєними, а програми, пов'язані з особистими фінансами, – найбільш занепокоєними [14]. Це видно з таблиці бщо близько половини всіх азіатських відповідачів і 32% європейських відповідачів дозволять розумному дому записувати особисту інформацію людей, коли вони входять в будинок. Середня кількість занепокоєння в цій ситуації становила 3,55 для азіатів і 3,72 для європейців. Лише 31% азіатів дозволили будинку записувати їх переміщення по дому, тоді як відсоток європейських відповідачів становив 60%. У цьому питанні була також різниця в середньому значенні хвилювання; середнє значення тривоги (від 1 до 5) становило 3,65 для азіатів і 3,14 для європейців.

5a) Чи дозволите ви своєму розумному дому записувати особисту інформацію людей, коли вони входять до дому?			
5b) Чи дозволите ви своєму розумному дому записувати ваше переміщення по дому?			
5c) Чи дозволите ви своєму розумному дому реєструвати стан вашого будинку?			
5d) Чи дозволите ви своєму розумному дому реєструвати ваш особистий стан здоров'я?			
		Так	Ні
5a	Азія	47%	53%
	Європа	32%	68%
5b	Азія	31%	69%
	Європа	60%	40%
5c	Азія	95%	5%
	Європа	94%	6%
5d	Азія	83%	17%
	Європа	78%	22%
Наскільки б ви турбувалися про свою особисту конфіденційність у наведених вище ситуаціях 5(a) - 5(d)?			
		Сумарне значення	
5a	Азія	3.55	
	Європа	3.72	
5b	Азія	3.65	
	Європа	3.14	
5c	Азія	2.35	
	Європа	2.22	
5d	Азія	2.79	
	Європа	3.18	

Таблиця 1.6 Відповіді на запитання 5 про розумні будинки

Майже всі респонденти дозволили своєму розумному дому реєструвати стан

здоров'я будинку, і середня кількість занепокоєнь у цьому випадку була досить низькою як для азіатських, так і для європейських відповідачів; 2,35 і 2,22 відповідно. також, 83% азіатських і 78% європейських відповідачів дозволили б контролювати свій особистий стан здоров'я у своєму будинку. Середня кількість занепокоєння для азіатських та європейських відповідачів становила 2,79 та 3,18 відповідно. Таким чином, люди цілком охоче дозволили своєму розумному дому записувати інформацію про власне здоров'я та здоров'я будинку, але не дуже охоче дозволяли записувати особисту інформацію людей або їхнє переміщення по дому.

Особисті думки та почуття людей, які є потенційними кінцевими користувачами ІОТ та його додатків пропонують важливу інформацію для людей, які працюють над розробкою ІОТ та його додатків, наприклад, програми для розумного дому. У цьому дослідженні були зібрані думки людей про різні аспекти розумних будинків. Було виявлено, що більшість респондентів так чи інакше знайомі з розумними будинками, а також бажають жити в розумному будинку. Проте було виявлено, що люди по-різному думають про те, що насправді розуміють під розумними будинками, і вони також мали різні думки щодо можливого розкладу розумних будинків, які стануть у повсякденному використанні. Можна вважати азіатських відповідачів трохи більш оптимістичними щодо розкладу, ніж відповідачів з Європи. Було виявлено, що люди зацікавлені в універсальних програмах для розумного дому, і вартість може вважатися найбільшою проблемою. Загалом жителі Азії більше хвилювалися про надійність, практичність і вартість, ніж жителі Європи. Також деякі побоювання щодо конфіденційності особистості були виявлені як у Європі, так і в Азії, пов'язані з розумним будинком, який записує звички, рух та інформацію мешканців. У майбутніх дослідженнях також важливо вивчати застосування середовища розумного дому за додатками, а не лише всю широкую концепцію.

## 1.2 Огляд існуючих рішень

Оскільки пристрої, побутова техніка та предмети побуту все більше підключаються до Інтернету, вони також стають пов'язаними один з одним, утворюючи таким чином цифрову мережу об'єктів. Інтернет речей продемонстрував перспективи у виробничому, комунальному та транспортному секторах, де комунікація між машинами (M2M) та інші методології відкривають додатковий рівень автоматизації та контролю. Зараз він переходить на ринки споживачів, охорони здоров'я, сільського господарства та містобудування, де технологія Інтернету речей може генерувати більше даних і адаптувати системи відповідно до потреб користувачів [15].

Забезпечуючи безперебійну комунікацію між пристроями, технологія Інтернету речей підвищує ефективність, надає більше даних, підвищує продуктивність, оптимізує зміни в процесах і приносить більше доходу для бізнесу. З появою швидшого Інтернету, хмарних обчислень і машинного навчання, додатки Інтернету речей стають актуальнішими, ніж будь-коли раніше. Незважаючи на те, що Інтернет все ще розвивається, Інтернет речей є гарячою темою для багатьох компаній світу.

Заснована в 1994 році зі штаб-квартирою у Вашингтоні, США; Amazon Inc. функціонує через три основні сегменти, а саме Північна Америка, Міжнародні та Amazon Web Services. Компанія в основному зосереджується на передових технологіях, таких як штучний інтелект, хмарні обчислення, побутова електроніка, електронна комерція та цифрове потокове передавання даних. Amazon є однією з, якщо не найбільшою технологічною компанією у світі, і зараз вони працюють над системами Інтернету речей для керування та підключення своїх пристроїв. Вони мають у своєму розпорядженні численні послуги, такі як IoT Core, Greengrass, Analytics, Device Defender, Device Management тощо, щоб внести досягнення Інтернету речей у споживчі продукти, щоб кожен міг скористатися цією новою

технологією. Штаб-квартира Amazon знаходиться в Сіетлі, штат Вашингтон.

Cisco Systems з Сан-Хосе, Каліфорнія, є компанією з інтернет-аналітики та інфраструктури, яка продає мережеве обладнання, програмне забезпечення, телекомунікації тощо. Вони розробляють рішення IoT для захисту від ризиків безпеки, розгортають масштабовані системи та об'єднують IT та операційні служби.

Заснована в 1998 році зі штаб-квартирою в Каліфорнії, США Google (дочірня материнської компанії Alphabet Inc, що базується в Маунтін-В'ю, Каліфорнія) використовує свої можливості аналітики даних для створення свого Google Cloud IoT, який може виконувати прогнозне обслуговування, відстежувати активи в реальному часі, логістику та керувати ланцюгом поставок тощо. Вони надають повний набір інструментів для підключення та використання пристроїв для аналізу даних та підвищення ефективності. Google LLC є одним із світових піонерів у сфері інтернет-продуктів і послуг. Портфоліо продуктів Google включає пошукові системи, хмарні обчислення, технології онлайн-реклами, а також комп'ютерне обладнання та програмне забезпечення. На додаток до вищезгаданих продуктів і послуг, Google також закріплюється в індустрії домашньої автоматизації безпосередньо або через свої численні дочірні компанії.

Honeywell International, Inc. є багатонаціональним конгломератом, зареєстрованим у 1985 році зі штаб-квартирою в Нью-Джерсі, США; Honeywell International Inc. винаходить і комерціалізує технології, які вирішують деякі з найкритичніших проблем у світі, пов'язані з енергетикою, безпекою, безпекою, продуктивністю та глобальною урбанізацією. Компанія в першу чергу зосереджується на аерокосмічній, будівельних технологіях, експлуатаційних матеріалах і технологіях, безпеці та рішеннях для продуктивності. Компанія має приблизно 991 місцезнаходження по всьому світу, з яких 252 є виробничими.

Заснована в 1988 році зі штаб-квартирою в Цюріху,

Швейцарія компанія ABB Ltd має широку географічну присутність і пропонує продукти та послуги в області електрифікації, промислової автоматизації, руху, робототехніки та дискретної автоматизації. Компанія працює в більш ніж 100 країнах світу.

Заснована в 1958 році зі штаб-квартирою в Сеулі, Південна Корея LG Electronics Inc. є одним із найбільших світових конгломератів. Компанія має справу з чотирма основними бізнес-підрозділами, включаючи домашні розваги, мобільний зв'язок, побутову техніку та повітряні рішення, а також компоненти для транспортних засобів. Компанія має сильну географічну присутність і має 128 активних ділянок по всьому світу.

Заснована в 1976 році зі штаб-квартирою в Каліфорнії, США Apple Inc. є одним із провідних виробників смартфонів та комп'ютерів. Компанія виробляє смартфони, планшети, персональні комп'ютери та іншу побутову електроніку, а також надає програмне забезпечення та послуги на додаток до розумних гаджетів. Завдяки значним доходам і репутації, яку підтримують споживачі, компанія має понад 500 гіпермагазинів у 24 країнах по всьому світу.

Заснована в 1938 році зі штаб-квартирою в Сеулі, Південна Корея Samsung має декілька підрозділів, зокрема Samsung Electronics, Samsung Heavy Industries, Samsung Engineering, Samsung Construction та Trading Corporation. Samsung має потужну географічну присутність з 15 регіональними офісами, 55 офісами збуту, 39 виробничими дільницями, 35 науково-дослідними центрами, 7 центрами дизайну та 66 іншими сайтами.

Заснована в 1892 році зі штаб-квартирою в Массачусетсі, США. Компанія володіє всього одиниць 459 виробництва більш ніж в 40 країнах по всьому світу. Компанія диверсифікувала свій бізнес на різні сегменти, включаючи електроенергетику, нафту та газ, освітлення, відновлювані джерела енергії, охорону здоров'я, авіацію та транспорт.



Заснована в 1946 році зі штаб-квартирою в Токіо, Японія корпорація Sony пропонує різноманітні продукти, починаючи від ігор і мережевих послуг, музики, зображень, домашніх розваг і звуку, продуктів і рішень для обробки зображень, мобільного зв'язку та напівпровідників. Компанія має 1556 консолідованих дочірніх і 133 дочірніх компаній по всьому світу.

Заснована в 1847 році зі штаб-квартирою в Мюнхені, Німеччина Siemens AG є технологічною компанією з компетенцією у сфері електрифікації, автоматизації та цифровізації. Основна увага компанії полягає в наданні рішень для виробництва електроенергії, передачі електроенергії та інфраструктури, а також рішень для автоматизації, приводів і програмного забезпечення для промисловості та медичних діагностичних рішень. Компанія має різноманітні географічні присутності в Північній Америці, Латинській Америці, Європі, Азіатсько-Тихоокеанському регіоні, Близькому Сході та Африці.

### **1.3 Постановка задачі роботи**

Провівши дослідження і аналіз останніх досягнень в області Інтернету речей, можна зробити висновок, що ця технологія привернула увагу дослідників і розробників у всьому світі. Технологія буде розширюватися у великих масштабах щоб принести користь суспільству на найвищому рівні. Інтернет речей має велике застосування у різних сферах людського життя.

Так звані «розумні будинки» використовують переваги технологій автоматизації та сучасних будівельних технологій, щоб надати власникам будинків новий рівень контролю. Зручність є однією з головних причин, чому люди будують і купують розумні будинки. Ці будинки надають користувачам віддалений доступ до всіх систем житла. Для людей похилого віку або людей з обмеженими можливостями розумний дім може мати технології доступності. Розумні будинки

пропонують підвищену енергоефективність, виводять на новий рівень системи безпеки з камерами, датчиками проникнення та оповіщенням профільних служб.

Постановку задачі дипломної роботи сформулюємо наступним чином:

- проаналізувати технологію Інтернету речей;
- розглянути датчики для технології, їх принципи роботи на застосування;
- спроектувати мережу для розумної оселі, використовуючи різні пристрої;
- спроектувати Wi-Fi мережу та надати доступ планшету до керування і контролю пристроями;
- створити схему з різними сценаріями взаємодії датчиків/пристроїв один з одним;
- запрограмувати мікроконтролер для розумного будинку;
- спроектувати можливість відправки інформаційних сповіщень від розумного будинку на мобільний телефон власника за допомогою стільникового зв'язку;
- протестувати налаштовану мережу розумного будинку;
- на основі спроектованої мережі, створити електронну модель розумного будинку на основі плати Ардуіно з використанням датчиків загазованності, вологи, руху, відкриття дверей та реле для керуванням освітленням та системою вентиляції. Передбачити використання звукової сигналізації та сповіщення господаря на мобільний телефон через GSM модуль зв'язку.

