

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра інформаційних систем та технологій

Спеціальність 126 – Інформаційних систем та технологій,
програма «Програмні технології інтернет речей»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему:

**«Інформаційна модель розумного дзвінка з інклюзивними
функціями в Smart House»**

Студента 2-го курсу групи ІРма-2

Артема Чичканя

(ім'я, прізвище)

(підпис студента)

Науковий керівник:

Доктор технічних наук, доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

Олексій Колесніков

(ім'я, прізвище)

(дата)

(підпис)

Попередній захист:

(Висновок: "До захисту в Державній екзаменаційній комісії")

В.о. завідувача кафедри
інформаційних систем
та технологій

(підпис)

(прізвище, ініціали)

(дата)

Київ – 2021

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Факультет інформаційних технологій**

Кафедра Інформаційних систем та технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр
Спеціальність 126 – Інформаційних систем та технологій
Програма «Програмні технології інтернет речей»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
д.т.н., доцент О. Колесніков

“ ____ ” _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Студент Артем ЧИЧКАНЬ
Група ІРма-2

1. **Тема кваліфікаційної роботи** «Інформаційна модель розумного дзвінка з інклюзивними функціями в Smart House».

Затверджена протоколом засідання кафедри ІСТ №16/20 від «09» листопада 2020 р.

2. **Строк подання студентом готової роботи** – «20» травня 2021 р.

3. **Цільова установка та вихідні дані до роботи.**

Дослідження в області розбудови уніфікованої системи розумного будинку. Програмно-апаратні рішення для оптимізації процесів інтернет речей при розробці нових підсистем розумного будинку, зокрема, при розробці розумного відеодзвінка з інклюзивними функціями. Дані стану існуючих систем розумних будинків з давачами інформації для розумних дзвінків, методи їх контролю та передачі даних.

4. **Зміст роботи**

Огляд систем розумного будинку. Історія розвитку розумних пристроїв розумного будинку. Вплив пандемії Covid-19 на розвиток технологій розумного будинку.

Вивчити і дослідити модель розподіленої системи розумного будинку. Розглянути сервіси розумного будинку та головні компоненти.

Дослідити модель компонента розумного дзвінка. Вибір та порівняння існуючих систем розумного дзвінка

Реалізувати розумний дзвінок, встановити його особливості. Визначити його відмінності від відомих аналогів.

5. **Перелік графічного матеріалу (слайдів)**

Структурно-функціональна схема уніфікованої архітектури системи IoT рішень розумного будинку. Структурна схема відеодзвінка.

Функціональна схема роботи відеодзвінка. Схема широтно-імпульсної модуляції керування розумним дзвінком. Таблиця порівняльних характеристик розумних дзвінків різних фірм з авторською розробкою.

6. Календарний план виконання роботи:

№ з/п	Назва частин роботи	Дати виконання роботи за планом
1.	Аналіз літератури та джерел	до 20.10.2020
2.	Вивчення літературних джерел з предмету дослідження	до 08.11.2020
3.	Збір і вивчення матеріалів досліджуваного об'єкта (підприємства)	до 08.12.2020
4.	Складання розгорнутого плану кваліфікаційної роботи	до 16.12.2020
5.	Ознайомлення наукового керівника з розгорнутим планом кваліфікаційної роботи. Внесення змін.	24.12.2020
6.	Підготовка розділу 1	20.01.2021
7.	Підготовка розділу 2	19.02.2021
8.	Підготовка розділу 3	05.03.2021
9.	Підготовка розділу 4	19.03.2021
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	05.04.2021
11.	Передача кваліфікаційної роботи рецензенту для рецензування	до 14.05.2021
12.	Передача кваліфікаційної роботи науковому керівникові	до 11.05.2021
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	20.04.2021
14.		
15.		
16.		
17.		

Дата видачі завдання “ ____ ” _____ 2021р.

Керівник роботи _____
(посада, ім'я, прізвище)

(підпис)

Завдання прийняв до виконання студент групи _____ ІРма-2

(ім'я, прізвище)

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: «Інформаційна модель розумного дзвінка з інклюзивними функціями в Smart House».

Метою кваліфікаційної роботи магістра – є побудова інформаційної моделі розумного дзвінка в уніфікованій архітектурі системи розумного будинку з визначенням основних апаратно-технічних і програмних компонентів. Дослідження концепції системи розумного дзвінка з інтеграцією послуг IoT та хмарних обчислень, шляхом вбудовування інтелекту в давачі та виконуючі механізми при створенні мережі розумних речей.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження магістерської роботи виступає інформаційна модель розумного дзвінка як компонент уніфікованої архітектури розумного будинку.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є апаратно-програмні рішення системи розумного дзвінка з інклюзивними функціями.

Наукова новизна одержаних результатів. У межах розробленої інформаційної моделі розумного дзвінка проведена уніфікація архітектурних рішень, що дозволяє їх використовувати для побудови проектів різного призначення. Розробка розумного дзвінка демонструє можливість збагачення його інклюзивними функціями.

Методи дослідження – використано теоретичні та емпіричні методи дослідження: аналіз та узагальнення наукової літератури, розробка програмного коду для розумного відеодзвінка на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 з ОС Raspberry. Оптимізовано процес роботи сервопривода для обраної апаратної бази та розробленого програмного забезпечення.

Практичне значення одержаних результатів. Ця кваліфікаційна робота магістра має як загально наукове так і прикладне значення. Запропоновано уніфіковану модель розумного будинку, для неї автором розроблена і реалізована система розумного дзвінка з інклюзивними функціями.

Запропонований пристрій дозволяє розпізнавати обличчя гостя, дистанційно відчиняти замок дверей, зберігати відео у хмарному сховищі та забезпечувати багато інших можливостей. Розробка відрізняється від аналогічних тим, що вона, в першу чергу, зорієнтована на людей з обмеженими можливостями. За підрахунками автора вартість розробки є дещо меншою за існуючі аналоги.

Апробація результатів. Основні положення і результати досліджень, викладені у проекті, пройшли апробацію на VI Міжнародній науково-практичній конференції (Київ, 2020) [6], на VII Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих науковців у 2020 році [7], на IV Всеукраїнській науково-практичній інтернет конференція студентів та аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем» [5] та на 87 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution" [4] (in National University of Food Technologies, Kyiv, 2021).

Кваліфікаційна робота магістра складається зі змісту, вступу, основної частини, яка включає чотири розділи, висновки та списку використаних джерел. Всього 120 сторінок.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: IoT, хмарні технології, хмарні сервіси IoT, розумний будинок, розумний дзвінок.

ABSTRACT

Work topic: «Smart doorbell information model with inclusive features in Smart House».

The purpose of the master's qualification work is to build an information model of a smart doorbell in the unified architecture of the smart home system with the definition of the main hardware and software components. The research of the concept of a smart doorbell system with the integration of IoT services and cloud computing by embedding intelligence in the sensor and execution mechanisms in creating a network of smart things.

The object and the subject of research. The object of research of the master's qualification work is the hardware and software solutions of the smart doorbell system with inclusive functions. The subject is the unification of the components of the Internet of Things system in the construction of a smart doorbell in a smart home.

