

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет**

**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **Юрій КИРИЧУК**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломна робота**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи  
та технології в приладобудуванні»**

**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології»**

**на тему: «Автоматизована система голосового управління розумним  
будинком»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ПК-01

Мариморич Олександр Євгенович \_\_\_\_\_

Керівник:

Асистент,

Самборська Віта Вікторівна \_\_\_\_\_

Рецензент:

Асистент, доктор філософії,

Дорожинська Ганна Василівна \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2024 рік

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Приладобудівний факультет**  
**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій КИРИЧУК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломну роботу студенту**

**Мариморич Олександр Євгенович**

1. Тема роботи «Автоматизована система голосового управління розумним будинком», керівник роботи Самборська Віта Вікторівна, асистент, затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_
2. Термін подання студентом роботи \_\_\_\_\_
3. Вихідні дані до роботи: Плата Arduino UNO, Реле 5В, Bluetooth-модуль, система розпізнавання голосових команд
4. Зміст роботи:  
Вступ, Аналітичний огляд, Системи голосового управління, Проектування системи голосового керування, Висновки, Список використаних джерел

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням обов'язкових плакатів, презентацій тощо):

П'ять плакатів :

1. Розумний будинок
2. Голосове управління
3. Структура демонстраційної системи
4. Алгоритм роботи
5. Код програми

6. Дата видачі завдання 12.03.2024

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та визначення завдання	13.03.2024	
2	Аналітичний огляд	28.04.2024	
3	Дослідження систем голосового керування	10.05.2024	
4	Створення демонстраційної моделі	20.05.2024	
5	Написання коду та алгоритму роботи	21.05.2024	
6	Оформлення дипломної роботи	28.05.2024	
7	Розробка плакатів	30.05.2024	

Студент

Олександр МАРИМОРІЧ

Керівник

Віта САМБОРСЬКА

## Анотація

Метою дипломної роботи є дослідження систем розумного будинку, голосового управління та створення простої демонстраційної моделі голосового керування.

У першому розділі даної дипломної роботи було розглянуто поняття Інтернету речей та розумного будинку, розглянуті типи розумних домів, їх переваги та недоліки. Були проаналізовані різні бездротові протоколи, що використовуються у розумних будинках, їх переваги та недоліки. Також розглянуто деякі приклади використання розумних технологій у житловій сфері.

Другий розділ присвячено історії розвитку систем голосового управління та розпізнавання голосу. Було досліджено роботу даних систем, проаналізовано переваги та недоліки і розглянуто деякі приклади застосування подібних систем.

Третій розділ описує процес створення демонстраційної моделі голосового керування лампочкою. Дана система має на меті продемонструвати базові можливості голосового керування у розумних будинках.

Робота викладена на 51 сторінках, містить 3 розділи, 19 рисунків, 20 літературних джерел.

**Ключові слова:** розумний будинок, інтернет речей, голосове управління, розпізнавання голосу.

## **Annotation**

The aim of the thesis is to research smart home systems, voice control and create a simple demonstration model of voice control.

In the first chapter of this thesis, the concept of the Internet of Things and a smart home was considered, the types of smart homes, their advantages and disadvantages were considered. Different wireless protocols used in smart homes, their advantages and disadvantages were analyzed. Some examples of the use of smart technologies in the housing sector are also considered.

The second chapter is devoted to the history of the development of voice control and voice recognition systems. The operation of these systems was investigated, advantages and disadvantages were analyzed, and some examples of the use of similar systems were considered.

The third chapter describes the process of creating a demonstration model of voice control of a light bulb. This system aims to demonstrate the basic capabilities of voice control in smart homes.

The work is laid out on 51 pages, contains 3 chapters, 19 figures, 20 references.

**Key words:** Smart home, Internet of Things, voice control, voice recognition.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	9
1.1. Інтернет речей та розумний будинок.....	9
1.2. Типи пристроїв розумного будинку.....	11
1.3. Типізація розумних будинків і протоколи передачі даних.....	12
1.3.1. Wi-Fi протокол.....	13
1.3.2. BLE протокол.....	14
1.3.3. Z-Wave протокол.....	15
1.3.4. ZigBee протокол.....	17
1.3.5. Thread протокол.....	18
1.3.6. X10 протокол.....	19
1.3.7. Matter протокол.....	20
1.4. Напрями застосування та недоліки систем розумного будинку.....	21
1.5. Приклади використання технологій розумного дому.....	22
1.6. Постановка завдання.....	29
1.7. Висновки до розділу.....	29
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМИ ГОЛОСОВОГО УПРАВЛІННЯ.....	31
2.1. Історія голосового управління.....	31
2.2. Принцип роботи голосового керування.....	35
2.2.1. Прихована марковська модель.....	35
2.2.2. Обробка природної мови.....	37
2.2.3. DTW алгоритм.....	37
2.3. Переваги та недоліки голосового керування.....	38
2.4. Приклади систем голосового управління.....	39
2.5. Висновки до розділу.....	42
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ГОЛОСОВОГО КЕРУВАННЯ...43	
3.1. Опис моделі.....	43
3.2. Код та блок-схема.....	45
3.3. Висновки до розділу.....	48

ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50

## ВСТУП

Перед людьми у сучасному світі все частіше постають питання покращення умов життя, створення безпечного та якісного житла, забезпечення комфорту та затишку, втілення нових технологій та ідей для автоматизації рутинних процесів. Це можливо за допомогою проектування систем розумного дому, які стрімко почали набирати популярність у всьому світі. З розвитком технологій інтернету речей це питання набрало ще більшої актуальності, адже у наш час майже будь-який процес може бути оптимізовано за допомогою тих чи інших пристроїв. Кількість компаній, які пропонують професійні рішення по встановленню систем розумного будинку з кожним роком зростає. Це обумовлено цілою низкою можливостей, які вони відкривають перед своїми домовласниками.

Головна ідея таких систем полягає у об'єднанні домашніх пристроїв у одну мережу, в якій буде можливість управляти кожним окремим елементом за допомогою приладу-контролера, яким зазвичай може виступати телефон, комп'ютер, планшет тощо. Це значно спрощує керування усією екосистемою і допомагає налаштувати прилади не потребуючи безпосередньої взаємодії з ними. Але ручне управління розумним будинком не завжди таке зручне, як здається, бо існують ситуації, коли їм скористатися не вийде. Саме тому в останні роки стало популярним поширення систем з голосовим управлінням.

Концепція голосового управління – це новий рівень управління розумним домом. Ця система може значно спростити керування будь-якими процесами будинку. Використання голосу або звукових сигналів відкриває нові рішення в кастомізації та креативному оформленні житла для будь-яких потреб людини, а швидкоплинний розвиток нейронних мереж і штучного інтелекту надає можливість створення і використання голосових асистентів для керування системою. І хоча ці технології лише набирають обертів у наші дні, вже зараз можна знайти приклади їх успішного втілення у сучасних розумних будинках.



# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.

## 1.1. Інтернет речей та розумний будинок.

Перед тим, як дати визначення поняттю “розумний будинок”, спершу розглянемо таке поняття, як “Інтернет речей”. Вперше воно було введено у 1999 році британським інженером Кевіном Ештоном, хоча перші концепти цієї ідеї з’явилася ще в 1982 році, але тоді у них не було конкретної назви.

Інтернет речей (з англійської Internet of Things або просто IoT) – це мережа, яка складається з пов’язаних між собою приладів і технологій, які можуть обмінюватися даними і виступають як одна цілісна система (рис. 1.1). Основною ідеєю IoT являється поєднання об’єктів за допомогою різних датчиків, приймачів і сенсорів, які сприяють зчитуванню та передачі певної інформації між різними пристроями у межах системи.

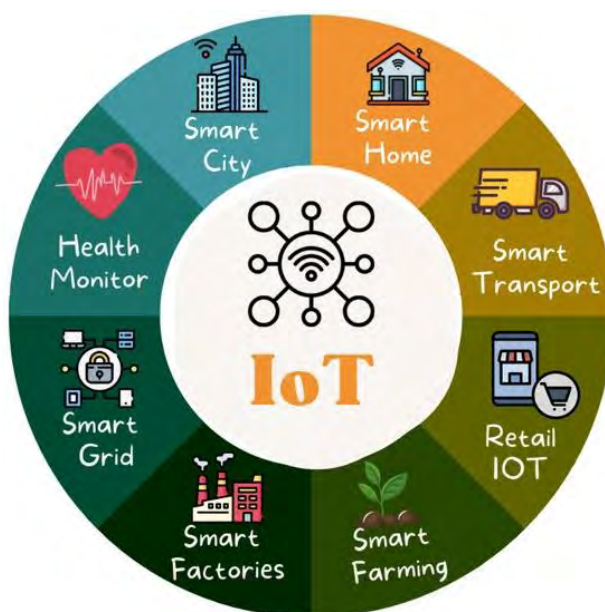


Рис. 1.1. Основні галузі інтернету речей.

Технології інтернету речей використовуються в різних галузях для оптимізації та автоматизації різних процесів. Задача IoT мереж – робити речі швидшими, простішими, доступнішими та комфортнішими. Вони роблять більшість процесів ефективнішими, знижують витрати ресурсів, покращують якість роботи та життя людей [1].

Розумний будинок – це загальне поняття, що описує IoT мережу, яка створена для автоматизації процесів у житловому приміщенні. Як і будь-яка IoT система, розумний будинок виконує обмін інформацією між домашніми приладами і сприяє автоматичному виконанню необхідних процесів, базуючись на отриманій інформації і командах (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Структура розумного будинку.

Історія розвитку розумних будинків почалася ще з позаминулого століття, коли з'являлися перші електричні прилади для будинку. Тоді люди лише мріяли про автоматизацію будинку і мали лише приблизні концепти таких технологій. Проте конкретною подією, з якої почалася епоха домашньої автоматизації прийнято вважати створення у 1975 році першого протоколу передачі даних для розумного будинку – X10. Цей протокол мав певні обмеження але в цілому його вистачало для створення перших систем розумного дому. Пізніше, на початку нульових років були створені інші безпроводні протоколи, такі як Z-Wave, ZigBee, Wi-Fi та BLE, які відкривали більше можливостей автоматизації ніж X10. Саме ці роки вважають початком популяризації розумних будинків. Але найбільший ріст популярності і розповсюдження даних технологій почалось з 2014-2015

років. Станом на 2022 рік, кількість розумних будинків у світі вже становила приблизно 258.54 мільйонів і з кожним роком вона все більшає.