У результаті виконання поставлених задач має буде створена інтелектуальна мережа розумного будинку у симуляторі, з можливістю моніторингу стану будинку віддалено та знаходячись усередині. На основі мережі буде створено електронну модель розумного будинку з підключеними датчиками та пристроями.

## 2 ВИБІР МЕТОДУ РІШЕННЯ

### 2.1. Cisco Packet Tracer 7 для створення ІТ-систем розумного будинку

Cisco Packet Tracer — це потужний інструмент моделювання віртуальної мережі, який використовується для навчання моделюванню комп'ютерних мереж. Інструмент розроблений Cisco для того, щоб дозволити студентам або користувачам отримувати практичні знання про мережеві технології. Cisco Packet Tracer надає користувачеві можливість проектувати та моделювати мережу за допомогою віртуальних пристроїв, такі як концентратори, маршрутизатори, комутатори тощо. У Cisco Packet Tracer симуляція працює без наявності будь-якої фізичної мережі.

Cisco Packet Tracer має дві робочі області: фізичну та логічну. Логічна область дозволяє користувачеві розміщувати та підключати пристрої віртуальної мережі, а фізична – надає графічне представлення пристроїв віртуальної мережі [16].

Перевагою цього конкретного інструменту моделювання є те, що він забезпечує середовище, де пристрої схожі на пристрої в реальному світі. Це дуже важливо, оскільки воно дає користувачеві можливість ознайомитися з приладами перед роботою з реальним обладнанням.

Інструмент також забезпечує два режими: режим реального часу та режим моделювання. У реальному часі користувач може мати чітке уявлення про те, як поводить себе реальне обладнання.

З іншого боку, режим моделювання допомагає користувачеві зрозуміти фундаментальну концепцію мережевих операцій. Цей режим дозволяє користувачеві бачити та контролювати часові інтервали, а також візуалізувати поширення даних по мережі. [3]

Cisco Packet Tracer дозволяє налаштувати пристрої за допомогою двох способів: вкладки конфігурації або вкладки CLI (інтерфейс командного рядка). Перевага використання інтерфейсу командного рядка полягає в тому, що команди, які використовуються для налаштування обладнання практично ідентичні тим, які використовуються з реальними пристроями. Вкладка конфігурації не вимагає жодного знання команд cisco. Конфігурація здійснюється через графічний інтерфейс, зрозумілий навіть для користувача-початківця. Цей метод конфігурації також можна використовувати в ситуації, коли користувач не має достатньо часу і хоче швидко налаштувати пристрої. Ця техніка може допомогти заощадити час під час налаштування. [8]

Cisco Packet Tracer підтримує різні протоколи. У таблиці 2.1 нижче наведено списки протоколів, які підтримується програмою Cisco Packet Tracer. [3,8]

Layer	Protocols
Application	FTP,SMTP, POP3, HTTP, TFTP, Telnet, SSH, DNS, DHCP, NTP, SNMP,AAA, ISR VOIP, SCCP config and calls ISR command support, Call Manager Express
Transport	TCP and UDP, TCP Nagle Algorithm & IP Fragmentation, RTP
Network	BGP, IPv4, ICMP, ARP, IPv6, ICMPv6, IPSec, RIPv1/ v2/ng, Multi-Area OSPF, EIGRP, Static Routing, Route Redistribution, Multilayer Switching, L3 QoS, NAT, CBAL, Zone-based policy firewall and Intrusion Protection System on the ISR, GRE VPN, IPSec VPN
Network Access/ Interface	Interface Ethernet (802.3), 802.11, HDLC, Frame Relay, PPP, PPPoE, STP, RSTP, VTP, DTP, CDP, 802.1q, PAgP, L2 QoS, SLARP, Simple WEP, WPA, EAP

Таблиця 2.1 Списки протоколів, які підтримуються в Cisco Packet Tracer

Остання версія Cisco Packet Tracer містить деякі нові функції, які дозволяють моделювати мережі з використанням технології Інтернету речей.

Усі пристрої можна програмувати з використанням різних мов програмування, таких як python, javascript і Blockly. В додаток, всі вони можуть бути підключені за допомогою дротового або бездротового зв'язку.

Cisco Packet Tracer має декілька категорій пристроїв (рис.2.1) для моделювання мережі. Користувач може обрати роутери, комутатори, концентратори, а також бездротові пристрої різних моделей. В першу чергу для побудови мережі будинку необхідні кінцеві пристрої. [1]



Рисунок 2.1 – Панель категорій

Для вибору користувача доступні найрозповсюдженіші пристрої, такі як: персональні комп'ютери, ноутбуки, смартфони, сервери, телевізори, принтери, планшети і таке інше (рис.2.2)



Рисунок 2.2 – Панель кінцевих приладів

Розумний будинок може містити у собі елементи мережі представлені на рисунку 2.3. Наприклад, такі пристрої як: батарея, розумне освітлення, термостат, сигналізація, розумний чайник, вентилятор, кондиціонер, камера, різні види детекторів і датчиків, тощо.



Рисунок 2.3 – Панель пристроїв розумного дому

Як вже було вказано вище, технологія Інтернету речей дозволяє будувати системи не тільки побутового характеру, але ще й міського (рис. 2.4), промислового (рис.2.5) або енергоефективного (рис. 2.6). Тому у Cisco Packet Tracer можлива реалізація і таких схем.



Рисунок 2.4 – Панель пристроїв розумного міста

Для промислового моделювання пропонується використання наступних приладів: батареї, датчики диму, газу, розприскувачі води, нагрівальні елементи, вітряки, сонячні батареї і таке інше.

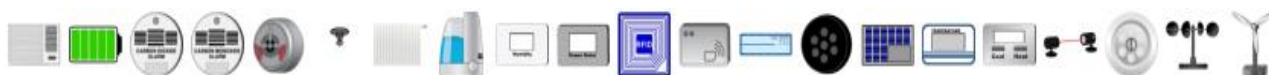


Рисунок 2.5 – Панель пристроїв промислового Інтернету речей

Для проектування енергоефективних мереж пропонується використання: сонячної батареї, вольтметра, генератору вітру, датчику вітру, тощо.

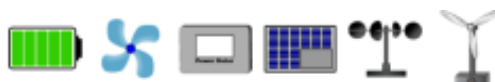


Рисунок 2.6 – Панель пристроїв електроенергетичної мережі

Важливим етапом проектування мережі Інтернету речей під'єднання мікроконтролерів (рис. 2.7) (MSU або SBC), які допомагають запрограмувати розумний пристрій спрацьовувати за певним сценарієм.

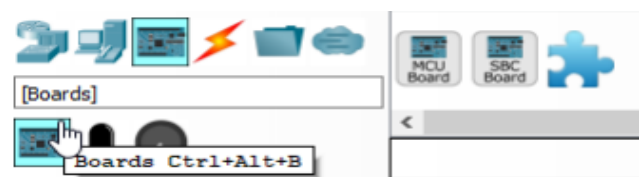


Рисунок 2.7 – Мікроконтролери

Cisco Packet Tracer у розрізі побудови мережі для Інтернету речей надає можливість використовувати виконуючі пристрої (рис.2.8). Наприклад: нагріваючий елемент, охолоджуючий елемент, термостат, розприскувач води, гучномовець, LED дисплей, тощо.



Рисунок 2.8 – Виконуючі пристрої

Залежно від різних налаштувань для з'єднання використовувалися різні типи дротів. Також для мікроконтролера може бути використаний спеціальний кабель Інтернету речей. Як видно на рисунку 2.9 нижче, Cisco Packet Tracer запропонував кілька варіантів кабельного підключення, однак важливою особливістю є опція автоматичного підключення кабелю (значок блискавки на малюнку). Вибираючи його, Cisco Packet автоматично вибирає правильний кабель для з'єднання двох мережевих інтерфейсів. З метою навчання цю опцію також можна вимкнути.



Рисунок 2.9 – Панель дротів

Провівши аналіз перерахованих вище можливостей, можна дійти висновку і переконатися, що Cisco Packet Tracer наділений широким спектром можливостей для проектування розумних мереж та застосуванню технології Інтернету речей. Програма може бути використана як для навчальної мети в школі або університеті, так і для власної потреби користувача у проектуванні моделі власного житла. Cisco Packet Tracer широко розповсюджений та застосовується для моделювання мереж по всьому світу. Ця програма підходить для використання людьми різного рівня технічної обізнаності, що робить її такою популярною. Спроектowana мережа дає можливість візуально оформити та підготуватися до створення та налаштування електронної моделі розумного будинку на платі.

## 2.2. «Розумний будинок» на основі Arduino

Системи «Розумний будинок» на Arduino користуються великою популярністю завдяки гнучкості, легкості створення від найпростіших до складних систем з масою можливостей і сервісних функцій.

Ардуіно (Arduino) – спеціальний інструмент (платформа), яка дозволяє створювати електронні пристрої, що мають більш тісний контакт з фізичним середовищем в порівнянні з персональними комп'ютерами. В основі платформи знаходиться відкритий код, а сам пристрій побудовано на платі з мікроконтролером. Мікроконтролер обробляє інформацію від зовнішніх датчиків (наприклад, датчиків руху, вологи, загазованості) та на її основі по заданому алгоритму без втручання людини керує різними пристроями - вмикає освітлення, вентиляцію, сигнал тривоги та інші [17].

Елементи Arduino можна розділити на дві категорії: апаратне забезпечення та програмне забезпечення. Основа апаратного забезпечення - плата Arduino – мікроконтролер (мікропроцесор) з вбудованою пам'яттю.

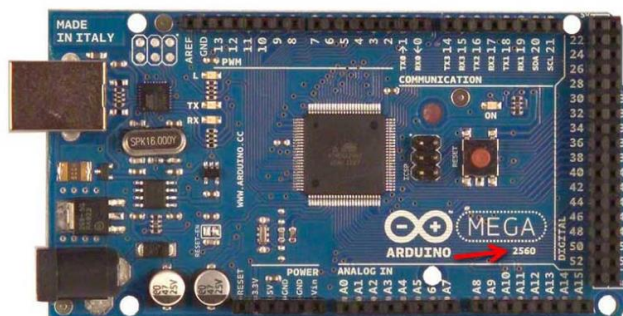


Рисунок 2.10 – Плата Arduino Mega 2560

Існує декілька моделей плат Ардуіно від найпростіших Arduino Nano до більш потужних Arduino Mega (рисунок 2.10) з мікроконтролерами різних типів, які відрізняються об'ємом вбудованої пам'яті та числом портів за допомогою яких мікроконтролер під'єднується до датчиків та інших пристроїв. Порти бувають аналоговими і цифровими. Цифрові порти можуть програмуватися на роботу



входами або виходами, робочими сигналами для них є логічна 1 і логічний 0. Цифрові входи використовуються для прийняття сигналів від датчиків відкриття дверей, руху та інших. Цифрові виходи використовуються для вмикання/вимикання пристроїв через реле, наприклад, освітлення, вентиляція. Також за допомогою цифрових портів створюються інтерфейси для зв'язку мікроконтролера з персональним комп'ютером, наприклад. Аналогові порти можуть програмуватися тільки на роботу в режимі входу, робочими сигналами для них можуть бути сигнали в діапазоні від 0 до 5 вольт. Аналогові входи найчастіше використовуються для прийняття сигналів з датчиків температури, вологості повітря, тобто величин, які змінюються в певному діапазоні [18].