Scientific novelty of the obtained results. Within the developed information model of a smart doorbell the unification of architectural decisions is carried out that allows to use them for construction of projects of different functions. The development of a smart doorbell demonstrates the ability to enrich it with inclusive features.

Research methods – theoretical and empirical research methods were used: analysis and generalization of scientific literature, development of software code for smart video calling based on Raspberry Pi 4 microcomputer with Raspberry OS. The servo operation process for the selected hardware base and developed software is optimized.

The practical significance of the obtained results. This master's qualification work has both general scientific and applied significance. A unified model of a smart home is proposed, for which the author developed and implemented a smart doorbell system with inclusive functions. The proposed device allows you to recognize the face of the guest, remotely open the door lock, store video in cloud storage and provide many other features. The development differs from similar ones in that it is primarily

focused on people with disabilities. According to the author's estimates, the cost of development is slightly lower than existing analogues.

Approbation of results. The main provisions and research results presented in the project were tested at the VI International Scientific and Practical Conference (Kyiv, 2020) [6], at the VII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists in 2020 [7], at the IV All-Ukrainian Scientific and Practical Conference Internet conference of students and graduate students "Theoretical and applied aspects of computer systems development" [5] and at the 87th International scientific conference of young scientist and students «Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution» [4] (in National University of Food Technologies, Kyiv, 2021).

The master's qualification work consists of the content, introduction, main part, which includes four sections, conclusions and a list of sources used. A total of 120 pages.

KEY WORDS: IoT, cloud technologies, cloud IoT services, smart house, smart doorbell.

З М І С Т

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СИСТЕМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ	
1.1 ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ РОЗУМНИХ ПРИСТРОЇВ І СИСТЕМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ	10
1.2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ	16
1.2.1 Огляд існуючих технічних рішень	17
1.2.2 Концепція і можливості систем розумного будинку	27
1.2.3 Порівняльний аналіз смарт-пристроїв та еко-систем розумного будинку	30
1.2.4 Вплив пандемії Covid-19 на розвиток технологій розумного будинку	35
1.3 Висновки по розділу	36
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ	
2.1 ОГЛЯД КЛАСИЧНОЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ	38
2.2 СЕРВІСИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ	42
2.3 ГОЛОВНІ КОМПОНЕНТИ	44
2.3.1 Вимір домашніх умов	46
2.3.2 Керування побутовими приладами	46
2.3.3 Контроль доступу до будинку	46
2.4 РОЛЬ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ В СИСТЕМАХ РБ	47
2.5 ЦЕНТРАЛІЗОВАНА ОБРОБКА ПОДІЙ	50
2.6 РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА РОЗУМНОГО БУДИНКУ	52
2.6.1 Хмарні сервіси для IoT	53
2.6.2 Інтеграція РБ, IoT та хмарних обчислень	54
2.7 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ IoT ТА РБ	57
2.8 ПРИКЛАДИ РЕАЛІЗАЦІЇ СЕРВІСІВ РБ ТА IoT	60
2.8.1 Виявлення та запобігання витоків води	61
2.8.2 Детектори диму	65
2.8.3 Запобігання аваріям для контролю побутової техніки	69
2.9 Висновки по розділу	70
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЬ КОМПОНЕНТА РОЗУМНОГО ДЗВІНКА	
3.1 ОГЛЯД СИСТЕМИ РОЗУМНОГО ДЗВІНКА	72
3.1.1 Опис роботи системи розумного дзвінка	73
3.1.2 Типи розумних дзвінків: переваги та недоліки	75
3.1.3 Проблеми безпеки розумного дзвінка	78
3.1.4 Вибір та порівняння існуючих систем розумного дзвінка	81
3.2 ВИБІР ТА АНАЛІЗ КОМПОНЕНТІВ	85
3.2.1 Одноплатні комп'ютери та макетна плата	85
3.2.2 Модуль камери та світлодіод	90
3.2.3 Wi-Fi модуль та мікрофон	91
3.3 ВИБІР ПРОГРАМНОЇ ПЛАТФОРМИ	93
3.3.1 Raspberry Pi OS	93
3.3.2 Допоміжне ПЗ	95
3.4 Висновки по розділу	97

РОЗДІЛ 4. РОЗУМНИЙ ДЗВІНОК, ОСОБЛИВОСТІ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ	
4.1	Визначення потреб та створення дизайну 99
4.2	Використані елементи системи розумного дзвінка 101
4.3	Сервомотор MG996R та його широтно-імпульсна модуляція 101
4.4	Особливості підключення з RASPBERRY Pi..... 105
4.5	ШІМ на RASPBERRY Pi та управління сервоприводом..... 107
4.6	Підключення камери та її можливості 108
4.7	Функції розпізнавання обличчя і відчинення дверей 112
4.8	Вдосконалення та варіанти можливих впроваджень 113
4.9	Аналіз вартості систем розумного дзвінка..... 113
4.10	Висновки по розділу 119
ВИСНОВКИ 120	
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ 121	
ДОДАТКИ 126	

ВСТУП

Розумний дім – це програма всюди сущих обчислень, в якій домашнє середовище контролюється за допомогою зовнішнього інтелекту для надання контекстних послуг та полегшення віддаленого управління будинком [10].

Зростання популярності IoT технологій, таких як «розумний будинок», обумовлено прагненням людини до комфорту і зручності. Із-за цього розумні будинки включають в житло інтелект: охорону здоров'я, безпеку, енергозбереження тощо. Більшість процесів у розумному будинку виконуються автоматично, а рештою можна керувати віддалено, що робить її актуальною для вивчення і вдосконалення.

Застосування технологій IoT та хмарних сервісів відкриває нові можливості для вирішення задач практичної реалізації розумного будинку. При цьому виникає потреба у дослідженні та розробці узагальненої моделі розподіленої системи розумного будинку з визначенням функцій і місця окремих розумних пристроїв, зокрема, розумного дзвінка.

Пандемія COVID-19 внесла корективи до багатьох сфер життя людини в усьому світі. Не винятком стала і сфера розвитку технологій розумного дзвінка. Багато аспектів використання пристроїв змінюється під впливом іншого способу життя мешканців будинків.

Дослідження моделі розумного дзвінка є *актуальною задачею* оскільки постійно зростає промисловий попит на розмаїття варіантів та технічних рішень.

Метою роботи є побудова інформаційної моделі розумного дзвінка в уніфікованій архітектурі системи розумного будинку та визначення основних апаратно-технічних і програмних компонентів. Дослідження концепції системи розумного дзвінка з інтеграцією послуг IoT та хмарних обчислень, шляхом вбудовування інтелекту в давачі та виконуючі механізми при створенні мережі розумних речей.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:

- провести аналіз існуючих систем і рішень розумного будинку та розумного дзвінка;
- визначити основні категорії сервісів розумного будинку і проаналізувати місце і роль розумного дзвінка;
- визначити архітектурні елементи системи розумного дзвінка в уніфікованій архітектурі розумного будинку;
- розробити структурну та функціональну схеми компоненту «Розумний дзвінок»;
- реалізувати модель розумного дзвінка.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження магістерської роботи виступає інформаційна модель розумного дзвінка як компонент уніфікованої архітектури розумного будинку.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є апаратно-програмні рішення системи розумного дзвінка з інклюзивними функціями.