## **1.2. Типи пристроїв розумного будинку.**

Існує три основні типи пристроїв для систем розумного дому. Найголовнішою частиною системи виступає хаб (контролер) – перший тип пристроїв, який сприймає та оброблює інформацію, що надходить з інших приладів і на її основі створює та надсилає запити на виконання певних дій та команд. По суті хаб виступає мозком системи, бо саме він відіграє ключову роль в управлінні усією мережею. Контролером може бути будь-який прилад, здатний приймати, оброблювати та передавати інформацію, наприклад телефон чи планшет, комп'ютер або консоль, спеціальний пульт чи сенсорна панель тощо.

Датчики та сенсори – другий тип пристроїв. Вони використовуються для зчитування інформації з зовнішнього світу і передачі її до контролеру. По своїй суті вони виступають органами чуття системи, так як саме через них система може “відчувати” і “бачити” зміни навколишнього середовища, наприклад зміну температури повітря, вологості ґрунту, рівню освітленості в приміщенні тощо. Інформація зазвичай збирається в постійному режимі і передається до контролера через певні визначені інтервали часу, що дозволяє йому постійно оброблювати нові дані, зчитувати запити, приймати рішення і віддавати команди.

Останній, третій тип – актуатори. Це пристрої, які зчитують інформацію вже з контролера і виконують задані їм дії. Саме вони призводять до активації різних домашніх приладів, наприклад ламп чи кондиціонерів. Актуатори бувають різні, а їх вибір цілком залежить від задач, які необхідно виконувати в тій чи іншій ситуації, наприклад перемикачі, реле, різні крани та клапани тощо. Домашні прилади не обов'язково мають бути розумними, адже функціоналу актуаторів цілком достатньо для активацій багатьох функцій навіть старих поколінь пристроїв.

### **1.3. Типізація розумних будинків і протоколи передачі даних.**

Системи розумного дому за типом з'єднання поділяються на дротові та безпроводні. Обидва типи мають як певні плюси, так і певні мінуси.

Дротові системи дуже надійні, вони безпечніші за безпроводні, сигнал набагато швидший і стабільніший, що забезпечує набагато рідшу втрату пакетів даних. Окрім цього, у них не буває проблеми сумісності з приладами і збоїв через роботу інших протоколів зв'язку. Проте, як мінус, вони потребують набагато більше часу на встановлення, їх складніше ремонтувати і оновлювати, треба вести кабелі по усьому будинку, через що встановити таку систему буде дуже важко у вже заселеному домі. Тому цей тип рекомендується встановлювати на стадії планування нового незаселеного будинку. Окрім цього, дротові системи мають шанс на коротке замикання або навіть на пожежу, тому їх має встановлювати людина з досвідом. Тобто, у більшості випадків без кваліфікованого спеціаліста просто не обійтись, що може привести до ще більших витрат грошей на і без того недешеву систему.

Безпроводні системи більш зручніші і простіші в експлуатації. Їх набагато легше встановити, а прилади які підключаються до таких систем можна у будь-який момент перемістити, адже вони не прив'язані проводами до конкретного місця. Ціна на встановлення і обслуговування безпроводної системи зазвичай менше, навіть при переїзді з одного будинку в інших за перенесення такої системи буде набагато менший рахунок, чим за перенесення або повторне встановлення дротової. Проте, вони набагато повільніші, більш схильні до втрати пакетів даних, зазвичай не дуже стабільні, адже сильно залежать від якості вхідного сигналу. Окрім цього, у безпроводних системах можуть бути проблеми сумісності між приладами і різними протоколами безпроводного зв'язку. [2].

Протоколів зв'язку для безпроводних систем існує доволі багато. Найпопулярнішими і найвідомішими є BLE (Bluetooth Low Energy) та Wi-Fi,

проте окрім них також часто використовують такі протоколи як Z-Wave, ZigBee, Matter, Thread та X10.

### **1.3.1. Wi-fi протокол.**

Wi-Fi найпоширеніший безпроводний протокол у світі. Важко уявити сучасну людину, у якої не буде дома Wi-Fi. Протокол працює за допомогою радіочастот у спектрі 2,4 або 5 ГГц. Пристрої підключаються до безпроводної точки доступу або маршрутизатора і отримують свій Інтернет протокол (IP адрес) – унікальний ідентифікатор, який дозволяє приладам обмінюватися інформацією між собою.

Переваги протоколу Wi-Fi :

- Простий та зручний. Більшість людей вже давно знайома з цим протоколом хоча б на базовому рівні, він простий і зручний, що дуже важливо для розуміння, як правильно його використовувати.
- Легко встановлювати. У більшості людей і так встановлені Wi-Fi маршрутизатори у будинках, тож немає потреб у додатковому обладнанні або встановленні окремих маршрутизаторів, як з деякими іншими протоколами.
- Швидкість. Наразі Wi-Fi являється одним з найпотужніших протоколів, він може передавати дані зі швидкістю до 1 гігабіту на секунду, що набагато більше ніж у інших протоколів. Це дуже добре підходить до приладів, яким потрібна велика швидкість для роботи, наприклад камерам і системам відеоспостереження.
- Сумісність. Wi-Fi підтримує величезну кількість приладів. Цей протокол буквально розроблений таким чином, щоб під'єднуватись до будь-якої моделі маршрутизаторів, що дозволяє йому працювати майже з будь-якими пристроями. Окрім цього до однієї мережі може бути підключено кілька десятків приладів за раз, а при встановленні додаткових маршрутизаторів іще більше, що покриває потреби майже будь-якого власника розумного будинку.

- Інтернет-провідник. Одним з важливих плюсів Wi-Fi є те, що прилади, які підключені до мережі, отримують доступ до Інтернету без додаткового обладнання, що у свою чергу надає можливість керувати ними з будь-якої точки у світі. Проте це також може бути й мінусом, бо цим можуть скористуватися хакери, тож ніколи не слід забувати про безпеку і на всякий випадок проконсультуватися зі спеціалістами під час встановлення таких приладів і підключення їх до мережі.

Недоліки протоколу Wi-Fi :

- Споживання енергії. Чим більша швидкість Wi-Fi, тим більше енергії він буде споживати. Порівняно з іншими протоколами, споживання Wi-Fi дуже велике, що робить його використання приладами з акумуляторами дуже проблематичним. Це робить використання багатьох приладів а також різних бездротових датчиків, наприклад датчиків руху, дотику, температури тощо, просто неможливим.

- Покриття території. Wi-Fi покриває невелику територію, що може спричинити незручності у великих будинках, окрім цього він не дуже добре проходить через стіни, що призводить до затухання сигналу і втратам швидкості в залежності від кількості стін, що знаходяться між пристроями та маршрутизатором.

- Перенавантаження системи. Чим більше приладів підключено до системи, тим більше вона перевантажується. Більшість маршрутизаторів можуть обробляти до 25-30 приладів за раз але якщо їх буде більше, це може вплинути на роботу пристроїв, особливо тих, що потребують великої швидкості передачі [3].

### **1.3.2. BLE протокол.**

BLE (Bluetooth Low Energy) – більш економна версія Bluetooth, яка була створена саме для втілення потреб людей, що займаються розробкою IoT технологій або використовують їх. Це простий радіосигнал, який працює на частоті 2.4 ГГц і використовується для обслуговування простих пристроїв.

### Переваги протоколу BLE :

- Споживання. Bluetooth Low Energy не просто так був названий саме Low Energy, адже він споживає набагато менше енергії за звичайний Bluetooth, що робить його просто ідеальним протоколом для використання з пристроями, які працюють від акумуляторів.
- Низька затримка. BLE протокол має дуже низьку затримку передачі даних, що робить його просто ідеальним для різних сенсорів та датчиків, адже це надає можливість набагато швидше обробляти інформацію і приймати рішення.
- Доступність. Даний протокол не дуже дорогий, поширений у світі, підтримує величезну кількість пристроїв і майже не перешкоджає роботі інших протоколів, що робить його одним з найкращих.
- Безпека. BLE пропонує різні захисні механізми, такі як шифрування та автентифікація користувачів, щоб забезпечити безпечну передачу даних між пристроями у мережі.

### Недоліки протоколу BLE :

- Швидкість. Хоча затримка передачі даних у BLE одна з найнижчих але швидкість передачі не дуже висока порівняно зі звичайним Bluetooth, що робить його не дуже підходящим для роботи з пристроями, які потребують високої швидкості, наприклад камерами.
- Радіус постачання. Мабуть одним з найголовніших недоліків даного протоколу є його надзвичайно низький радіус постачання, що зазвичай становить не більше 10 метрів. Цього може вистачити для покриття невеликого будинку але якщо дім великий, може знадобитися додаткове обладнання [4].

### 1.3.3. Z-Wave протокол.

Z-Wave – це дуже поширений протокол який використовує принцип сітчастої мережі для роботи і працює на низьких частотах, а саме 908.42 МГц для США, 868.42 МГц для Європи та 865-926 МГц для Азії. Він розроблений

таким чином, щоб не перешкоджати роботі інших протоколів, тому його часто використовують у парі з Wi-Fi та BLE.

Переваги протоколу Z-Wave :

- Споживання. Z-Wave споживає мало енергії, що робить його ідеальним для роботи з приладами, які працюють від батареї.
- Встановлення. Даний протокол дуже простий у встановленні і до нього дуже легко підключати та відключати нові пристрої після встановлення системи, адже він не потребує додаткового обладнання.
- Радіус покриття. Z-Wave на відміну від інших протоколів покриває дуже велику площу, його радіус покриття може становити до 30 метрів у будинку, через можливість добре проходити крізь стіни, та до 100 метрів на відкритому просторі, чого може вистачити для постачання навіть для великого будинку.
- Сітчаста мережа. Головною особливістю Z-Wave є робота за принципом сітчастої мережі. Усі пристрої такої мережі можуть спілкуватися один з одним і передавати команди. На практиці це може допомогти значно покращити надійність та ефективність усієї мережі в цілому з кожним приладом, який буде до неї додано.
- Сумісність. Так як даний протокол працює на низьких частотах, він не пересікається з іншими протоколами на більш високих частотах, що робить його сумісним з ними.
- Безпека. Z-Wave використовує AES-128 шифрування для забезпечення безпеки мережі та користувачів.