Плата Arduino Mega має 54 цифрових портів та 16 аналогових, для зручності комутації, вони розташовані по периметру плати.

Живлення плати відбувається через зовнішній блок, рекомендована напруга від 7 до 12 вольт.

Плата має USB порт який використовується для завантаження (запису) програми в мікроконтролер плати Arduino з персонального комп'ютера за допомогою USB-кабелю. Також його можна використовувати для живлення плати у випадках, коли зовнішній блок живлення відсутній.

Стосовно програмної частини - програмний код, написаний для Arduino, відомий як скетч. Скетчі розробляються в безоплатному програмному забезпеченні Arduino IDE, яке знаходиться у вільному доступі. Ця IDE містить у собі такі частини:

- текстовий редактор, у якому пишеться код за допомогою спрощеної версії мови програмування C++ (Wiring);
- область повідомлень дає зворотній зв'язок щодо збереження та експорту коду, а також відображає можливі помилки;
- консоль відображає текст, виведений середовищем Arduino, включаючи

повні повідомлення про помилки та іншу інформацію;

- панель інструментів консолі містить різні кнопки керування, як-от Перевірити, Завантажити, Створити, Відкрити, Зберегти та Послідовний моніторинг. У нижньому правому куті вікна відображається плата розробника та послідовний порт, що використовується.

Сьогодні платформа Arduino використовується при створенні електронних систем, здатних приймати інформацію з різних датчиків (цифрових і аналогових). Пристрої на Ардуіно можуть працювати в комплексі з програмним забезпеченням на комп'ютері або самостійно. Плати та датчики можна зібрати самостійно або ж придбати готові вироби, як конструктор [19].

Завдяки великій кількості виводів-портів на платі, до Ардуіно вдається підключити безліч різних пристроїв, а саме:

- кнопки;
- мікрофони та динаміки;
- LED та РК дисплеї;
- світлодіоди;
- дальномери (лазерні або ультразвукові);
- зчитувачі радіоміток типів NFC, RFID;
- модулі GSM і GPS;
- зчитувачі SD карт, тощо.

Набір пристроїв підключається в залежності від завдань, поставлених перед системою. Найчастіше встановлюються датчики освітленості, диму і складу повітря, вологості, температури, руху. Завдяки цьому Arduino стає «мозковим центром» системи «Розумний будинок» з можливістю конфігурації з урахуванням поставлених завдань.

На сучасному ринку представлено безліч пристроїв Arduino, що мають різну комплектацію та параметри, але універсального рішення не існує. Залежно від

поставленого завдання кожен комплект підбирається в індивідуально. Щоб уникнути помилок, потрібна розробка проекту.

Для створення повноцінної системи «Розумний будинок» і виконання нею покладених функцій важливо правильно підійти до комплектації і вибору обладнання. Для створення системи Розумний будинок на базі Arduino, потрібно підготувати наступне обладнання - плату Mega 2560, датчик вологи, датчик газу, датчик руху, звуковий сигналізатор, монтажну плату з перемичками, GSM модуль, плату реле, джерело живлення, вентилятор (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Обладнання системи розумного будинку на Ардуіно

Розробка програмного забезпечення для системи «Розумний будинок» відбувається в Arduino IDE на персональному комп'ютері. На розмір програми є певні обмеження, але поточної пам'яті плати Arduino Mega досить для реалізації поставленого завдання. Для завантаження (запису) програми в мікроконтролер, плата Arduino під'єднується до персонального комп'ютера за допомогою USB-кабелю. В використанні спеціальних програматорів немає необхідності.

## 3 ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

### 3.1. Проект системи Розумного будинку у симуляторі Cisco Packet Tracer

У Cisco Packet Tracer створено Home Cluster (рис.3.1), який містить у собі планування будинку. Пристрої Інтернету речей розміщені на своїх логічних місцях, та утворюють собою майбутню інтелектуальну мережу.

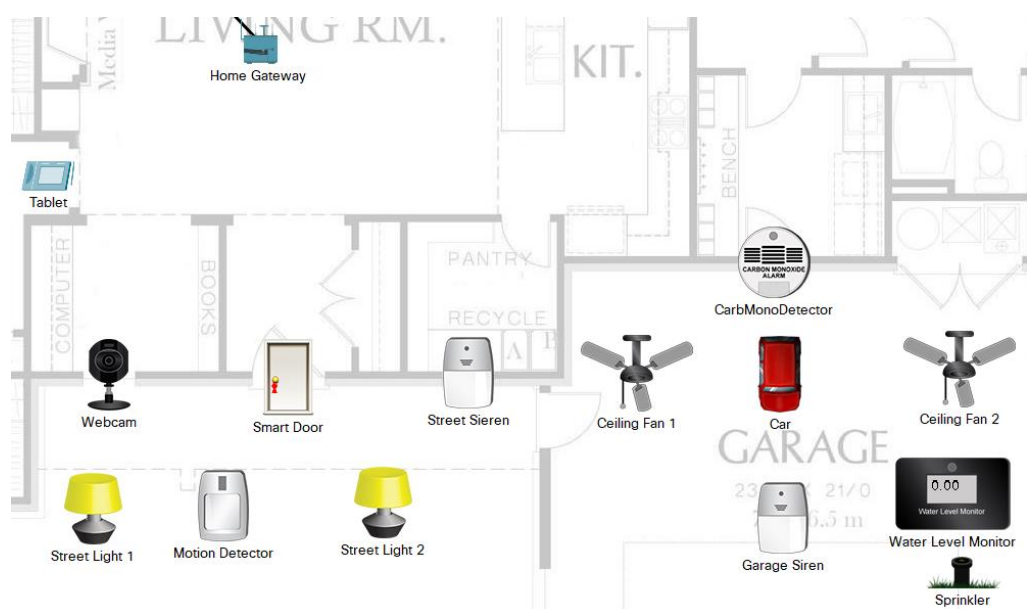


Рисунок 3.1 – Датчики та пристрої всередині «Розумного будинку»

На схемі вище зображені наступні пристрої та датчики Інтернету речей: домашній роутер, планшет, вебкамера, смарт двері, детектор руху, вуличне освітлення, система сигналізації, детектор загазованості, вітряки, машина, розпилювач води, датчик вологи. Домашній шлюз використовується для реєстрації розумних пристроїв у мережі та присвоєння їм IP-адрес. Шлюз автоматично отримує IP-адресу від маршрутизатора ISP, після того як з'єднання з хмарною WAN встановлено. У домашньому шлюзі є чотири порти Ethernet, а також точка бездротового доступу з SSID. В даній роботі налаштовано протоколи WEP / WPA –PSK/ WPA2 для аутентифікації бездротового підключення [20].

Мережу стільникового зв'язку та IPS складає IPS Cluster (рис. 3.2). Він складається з наступних елементів мережі: коммутатор, головний роутер, DNS сервер, IoT роутер та Entertainment роутер, два сервери відповідно, сервер центрального офісу, стільникова вишка та смартфон.



Рисунок 3.2 – Топологія IPS-Internet кластеру

Маршрутизатор ISP (постачальник послуг Інтернету), як показано на малюнку використовується для підключення всіх мережевих інтерфейсів один до одного, на ньому налаштовується DHCP-сервер для призначення динамічних IP-адрес, незалежно від того, є вони пристроями Інтернету речей, чи ні. Конфігурація маршрутизатора ISP виконується за допомогою інтерфейсу командного рядка Cisco Packet Tracer.

Сервер центрального офісу використовується для підключення вежі стільникового зв'язку до маршрутизатора ISP і навпаки передачі інформації між ними. Після налаштування сервера DHCP і DNS сервера на маршрутизаторі ISP, сервер центрального офісу автоматично отримує всю інформацію про IP від провайдера. Вежа стільникового зв'язку використовується для забезпечення покриття стільниковою системою будинків, щоб отримати доступ і можливість

керувати побутовою технікою на відстані. Реалізована можливість підключення до будинку з внутрішньої мережі Wi-Fi або віддалено через смартфон, використовуючи 3G\4G зв'язок.

Для наближення схеми до реальної, налаштовано було два додаткові сервери. Перший – являє собою розважальну веб-сторінку (рис. 3.3) за посиланням [www.entertainment.com](http://www.entertainment.com), на яку користувач може потрапляти з браузера мобільного телефону або планшета.

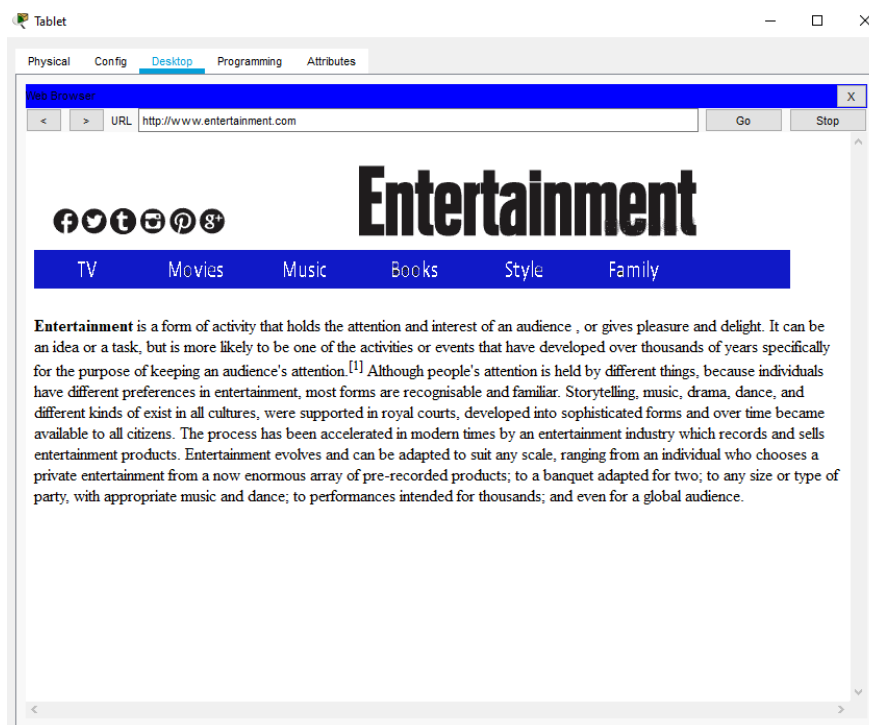


Рисунок 3.3 – Веб-сторінка Entertainment серверу

Інший сервер створено і налаштовано для підключення нових користувачів до системи розумного будинку. Доступ до серверу здійснюється шляхом введення [www.register.com](http://www.register.com) посилання у пошуковій стрічці браузера з мобільного телефону або планшета. Наступний крок – авторизація за існуючим логіном та паролем або створення нового аккаунту для підключення до розумного будинку (рис.3.4). Такий функціонал дає можливість створення декількох аккаунтів для родини, а в подальшому – розмежування прав управління будинком для дітей та дорослих.