Наукова новизна одержаних результатів. У межах розробленої інформаційної моделі розумного дзвінка проведена уніфікація архітектурних рішень, що дозволяє їх використовувати для побудови проектів різного призначення. Розробка розумного дзвінка демонструє можливість збагачення його інклюзивними функціями.

Обсяг і структура КРМ. Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновку та використаних інформаційних джерел. Всього 120 сторінок.

У Розділі 1 розглядаються загальні положення системи розумного будинку, включаючи історичний аспект розвитку розумних пристроїв і систем розумного будинку.

У Розділі 2 представлено склад архітектурних компонентів для створення моделі розподіленої системи РБ. Досліджена інтеграція хмарних сервісів IoT-рішень для створення системи РБ. Розроблена структурно-функціональна схема розподіленої системи розумного будинку, показана роль і місце розумного дзвінка.

У Розділі 3 представлено модель розробки розумного дзвінка, як одного із безпекових компонент системи розумного будинку. Зроблено аналіз апаратних модулів та програмної платформи розумного дзвінка.

У Розділі 4 представлена реалізація розробки систему розумного дзвінка для людей з обмеженими можливостями.

За результатами виконаних досліджень автором зроблені 4 доповіді на наукових конференціях та опубліковані відповідні матеріали [4-7].

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СИСТЕМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

У цьому розділі представимо стислий огляд попередніх досліджень розумного будинку, а також супутніх технологій. Запропонуємо конкретні настанови для подальших дослідників у розробці практичного розумного будинку (РБ).

Розумні будинки пропонують кращу якість життя завдяки впровадженню автоматизованого управління приладами та допоміжних послуг. Вони оптимізують комфорт користувача, використовуючи контекстну обізнаність та заздалегідь визначені обмеження на основі умов домашнього середовища. Користувач може дистанційно керувати побутовою технікою та пристроями, що дозволяє йому виконувати завдання до повернення додому. Системи інтелектуального оточення, які контролюють розумні будинки, іноді оптимізують споживання електроенергії в домогосподарстві. РБ покращують традиційні механізми безпеки завдяки інтелектуальному контролю та контролю доступу.

До 2050 року приблизно 20% світового населення досягне щонайменше 60 років [36]. Ця вікова група зіткнеться з проблемами самостійного життя і, швидше за все, страждатиме на тривалі хронічні захворювання. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), у всьому світі 650 мільйонів людей живуть з обмеженими можливостями [60]. Найбільш поширеними причинами інвалідності є такі хронічні захворювання, як діабет, серцево-судинні захворювання, рак та травми внаслідок дорожньо-транспортних пригод, конфліктів, падінь, наземних мін, психічних розладів, вроджених вад розвитку, недоїдання, ВІЛ / СНІД та інших інфекційних захворювань. Отже, практично неможливо підтримувати всіх цих пацієнтів у медичних центрах або будинках пристарілих протягом невизначеного періоду часу. Рішення полягає у забезпеченні медичних послуг та допоміжних технологій у домашньому середовищі пацієнтів.

У [45] викладений загальний огляд досліджень РБ, який включає дискусію щодо придатності для повсякденного використання допоміжних роботів та імплантації пристроїв.

Інформація про місце розташування є важливою передумовою створення інтелектуального середовища в РБ. У [39] досліджені методи визначення місцезнаходження та проведено комплексний аналіз системи виявлення місцезнаходження. Тут класифіковано властивості систем виявлення місцезнаходження відповідно до фізичного положення, відносного розташування та абсолютних і відносних координат. Питання, що стосуються точності та масштабу вимірювання також оцінювались з метою порівняння різних систем. У [32] класифіковані системи виявлення місцезнаходження, засновані на переміщенні об'єктів та можливостям встановлення міток. Однак дослідження більше пов'язані з відстеженням об'єктів ніж людей.

В [46] обговорювалися контекстно-орієнтовані інструменти для впровадження РБ. Тут подано короткий огляд архітектури РБ на основі правил, обізнаних систем спільноти, мережевих роботів та контекстних шлюзів. Розглядаються відмінності між протоколами РБ, наприклад, X10, Zigbee та Wi-Fi. У роботі відсутні алгоритми, які є ключовими компонентами контексту РБ.

D. Pishva, K. Takeda [25-26] представили систематизацію загроз безпеці в розумних будинках. Вони розглянули різні типи атак та методології попередження. Представили вірогідності загроз та класифікацію можливостей атак відповідного типу та категорії.

Перше визначення розумного будинку було надано Лутольфом [26]. За його словами «концепція розумного будинку – це інтеграція різних служб усередині будинку за допомогою систем зв'язку». Це забезпечує економічну, безпечну та комфортну роботу будинку, включає високий ступінь інтелектуальної функціональності та гнучкості. Це визначення нагадує домашню автоматизацію та ніяк не вказує на домашній інтелект.

В [47] до означення неявно включений домашній інтелект як автоматичне управління і при цьому визначений розумний дім як «Будинок або творче середовище, що включає технології які дозволяють пристроям та системам керувати автоматично».

Вінклер визначив розумний будинок як дім, який здатний активно змінювати своє середовище, надавати послуги, що пропагують незалежний спосіб життя людей похилого віку [11]. Він обмежує користувачів РБ людьми похилого віку.

У [14] визначили розумний дім як гармонійний дім з багатьма пристроями та можливостями, заснованими на домашній мережі. Проте, це визначення є досить загальним, щоб виражати концепцію РБ.

Запропоновано визначення розумного будинку було опубліковано компанією Intertek [24], розумний будинок – це житло, що включає мережу зв'язку, яка підключає ключові електричні прилади і послуги та дозволяє дистанційно керувати ними, контролювати їх роботу. Тобто, не згадується домашній інтелект і робиться акцент на віддаленому доступі. Іншими словами, для того щоб будинок став розумним потрібно мати:

- Внутрішню мережу – дротова, кабельна, бездротова.
- Інтелектуальне управління – шлюз для управління функціональними системами.
- Автоматизацію будинку – об'єкти вдома та посилання на послуги та системи за межами дому.

Пізніше під РБ розуміли такий будинок, що допомагає мешканцям жити самостійно та комфортно за допомогою новітніх технологій. У РБ всі механічні та цифрові пристрої взаємопов'язані, тобто утворюють мережу. Пристрої можуть спілкуватися між собою та з користувачем, створюючи інтерактивний простір [20]. Автори не включають віддалений доступ у визначення.

Беручи до уваги сучасні тенденції у дослідженні розумного будинку, у цій роботі ми будемо виходити з того, що розумний будинок являє собою систему

додатків усіляких обчислень, які можуть надавати користувачам контекстні автоматизовані або допоміжні послуги у вигляді зовнішнього інтелекту, віддаленого управління будинком або домашньою автоматизацією.

1.1 Історія розвитку розумних пристроїв і систем розумного будинку

Остаточна історія розумних пристроїв будинку.