Недоліки протоколу Z-Wave :

- Швидкість. Даний протокол має низьку пропускну здатність та швидкість передачі даних, до 100 Кбіт/с, що робить його підходящим для різних датчиків, замків, перемикачів тощо, але абсолютно не підходящим для різних приладів, яким необхідна велика пропускну здатність, таким як камери, системи відеоспостереження тощо.



- Ціна та популярність. Встановлення Z-Wave коштує багато грошей і хоча цей протокол якісний, він поступово втрачає популярність. Більшість компаній зараз надають перевагу більш дешевим протоколам, тому кількість приладів, сумісних зі Z-Wave не така велика, як хотілось би. [5]

#### **1.3.4. ZigBee протокол.**

ZigBee - це протокол, який має підтримку сітчастих мереж і працює на частоті 2.4ГГц. Він виступає головним конкурентом Z-Wave, адже обидва протоколи використовують технологію сітчастих мереж.

Переваги протоколу ZigBee :

- Споживання. Як і Z-Wave, протокол ZigBee споживає не дуже багато енергії, що дозволяє приладам, які його використовують, спокійно працювати від акумуляторів.
- Стабільність. Даний протокол має стабільну швидкість передачі даних 250 Кбіт/с, це більше ніж у Z-Wave, що робить його більш функціональним у деяких сферах, проте все одно не настільки, щоб працювати з камерами.
- Сітчаста мережа. Як і Z-Wave, ZigBee підтримує сітчасті мережі але тут він має величезну перевагу, тому що підтримує до 65000 ланок між приладами одночасно, що у порівнянні з Z-Wave, який підтримує до 200, просто космічна цифра.
- Ціна. Великою перевагою ZigBee є його ціна, яка набагато нижче ніж у Z-Wave, що робить його більш доступним для людей.
- Безпека. У плані безпеки протокол ZigBee нічим не відрізняється від Z-Wave, так як теж використовує AES-128 шифрування для забезпечення безпеки мережі та користувачів.

Недоліки протоколу ZigBee :

- Сумісність. Однією з найбільших проблем ZigBee є його сумісність з іншими протоколами. Через те, що даний протокол працює на частоті 2.4 ГГц, він пересікається з Wi-Fi та BLE, що перешкоджає їх роботі.

- Радіус покриття. Порівняно з Z-Wave радіус покриття ZigBee набагато менше, що може стати проблемою у великому будинку.
- Не має доступу до Інтернету. Найбільший недолік протоколу ZigBee це неможливість підключити його напряду до Інтернету без шлюзу. Це основна причина що обмежує його популярність порівняно з Wi-Fi та BLE у сфері систем домашньої автоматизації [6].

### **1.3.5. Thread протокол.**

Thread – особливий протокол з відкритим кодом, який працює на IPv6. Він надійний, ефективний і простий у налаштуванні.

Переваги протоколу Thread :

- Безпека. Однією з найголовніших переваг Thread є його надійність та безпечність. Він використовує шифрування і автентифікацію, постійно перевіряє усі підключені прилади і забезпечує високий рівень захисту.
- Енергоефективність та зона покриття. Thread використовує невелику кількість енергії, що дозволяє приладам працювати від батареї. Окрім цього, він ефективно розподіляє сигнал. Це робить його зону покриття дуже великою, що ідеально підходить для домашньої автоматизації, навіть у великих будинках.
- Розширення. Thread надає можливості системі знаходити та автоматично вирішувати проблеми, що у ній виникають. Окрім цього, мережа може постійно розширюватися за допомогою нових пристроїв, а додавання кількох маршрутизаторів навіть може зробити з Thread протоколу сітчасту мережу на кшталт Z-Wave та ZigBee, та в цілому робить його ще більш стабільним.

Недоліки протоколу Thread :

- Кількість підключень. За кількістю підключень Thread значно поступається ZigBee, адже може містити не більше 250 підключень за раз.

- Популярність. Наразі приладів з підтримкою Thread існує дуже небагато порівняно з Wi-Fi та BLE і навіть з Z-Wave та ZigBee. Це суттєво впливає на вибір пристроїв для будинку.
- Сумісність. Даний протокол дуже погано працює з іншими, особливо з Wi-Fi, що може спричинити незручності [7].

### **1.3.6. X10 протокол.**

X10 – ще один протокол з відкритим кодом. Він є найстаршим у світі серед протоколів домашньої автоматизації. Можна сказати що саме з його створення у 1975 році розпочалася конкретна історія автоматизації розумних будинків. Зараз цей протокол вже не дуже популярний, проте досі використовується, в основному через дешевизну та легкість використання.

Переваги протоколу X10 :

- Легко встановлювати. Даний протокол дуже легкий у встановленні, адже він не потребує додаткового обладнання, тому що дані передаються між пристроями за допомогою вже існуючої у будинку електропроводки. Він також може бути встановлений користувачем без допомоги висококваліфікованих спеціалістів, бо його встановлення дуже просте.
- Ціна. Однією з переваг X10 є його дешевизна. Серед усіх протоколів він є одним з найдешевших і доступніших, ідеальний варіант для тих хто хоче обзавестися технологія розумного будинку але не хоче витратити на це занадто багато грошей.
- Стабільність мережі. X10 може підтримувати до 256 унікальний пристроїв в одній мережі і стабільно розподілятися на них.
- Велика база приладів. Хоча зараз популярність X10 зменшується, проте це все-таки протокол з багатолітньою історією. Приладів, які підтримують його існує дуже багато і нові моделі все ще з'являються на ринку навіть у наш час.

Недоліки протоколу X10 :

- Поганий запобіжник. X10 не може використовуватися в якості запобіжника через те, що навіть при ізоляції від джерела живлення він буде працювати і далі.
- Велика затримка. X10 має одну з найбільших затримок передачі даних серед усіх протоколів, яка може доходити до 1 секунди.
- Сумісність. Інші прилади в мережі можуть перешкоджати роботі X10 на лініях електропередачі, що в свою чергу призводить до того, що прилади можуть взагалі не отримати сигнал, що надходить з контролера X10. Окрім цього якщо декілька контролерів X10 підключити до однієї мережі, вони будуть заважати одне одному.
- Обмежений функціонал. Одним з найбільших недоліків X10 є те, що він просто не здатний виконувати складні команди що унеможлиблює аналіз помилок і складні форми спілкування між пристроями. Окрім цього він також не має жодного захисту [8].

### **1.3.7. Matter протокол.**

Matter – найновіший та найсучасніший протокол зв'язку з відкритим кодом, розроблений найвідомішими компаніями у світі, такими як Amazon, Google, Samsung, Apple та ІКЕА. Раніше він був відомий як Project CHIP (Connected Home over IP) але пізніше перейменований у Matter. Він розроблявся як універсальна альтернатива, що може працювати разом з будь-якими іншими протоколами, не перешкоджаючи їх роботі [9].

Переваги протоколу Matter :

- Універсальність. Даний протокол дозволяє просто та швидко підключати прилади від різних компаній, не турбуючись про проблеми сумісності. Окрім цього він не перешкоджає роботі інших протоколів, так як може бути встановлений поверх них.
- Безпека. Matter використовує засоби шифрування та автентифікації для захисту мережі від хакерів.

- Популярність. Ріст популярності даного протоколу збільшується з кожним роком, особливо за рахунок того, що його розробляють передові компанії світу. Він постійно оновлюється та покращується. Окрім цього вибір приладів, які працюють на цьому протоколі стрімко збільшується, адже все більше компаній приєднуються до його розробки.

Недоліки протоколу Matter :

- Потребує оновлення мережі. Встановлення Matter у вже існуючий мережі не дуже хороший варіант, бо в такому разі треба буде оновлювати обладнання і скоріше за все купувати новий хаб, який підтримує даний протокол.

- Новизна. Як було зазначено раніше, Matter найновіший протокол у світі. Це означає, що навіть незважаючи на стрімкий ріст популярності, кількість доступних приладів та технологій, що підтримують його вже зараз наразі не така велика, як хотілось би, тому вибір все-таки буде обмежений. Але на дистанції він може стати найперспективнішим протоколом вже через кілька років [10].

#### **1.4. Напрями застосування та недоліки систем розумного будинку.**

Основні напрями застосування :

- Оптимізація рутинних процесів. Включає автоматизоване освітлення, двері, жалюзі, ворота тощо.

- Енергоефективність. Автоматичне регулювання і моніторинг витрат енергії, впровадження процесів економії, наприклад розумні розетки, розумні зарядні станції тощо.

- Безпека та захист. Включає системи спостереження, відеокамери, розумну сигналізацію тощо.

- Захист здоров'я мешканців. Аналіз повітря на шкідливі або отруйні речовини, підвищену або занижену вологість, несприятливу температуру приміщення та інші чинники, які можуть шкодити здоров'ю мешканців, та впровадження процесів запобігання цим чинникам.

- Розважальний пакет. Сюди можна віднести системи домашнього кінотеатру, акустичні системи, ігрові приміщення тощо.
- Полегшення роботи та додаткові функції. Включає різні допоміжні процеси, які допомагають у роботі.
- Догляд за дітьми. Це процеси, направлені на виховання, розвиток та розважання дітей.
- Догляд за рослинами. Визначення вологості ґрунту та поживних речовин в ньому, автоматичний полив, автоматичне освітлення тощо.
- Турбота за тваринами. Авто-годування, розваги для тварин, та задоволення їх фізичних потреб.