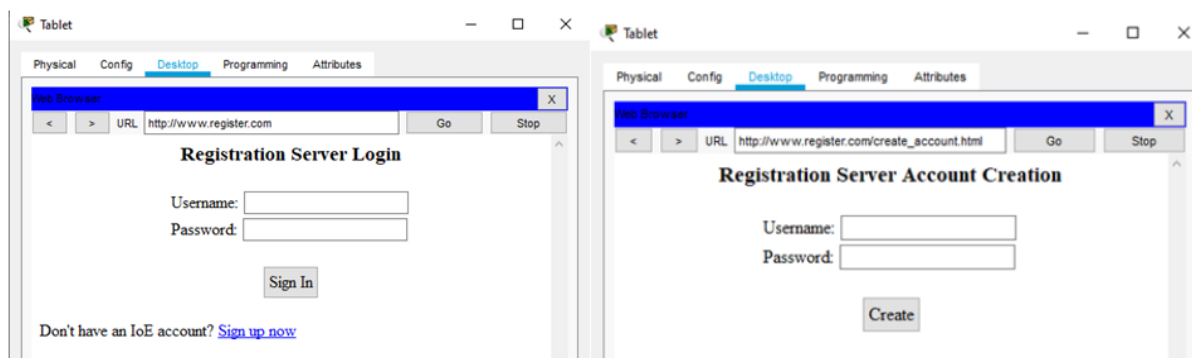


Рисунок 3.4 – Веб-інтерфейс сторінки авторизації та створення нового аккаунту

Датчики та прилади розумного дому посилають сигнали на домашній шлюз. Тому задано IP-адресу шлюзу, SSID та WPA2-PSK аутентифікацію з відповідним паролем. Шлюз аналізує поведінку та якість мережі, збираючи дані з елементів мережі, аналізуючи пакети даних, після цього сформувавши CSV файли, надсилає їх на сервер та передає сигнали іншим приладам мережі. Може ініціалізувати протоколи HTTP, TCP, DNS.

Результуюча схема мережі розумного будинку показана на рисунку 3.5. Аналогічно мережу можна розширювати та удосконалювати, додавати нові датчики, та сенсори умови їх спрацювання, кінцеві пристрої та інші елементи мережі. Конфігурація та налаштування у такому випадку будуть максимально простими та зрозумілими для користувача будь-якого рівня технічної обізнаності.

Таким чином, у результаті виконання задачі була спроектована та створена Wi-Fi мережа для розумного будинку з доступом до неї через планшет, та можливістю віддалено керувати і контролювати пристрої будинку. Змодельовано 3G\4G зв'язок для телефону. Зі смартфона також реалізована можливість віддаленого моніторингу та контролю пристроїв будинку. Для проектування системи всередині будинку було використано бездротовий тип зв'язку та дротовий зв'язок – для мережі поза будинком. Розроблена можливість додавати нових користувачів для управління будинком знаходячись вдома (через планшет), або віддалено (через смартфон).



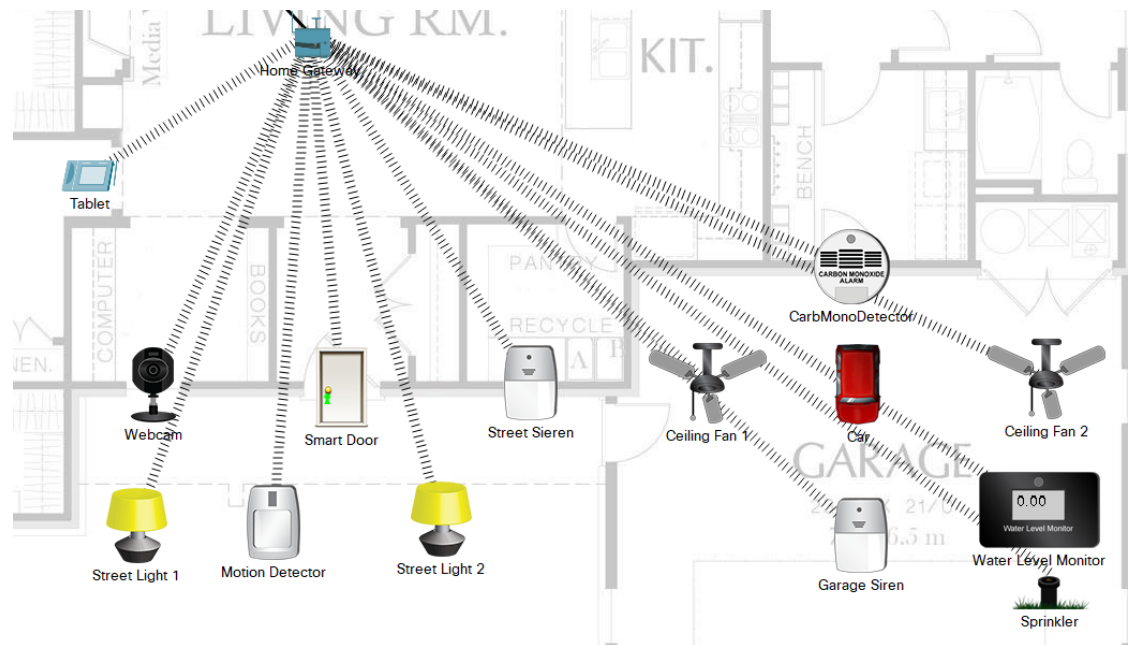


Рисунок 3.5 – Схема інтелектуальної мережі розумного будинку

### 3.2. Електронна модель системи Розумного будинку на Arduino

Побудувавши мережу розумного будинку у симуляторі Cisco, розглянемо датчики та пристрої, які будуть складати електронну модель системи. Основним компонентом системи є плата Arduino Mega 2560 (рис.3.6) з мікроконтролером ATmega2560.

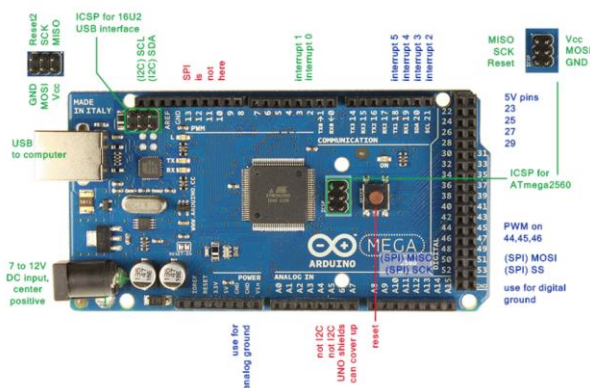


Рисунок 3.6 – Плата Arduino Mega 2560

Плата Arduino Mega 2560 призначена для створення великих проектів. У цьому пристрої максимальна з усіх плат сімейства Arduino кількість портів та розширений набір інтерфейсів. Також у Arduino Mega більше вбудованої пам'яті. Саме тому



вона була обрана для побудови моделі розумного будинку з перспективою легкого розширення сервісних функцій [21].

Розглянемо детальніше характеристики плати Arduino Mega 2560 (табл. 3.1).

Мікроконтролер	ATmega2560
Робоча напруга контролера	5В
Напруга зовнішнього живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга зовнішнього живлення (гранична)	6-20В
Цифрові входи/виходи	54
Аналогові входи	16
Максимальний струм одного цифрового виходу	40 мА
Flash-пам'ять	256 КБ, з яких 8 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	8 КБ
EEPROM	4 КБ
Тактова частота	16 МГц

Таблиця 3.1 – Характеристики плати Arduino Mega 2560

Підключення до комп'ютера та заливка скетчу здійснюється стандартно для більшості плат Arduino - через USB. Контролер ATmega2560 не має вбудованого порта USB, тому за допомогою мікросхеми ATmega16U2 на платі реалізован перетворювач USB-UART. Пристрій визначається комп'ютером як COM-порт, через який можуть передаватися дані та здійснюється перепрошивка мікроконтролера. Живлення плати Mega можливе від порта USB або від зовнішнього джерела.

Для моделювання електронного прототипу використані датчики: загазованості, вологості, руху, відкриття дверей, модуль реле для освітлення в вентиляції, зумер для створення звукового сигналу, а також GSM-модуль, для відправлення SMS повідомлення зі сповіщенням на заданий номер телефону. Розглянемо детальніше використані датчики.

Датчик руху Arduino – інфрачервоний датчик руху (PIR-датчик, passive infrared motion sensor) дозволяє відстежити переміщення об'єктів, що

випромінюють тепло (люди, тварини). Такі системи часто застосовують у побутових умовах, наприклад, для включення освітлення у під'їзді. Малі габарити, низька вартість, простота експлуатації та відсутність складнощів у підключенні дозволяє використовувати такі датчики у системах сигналізації різного типу.

Конструкція PIR-датчика руху не дуже складна - він складається з піроелектричного елемента та електричної схеми. Піроелектричний елемент – це деталь циліндричної форми, в центрі якої розташований кристал, що відрізняється високою чутливістю до наявності в зоні дії певного рівня інфрачервоного випромінювання, який в свою чергу залежить від температури об'єкту [22]. Зверху PIR-датчика встановлюється напівсфера, розділена на кілька ділянок (лінз), кожна з яких забезпечує фокусування теплової енергії на різні сегменти датчика. Найчастіше застосовують лінзу Френеля, яка за рахунок концентрації теплового випромінювання дозволяє розширити діапазон чутливості інфрачервоного датчика руху Arduino. PIR-sensor конструктивно поділено на дві чутливі зони. При русі людини електричні сигнали з цих 2х зон по черзі змінюються і саме цю зміну електронна схема датчика інтерпретує, як рух. На виході з'являється цифровий сигнал із значенням логічної «1».

Основними технічними характеристиками датчика руху Arduino є:

- Зона виявлення об'єктів, що рухаються, становить від 0 до 7 метрів;
- Діапазон кута стеження - 110 °;
- Напруга живлення - 4.5-6;
- Робочий струм – до 0,05 мА;
- Температурний режим - від -20 ° до +50 ° С;
- Регульований час затримки від 0,3 до 18 с.

Для надійного захисту від зовнішніх шумів, перепадів температури та вологості елементи PIR-датчика на Arduino встановлюються в герметичний металевий корпус. На верхній частині корпусу по центру знаходиться

прямокутник, виконаний з матеріалу, що пропускає інфрачервоне випромінювання (найчастіше на основі силікону). Чутливі елементи встановлюються за пластиною.

Датчик загазованості Arduino MQ-2 дозволяє виявляти у повітрі мінімальну концентрацію водню та вуглеводневих газів (пропан, метан, бутан). Застосовують сенсори MQ-2 у проектах розумного будинку для своєчасного виявлення газу чи диму [23]. Сенсор відноситься до сімейства датчиків MQ, які відрізняються низькою вартістю, простотою використання та легкістю підключення до мікроконтролера Arduino. Датчик має аналоговий та цифровий вихід. На цифровому виході сигнал логічної «1» з'являється при перевищенні певного порога концентрації газу, який налаштовується змінним резистором на платі датчика. Сигнал на аналоговому виході змінюється пропорційно концентрації газів, до яких датчик має чутливість. Спостереження за рівнем сигналу на аналоговому виході дає змогу оцінити абсолютний рівень загазованості, що має певний сенс. Датчик MQ-2 простий у підключенні, має високу чутливість та малий час відгуку.

Принцип сенсора MQ-2 заснований на детекторі, виготовленого із сплаву оксиду олова та алюмінію, який у процесі роботи сенсора значно нагрівається. Внаслідок хімічної реакції, що відбувається при попаданні молекул вуглеводневих газів на чутливий елемент, змінюється опір сенсора. Вимірюючи зміни опору, можна дізнатися про точне значення концентрації газу в повітрі.

Характеристики датчика MQ-2:

- Напруга живлення: 5В;
- Споживаний струм (струм нагрівача): 180мА;
- Діапазон чутливості 300-10 000 ppm;
- Газ, для якого унормується датчик: ізобутан, 1000ppm;
- Час відгуку: менше 10;
- Робоча температура від -10 до +50 °С;

- Робоча вологість повітря: трохи більше 95% RH;
- Інтерфейс: аналоговий та цифровий;

Датчик вологості (протікання або дощу) в проектах Arduino дозволяє визначити появу крапель вологи і вчасно відреагувати на це, наприклад, включивши оповіщення. Модуль датчика складається із двох частин. "Сенсорна" плата виявлення крапель відстежує кількість вологи, що потрапила на неї. По суті, сенсор є простим змінним резистором, що замикається водою в різних місцях, що викликає зміну опору. Друга частина датчика – електронна схема, яка має цифровий і аналоговий виході. На цифровому виході сигнал логічної «1» з'являється при перевищенні певного порога вологі на сенсорі. Порог спрацювання налаштовується змінним резистором на платі датчика. Сигнал на аналоговому виході змінюється в діапазоні від 0 до 5 вольт пропорційно рівню вологи сенсора. Спостереження за рівнем сигналу на аналоговому виході датчику дає можливість створити більш гнучкий алгоритм реакції системи на ситуацію [24].