Історія РБ пов'язана зі зміною об'єктів наповнення будинків і їх функцій. Варто відстежити розвиток розумних будинків і пристроїв домашньої автоматизації від самого початку [56].

Технічно перші пристрої «розумного будинку» включали портативний пилосос з 1905 року і електричну пральну машину, вироблену в 1907 році, в той час як першою комп'ютеризованою розробкою був протокол мережі розумного будинку X10 у 1975 році. У 2001 році виготовлений перший у світі автономний пилосос (Electrolux Trilobite ZA1). Проте, терморегулятор Nest, випущений в 2011 році, був одним з перших інтернет-пристроїв розумного будинку. Історію РБ зручно розглядати по періодам.

Автоматизовані завдання будинку: 1905 по 1950 рік.

Коли мешканці говорять про домашню автоматизацію, то мають на увазі автоматичне вимикання ліхтарів, самостійне закривання дверей і вікон у потрібний час. Ще на початку 20 століття люди все ще прали одяг вручну. Звичайна пральна машина була величезним стрибком вперед у домашній автоматизації. Хронологічно це виглядає так.

1905: Волтер Гріффітс, британський виробник, випустив перший електричний пилосос, який також був портативним, виробленим в 1901 році. Його винахід – вдосконалений вакуум-апарат Гріффіта для видалення пилу з килимів – виглядав дуже схожим на пилососи, які ми використовуємо сьогодні.

1907: Пральна машина, розроблена компанією Hurley Electric Laundry Equipment Company в 1907 році. Правда існують деякі суперечки стосовно компанії виробника.

1929: Європейська компанія Miele запустила першу посудомийну машину з електродвигуном. Однак, економічний крах означав, що посудомийна машина була «приречена на провал», бо ніхто не міг дозволити собі те, що було надлишковою розкішшю у той час.

1938: Окрім прання одягу, ефективно їх сушіння також розглядається як «наступна велика річ» для полегшення домашнього життя.

1950: Вийшла у світ стаття, яка окреслила «Розумний дім». Це шести кімнатний РБ від винахідника Еміля Матіаса був заповнений кнопками (перемикачами), які контролювали майже все навколо будинку за допомогою великої кількості вимикачів, двигунів, реле та ще використали 2133 метрів дроту.

Винайдено необхідні технології: 1965 по 1991 рік.

1965: Винайдений перший сенсорний екран Еріком Джонсоном (Eric A. Johnson) [56] – британський винахідник. Без цього не було б ні РБ, ні мобільних телефонів тощо.

1966: Американцем Джеймсом Сазерлендом виготовлений масивний комп'ютер ЕСНО 4 (або Electronic Computing Home Operator). Його вага 360 кг, займав 2,3 квадратних метри. Це був перший справжній пристрій розумного будинку: він міг контролювати кондиціонер будинку, телевізійні канали, батьківський контроль у телевізорі та виконувати корисні функції, такі як відстеження фінансів домогосподарств, інвентарю, записів календаря з оновленням погоди.

1969: У DARPA представили ARPAnet після майже десяти років роботи. ARPAnet був першим мережним каталогом ресурсів. Це в основному можна сказати Інтернет, точніше, попередник Інтернету. Робота в DARPA сприяла просуванню комп'ютерних мереж вперед – що, безумовно, сприяло розвитку розумних будинків.

1975: X10, була представлена найбільша інновація РБ. Це галузевий стандарт, який дозволяє домашнім пристроям спілкуватися між собою (для цілей домашньої автоматизації) по лініях електро-передач. X10 все ще

використовується і сьогодні в деяких старих пристроях домашньої автоматизації, і це був досить серйозний прорив.

1981: Започаткована Інтернет-технологія «IPv4», стандартним способом присвоєння адрес для пристроїв, доступних в Інтернеті.

1980-і: У цей період вийшов ряд розумних технологій і пристроїв домашньої автоматизації, починаючи від автоматичних гаражних дверей (керованих пультами) тощо.

1985: Проект Xanadu House в США завершився «Будинком майбутнього». РБ був наповнений розумною технологією, включаючи роботу «комп'ютерного кухара» (який за суттю був планувальником розумної їжі), садівника тощо.

1991: У Фінляндії був запущений стандарт мобільної мережі 2G. Це був перший початок, коли цифрові дані передаватися на мобільні телефони та у зворотному напрямі. 2G спочатку використовувався тільки для текстових повідомлень (через технічні обмеження в мобільних телефонах, так і в інтернет-технологіях). Фактичний інтернет на мобільних пристроях прийшов пізніше зі стандартом 3G.

1993: В науковій роботі Ад ван Берло просувається «геронттехнологія». Це ідея мати технологію РБ для людей похилого віку, з певним асортиментом пристроїв безпеки. З початку 90-х років люди похилого віку могли придбати послугу «натиснення кнопки», яка віддалено інформує певну службу (страхову компанію, швидку допомогу) про зміну стану стан здоров'я. Також відправляється інформація близьким людям, або повідомить сусідню сім'ю чи друзів. Це одне з найбільш ранніх головних застосувань розумних технологій.

1997: Винайдено Wi-Fi. Деякі форми бездротової технології існували до цього моменту, але бездротовий стандарт «802.11» був офіційно прийнятий, пропонуючи швидкість до 2 Мбіт/с. Ми тепер використовуємо стандарт «802.11ac» і швидкість до 1 Гбіт/с. Більше не потрібно ніяких бітових кабелів по всьому світу.

Це стало значним поворотним моментом для РБ: обладнання було достатньо розроблено, щоб зробити менш розумні пристрої, Інтернет був повністю запущений і працював, Wi-Fi існував, а деякі мобільні телефони уже мали доступ до Інтернету.

Розвиток розумного будинку: 1998 по 2010 рік.

1998: Microsoft окреслив «Microsoft Home». Запропоновано стандартний будинок перетворювати за допомогою ряду технологій у РБ. З розрахунку використовувати для цього ПЗ Microsoft. Переважна більшість того, що прогнозує Microsoft справджується або одразу або через два десятиліття.

1999: Disney підхопив ідеї і зняв фільм «Розумний дім».

2001: Компанією Electrolux Trilobite ZA1 випущений перший у світі розумний пілосос, почав продаватися в магазинах по всьому світу, у британські магазини він потрапив у 2003 році.

2001: Запускається технологія мобільної мережі 3G. Вперше мобільний інтернет став реальністю. Він породив перше покоління мобільних додатків. Проте магазини додатків повністю запрацювали через 6-7 років. Це змінило погляд людей на мобільні телефони з простих пристроїв виклику та SMS на смартфони, які можуть робити розумні речі.

2003: Були випущені перші книги про РБ, такі як Inside the Smart Home Річарда Харпера і Build Your Own Smart Home Ентоні Вельте.

2005: Сім'я з чотирьох осіб у Барселоні переїхала в РБ, побудований Eneo Labs. РБ використовувався для тестування різних технологій розумного будинку. Звіт показав, що РБ є реальністю. Technica Pacifica опублікувала повну книгу про використання X10 для створення розумних пристроїв.