Основні недоліки розумних будинків :

- Велика ціна. Більшість елементів розумного дому коштує багато грошей. Звичайно, існують дешевші аналоги, але їх якість зазвичай не дуже висока.
- Збій сигналу та проблеми сумісності. Може виникнути при будь-яких обставинах, частіше за все пов'язано з накладанням сигналів різних протоколів, збоєм електропостачання або несправністю батареї пристрою.
- Ризик злому. Цей недолік напряму залежить від протоколу передачі даних. Щоб запобігти злому хакерами, можна використовувати додатковий захист і бажано проконсультуватися зі спеціалістами.
- Складність використання. Хоча розумні будинки адаптивні і можуть підлаштовуватися під різних людей, іноді їх використання не таке інтуїтивно зрозуміле і може потребувати інструкції або вивчення матеріалу по подібній темі, що може спричинити проблеми, особливо у літніх людей.

### **1.5. Приклади використання технологій розумного дому.**

У сучасному світі існує безліч різних технологій розумного будинку. Нові винаходи з'являються майже щодня, адже люди постійно намагаються автоматизувати та оптимізувати майже кожен процес у домі, який тільки може бути автоматизовано.

Яскравим прикладом таких технологій є розумне освітлення. Більшість людей починають оптимізацію свого будинку саме з нього, адже саме світло є одним з найважливіших компонентів кожного будинку. Існує дуже багато різних концепцій розумного освітлення. Однією з таких концепцій є перехід від стандартних перемикачів до ручного управління освітленням за допомогою спеціального пульта чи телефону, яким не лише можна ввімкнути або вимкнути світло, а й налаштувати його яскравість та колір (рис. 1.3). Існують також і автоматичні системи, які використовують датчики руху для роботи і частіше за все застосовуються у прохідних зонах, таких як коридори, балкони та подвір'я. Коли датчик засікає рух людини, світло автоматично вмикається, а коли рух закінчується – вимикається. Такі системи дозволяють значно заощаджувати на освітленні, адже воно регулюється автоматично. Також існують голосові системи управління освітленням, які замість датчиків руху та пультів використовують датчики звуку, які сприймають певні голосові команди, на основі яких вмикають і вимикають світло, та регулюють його яскравість.

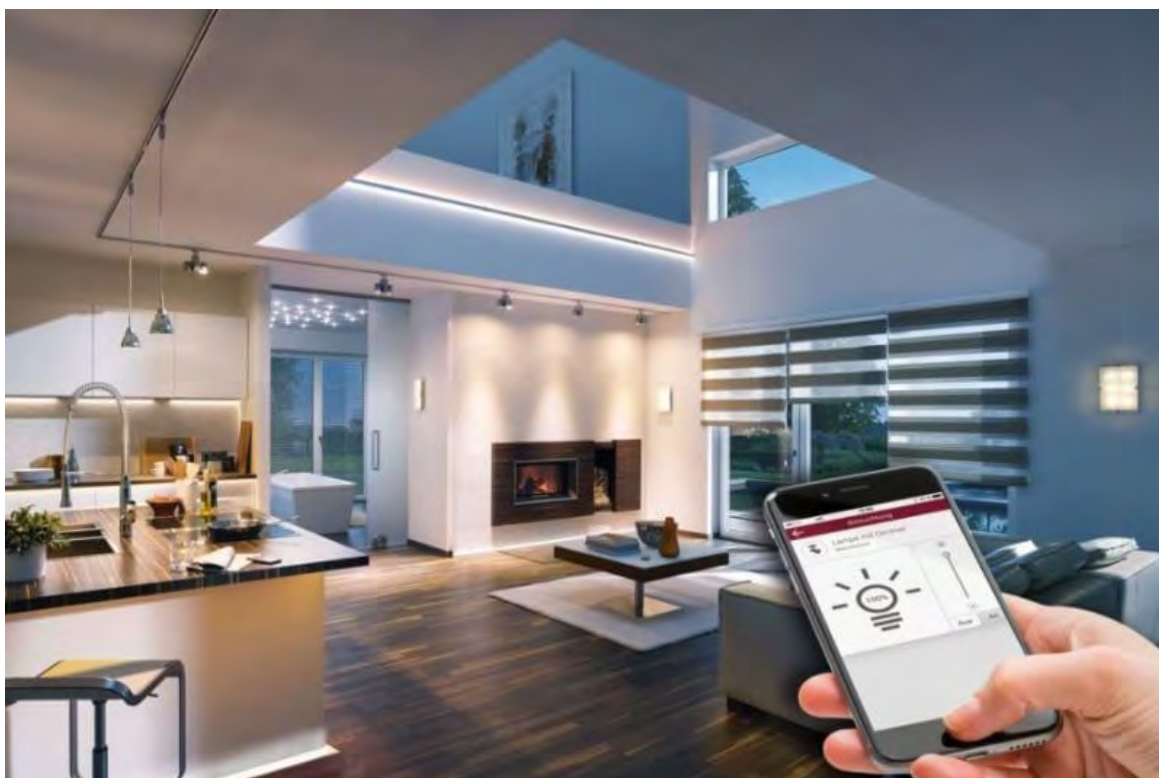


Рис. 1.3. Приклад управління освітленням з телефону.

Розумне освітлення це лише вступ до нескінченних можливостей, які відкриває розумний будинок перед своїми власниками. Ще однією цікавою технологією є розумні двері. Вони теж бувають різними. Наприклад, для вхідної двері частіше за все використовуються технології розумного замку (рис. 1.4). Таким дверям для розблокування необхідне підтвердження з телефону, що робить їх більш безпечними, ніж звичайні двері, адже якщо грабіжники навіть зламають звичайний замок, вони все одно не зможуть потрапити у будинок [11].

У самому будинку такі двері зазвичай не використовують, замість них застосовуються технології автоматичного відкриття дверей. Вони працюють за тим же принципом, що й двері у супермаркетах - коли людина підходить на певну відстань до двері, вона відкривається перед нею.

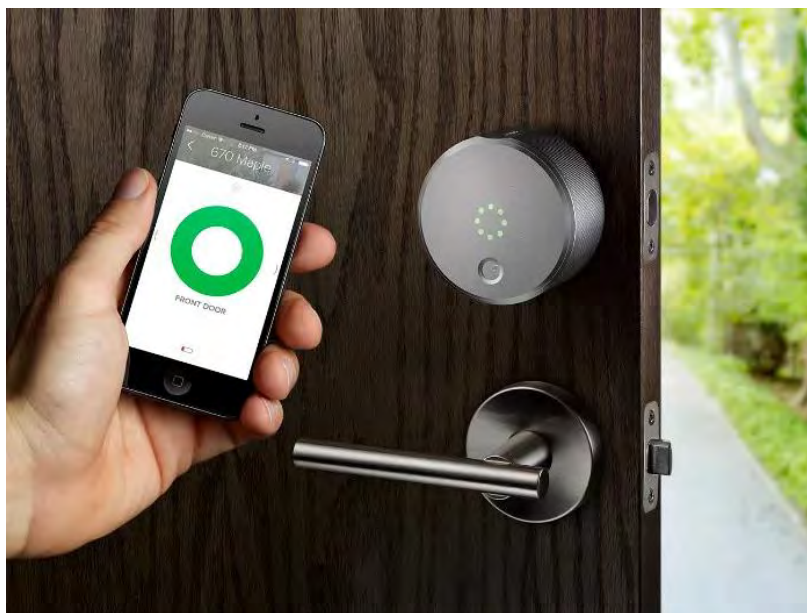


Рис. 1.4. Приклад двері з технологією розумного замку.

Схожою є й технологія розумних воріт. Це можуть бути як ворота будинку, так і ворота гаражу. Усе що необхідно зробити, щоб відкрити такі ворота, натиснути одну кнопку на пульті або на телефоні. Це дуже зручно, адже водію не треба виходити з машини і відкривати їх вручну, коли це можна зробити дистанційно в один клік.



Ще одним з цікавих напрямлень оптимізації рутинних процесів будинку є розумні вікна. Це дорогі технологічні вікна, які можуть змінювати режим освітлення і мають налаштування рівня пропуску світла. Проте, дані технології лише знаходять у розробці, та скоріше за все ще довго будуть залишатися дорогою технологією, яку не кожна людина може собі дозволити купити. А от що може дозволити собі кожен, так це розумні жалюзі (рис. 1.5). Вони частково виконують ті ж функції що й розумні вікна, але у більш примітивний спосіб і коштують набагато дешевше. Такі жалюзі можуть бути автоматизованими за допомогою датчиків і відкриватися в певний час дня або при певних умовах, а можуть управлятися командами з телефону.

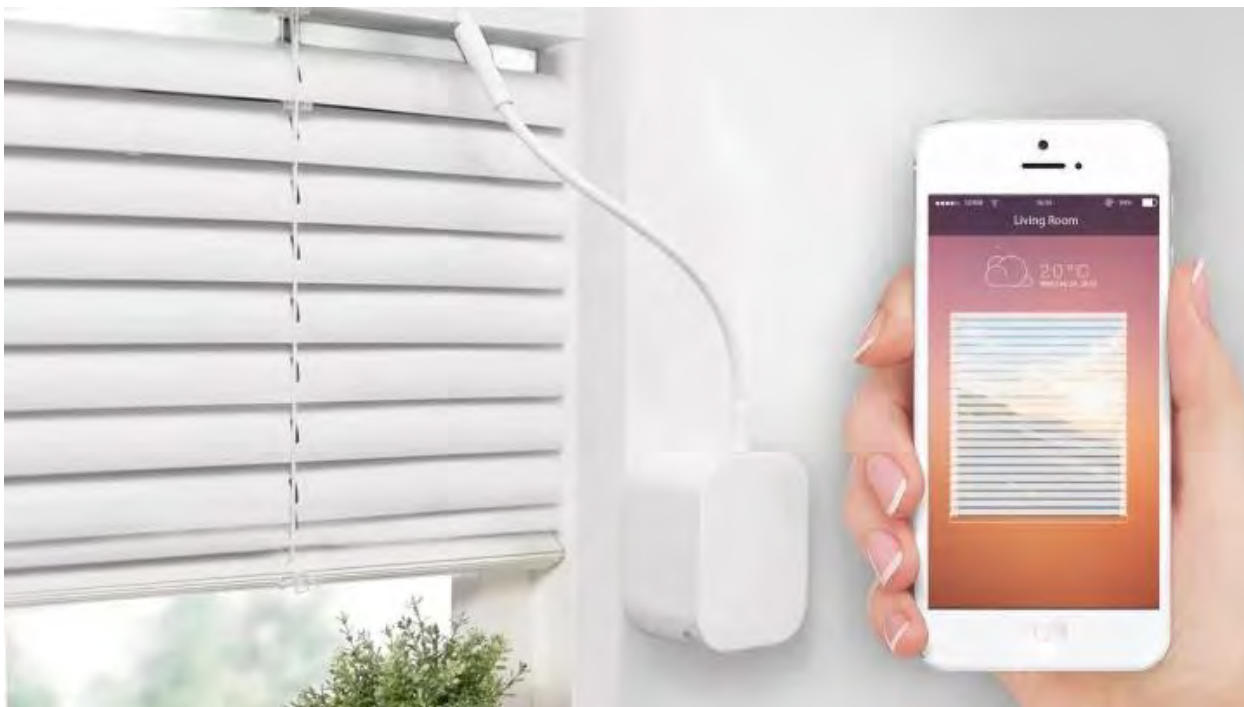


Рис. 1.5. Приклад системи розумних жалюзів.