Герконовий датчик для Ардуїно використовується в багатьох практичних завданнях: контроль відкриття/закриття вікон, поплавець для контролю рівня води, лічильник спрацювання або обертів і т.д. Підключення модуля з герконом до Arduino або датчика відкриття дверей принципово нічим не відрізняється. Слово "геркон" утворено від словосполучення "герметичний контакт". Пристрій датчика досить простий, він являє собою два розімкнені або замкнені контакти в колбі з інертним газом або з вакуумом. Контакти змінюють свій стан під впливом магнітного поля (магніту). Модулі з герконом для Ардуїно, незалежно від зовнішнього вигляду, працюють за одним принципом. Відмінність може бути лише у наявності/відсутності підстроювального резистора на модулі та додаткового контакту з цифровим сигналом. При підключенні до Arduino слід уважно прочитати розпинування модуля. Підключається сенсор до 5V, контакт із сигналом підключається до аналогового або цифрового піна.

Зумер використовується для звукового оповіщення в тих пристроях та системах, для функціонування яких обов'язково потрібен звуковий сигнал. Широко поширені зумери в різній побутовій техніці та іграшках, що використовують електронні плати. Випромінювач зумеру – це металева пластина з нанесеним на неї напиленням із струмопровідної кераміки. Пластина та напилення виступають у ролі контактів. Пристрій полярний, має свої «+» та «-». Принцип дії зумера заснований на відкритому братами Кюрі наприкінці XIX століття п'єзоелектричному ефекті. Згідно з ним, при подачі електрики на зумер він починає деформуватися. При цьому відбуваються удари об металеву пластинку, яка і робить звук потрібної частоти. Зумери буває двох видів: активні та пасивні. Активний зумер має встроєний генератор і випромінює звук при наявності живлення на схемі, схема включення і керування простіша, але немає можливості змінювати частоту звучання. Для звучання пасивного зумеру на нього необхідно подати змінний сигнал логічних «0» та «1», наприклад в порта плати Arduino. Частота одержуваного звуку равна частоті електричного сигналу і задається користувачем у програмному забезпеченні, що дає можливість створити різні звукові ефекти [23].

Модуль реле Ардуно дозволяє підключити пристрої, що працюють у режимах із відносно великими струмами або напругою. Ми не можемо безпосередньо підключити до плати Arduino потужні насоси, двигуни, навіть звичайну лампочку розжарювання – плата не призначена для такого навантаження і вийде з ладу. Саме тому нам доведеться додати у схему реле, яке ви можете зустріти у будь-якому проекті.

Реле – це шлюз, який дозволяє з'єднати разом електричні ланцюги з різними параметрами. Реле Ардуїно вмикає або вимикає зовнішні пристрої, певним чином замикаючи або розмикаючи окрему електричну мережу, в яку вони підключені. Реле характеризується такими параметрами:

- Напруга або струм спрацьовування.
- Напруга або струм відпускання.
- Час спрацьовування та відпускання.
- Робочі струм та напруга.
- Внутрішній опір.

Залежно від типу цих внутрішніх розмикаючих механізмів та особливостях пристрою можна виділити дві основні групи реле: електромеханічні реле (включення за допомогою електромагніту) та твердотільні реле (включення через спеціальні напівпровідникові компоненти).

В даній роботі використано електромагнітне реле - це електричний пристрій, який механічним шляхом замикає або розмикає ланцюг навантаження. Електромагнітне реле складається з електромагніту, рухомого якоря та контактів. Електромагніт - це провід, намотаний в котушку, яка має сердечник з феромагнетика. У ролі якоря виступає пластина із магнітного матеріалу. Працює реле завдяки електромагнітній силі, що виникає при протіканні струму по витках котушки. У початковому стані якір утримує пружина [23]. Коли подається управляючий сигнал, електромагніт починає притягувати рухомий якір, який механічно зв'язаний з контактами, які замикають чи розмикають ланцюг. При відключенні напруги якір повертається у початкове положення. Джерелами напруги, що управляє, можуть бути контролери, датчики (тиску, температури та інші), електричні мікросхеми та інші пристрої, які мають невеликий вихідний струм та напругу. Електромагнітне реле застосовується у схемах автоматики, під час управління різними технологічними установками, електроприводами та іншими пристроями. У порівнянні з напівпровідниковими пристроями електромагнітне реле має переваги - воно коштує недорого, комутація великого навантаження при невеликому розмірі пристрою, мале виділення тепла на котушці.

З недоліків можна виділити повільне спрацьовування, менший строк служби, створення електромагнітних перешкод при спрацюванні.

GSM модуль NEOWAY M590 – один із найпростіших та бюджетних контролерів, за допомогою якого можна здійснювати дзвінки, приймати / надсилати SMS-повідомлення, а також обмінюватися даними та виходити в глобальну мережу Інтернет через GPRS. Пристрій легко підключається до Arduino, тому цікавий з цієї точки зору [25]. Управління модулем проводиться через послідовний зв'язок по 2м шинам RX,TX за допомогою AT-команд. Основні характеристики модуля NEOWAY M590 :

- 2 діапазони робочих радіочастот: 900/1800 МГц;
- GPRS Class 10, максимальна швидкість: 48 кбіт/с;
- Напруга живлення: 3,3 – 5 В;
- Мах споживаний струм (піковий, пошук мережі): до 2 А;
- Стандартне споживання: 210 мА;
- У режимі очікування: 2,5 мА;
- Діапазон робочої температури: -40°C...+80°C.

Для використання в системі в модуль необхідно встановити SIM-карту мобільного оператора.

### **3.3. Програмна реалізація і тестування**

Розмістивши у Cisco Packet Tracer всі необхідні смарт-девайси, необхідно налаштувати їх підключення до мережі, а також сценарії за якими вони будуть взаємодіяти один з одним, а також з навколишнім середовищем.

На HomeGateway у вкладці Wireless задано WPA2-PSK аутентифікацію з PSK Pass Phrase: “mySecretKey” (рис. 3.7). Аналогічним чином налаштована бездротова аутентифікація і у смарт-девайсів, що дає їм змогу бути підключеними у мережі. IP-адреси пристрої отримують динамічно за допомогою DHCP сервера.

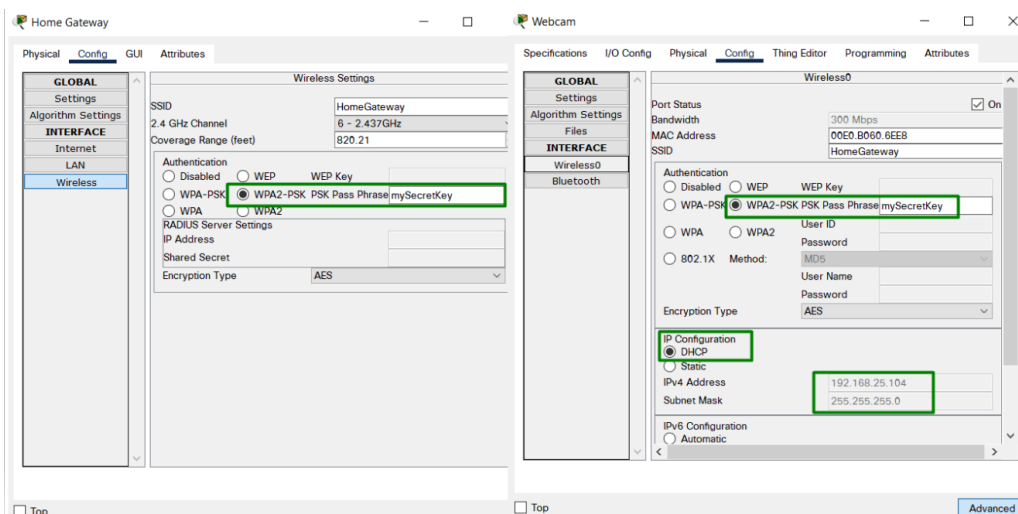


Рисунок 3.7 – Вкладка налаштування кодування WPA2-PSK

Розглянемо декілька налаштованих сценаріїв взаємодії пристроїв розумного будинку. Користувач з легкістю може переглянути список всіх пристроїв Інтернету речей на вкладці IoT Monitor -> Home (рис. 3.8).

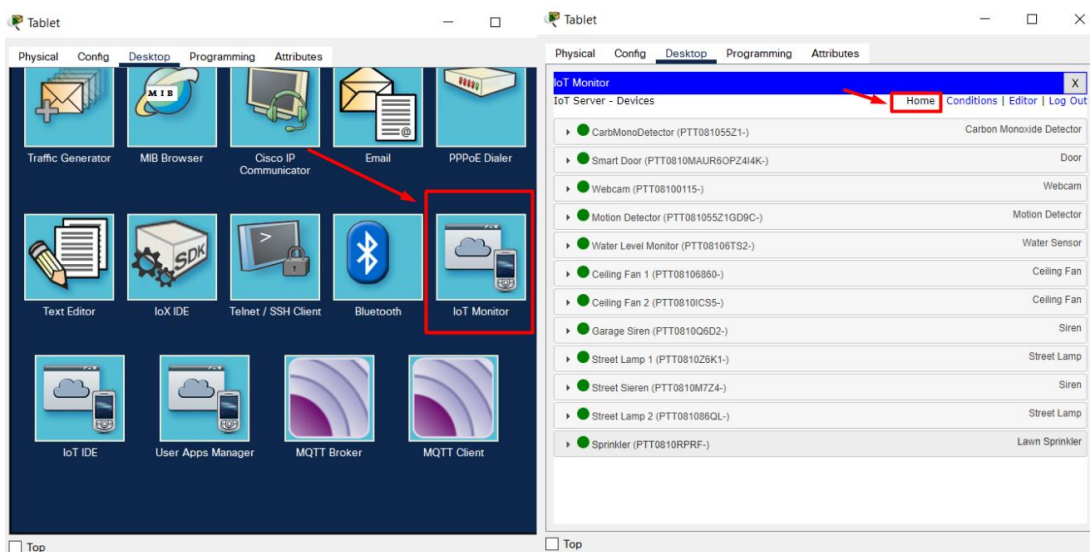
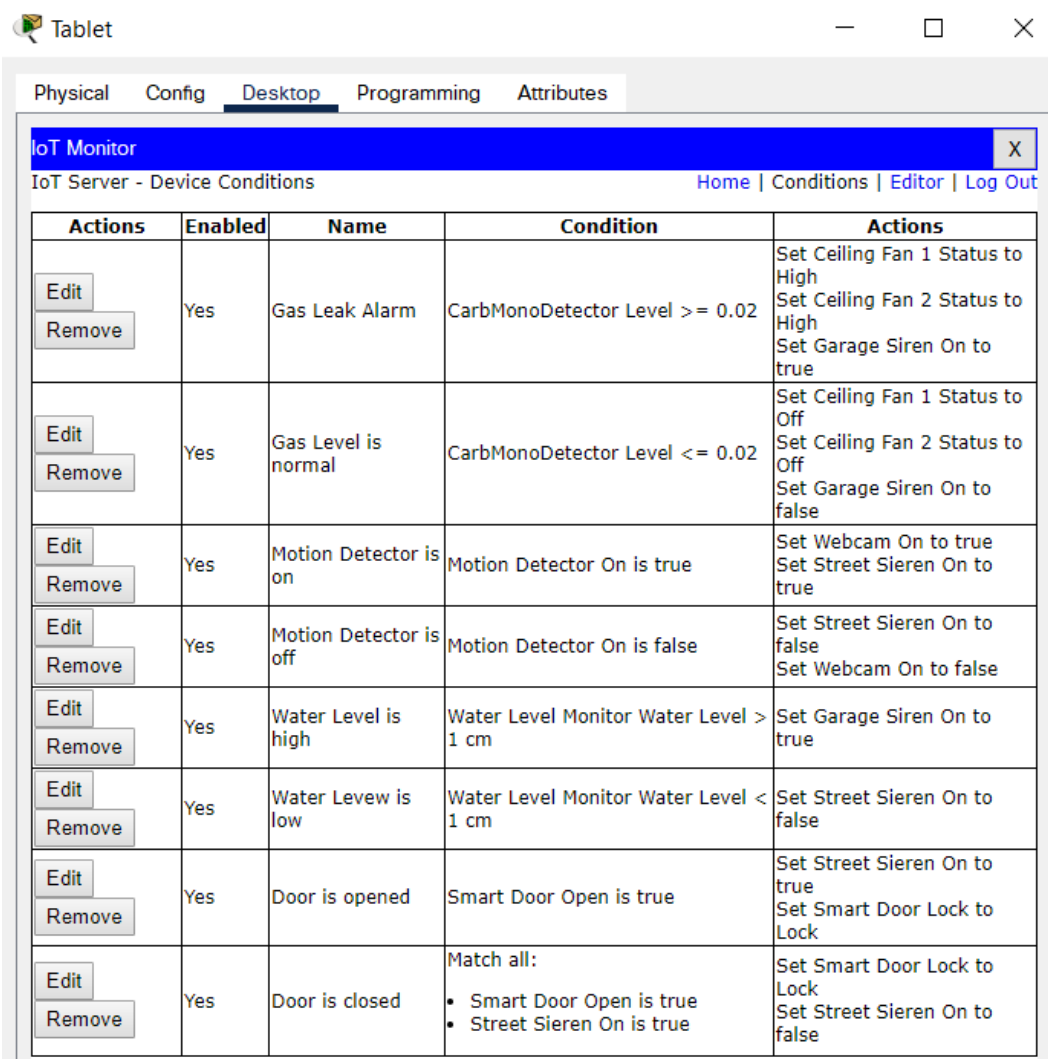