2008: Запущено Google Play та Apple App Store, що дає основний доступ до контрольованого (та безпечного) способу завантаження додатків на мобільні телефони. Це було приблизно в тоді, коли люди почали думати про мобільні смартфони.

2008: Канадська компанія РБ Ecobee запустила свій перший розумний провідний терморегулятор з моделлю Smart EB-STAT-02 (10 жовтня 2008 року).

2009: Впроваджується 4G. Світ отримав швидкість інтернету до 60 Мбіт/с, це у 20 разів швидше, ніж 3G. Оскільки магазини мобільних додатків Google і Apple тепер повністю доступні, постачальники РБ почали візуалізувати майбутнє. Пристрої РБ контролюються мобільними додатками.

2009: Бездротовий інтернет «802.11n» забезпечив швидкість до 600 Мбіт/с і використовував як 2,4 ГГц і 5 ГГц частотні смуги. Збільшився спектр підтримуваних пристроїв. Цей стандарт суттєво підсилив розвиток РБ.

2010: Був узгоджений стандарт Bluetooth низької енергії, який названий Bluetooth Smart. Ідея цього полягала в тому, щоб забезпечити можливість спілкування по дому але з низькими енергетичним слідом. Це ідея підходить для РБ завдяки великій кількості існуючих невеликих пристроїв. Хоча Wi-Fi є популярнішим вибором для розумних пристроїв.

Сучасні розумні будинки: 2011 по наш час.

РБ набрав популярності, із запуском Nest Learning Thermostat і одночасним випуском більше сотні пристроїв РБ великими технологічними компаніями. Згодом протягом багатьох років були випущені тисячі пристроїв менш відомими фірмами. Головні події є такі:

2011: Випущено перше покоління терморегулятора Nest Learning, який підтримував бездротовий зв'язок. Цей терморегулятор дійсно почав поширювати обізнаність про РБ серед споживачів.

2012: Була випущена розумна лампа Philips Hue, яка підтримує мільйони різних кольорів і керується смартфоном. Це була перша масово вироблена розумна лампочка з підтримкою функцій, таких як «природна сигналізація». Лампочка мала велику перевагу, повільно вводить більш природні світлі кольори, щоб природно розбудити людину.

2013: Випущений серпневий Smart Lock, який для обміну даними використовував Bluetooth, а не Wi-Fi. Керування замком забезпечувалося через додаток смартфона, включаючи віддалене розблокування.

2014: Випущений розумний голосовий помічник, Amazon Echo. Він розумів голосові команди, а також міг відтворювати музику, був чудовим кроком вперед для розумних технологій. Спочатку презентований тільки для прем'єр-міністрів і запрошених членів, загальний реліз прийшов на 2015 рік.

2014: Почалася повільна інтеграція Nest Labs і Google. У 2018 році завершилася повна інтеграція обладнання Google та Nest. Кількістю співробітників Nest зросла із 150 до 1000.

2014: Щорічна виставка Асоціації споживчих технологій у Лас-Вегасі CES почала помітно використовувати технології РБ.

2015: Випущені різні розумні технології, зокрема, третє покоління терморегулятора Nest, Esoobee3, Philips Hue (gen 2), їх конкуренти (LIFX Bulbs) і серпневий Smart Lock другого покоління.

2016: Компанія Google випустила свій розумний динамік Google Home, Amazon випустила свій Echo Dot, Емерсон випустила свій терморегулятор Sensi Wi-Fi, LIFX (компанія розумних ламп) випустила безліч моделей. Британські компанії також випустили деякі розумні замки і дверні ручки.

2018: Amazon купив Ring – це допомогло забезпечити тіснішу інтеграцію між Amazon Echo і Ring. Amazon постійно розширює свої розумні облікові дані.

2018: Був випущений Amazon Echo Dot 3-го покоління, з суттєво кращим динаміком, разом з Echo Show і Echo Plus. Був випущений Google Home Hub (конкурент Echo Show) як і Apple HomePod і Lenovo Smart Display. Тут названі тільки деякі із відомих технологій. Були випущені багато інших розумних технологій, включаючи більш розумні дверні дзвінки, розумні плагіни, внутрішні камери тощо.

1.2 Опис технології розумного будинку

Робота РБ заснована на принципі виконання команд [4]. Центральний контролер може їх отримувати як від людини, так і від датчиків. У першому випадку ви просите систему знизити рівень опалення, включити кондиціонер та приготувати каву, а центральний процесор, обробивши команди, відправляє її потрібним приладам. Залежно від ваших уподобань, спілкування з центральним контролером здійснюється за допомогою голосових команд, пульта управління або смартфона (див. рис.1.1.).



Рисунок 1.1. Загальна схема технології РБ.

У першому випадку присутність людини не потрібна. Комп'ютер або повідомляє прилади командами в певний час, відповідно до раніше заданих алгоритмів, або сам приймає рішення за показниками датчиків, в залежності від зміни умов. Наприклад, у системах терморегуляції датчі температури і вологості повідомляють системі дані, а вона в свою чергу, виставляє потрібні параметри обігріву, кондиціонеру та зволожувачу. Ще приклад: датчі руху виявляють активність у будинку, коли її бути не повинно – комп'ютер сприймає це як сигнал до включення сигналізації або надсилання повідомлення охоронній службі.

Центральний контролер для пристроїв РБ Xiaomi.

Таким чином, вся система РБ складається з трьох головних елементів:

- датчики, які сприймають інформацію з навколишнього світу;
- хаб або центральний контролер, який обробляє інформацію і приймає рішення;
- прилади, які виконують прикладні завдання і полегшують побут.

Всі компоненти системи РБ можуть з'єднуватися один з одним по дротовому або бездротовому зв'язку. Перший варіант здається більш архаїчним, проте, таким чином система менш схильна до збоїв. Деякі виробники з цієї причини пропонують рішення на основі кабельного зв'язку, в їх списку AMX, Stestron, Evika. Радіозв'язок, в свою чергу, є зручнішим і має більше можливостей: простота установки і дистанційне керування. Бездротовий зв'язок має на увазі використання протоколів Bluetooth, Wi-Fi або спеціальних стандартів. Бездротові системи автоматизації виробляють компанії Gira, Vitrum, Z-Wave, Jung, Zamel та інші. Деякі виробники, наприклад, Insteon [4], для надійності і зручності пропонують комплексні рішення на базі дротових і бездротових пристроїв одночасно.

Системи РБ можуть бути централізованими або децентралізованими. У перших управління всіма пристроями здійснюється з єдиного модуля, що дає можливість побудови складних схем автоматизації. Децентралізовані системи складаються з автономних ланцюжків приладів або навіть пристроїв-«одинаків». Такі рішення підвищують рівень безпеки системи.

1.2.1 Огляд існуючих технічних рішень

Google Home, SmartThings, HomeKit, Alexa та інші порівняння.

Налаштувати свій розумний дім досить просто, але вибір потрібної системи РБ для уніфікації уже існуючих пристроїв та їх «спілкування» – це рішення, яке заслуговує на серйозне розгляд.

Перш ніж почати робити покупки, необхідно зробити правильний вибір стосовно об'єднання пристроїв.