Одним з яскравих прикладів енергозберігаючих смарт-приладів є розумні розетки (рис. 1.6). Це дешевий і ефективний пристрій, розроблений спеціально у цілях економії. Його основна функція – контролювати та координувати потік електроенергії. Така розетка може керуватися з телефону, а може бути повністю автоматизованою і працювати за заданим алгоритмом. Деякі види розумних розеток також можуть збирати статистику витрат електроенергії.



Рис. 1.6. Приклад вигляду розумної розетки.

Окрім технологій економії та оптимізації існують також прилади для захисту будинку. В першу чергу це різні системи спостереження, камери, датчики руху та сигналізація. Технології розумного будинку надають можливість підключити відеоспостереження і слідкувати за домом за допомогою телефону, навіть знаходячись в іншій частині планети. Одним з плюсів найновітніших систем безпеки є те, що вони можуть продовжувати працювати за умов відключення електроенергії через вбудовані батареї, та навіть якщо сигналізація і камери будуть вимкнені грабіжниками, власник будинку отримає миттєве повідомлення про порушення роботи та зможе викликати охорону або поліцію.

Проте захист будинку від грабіжників не єдина функція захисних систем. Існують системи, направлені на захист здоров'я мешканців та цілісності самого будинку. Наприклад, технологія протипожежної безпеки - одна з найважливіших технологій, що має бути в кожному будинку (рис. 1.7). По суті своєї роботи, це система, яка управляється датчиками диму. Коли датчик уловлює дим у повітрі він "усвідомлює", що сталася пожежа, вмикається сигналізація, після чого до розпилювачів на стелі подається вода, яка гасить полум'я.



Рис. 1.7. Приклад протипожежної системи.

Окрім даної технології є також система управління мікрокліматом у будинку. Вона використовує розумну вентиляцію, кондиціонери, обігрівачі та інші прилади з ціллю регулювання температури, вологості та чистоти повітря у будинку. Дана система може автоматично визначати несприятливі значення температури та вологості, а також уловлювати шкідливі речовини у повітрі за допомогою відповідних датчиків та сенсорів. Вона здатна працювати у постійному режимі, обробляючи значення які надходять з датчиків, та автоматично приводити їх у норму, якщо необхідно.

Система управління мікрокліматом може бути використана не тільки у будинку, а й для створення домашньої теплиці для вирощування рослин. Такі системи вже існують у світі і стають дедалі популярнішими. Вони можуть не лише визначати скільки необхідно корисних речовин для росту рослин, а й автоматично поливати їх, за потреби вмикати і вимикати світло та обігрів, слідкувати за здоров'ям флори та повідомляти власника про стан теплиці. Звичайно окремі елементи такої системи можуть бути використані і для хатніх рослин, наприклад авто-полив вазону.

Наостанок розглянемо системи догляду за тваринами. У наш час існує просто безліч розумних годівниць (рис. 1.8), напувалок (рис. 1.9) та навіть розумних туалетів (рис. 1.10) для тварин. Годівниці можуть дозувати їжу для

тварин, вираховувати їхню вагу та кількість корму, що вони з'їдають, а напувалки в автоматичному режимі вмикають і дозують воду та регулюють її температуру.



Рис. 1.8. Розумна годівниця.



Рис. 1.9. Розумна напувалка.

Смарт-туалети це дуже багатофункціональна і відносно нова технологія, яка стала дуже популярною у сфері догляду за тваринами. Такі туалети мають функцію автоматичного очищення, можуть визначати час, який тварина пробула у ньому, та навіть здатні зважувати домашніх улюбленців і вести історію відвідувань.



Рис. 1.10. Приклад розумного туалету для тварин.

Ці технології лише мала частина того, що люди придумали для автоматизації своїх будинків. Ринок розумних технологій розвивається з величезною швидкістю і цілком можливо, що у найближчому майбутньому нас чекає ще більше дивовижних винаходів домашньої автоматизації.

### **1.6. Постанова завдання.**

Метою роботи є дослідження існуючих систем розумного будинку і голосового управління, та створення демонстраційної моделі простої системи освітлення керованою голосовими командами.

Модель має задовольняти наступні вимоги :

1. Зчитування голосових команд, що надходять у систему за допомогою зовнішнього або вбудованого голосового датчику, мікрофона або будь-якого іншого пристрою для зчитування голосу.
2. Обробка прийнятих команд та виконання поставлених задач згідно встановленого алгоритму роботи системи.
3. Можливість виконувати як мінімум 2 команди, а саме вмикання та вимикання світлодіоду, лампочки чи будь-якого іншого елемента освітлення.

### **1.7. Висновки до розділу.**

У даному розділі було розглянуто поняття Інтернету речей та розумного будинку, їх появу та історію. Було розглянуто три основні типи пристроїв, що використовуються у розумних домах та типи з'єднання систем (дротові та безпроводні). Досліджено та проаналізовано основні протоколи безпроводного зв'язку, їхні переваги та недоліки. Також було проаналізовано основні сфери застосування систем розумного будинку та їхні недоліки, розглянуто конкретні приклади технологій які можуть використовуватися для домашньої автоматизації.

Системи розумного будинку це актуальна тема, яка стрімко набирає популярність в сучасному світі. Її актуальність в першу чергу зумовлена важливістю таких технологій та їх впливом на життя людей у сучасному

світі. Адже потреби захисту, економії, комфорту та оптимізації життєвих умов завжди були однією з ключових тем у безкрайньому просторі нових технологій, які оточують кожного із нас.

Дослідження основних напрямів домашньої автоматизації та структуризація отриманої інформації важлива для аналізу існуючих та майбутніх рішень у цій сфері. На основі отриманих результатів можливе подальше дослідження ринку технологій розумного будинку та систем голосового управління.

## РОЗДІЛ 2. СИСТЕМИ ГОЛОСОВОГО УПРАВЛІННЯ.

### 2.1. Історія голосового управління.

Голосове управління – це форма керування приладами за допомогою голосових команд. Не дивлячись на те, що у сфері домашньої автоматизації дана форма керування почала набирати популярність лише приблизно з 2012 року, перші подібні технології у світі з'явилися ще дуже давно.

Першим приладом, який міг записувати та відтворювати різні звуки і навіть голос людини став фонограф (рис. 2.1). Він був створений і представлений 21 листопада 1877 року відомим американським винахідником – Томасом Едісоном. Цей прилад міг записувати звук на фізичному носії у формі звукової доріжки, розміщеної на спіральному барабані. Під час зчитування голка пристрою рухалася по барабану передаючи зчитані коливання до мембрани, яка слабо відтворювала записані звуки. Пізніше на основі цього винаходу були створені перші грамофони (пристрої, які мали такий же принцип роботи, що й фонограф, проте записували звуки не на звукові доріжки а на спеціальні пластинки) та патефони - переносні варіанти грамофонів [12].



Рис. 2.1. Фонограф Едісона.

Не менш цікавою та важливою стала розробка першого у світі електронного голосового синтезатора Voder, представленого компанією Bell Labs на Всесвітній виставці 1939 року (рис. 2.2). Цей механізм міг відтворювати близько 20 різних електричних звуків, якими керував оператор за допомогою 10 клавіш. При натисканні кількох клавіш, спектри даних звуків поєднувались, що призводило до виникнення нових звуків. За допомогою педалі, що розміщувались знизу, оператор міг контролювати висоту звуків, що у поєднанні з клавішами дозволяло відтворювати щось схоже на голос людини. Даний прилад навіть міг відтворювати різну інтонацію “голосу”. Проте, створення конкретних слів за допомогою Voder було дуже складною задачею, яка вимагала від оператора неабияких навичок, тому за весь час цим механізмом в повній мірі оволоділо не більше кількох десятків людей. Але навіть не дивлячись на це, дане відкриття дуже сильно вплинуло на розвиток голосових технологій та робототехніки [13].



Рис. 2.2. Перший електронний синтезатор голосу Voder.

Ще одним важливим винаходом від компанії Bell Labs стало створення у 1952 році приладу під назвою Audrey. Це була система, яка могла розпізнавати цифри від 0 до 9. Не дивлячись на такий невеликий “словарний запас”, дана система стала першою у світі, яка могла розпізнати та



“зрозуміти” голос людини. Саме з неї у першу чергу і почався розвиток технологій голосового управління.

Через 10 років після створення Audrey, а саме у 1962 році, американська компанія IBM (International Business Machines Corporation) створила схожий за принципом роботи але більш функціональний прилад під назвою Shoebox (що дослівно перекладається як “коробка для взуття”). Даний механізм міг розпізнати 16 англійських слів, включаючи і цифри від 0 до 9.

У 1971 році американське агентство розробок та досліджень DARPA профінансувало проект “Speech Understanding Research”, основною метою якого було створення системи розпізнавання голосу, яка могла би розпізнати більше 1000 слів. У результаті даного проекту було створено систему HARPY, яка могла розпізнавати 1011 слів.