Рисунок 3.8 – Стартове вікно демонстрації всіх підключених до мережі розумних пристроїв

На вкладці Conditions поруч користувач з легкістю може створювати, редагувати та видаляти ситуації взаємодії пристроїв розумного будинку.



Нижче наведені деякі умови для спрацювання датчиків розумного будинку (рис. 3.9). Так наприклад, при отриманні датчиком загазованості рівня газу  $\geq 0.02$ , спрацьовують два вентилятори, а також вмикається звукове сповіщення сиреною. При зниженні рівня загазованості до значення  $\leq 0.02$ , вентилятори та сирена вимикаються.



The screenshot shows a web application window titled 'IoT Monitor' with a navigation bar containing 'Physical', 'Config', 'Desktop', 'Programming', and 'Attributes'. The main content area is titled 'IoT Server - Device Conditions' and includes links for 'Home', 'Conditions', 'Editor', and 'Log Out'. Below this is a table with columns for 'Actions', 'Enabled', 'Name', 'Condition', and 'Actions'. Each row represents a specific condition with associated actions and 'Edit'/'Remove' buttons.

Actions	Enabled	Name	Condition	Actions
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Gas Leak Alarm	CarbMonoDetector Level $\geq 0.02$	Set Ceiling Fan 1 Status to High Set Ceiling Fan 2 Status to High Set Garage Siren On to true
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Gas Level is normal	CarbMonoDetector Level $\leq 0.02$	Set Ceiling Fan 1 Status to Off Set Ceiling Fan 2 Status to Off Set Garage Siren On to false
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Motion Detector is on	Motion Detector On is true	Set Webcam On to true Set Street Sieren On to true
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Motion Detector is off	Motion Detector On is false	Set Street Sieren On to false Set Webcam On to false
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Water Level is high	Water Level Monitor Water Level $> 1$ cm	Set Garage Siren On to true
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Water Levev is low	Water Level Monitor Water Level $< 1$ cm	Set Street Sieren On to false
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Door is opened	Smart Door Open is true	Set Street Sieren On to true Set Smart Door Lock to Lock
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	Yes	Door is closed	Match all: • Smart Door Open is true • Street Sieren On is true	Set Smart Door Lock to Lock Set Street Sieren On to false

Рисунок 3.9 – Налаштування правил автовмикання вентиляторів та звукового сигналу при спрацьовуванні датчика загазованості

Перевіримо, чи спрацьовує інтелектуальна мережа відповідно до складених вище правил. Розглянемо перший сценарій (рис.3.10). При спрацюванні датчику відкриття дверей, вмикається звуковий сигнал, система вуличного освітлення, а

також веб-камера, яка фіксує порушення. З інтерфейсу смартфона або планшета можна спостерігати зображення з вулиці у режимі реального часу.

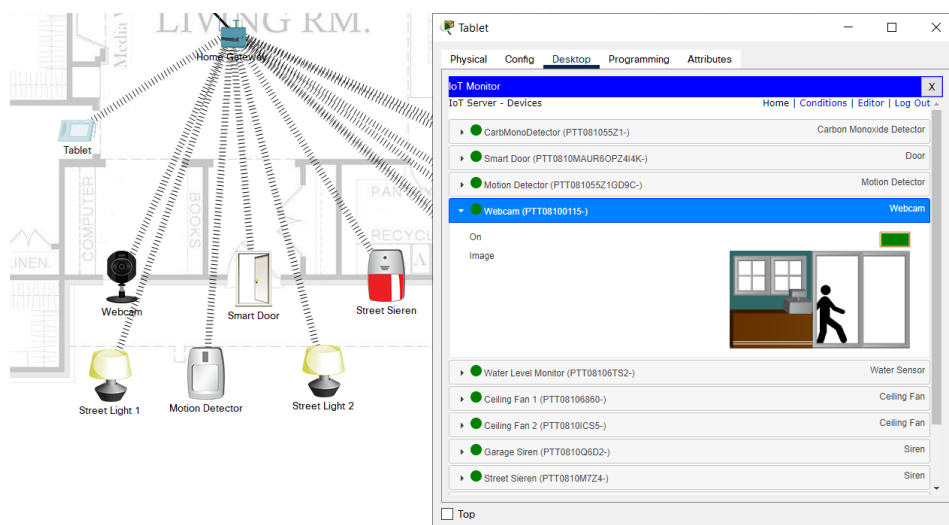


Рисунок 3.10 – Спрацювання датчика відкриття дверей

Наступний сценарій виконується при спрацюванні датчика протікання води (рис.3.11). При потраплянні вологи на датчик, спрацьовує звукова сигналізація. Рівень виділеної води можна контролювати на екрані смартфона або планшета.

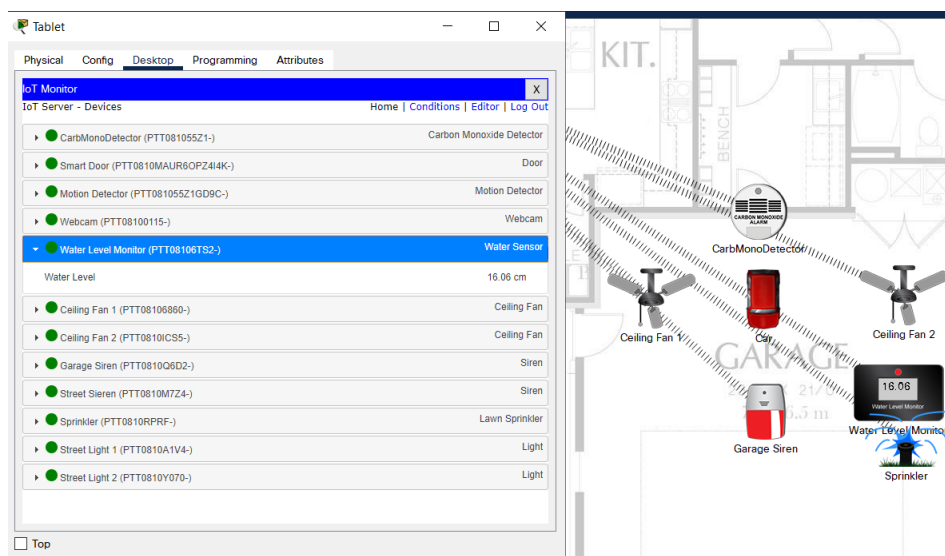


Рисунок 3.11 – Спрацювання датчика затопленості

Третій сценарій демонструє спрацювання датчика загазованості. При отриманні датчиком рівня газу  $\geq 0.02$ , спрацьовують два вентилятори, а також вмикається звукове сповіщення сиреною. При зниженні рівня загазованості до

значення  $\leq 0.02$ , вентилятори та сирена вмикаються. Рівень газу у приміщенні можна контролювати з екрана смартфона або планшета.

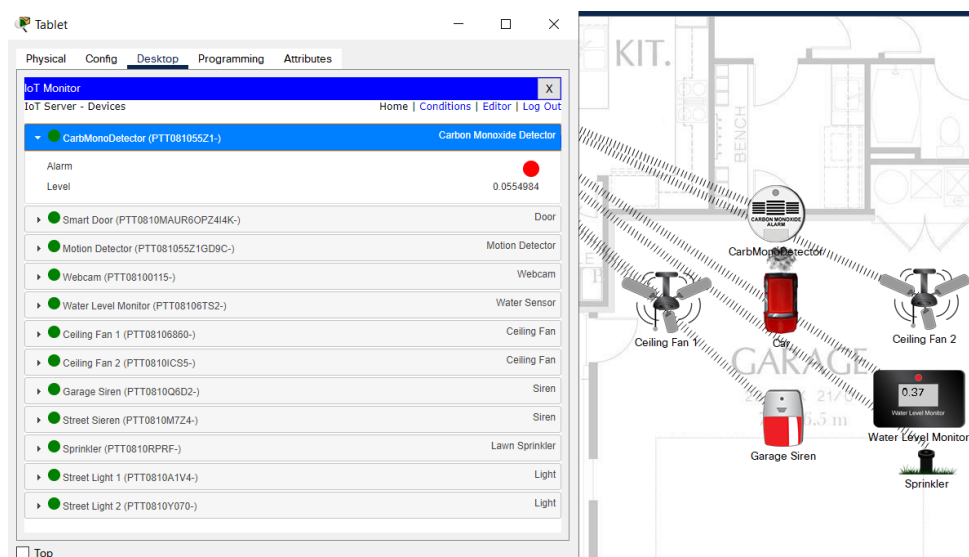


Рисунок 3.12 – Спрацювання датчика загазованості

Сценарій спрацювання датчика руху зображено на рисунку 3.13. Спрацювання супроводжується звуковим сигналом, а також ввімкненням веб-камери.

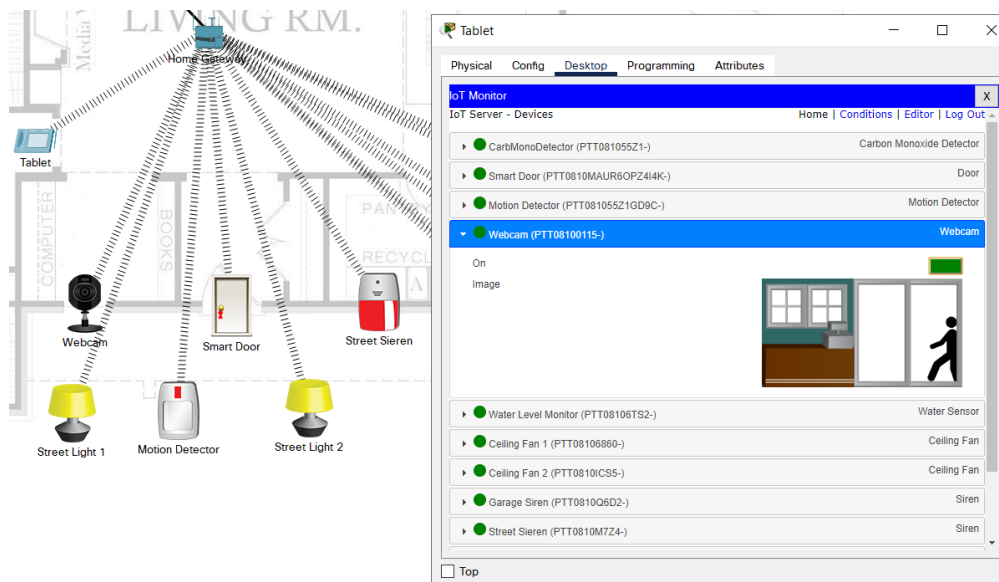


Рисунок 3.13 – Спрацювання датчика руху

На відміну від спрацювання датчика відкриття дверей, освітлення на вулиці не вмикається.