У 2021 році на ринку РБ головними гравцями є Google, Amazon і Apple, завдяки своїм розумним колонкам, екосистемам та голосовим помічникам. Вони не тільки полегшують керування підключеними розумними домашніми пристроями, але й забезпечують зручну автоматизацію будинку.

Що стосується інтелектуальних систем для домашнього концентратора, то безперечно найкращою платформою на даний момент є SmartThings, яка належить Samsung. Кращими пристроями у 2021 році визнані такі [55]:

- Пристрої Alexa (найкраще суміщаються).
- Пристрої Google Home (найкращий сервіс).
- Пристрої Apple HomeKit (найбільший вибір сервісів).
- Платформа Samsung SmartThings (найкращий інтегратор пристроїв).

Вибір розумної екосистеми будинку.

Хорошим початком є улюблений цифровий асистент: Amazon Alexa, Google Assistant та Siri від Apple. Усі вони можуть бути використані в ролі центру розумної домашньої системи, тож це один із варіантів. Розглянемо деякі гаджети РБ. Те що необхідно придбати варто перевірити, з якими платформами вони працюють.

Ці екосистеми матимуть вирішальне значення при об'єднанні пристроїв у систему, тому потрібно врахувати їхню сумісність. Зокрема, з'ясувати скільки пристроїв підтримує кожна програма, також і діапазон пропонованих функцій.

Відомо, що iOS протистоїть Android, ПК протистоїть Mac, а при цьому багато пристроїв здатні працювати на обох платформах. Аналогічно цьому, багато розумних домашніх пристроїв чудово працюють з різними системами, тому є можливість вибирати бажану систему, а не підтримувати одну впродовж усього життя.

Просто зверніть увагу на наклейку «працює з ...» на коробці технології розглядуваного РБ, щоб перевірити буде вона конфліктувати з існуючими налаштуваннями.

Незалежно від того, починаєте ви з нуля, хочете переключитися на іншу платформу чи будете свою поточну систему варто користуватися документацією з найбільших та найкращих екосистем РБ. Можна починати з ознайомлення розумних домашніх концентраторів.

Найкращі розумні екосистеми будинку.

Amazon Alexa. Цифровий асистент Amazon від Amazon з'явився на оригінальному смарт-динаміку Amazon Echo у 2014 році і з тих пір став з'єднуватися з різними пристроями. Можна отримати найкращий досвід роботи з Alexa, якщо використати вбудовану колонку Amazon Echo, але Alexa тепер також з'являється на безлічі гаджетів без етикетки Amazon.

Окрім відповіді на запитання про погоду та ваш графік, Alexa також може зв'язатися з різними уже існуючими розумними домашніми пристроями, і змусити їх спілкуватися між собою, наприклад у випадку, якщо вам потрібно відразу вимкнути все світло в одній кімнаті.

Насправді є два типи пристроїв Alexa – розумні колонки та пристрої з вбудованою системою Alexa, а також пристрої, які просто працюють з Alexa. Це зазвичай означає, що ними можна керувати за допомогою голосу з іншого пристрою Alexa. Це важлива особливість, тому прийнятні товари позначені ярликом «Працює з Amazon Alexa».

Широке охоплення Alexa – це одна з вагомих причин скористатись Amazon для розумної домашньої платформи: вона вбудована в термостати, такі як Ecobee4, вимикачі світла, Ecobee Switch+. Її роль може виконати навіть телевізор з такими пристроями, як Fire TV Cube і Fire TV.

Щодо розумної домашньої сторони, Alexa може ідентифікувати та контролювати використовувані пристрої у вашій домашній мережі. Це простіший процес, ніж, наприклад, у HomeKit від Apple. Достатньо натиснути

«Додати пристрій» у програмі Alexa, щоб зробити це. Можна попросити Alexa за допомогою голосової команди сканувати нові гаджети. Асортимент сумісного набору багатий і з кожним днем стає більшим.

Ви також можете створити групи пристроїв: вимкнувши все світло вниз, наприклад, однією голосовою командою до Alexa. Тим часом, зручна функція «Рутини» діє як функція «Сцени HomeKit», завдяки якій ви можете автоматизувати дії на декількох пристроях одночасно. Можливо, вимикати світло та замикати двері в кінці дня.

Потрібно буде принаймні один пристрій із вбудованою системою Alexa, щоб контролювати все інше. Варто також згадати, що у деяких колонок Alexa, таких як Echo 4-го покоління, у вас є концентратор Zigbee. Це означає, що немає потреби в концентраторах таких, як Philips чи інші, принаймні для базових функцій.

Apple HomeKit. HomeKit – це програмний фреймворк, закріплений безпосередньо на пристроях Apple. Ідея проста – замість того, щоб на смартфоні було безліч різних розумних домашніх програм, які не обов'язково спілкуються між собою, HomeKit об'єднує їх усіх.

Все керується за допомогою програми Home на пристрої iOS, iPadOS або macOS. Як і слід було очікувати, все це працює і з Siri. Можна або запустити програму Home, щоб змінити температуру розумного термостата, або вимкнути розумне світло, або просто змусити Siri, щоб вона зробила це за вас.

Насправді Apple HomeKit має дві частини. Власне HomeKit – це протокол, фонові програмні технології, якій пристрої повинні відповідати, щоб отримати відповідний доступ. Це також надзвичайно безпечно, оскільки Apple дуже серйозно ставиться до шифрування.

Потрібен принаймні один пристрій iOS, iPadOS або macOS, щоб це працювало належним чином. А щоб отримати переваги від HomeKit потрібно мати встановлений вдома динамік HomePod, iPad або Apple TV. Можна дистанційно керувати своєю розумною домашньою мережею. Платформа Apple

починає ставати серйозним претендентом в налаштуванні голосових помічників Google і Amazon.

При використанні найновішого розумного динаміка від Купертіно [3] – HomePod Mini, можна використовувати його як концентратор HomeKit, він також оснащений радіостанцією Thread. У деяких своїх розумних домашніх пристроях Google є радіо Thread, але Apple пішов на крок далі, фактично забезпечивши підключення Thread до Mini.

Додаток Home має три розділи. Він активує всі розумні домашні пристрої з вибраними раніше. Пристрої групуються в місцях навколо вашого будинку і є можливість автоматизувати роботу РБ. Наприклад, ви можете вимкнути світло, увімкнути будильник і обігрів, коли ви вийдете з дому. Такі дії можна згрупувати у певні «Сцени». Отже, певний сценарій як згадану вище послідовність дій, можна назвати «Геть». Можна використати сцену «Час гри», щоб вимкнути основне світло, увімкнути освітлення для дозвілля та запустити Xbox [4]. Такі сцени можна активувати з Центру керування iPhone або iPad, або за допомогою Siri.

Підключення сумісних пристроїв до інтелектуальної домашньої платформи Apple не завжди було найпростішим процесом. Зустрічалися деякі помилки зі скануванням кодів за допомогою мобільного пристрою. Безумовно з часом HomeKit покращився і програма Home поступово стала інтуїтивно зрозумілішою для використання.