На початку 80-х років дослідженнях розпізнавання голосу почали використовувати Приховану марковську модель (скорочено ПММ), суть якої полягала в тому, щоб системи не просто використовували шаблони слів, а й оцінювали імовірність того, що нерозпізнані звуки також є словами. Це був перший поштовх до самонавчання систем розпізнавання голосу [14].

У цих же роках було створено перший прилад для домашньої автоматизації The Clapper (рис. 2.3). Це був механізм, який міг розпізнавати звук плескання в долоні і переводити його в електричний сигнал. Він використовувався для швидкого переключення світла у кімнаті.



Рис. 2.3. The Clapper.

У 1990 році з розвитком персональних комп'ютерів було створено Dragon Dictate – перше програмне забезпечення для користувачів з розпізнаванням голосу. Окрім того, це були перші кроки до створення повноцінних голосових асистентів.

На початку 1996 року з'явилася програма Wildfire, розроблена компанією Wildfire Communications. Це був перший успішний концепт використання голосового помічника для роботи. Wildfire могла виконувати прості дії, такі як розсилання електронної пошти та управління календарем.

У 2001 році компанія Microsoft представила перші розробки технологій розпізнавання голосу для Windows. Вже у 2007 році вийшла Windows Vista - перша операційна система з підтримкою голосових помічників.

З 2008 року компанія Google розпочала розробку голосового пошуковика для мобільних телефонів iPhone, а трохи згодом така технологія з'явилась і на Android.

Важливою датою стало 4 жовтня 2011, коли компанія Apple анонсувала вихід першого повноцінного голосового помічника для мобільних телефонів, а згодом і комп'ютерів - Siri. Ця подія стала переломною у сфері голосового управління, адже саме з цього моменту почався різкий ріст популярності даних технологій.

Вже у 2014 році компанія Microsoft анонсувала свого голосового помічника – Cortana, який згодом був доданий до підтримуваних версій Windows. У цьому ж році сталася ще одна дуже важлива подія, яка викликала стрімкий ріст популярності голосових технологій і відкрила людству новий рівень автоматизації розумних будинків, а саме використання голосових помічників для домашньої автоматизації. Цією подією став анонс компанією Amazon цифрового помічника Alexa на базі колонки Echo – найпершого у світі хабу для розумних будинків, керованого голосом. Це привело до бурхливого росту технологій голосових помічників на ринку, та сприяло стрімкому розвитку голосового управління розумним будинком, що набирає все більше обертів у наші дні [15].

## 2.2. Принцип роботи голосового керування.

За всю історію розвитку систем голосового управління було розроблено багато систем розпізнавання голосу. Всі вони мали на меті по суті одне й те саме але використовували для цього різні методи обробки. Сучасні ж системи більш структуровані і практичні, бо керуються загальними правилами і методами розробки.

Щоб зрозуміти принцип роботи таких систем, спочатку розглянемо поняття звуку. По своїй суті звуки – це коливання частинок середовища, які поширюються у вигляді хвиль з певною амплітудою та частотою. Технології розпізнавання голосу можуть уловлювати ці хвилі та переводити їх у цифровий сигнал. Після цього система вилучає з записаного аудіофайлу необхідну інформацію, з чим нам допомагає формула перетворення Фур'є сигналу :

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{(-j\omega t)dt} \quad (2.1)$$

Дана формула використовується для переведення сигналу з часової області в частотну, що необхідно для фільтрації та відокремлення звуків. Далі за діло береться механізм розпізнавання голосу, який створює математичне представлення різних фонем (базових звукових одиниць) і починає підбирати їх, намагаючись вгадати, що сказала людина. Після цього механізм знаходить найбільш підходящі слова і конвертує їх у текст, який можна прочитати. Ну а далі, у контексті голосового управління розумним будинком, даний текст порівнюється з існуючими у базі командами і якщо є співпадіння, виконується певна дія [16].

### 2.2.1. Прихована марковська модель.

Як працює механізм, який підбирає слова? У сучасних системах існує кілька базових алгоритмів і технологій, що використовуються для цього.

Одним з таких алгоритмів є Прихована марковська модель. Це статистична модель, яка працює на основі принципів ймовірності. Вона складається з двох основних компонентів – прихованих станів системи та набору спостережень і може фіксувати ймовірнісні залежності між ними. Приховані стани це змінні, що керують системою, тобто фонема чи слова, а спостереження це виміряні системою характеристики, тобто акустичні сигнали і спектрограми. Суттю даної системи є те, що поточний стан системи залежить тільки від попереднього (останнього) стану і ніяк не залежить від минулих, у той час як характеристики системи (спостереження) залежать виключно від поточного стану. Якщо говорити простими словами – це система, робота якої залежить лише від наявних характеристик і станів, не беручи у розрахунок усе те, що було у минулому [17]. Ймовірність спостереження послідовності :

$$Y = y(0), y(1), \dots, y(L - 1) \quad (2.2)$$

Довжиною  $L$  задається формулою :

$$P(Y) = \sum_X P(Y | X) P(X) \quad (2.3)$$

Де сума пробігає усіма можливими послідовностями прихованих вузлів

$$X = x(0), x(1), \dots, x(L - 1) \quad (2.4)$$

Що це значить і навіщо це потрібно? ПММ це система, яка може розвиватися з часом. Її ціллю є створення бази даних міток для кожної мовної одиниці, тобто для усіх фонем і слів, з подальшим об'єднанням у ще більшу базу даних, наприклад речення, текст чи словник. Це необхідно для того, щоб знайти найбільш підходящий голосу варіант тексту. Вона може робити будь-

які мітки, наприклад швидкість мовлення, вимова, акцент тощо. Це дуже ефективний алгоритм для розпізнавання слів, точність якого в деяких випадках може досягати до 96%. Саме тому багато сучасних систем розпізнавання голосу базуються на ПММ [18].

### 2.2.2. Обробка природної мови.

Обробка природної мови або скорочено NLP (Natural language processing) – область штучного інтелекту, зосереджена на взаємодії людей та машин через текст та мову. Вона широко використовується у різних системах голосового керування, особливо у сфері мобільних пристроїв, наприклад у GPS системах, сервісних чат-ботах і голосових помічниках.

NLP допомагає системі розпізнавання голосу зрозуміти структуру речень, порядок та зв'язок слів, орфографію тощо. Вона також може навчити систему переводити та сприймати текстові повідомлення різними мовами, відповідати на голосові або текстові команди, запам'ятовувати і автентифікувати користувачів по голосу та визначати суть у великих голосових записах і переводити їх у скорочений текст [19].

### 2.2.3. DTW алгоритм.

Dynamic Time Warping (DTW) – алгоритм, який використовується для вимірювання подібності між двома послідовностями. Він часто використовується в системах голосового управління і є доволі популярним завдяки своїй простоті.

Суть алгоритму у контексті розпізнавання голосу полягає у порівнянні параметрів невідомого вхідного слова або речення з вже існуючим у системі подібним шаблоном.

$$D_{i,j} = d(x_i, y_j) + \min \begin{cases} D_{i-1,j-1} \\ D_{i-1,j} \\ D_{i,j-1} \end{cases} \quad (2.5)$$

Наприклад, якщо у нас є дві однакові фрази, які відрізняються лише по швидкості мовлення, завдяки DTW система зможе розпізнати і зрозуміти, що це одна й та сама фраза. Мінусом даного методу є те, що при збільшенні кількості шаблонів, також значно збільшуються витрати пам'яті та часу на обчислення та перевірку.

### **2.3. Переваги та недоліки голосового керування.**

Переваги систем голосового управління :

- Зручність. Використання голосу та голосових команд значно спрощує управління системою, особливо у ситуаціях, коли зайняті руки, адже голосове керування не потребує безпосередньої ручної взаємодії.
- Покращення доступності. Голосове управління можливе з будь-якого місця у будинку, що дозволяє вмикати і вимикати світло, кондиціонери, нагрівачі та інші прилади без необхідності знаходитись в конкретному місці. Це також дуже спрощує процес управління, особливо якщо людина з тих чи інших причин не може вільно пересуватися будинком.
- Персоналізація та творчість. Голосові команди і асистенти можуть бути налаштовані будь-яким чином і дають доступ до різних способів управління будинком. Це робить їх використання дуже варіативним і відкриває доступ до фантазії та творчості.
- Сумісність. Голосове керування можна підключити до більшості приладів, адже більшість новітніх розробок в цій сфері були створені саме для того, щоб поєднувати різні системи розпізнавання голосу і голосових помічників майже з будь-якими приладами розумного будинку. Це дозволяє зробити цілу систему, яка може управлятися голосом.

Недоліки систем голосового керування :

- Зовнішні фактори. Шуми і фонові звуки можуть вплинути на чіткість зчитування команд, тому в деяких випадках можуть знадобитися додаткові засоби фільтрації. Проте, більшість сучасних голосових асистентів

розробляються з урахуванням цієї проблеми, а тому мають все більш якісні системи фільтрації та шумозаглушення.

- Залежність від Інтернету. По більшій частині це відноситься саме до голосових асистентів, адже вони не можуть працювати без стабільного Інтернету, що робить систему неактивною коли пропадає сигнал. Але, це все ще не відноситься до інших видів голосового керування і вже зараз виробники сучасних голосових помічників намагаються обходити цю проблему, впровадженням різних локальних баз і обробок запитів, для яких Інтернет не потрібен.

- Проблема розпізнавання голосу. Технології розпізнавання голосу з кожним роком стають все більш точними і якісними, особливо за рахунок розвитку нейромереж, проте навіть найкращі системи іноді не можуть зчитати голосову команду правильно. Це трапляється через різні мовленеві фактори, наприклад тип голосу, швидкість та чіткість вимови команд, мова людини, тембр голосу тощо.

- Ризики для конфіденційності. Більшість систем голосового управління, особливо голосові асистенти, обробляють команди у хмарі, що може призвести до витоку конфіденційної інформації. Окрім того, розробники деяких систем збирають та слухають різні записи голосу людини, часто навіть без її відома, з ціллю покращення своєї систем. Саме з цих причин більшість людей не дуже довіряють їм. Однак, існують системи, які обробляють команди локально і не збирають дані про розмови людей, забезпечуючи більшу безпеку. Саме тому не слід нехтувати допомогою спеціалістів, адже консультація з ними може допомогти встановити максимально захищену систему.