Таким чином, було змодельовано мережу розумного будинку у Cisco Packet Tracer симуляторі, що дає можливість перейти до реалізації електронної моделі будинку на основі плати Arduino.

На основі раніш наведеного, характеристик і особливостей застосування компонентів створюємо програму в Arduino IDE, загрузаємо програму в контролер плати Arduino Mega за допомогою USB кабелю і збираємо схему підключення датчиків до плати Arduino Mega (рис. 3.14), де

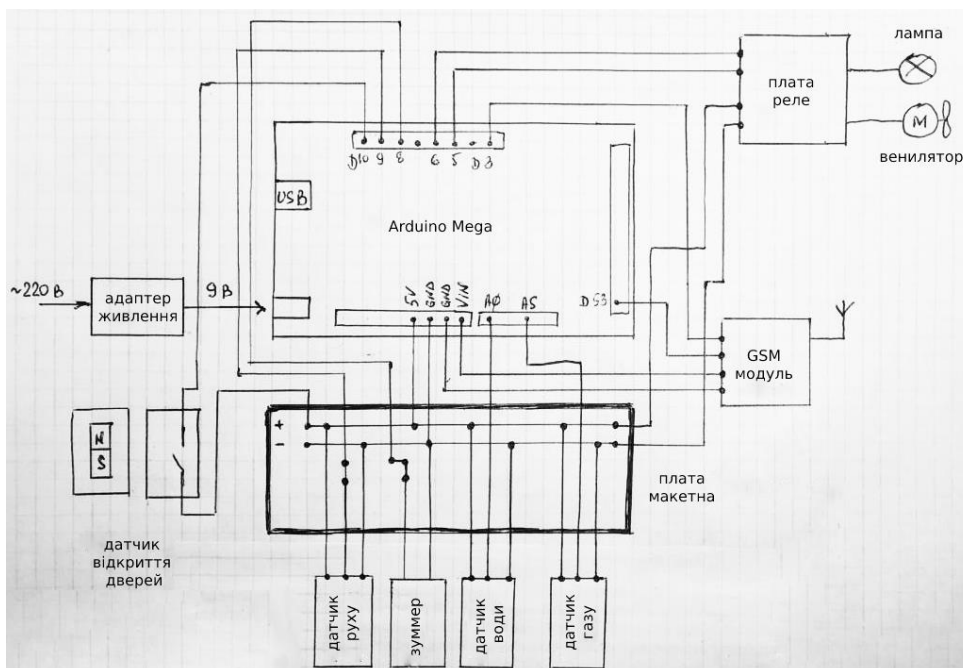


Рисунок 3.14 – Схема підключення датчиків до плати Arduino Mega 2560

- D4 – вихід на реле освітлення 1;
- D5 – вихід на реле освітлення 2;
- D6 – вихід на реле вентилятора;
- D7 – вихід на реле освітлення 3;
- D8 – вихід на зумер;
- D9 – цифровий вхід від датчика руху;
- D10 – цифровий вхід від датчика відкриття дверей;
- A0 – аналоговий вхід від датчика протікання води;

- A5 – аналоговий вхід від датчика загазованості;
- D53 – шина RX, дані GSM модуля;
- D3 – шина TX, дані GSM модуля.

Логіка роботи системі досить проста – при спрацюванні будь-якого датчика через зумер звучить звуковий сигнал тривоги, через модуль GSM система відсилає на запрограмований номер мобільного телефону власника текстове повідомлення з вказівкою на спрацювавший датчик. В додаток до цього при спрацюванні датчику загазованості система вмикає вентиляцію, а при спрацюванні датчику руху – вмикається освітлення.

Датчик вологості в моделі використовується у якості датчику протікання води (затоплення), він посилає контролеру аналоговий сигнал, порог спрацювання заданий програмно, що більш зручно.

Датчик загазованості також під'єднаний до аналогового входу контролера, порог спрацювання заданий програмно, при необхідності його легко змінити.

Всі інші датчики та системі під'єднані до цифрових портів. Є досить велика свобода вибору номерів портів при відповідних змінах в кодї програми.

Для керування вентилятором та лампою освітлення використаний модуль електромагнітних реле, оскільки плата Arduino не здатна прямо керувати потужними пристроями.

Для автономної роботи живлення системи здійснюється від зовнішнього джерела 12 вольт, 1А, а не від USB порта.

Для з'єднання виходів датчиків с платою Arduino Mega, під'єднання живлення 0 (GND), 5 вольт (VCC) до датчиків та модулів використана монтажна плата і провідники з набору Arduino.

Результуюча електронна модель зображена на рисунку 3.15. Модель протестована, що підтверджується спрацюванням датчиків за заданими сценаріями. Для проектування був використаний мікроконтроллер ATmega2560 та

набір датчиків, модуль реле, GSM модуль. для моделювання був розроблений експериментальний стенд апаратно-програмної частини "Розумного будинку" наведеного на рисунку 3.15

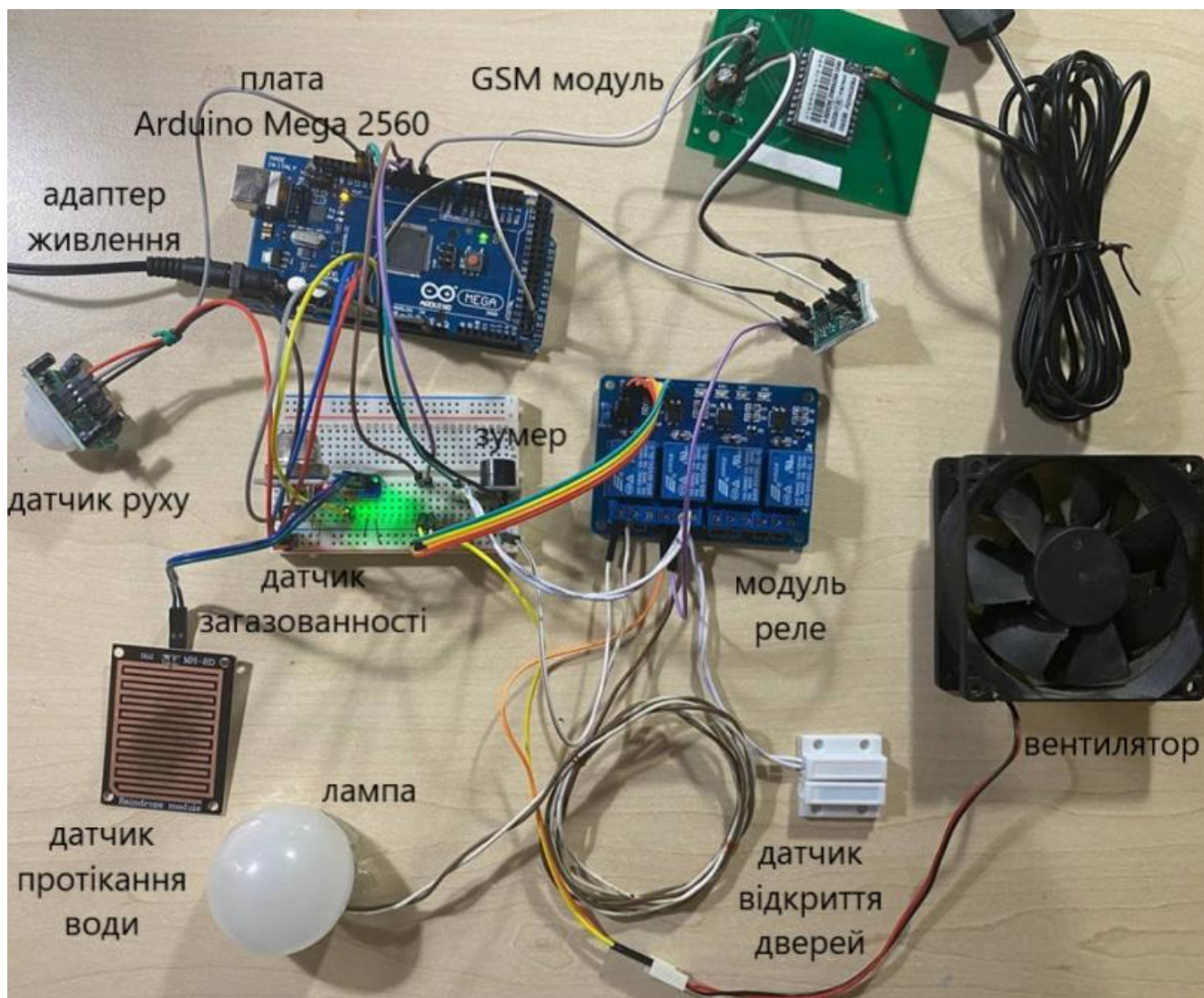


Рисунок 3.15 – Електронна модель розумного будинку на основі плати Arduino Mega 2560

Електронна модель показала високі результати при тестуванні. Вона може бути удосконалена та доповнена новими датчиками та сценаріями їх взаємодії. У перспективі модель можна використовувати у реальному будинку, роблячи його більш комфортним та безпечним для проживання.



## ВИСНОВКИ

В результаті аналізу, який був проведений в ході роботи, встановлено, що інтерес до використання технологій Інтернету речей високий у суспільстві, та стимулює промисловість до розробки і виробництва різноманітних систем та пристроїв у цьому напрямку. Серед багатьох проектів Інтернету речей великий сегмент займає Розумний будинок – система, яка контролює безпеку, показники клімату, освітлення, рівень забруднення та багато іншого в оселі, економить енерго-ресурси, підвищує комфорт, забезпечує централізоване дистанційне керування домашніми пристроями та оповіщення власника про стан будинку або спрацювання датчиків чи сигналізації.

Виходячи з поставленої задачі в дипломній роботі, в симуляторі Cisco Packet Tracer 7 була створена мережа розумної оселі з використанням різноманітних датчиків, розроблені сценарії їх взаємодії один з одним або з виконавчими пристроями, а також створена Wi-Fi мережа для контролю, моніторингу та керування системою розумного будинку з планшету. Налаштовано 3G\4G зв'язок для смартфона, який дає можливість віддаленого управління та контролю за системами будинку з будь-якої точки світу.

На основі спроектованої в симуляторі мережі була створена спрощена діюча електронна модель розумного будинку з використанням плати Arduino Mega та мікроконтролера ATmega2560. Для мікроконтролера було розроблено керуюче програмне забезпечення. Система розумного будинку на Arduino користуються великою популярністю завдяки гнучкості, легкості створення від найпростіших до складних систем з масою можливостей і сервісних функцій.