Завдяки недавнім вдосконаленням iOS є кілька способів поєднання пристроїв за допомогою QR-кодів. Якщо виробник пристрою це підтримує цієї технології то задіється NFC. Також було оновлено HomeKit, який пропонує складніші налаштування за допомогою ярликів – спосіб поєднання кількох дій разом. Набір операцій виконується одним натисканням на телефоні або однією командою Siri.

У HomeKit вибір пристроїв досить широкий, набір інших функцій скромніший. Раніше вимога до апаратного шифрування слугувала причиною його повільного використання у РБ. Можливості в наборі постійно збагачуються.

З метою забезпечення підтримки HomeKit для своїх телевізорів, Apple співпрацює з Samsung, LG, Sony та Vizio. Стандарт потокового передавання AirPlay тепер підтримує більше пристроїв, що не належать Apple.

Google Assistant. Google відреагувала на розробки Alexa у 2017 році створенням гучномовців Google Home. Використовуючи лідерство ринку Amazon Google зараз поширює межі використання своїх пристроїв, розроблених для власного будинку.

Google створила безліч колонок, що працюють з асистентом: класичний Google Home, Nest Mini (раніше Home Mini), Google Home Max (випуск припинено в кінці 2020 року), Google Nest Hub (з 7-дюймовим дисплеєм), Google Nest Hub Max та найновіший розумний динамік у сімействі – Nest Audio.

Можна спостерігати підтримку Assistant у колонках та дисплеях від сторонніх виробників, зокрема, JBL, LG, Sony, Lenovo, Panasonic та Sonos.

Є два типи пристроїв Google Assistant: Асистент вбудований безпосередньо у пристрій, як у смартфонах та Chromebook, і Асистент яким можна керувати.

Є універсальний Google Assistant для роботи на всіх пристроях: на смартфоні Android або смарт-годинник Wear OS. Додаток може контролювати музику, виводити інформацію про погоду, керувати іншими гаджетами та побутовими пристроями РБ, встановлювати таймери та нагадування і навіть здійснювати та приймати дзвінки.

До колонок Google Nest можна підключити звук із кількома кімнатами, є шість різних користувачів в одній мережі для персоналізованих календарів та списків відтворення музики.

Така універсальність надає Google Assistant перевагу над Alexa. Телефон з Android може бути з вами протягом усього дня, починаючи від запиту ранком

прогнозу погоди, через час їзди на роботу або в офіс, до повернення додому. Це можна зробити за і допомогою Alexa, встановивши ПЗ як асистента за замовчуванням на Android, і використовуючи з додатка Alexa iOS. Google Assistant є типовим і простішим для більшості людей.

Google Assistant має безліч розумних команд крім управління РБ, він зможе відповісти на більшість запитань та виконати всілякі завдання для вас. Також можна створити програму новин, погоди, трафіку та календаря «Мій день», яку Асистент зачитає, коли ви запитаете, наприклад, «Гей, Google, як виглядає мій графік?».

Що стосується управління РБ, Google Assistant працює в парі з додатком Google Home на Android або iOS. Пристрої додаються натисканням кнопки та скануванням мережі. Залежно від гаджета, ви можете увімкнути або вимкнути пристрій, змінити налаштування процедур як у Alexa, що поєднують кілька дій.

Розумні дисплеї, що працюють з Google Assistant, також надають вам перегляд дому, що представляє собою вид зверху вниз на весь ваш РБ і надає чудові сенсорні елементи керування. Здається, що на цей момент Google краще використовує візуальні розумні колонки ніж Amazon.

Однією з останніх функцій, що демонструють потужність Google Assistant, є робота перекладача з пристроями Nest Hub. Це означає, що двоє людей, які говорять різними мовами, можуть вести розмову, а розумний дисплей виконує роль перекладача для обох сторін. Це ще один показник того, які переваги має Google Assistant над Alexa.

Дії Google Home – це по суті еквівалент функцій Alexa. Їх не так багато, але і вони можуть зробити Google Assistant набагато кориснішим, коли справа стосується виконання дій за допомогою вашого голосу.

Ви можете побачити які саме пристрої сумісні з Google Home / Google Nest, включаючи найкращі інтелектуальні термостати, системи домашньої безпеки, світильники, вилки, замки тощо. Деякі з них мають вбудовані елементи

управління Асистента. Іншими пристроями можна керувати за допомогою Асистента Google на вашому телефоні або щось подібне на Google Nest Mini.

Варто також згадати, що Google змусив зупинити програму «Works with Nest», яка управляла пристроями за допомогою термостатів Nest та інших пристроїв. Nest тепер знову є частиною Google, тому Google Assistant ці функції бере на себе – «Працює з Google Assistant».

Вище проведений аналіз лише найпопулярніших розумних домашніх систем, які, за оцінкою автора роботи, є найкращими для використання у РБ – вони далеко не всі. Багато компаній зрозуміли, що користувачі цінують простоту. Коли справа доходить до вибору елементів для свого РБ, то розгляду підпадає постійно розширюваний спектр ПЗ та апаратних можливостей.

Samsung SmartThings. Це досить мала платформа. У 2017 році корейський технічний гігант випустив принципово новий хаб Samsung Connect Home [4], а також оновлений додаток Connect Home, який забезпечує керування всіма своїми пристроями та досить легко дозволить налаштувати нові. Щоб покрити РБ суцільною зоною Wi-Fi достатньо п'ять концентраторів Connect Home розмістити навколо нього. SmartThings може виступати як сітчаста системи Wi-Fi.

У центрі SmartThings є радіостанції як для стандартів Zigbee так і для Z-Wave. Вони забезпечують підтримку багатьох комплектів. Просто додається все інше обладнання виробництва Samsung від телевізорів до смартфонів та ще приєднується цифровий голосовий асистент Vixby. Отже, є великий вибір та гнучкість.

Vixby ще не зовсім на рівні Amazon Alexa або Google Assistant, і навіть не на рівні Siri. Але він добре працює для управління пристроями РБ і постійно нарощує інтелект. Телефонний додаток SmartThings використовує зручний інтерфейс, що дозволяє легко керувати окремими пристроями, а також групувати їх по кімнатах.

Якщо у потенційному РБ вже є обладнання Samsung, наприклад, телевізори чи телефони – тоді SmartThings доцільно розглядати як домашню платформу. Це все дуже просто налаштувати та використовувати. У 2019 році Samsung випустив нову розумну камеру, розумну лампочку та розумну вилку. Отже, можна починати з малого і поступово нарощувати з часом.

IFTTT (If This Then That) насправді не є повноцінною платформою РБ, але забезпечується підключення розумних домашніх пристроїв для спільного використання. Робота організована за допомогою «аплетів», що складаються з тригерів ("якщо це"), які потім виконують дії ("тоді що"): якщо зараз 8 ранку, увімкніть розумне домашнє освітлення.

Насправді IFTTT впроваджувався ще до початку розробок Alexa, HomeKit та Google Assistant. Він працює з такими відомими компаніями, як Belkin WeMo, Ring, Lifx, Philips Hue, iRobot, Tado, Nest тощо, і за потреби може підключатися до Alexa та Google Assistant.