## **2.4. Приклади систем голосового управління.**

Зараз існує безліч технологій голосового керування та розпізнавання голосу, які успішно використовуються в розумних будинках (рис. 2.4). Основними видами таких систем є голосові помічники, які частіше за все

працюють від Інтернету, та системи на датчиках, які не потребують Інтернету.



Рис. 2.4. Стандартна система голосового управління у розумному домі.

Основну долю ринку технологій голосових асистентів займають передові компанії, такі як Amazon, Google та Apple. Вони продають хаби для розумного будинку з вбудованими голосовими помічниками. Серед них найпопулярнішими є хаби Echo від Amazon, які керуються голосовим помічником Alexa. Особливо виділяються 4 моделі Echo : Amazon Echo (4<sup>th</sup> gen), Amazon Echo Pop, Amazon Echo Studio та Amazon Echo Dot With Clock.

Amazon Echo Dot With Clock – бюджетний хаб, який має вбудований годинник. Він дешевше за інші хаби, має хороший звук, швидко реагує на команди, проте як мінус має незмінний дизайн і не дуже хорошу обробку голосу. Amazon Echo Pop – недорогий хаб, який має непогану обробку звуку але погане звучання, що робить його не найкращим варіантом для великих кімнат. Amazon Echo Studio – дорогий і потужний хаб з хорошим звучанням, може автоматично налаштовувати музику, має хорошу систему розпізнавання голосу і підтримує велику кількість музичних сервісів, проте як мінус – великий за розміром та не підтримує Z-Wave та ZigBee протоколи.



Amazon Echo (4<sup>th</sup> gen) – найпопулярніший хаб у світі за статистикою. Має хорошу якість звуку, міцний корпус, привабливу ціну і якісний мікрофон. Підтримує будь-які протоколи і майже будь-які прилади, що робить його найкращим варіантом за свою ціну але даний хаб, як і усі минулі, обробляє голосові команди у хмарі, що може призвести до витоку конфіденційної інформації [20].

Другою по популярності є компанія Google, що представляє Google Home хаб, який керується голосовим помічником Google Assistant. Головними перевагами цього хабу є те, що він має доступ до бази знань Google, тобто асистент може відповісти майже на будь-яке питання, у той час коли інші голосові асистенти мають доступ лише до своїх власних баз знань, що робить їх відповіді обмеженими. Google Home потужний хаб, який може обробляти декілька запитів одночасно, має підтримку величезної кількості приладів, має гарну систему розпізнавання голосу і фільтрації, проте як мінус зберігає записи розмов з користувачами і збирає приватну інформацію, що може бути серйозною проблемою для конфіденційності, якщо потрапить у руки хакерів.

На третьому місці по популярності знаходиться HomePod від компанії Apple, який використовує голосового помічника Siri. Він має якісну звукову систему, ідеальну сумісність з іншими приладами Apple та якісну підтримку голосового асистента, проте обробляє усі команди у хмарі та збирає статистику використання, дорожче ніж усі аналоги від інших компаній, не підтримує Bluetooth та радіо і працює лише на iOS.

Окрім цих голосових помічників існує ще безліч інших від не менш відомих компаній. Але як показує практика, більшість таких хабів має один суттєвий недолік – обробка голосових команд у хмарі та збір статистики, що може призвести до витоку конфіденційної інформації. Звичайно, деякі сучасні хаби мають налаштування, які дозволяють вимкнути автоматичний збір та передачу історії користування але це все ще ризик. Саме тому деякі

люди віддають перевагу іншим системам з функцією локальної обробки команд.

Частіше за все, це саморобні системи, які створюються за допомогою датчиків або Bluetooth-модулів і можуть використовуватися, щоб передавати команди з хабу на пристрої, підключені до мережі. Такі системи зазвичай безпечніші але як мінус не такі стабільні, як готові голосові асистенти, мають обмежений функціонал і потребують певних навичок, щоб бути правильно встановленими.

## **2.5. Висновки до розділу.**

У даному розділі було розглянуто історію розвитку голосового управління та розпізнавання голосу, починаючи від перших винаходів у цій галузі та завершуючи найсучаснішими системами та голосовими помічниками. Було розглянуто процес еволюціонування даних систем протягом десятиліть, включаючи ключові досягнення та прориви, що зробили можливим їх стрімкий ріст популярності у наші дні.

Окрім цього було досліджено принцип роботи систем голосового керування та кілька основних алгоритмів, що використовуються при їх проектуванні.

Проаналізовано переваги та недоліки даних систем, а саме як голосові команди можуть спростити життя користувачів та чим людина ризикує при їх використанні.

Також було розглянуто деякі приклади основних хабів з голосовими помічниками на світовому ринку.

## РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ГОЛОСОВОГО КЕРУВАННЯ.

### 3.1. Опис моделі.

Ціллю поставленого завдання є проєктування демонстраційної системи голосового керування (рис. 3.1). Мета даної системи – продемонструвати базові можливості систем голосового управління.



Рис. 3.1. Модель голосового керування у розібраному вигляді.

Дана система (рис. 3.2) складається з наступних елементів :

- Плата Arduino Uno
- Bluetooth модуль HC-06
- Модуль RELE-1x5V
- Блок живлення GP-PL20015E33, 12V 1.5A
- Лампочка

Окрім зазначених компонентів також використовується телефон, для передачі команд по Bluetooth. Для цього може бути використана будь-яка програма з можливістю передачі голосових команд, наприклад Arduino BlueControl.



Рис. 3.2. Підключена модель у початковому стані.

### 3.2. Код та блок-схема.

На наступних малюнках продемонстровано роботу системи у виді блок-схеми (рис. 3.3) та код виконавчої програми (рис. 3.4).

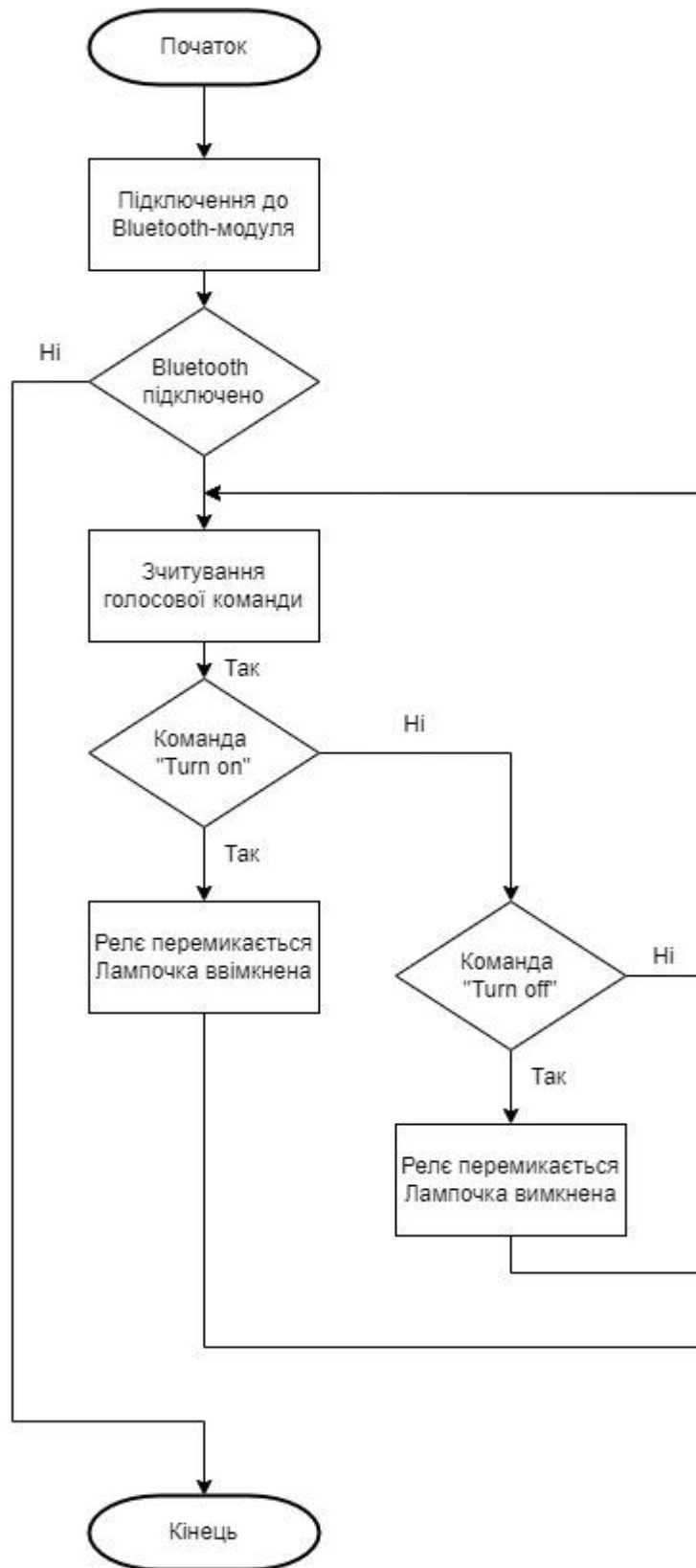


Рис. 3.3. Блок-схема алгоритму роботи програми.

*для отримання доступу необхідно звернутись до авторів проекту*

Рис. 3.4. Повний код програми у середовищі Arduino IDE.