Розроблена схема у симуляторі та електронна модель показали високі результати при тестуванні, а також відповідають усім вимогам сформованим на етапі постановки задачі для дипломної роботи.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вишневська Д.В. Інтелектуальна мережа Internet of Things. Робота на здобуття кваліфікаційного рівня бакалавр [Текст] / Вишневська Д.В. – 2018.
2. Sfar AR, Natalizio E, Challal Y, Chtourou Z. A roadmap for security challenges in the internet of things. Digit Commun Netw [Електронний ресурс] / Sfar AR, Natalizio E, Challal Y, Chtourou Z. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352864817300214?via%3Dihub>
3. Behrendt F. Cycling the smart and sustainable city: analyzing EC policy documents on internet of things, mobility and transport, and smart cities [Електронний ресурс] / Behrendt. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/3/763>
4. Khajenasiri I, Estebarsari A, Verhelst M, Gielen G. A review on internet of things for intelligent energy control in buildings for smart city applications. Energy Procedia [Електронний ресурс] / Khajenasiri. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217302692?via%3Dihub>
5. Liu T, Yuan R, Chang H. Research on the internet of things in the automotive industry. In: ICMCG 2012 international conference on management of e-commerce and e-Government, Beijing, China [Електронний ресурс] / Liu. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224118306912?via%3Dihub>
6. Ibrahim M, El-Zaart A, Adams C Smart sustainable cities roadmap: readiness for transformation towards urban sustainability [Електронний ресурс] / El-Zaart. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670717302469?via%3Dihub>



7. Hollands RG. Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive, or entrepreneurial? [Электронный ресурс] / Hollands. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13604810802479126>
8. Schaffers H, Komninos N, Pallot M, Trousse B, Nilsson M, Oliveira A Smart cities and the future internet: towards cooperation frameworks for open innovation. In The future internet assembly [Электронный ресурс] / Schaffers. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-20898-0\\_31](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-20898-0_31)
9. Libelium. 50 Internet of Things Applications [Электронный ресурс] / Libelium. – 2021. – Режим доступа до ресурсу: [http://www.libelium.com/top\\_50\\_iot\\_sensor\\_applications\\_ranking](http://www.libelium.com/top_50_iot_sensor_applications_ranking)
10. Gao, L.L. and Bai, X.S. A Unified Perspective on the Factors Influencing Consumer Acceptance of Internet of Things Technology. Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics [Электронный ресурс] / Gao, Bai. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/APJML-06-2013-0061/full/html>
11. Balta-Ozkan, N., Davidson, R., Bicket, M. and Whitmarsh, L. Social Barriers to the Adoption of Smart Homes. Energy Policy [Электронный ресурс] / Davidson. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421513008471?via%3Dihub>
12. K. Ashton. That “internet of things” thing [Электронный ресурс] / Ashton. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=That%20%E2%80%9Cinternet%20of%20things%E2%80%9D%20thing&author=K.%20Ashton&publication\\_year=2009](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=That%20%E2%80%9Cinternet%20of%20things%E2%80%9D%20thing&author=K.%20Ashton&publication_year=2009)

13. C. J. Diane. How smart is your home? [Электронный ресурс] / Diane. – 2021. – Режим доступа до ресурсу: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=How%20smart%20is%20your%20home?&author=C.%20J.%20Diane&publication\\_year=2012](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=How%20smart%20is%20your%20home?&author=C.%20J.%20Diane&publication_year=2012)
14. C. Wilson, T. Hargreaves, and R. Hauxwell-Baldwin. Benefits and risks of smart home technologies [Электронный ресурс] / Wilson. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151630711X?via%3Dihub>
15. V. Govindraj, M. Sathiyarayanan, and B. Abubakar. Customary homes to smart homes using internet of things (IoT) and mobile application [Электронный ресурс] / V. Govindraj, M. Sathiyarayanan, and B. Abubakar. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8358532/>
16. O. Taiwo, A. E. Ezugwu, N. Rana, and S. i. M. Abdulhamid. Smart home automation system using ZigBee, Bluetooth and Arduino technologies [Электронный ресурс] / Taiwo. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-58817-5\\_43](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-58817-5_43)
17. L. Salhi, T. Silverston, T. Yamazaki, and M. Takumi. Early detection system for gas leakage and fire in smart home using machine learning [Электронный ресурс] / Silverston. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8661990>
18. B. Vaidya, A. Patel, A. Panchal, R. Mehta, K. Mehta, and P. Vaghasiya. Smart home automation with a unique door monitoring system for old age people using Python, OpenCV, Android and Raspberry pi [Электронный ресурс] / Patel, Panchal. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8250582>
19. D. Kundu, M. E. Khallil, T. K. Das, A. A. Mamun, and A. Musha. Smart home automation system using on IoT [Электронный ресурс] / Kundu, Mamun. – 2020. –

- Режим доступа до ресурсу:  
<https://www.ijser.org/onlineResearchPaperViewer.aspx?Smart-Home-Automation-System-Using-on-IoT.pdf>
20. B. L. Risteska Stojkoska and K. V. Trivodaliev. A review of Internet of Things for smart home: challenges and solutions [Электронный ресурс] / Risteska Stojkoska. – 2020. – Режим доступа до ресурсу:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261631589X?via%3Dihub>
21. Sefer, Mohanad Mohammed, Shadha Adnan. Faculty of Engineering, Altinbas University. [Электронный ресурс] / Mohanad Mohammed. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://gcris.iyte.edu.tr/bitstream/11147/11000/1/10233220.pdf>
22. What's new in Cisco Packet Tracer 7.0. Retrieved from Packet Tracer Network. [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу:  
<http://www.packettracernetwork.com/features/packettracer-7-newfeatures.html>
23. S. V. Gunge and S. P. Yalagi. Smart home automation: Arduino [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу:  
[https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Smart%20home%20automation:%20a%20literature%20review&author=S.%20V.%20Gunge%20&author=S.%20P.%20Yalagi](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Smart%20home%20automation:%20a%20literature%20review&author=S.%20V.%20Gunge%20&author=S.%20P.%20Yalagi)
24. Chen S, Xu H, Liu D, Hu B, Wang H. A vision of IoT: applications, challenges, and opportunities with China perspective. IEEE Internet Things J [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6851114>
25. Wilson C, Hargreaves T, Hauxwell-Baldwin R. Smart homes and their users: a systematic analysis and key challenges [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00779-014-0813-0>

## ДОДАТКИ

### Додаток А. Лістинг коду для мікроконтролера Ардуіно АТmega2560

```

#include <SoftwareSerial.h> // підключаємо бібліотеку для програмного Rx
Tx
SoftwareSerial mySerial(53,3); // RX,TX
#define pirPin 9 // оголошуємо змінну для датчика руху і вказуємо пін
int Count = 0;
int relay1 = 6; // оголошуємо змінну для реле 1 і вказуємо пін
int relay2 = 5; // оголошуємо змінну для реле 2 і вказуємо пін
int relay3 = 4; // оголошуємо змінну для реле 3 і вказуємо пін
int relay4 = 7; // оголошуємо змінну для реле 4 і вказуємо пін
const int gassensorpin = A5; // оголошуємо змінну для детектора газу і
указуємо пін
int gassensorvalue = 0; // оголошуємо змінну для зберігання значення з
датчика газу
int water = A0; // оголошуємо пін для підключення датчика вологості
unsigned int waterValue = 0; // створюємо змінну для зберігання значень з
датчика води
int Door_sensor = 10; // оголошуємо пін для підключення датчика відкриття
дверей
int Door_val = 0; // оголошуємо змінну для зберігання стану датчика
int buzzer = 8; // оголошуємо змінну для зумера, вказуємо пін
void setup() {
  pinMode(pirPin, INPUT); // назначаємо пін датчика руху як вхід
  pinMode(Door_sensor, INPUT); // назначаємо пін датчика відкриття дверей
як вхід
  pinMode(relay1, OUTPUT); // назначаємо пін як реле як вихід
  pinMode(relay2, OUTPUT); // назначаємо пін як реле як вихід
  pinMode(relay3, OUTPUT); // назначаємо пін як реле як вихід
  pinMode(relay4, OUTPUT); // назначаємо пін як реле як вихід
  delay(2000); // час на ініціалізацію модуля
  Serial.begin(9600); // швидкість порту
  //Serial.println("Signalization v1.0");
  mySerial.begin(9600);
  mySerial.println("AT+CMGF=1"); // режим кодування для смс
  delay(200);
  mySerial.println("AT+CSCS=\\"GSM\\"); // режим кодування текста
  delay(200);

```

```

void loop() {
  gassensorvalue = analogRead(gassensorpin); // зчитуємо значення з датчика
  газу
  if (gassensorvalue >= 600) // задаємо поріг рівня загазованності
  {
    delay(100);
    mySerial.println("AT+CMGS=\"+380501306205\""); // задаємо команду на
    відправлення смс
    delay(100);
    mySerial.print("Attention, gas leak!"); // відправляємо текст
    mySerial.print((char)26); // символ завершення передачі
    Serial.println("ok");
    delay(100);
    tone(buzzer, 900); // подаємо сигнал зумером
    delay(500);
    noTone(buzzer); // вимикаємо сигнал зумера
    digitalWrite(relay1, LOW); // включаємо реле, до якого підключений
    вентилятор
    delay(2000);
  }
  else
  {
    digitalWrite(relay1, HIGH); // вимикаємо реле з вентилятором
    noTone(buzzer); // вимикаємо сигнал зумера
  }

  //детектор руху
  int pirVal = digitalRead(pirPin);
  if(pirVal == HIGH) // якщо відбувається рух
  {
    digitalWrite(relay2, LOW); // то вмикаємо реле до якого підключене
    освітлення
    digitalWrite(relay3, LOW); // вмикаємо реле до якого підключене освітлення
    digitalWrite(relay4, LOW); // вмикаємо реле до якого підключене освітлення
    // подаємо звуковий сигнал зумером
    delay (1000);
    tone(buzzer, 1200); // подаємо звуковий сигнал зумером
    delay (300);
  }
}

```

```

tone(buzzer, 900); // подаємо звуковий сигнал зумером
delay (300);
tone(buzzer, 1200); // подаємо звуковий сигнал зумером
delay (300);
tone(buzzer, 900); // подаємо звуковий сигнал зумером
delay (300);
noTone(buzzer); // вимикаємо сигнал
delay (1000);
mySerial.println("AT+CMGS=\"+380501306205\""); // команда на
відправлення смс
delay(100);
mySerial.print("Attention, motion detected!"); // відправляємо текст
mySerial.print((char)26); // символ завершаючий передачу
Serial.println("ok");
}
else
{
digitalWrite(relay2, HIGH); // вимикаємо реле
digitalWrite(relay3, HIGH); // вимикаємо реле
digitalWrite(relay4, HIGH); // вимикаємо реле
noTone(buzzer); // вимикаємо сигнал
}
// датчик води
waterValue = analogRead(water); // зчитуємо значення з датчика води
if(waterValue<800) // задаємо порігове значення спрацювання сигналізації
{
delay(100);
mySerial.println("AT+CMGS=\"+380501306205\""); // команда на відправку
смс
delay(100);
mySerial.print("Attention, water detected!"); // відправляємо текст
mySerial.print((char)26); // символ завершаючий передачу
Serial.println("ok");
delay(100);
tone(buzzer, 500); // подаємо сигнал зумером
delay (1000);
}
else
{
noTone(buzzer); // вимикаємо сигнал

```

```

}
Door_val = digitalRead(Door_sensor); // зчитуємо значення з датчика
відкриття дверей
if (Door_val == LOW){ // двері відчинені
digitalWrite(Door_sensor, LOW);
{
delay(100);
mySerial.println("AT+CMGS=\"+380501306205\""); // команда на
відправлення смс
delay(100);
mySerial.print("Attention, door opened!"); // відправляємо текст
mySerial.print((char)26); // символ завершаючий передачу
Serial.println("ok");
delay (500);
tone(buzzer, 1500); // подаємо сигнал зумером
delay (150);
tone(buzzer, 1200); // подаємо сигнал зумером
delay (150);
tone(buzzer, 900); // подаємо сигнал зумером
delay (150);
}
}
else
{
noTone(buzzer); // вимикаємо сигнал
}
}

```