Розглянемо принцип роботи даної програми. С самого початку йде підключення бібліотеки <SoftwareSerial.h>, яка необхідна нам для того, щоб підключити послідовний зв'язок для передачі даних на Bluetooth-модуль. Цей Bluetooth-модуль як раз підключається у 2 рядку. Далі ми ініціалізуємо перемінну voice, у яку будуть записуватися голосові команди. 7 рядком ми ініціалізуємо порт реле, а 8 переводимо його в неактивний стан, щоб при підключенні схема була вимкнена. У наступному рядку ми ініціалізуємо послідовний зв'язок для передачі даних для Bluetooth-модуля. 14 строка коду відповідає за перевірку, чи підключено прилад для передачі голосових команд (у нашому випадку телефон) до Bluetooth-модуля, встановленого на платі. Якщо підключення є, при активації зчитування голосу у перемінну voice записується текст голосової команди. Наступний рядок переводить цей текст у нижній реєстр, щоб не було розбіжності у командах та коді. Далі якщо подана команда "turn on", реле перемикається і лампочка запалюється, якщо ж подана команда "turn off", реле перемикається і світло вимикається. Усі команди подаються з телефону за допомогою використання будь-якої програми для передачі даних на Bluetooth-модуль. Приклад системи у ввімкненому стані (рис. 3.5).

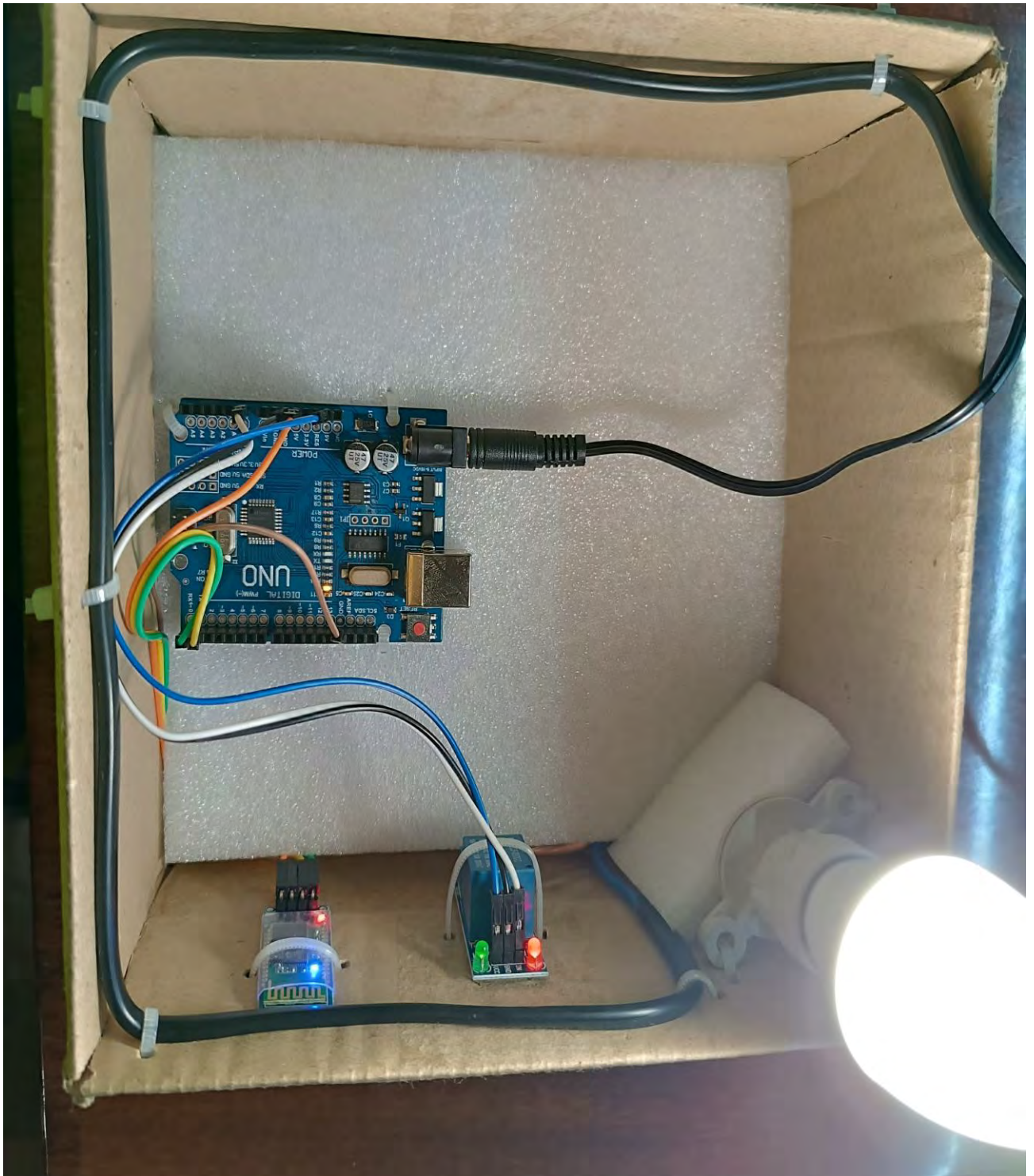


Рис. 3.5. Підключена модель у ввімкненому стані з переключеним реле.

### 3.3. Висновки до розділу.

У даному розділі було описано компоненти створеної демонстраційної моделі голосового управління. Також був створений алгоритм роботи програми у виді блок-схеми і представлений код, з докладним поясненням

роботи кожного рядку, продемонстрована ілюстрація моделі у ввімкненому стані.

Модель створена відповідно до вимог завдання, має можливість зчитування голосу через зовнішній пристрій (телефон) та може оброблювати 2 голосові команди для вмикання і вимикання світла.



## ВИСНОВКИ

У підсумку можна сказати, що голосові системи мають довгу і багату історію розвитку. Вони з кожним роком набирають все більше популярності та стають все більш актуальною темою в сфері автоматизації розумного будинку. Сьогодні голосові асистенти вже стали невід'ємною частиною багатьох сучасних осель, дозволяючи користувачам керувати різноманітними пристроями за допомогою голосових команд. Дані асистенти можуть не лише розпізнавати та виконувати прості команди, але й інтегруватися з різними платформами і приладами, забезпечуючи зручність та комфорт у повсякденному житті.

У найближчому майбутньому голосові системи стануть ще більш розповсюдженими і будуть широко використовуватися в автоматизації різноманітних процесів у розумних будинках. Вони будуть не тільки спрощувати виконання щоденних завдань, але й забезпечувати підвищений рівень безпеки, енергоефективності та персоналізації домашнього простору. Стрімкий розвиток штучного інтелекту та Інтернету речей у сучасному світі ще більше сприятиме подальшому вдосконаленню голосових систем, роблячи їх невід'ємною частиною нашого життя.

Таким чином, голосові системи можуть у найближчий час стати основою домашньої автоматизації і вивести її на новий рівень, забезпечуючи більш зручне, безпечне та ефективне управління домашнім простором. Це дозволить людям жити у більш комфортних та технологічних умовах, де більшість процесів будинку буде оптимізована та виконуватиметься дуже швидко і зручно.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] A Review of Emerging Technologies for IoT-Based Smart Cities [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/23/9271>
- [2] Що таке розумний будинок: функції, види, складові та екосистеми [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://ek.ua/ua/post/1990/618-что-такое-umnyy-dom-funkcii-vidy-sostavlyayuschie-i-ekosistemy/>
- [3] Smart Home Protocols: WiFi Explained! [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://everythingsmarthome.co.uk/smart-home-protocol-wifi-explained/>
- [4] Bluetooth Low Energy (BLE): A Power-Efficient Connectivity Solution for the Internet of Things [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.linkedin.com/pulse/bluetooth-low-energy-ble-power-efficient-connectivity-solution-kmvfc>
- [5] What is Z-Wave? [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://homey.app/en-us/wiki/what-is-z-wave/>
- [6] Advantages and disadvantages of zigbee protocol and main application areas of zigbee [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.zoko-link.com/Product-knowledge/zigbee-application.html>
- [7] Advantages Of Thread Protocol | Disadvantages Of Thread Protocol [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-Thread-Protocol-for-Home-Automation.html>
- [8] Advantages / Disadvantages Of X10 [Електронний ресурс] — Режим доступу : [https://www.cs.stir.ac.uk/~kjt/research/match/resources/tutorial/HomeCare\\_Networks/X10/X10\\_6.html](https://www.cs.stir.ac.uk/~kjt/research/match/resources/tutorial/HomeCare_Networks/X10/X10_6.html)
- [9] Exploring Matter: The Pros and Cons of the Newest Smart Home Tech [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://xunison.com/exploring-matter-the-pros-and-cons-of-the-newest-smart-home-tech/>

- [10] Top 7 Smart Home Protocols Compared [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://lebergolutions.com/blog/smart-home-protocols-explained>
- [11] SMART LOCKS FOR HOME AUTOMATION SYSTEMS [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://waynealarm.com/home-automation-locks/>
- [12] Phonograph – Wikipedia (en.wikipedia.org) [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Phonograph>
- [13] The Voder, the First Machine to Create Human Speech [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.atlasobscura.com/articles/the-voder-the-first-machine-to-create-human-speech>
- [14] A short history of speech recognition [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://sonix.ai/history-of-speech-recognition>
- [15] The History and Role of Voice Assistants in Smart Homes [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://tcaflisch.medium.com/the-history-and-role-of-voice-assistants-in-smart-homes-3cf3cd43467a>
- [16] What is speech recognition, and how does it work? [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://nordvpn.com/ru/blog/what-is-speech-recognition/>
- [17] Hidden Markov model [Електронний ресурс] Режим доступу : [https://en.wikipedia.org/wiki/Hidden\\_Markov\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Hidden_Markov_model)
- [18] What are the advantages and disadvantages of using Hidden Markov Models over other sequence models? [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.linkedin.com/advice/0/what-advantages-disadvantages-using-hidden>
- [19] What is natural language processing (NLP)? [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.ibm.com/topics/natural-language-processing>
- [20] All of Amazon's Echo Devices Compared: Which One Is Best for Your Smart Home? [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.pcmag.com/picks/amazons-echo-lineup-whats-the-difference>
- [21] Муравйов О. В. Сучасний стан та перспективи розвитку адитивних технологій / О. В. Муравйов, Ю. М. Нижник, В. Ф. Петрик, А. Г. Протасов, К. М. Серий // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. – 2021. – Том 32 (71), №5. – С. 114-119.

[22] Статистичні методи визначення залежностей між випадковими величинами: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 115 с.

[23] Статистичні методи визначення залежностей між випадковими величинами: навчальний посібник / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 115 с.