Простота та зручність у використанні не найкраща. Низький рівень є інколи корисний майстрам, які хочуть взяти більше контролю над розумними домашніми приладами. IFTTT можна також використовувати як доповнення до будь-якої головної платформи РБ.

IFTTT можна управляти через веб-сайт, є також доступні мобільні додатки. За межами розумної домашньої сцени є аплети, які охоплюють усі види робіт з послугами і пристроями. Їх можна використовувати від початку автоматизації роботи з твітами, зміною шпалер на вашому пристрої Android тощо.

Control4. Система Control4 не має такого ж високого рівня, як комплекти від Amazon або Google. Це більш індивідуальні, спеціальні рішення, які дозволяють включати освітлення, розумні замки, системи домашньої безпеки, гаражні ворота, бездротове аудіо тощо. Вони підтримують розумні домашні стандарти, такі як Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi та Bluetooth і загалом працюють з більш

ніж 35000 пристроями. Проте, для встановлення Control4 знадобиться професіонал.

У 2017 році Control4 придбала Triad. Підкреслимо можливості якості аудіо та відео та ще є безліч варіантів динаміків. Якщо необхідно прокласти фільми та музику по дому та додати кілька розумних домашніх статистик то Control4 заслуговує уваги.

Існує навіть універсальний пульт дистанційного керування а також 7-дюймовий або 10-дюймовий сенсорний екран, який дозволяє керувати всіма своїми пристроями з однієї центральної консолі. Деякі домашні операції можна виконувати через супровідні додатки для iOS та Android. Проте, рівень додатків не є конкурентним.

Control4 може робити все, що вимагається від розумної домашньої платформи. Легко підключатиметься до всього існуючого, від вогнів Philips Hue до коробок Sky Q. Недоліком цього є те, що вона потребує професійної установки та оновлення. Інколи це коштує набагато більше, ніж готовий комплект. Для використання усіх можливостей своєї розумної домашньої системи потрібні суттєві кошти.

Logitech. Окрім наявності власних продуктів розумного будинку на ринку, Logitech має кілька пристроїв. Вони забезпечують автономність решти застосованих технологій РБ. Logitech не зупинилася на розробці повноцінної платформи РБ.

Logitech почала із своїх пультів дистанційного керування Harmony, які мають певну репутацію. Зараз Harmony Hub і Harmony Elite випускаючи концентратор і пульт дистанційного керування збільшили свою цінність. Ними можна керувати із цілого набору гаджетів та пристроїв РБ, які регулярно збагачують інтелект і широту застосування.

Це особливо хороша система для зв'язування всіх ваших розважальних та розумних домашніх пристроїв. Отже, якщо необхідно поєднати свої PlayStation

4, Sonos або Netflix та основні елементи керування телевізором з рештою вашого розумного будинку то Logitech виконає це.

Найкраща екосистема розумного будинку [17]. З чого починається екосистема? Екосистема РБ – це мережа разом працюючих розумних пристроїв, щоб зробити будинок найкомфортнішим та найприємнішим місцем для проживання. Екосистема підключених пристроїв здійснюється через центральний портал, який контролюється вами. Через додаток смартфона або через розумний домашній концентратор встановлюєте свої уподобання, а ваш РБ дбає про все інше.

Існують сотні розумних продуктів, і вони не всі сумісні між собою. Яка найкраща екосистема розумного будинку для їх повного зв'язку? Одним із принципів побудови успішного розумного будинку є підхід, щоб всі вони розмовляли між собою. Але які технології дозволяють їм спілкуватися між собою, щоб створити особливу екосистему?

Екосистема дозволить вашому розумному замку побачити, що ви вийшли з дому. Вона скаже своєму розумному термостату щоб він знизив температуру, щоб заощадити на витратах енергії. Також вимкне розумні ліхтарі та розумні лампочки, також вимкне будь-який розумний телевізор.

Це не обов'язково означає, що всі ваші пристрої повинні бути від одного виробника. Деякі екосистеми та розумні продукти є більш гнучкими, ніж інші, і мають ширший спектр інтеграції РБ.

1.2.2 Концепція і можливості систем розумного будинку

На початку 2020 року весь світ ввійшов у особливий стан внаслідок непередбаченої пандемії COVID-19 і індустрія розумних будинків не була звільнена від її впливу [9].

Незважаючи на численні проблеми, пов'язані з пандемією, від затримок ланцюгів поставок до закриття роздрібною торгівлі, вимог соціального дистанціювання до економічного впливу, все ще існує численна кількість

можливостей для зростання галузі. Ці можливості надають виробникам, інтеграторам, роздрібним торговцям та іншим учасникам ринку сприяти створенню кращого досвіду РБ для кінцевих споживачів.

За останній рік технологія розумного будинку досягла точки зрілості. Освіта споживачів постійно зростає, особливо серед кінцевих споживачів, які прагнуть і переходять до нових технологій. Оскільки вони набагато більше часу проводять вдома, власники будинків шукають технологію, яка може додати зручності та комфорту їхньому життю в ці складні часи.

У нещодавно опублікованому звіті [9] про стан екосистеми Z-Wave за 2020 рік досліджуються розумний будинок та використовувані розумні технології. Досліджуються ландшафт розумного будинку, рівень його автоматизації як всередині, так і зовні. Також у дослідження залучені як поточні так і майбутні тенденції, актуальні дані і перспективні можливості з акцентом на роль технологій, які розвиваються в індустрії Z-Wave.

Враховані висновки галузевих експертів усіх рівнів із широкого кола різних фірм про їхнє розуміння найбільших можливостей, що сформувалися на ринку розумних будинків у 2020 році та пізніше [9,17, 28, 55,57].

Наведемо деякі сфери, які на наш погляд є найактуальніші сьогодні і на яких зосереджувались експерти.

Оздоровчі товари та спосіб життя. Під час пандемії COVID-19, тобто саме зараз, є критичний час для виробників впровадити передові технології, які можуть сприяти здоровому способу життя в сучасних умовах та добробуту і затишку в домі.

Купуючи оздоровчі технології для розумного будинку, споживачі безсумнівно в першу чергу сподіваються захистити себе та свої сім'ї, тому зараз саме час серйозно поставитися до цієї категорії.

Вплив на навколишнє середовище. Однією з найбільших можливостей для зростаючого ринку розумних будинків є потенціал впливу на навколишнє середовище. Розумні пристрої та автоматизація будинків можуть допомогти в

управлінні енергією та економити затрати на будинок. Це може стати чудовою пропозицією для власників будинків, які шукають шляхи отримання максимальної віддачі від використовуваних технологій. Якийсь простий датчик може призводити до раціонального освітлення та регулювання температури. Тобто освітлення і опалення використовуються лише тоді, коли вони потрібні і при цьому усувають затрати енергії та коштовні затрати.

Тенденція енергоменеджменту в країнах ЄС започаткувалась раніше ніж в Україні і сьогодні набуває більшого масштабу на європейському ринку. У цих країнах провідні комунальні компанії пропонують програми заохочення для встановлення регуляторів опалення, вентиляції, а також усіляких розумних лічильників.

Зміна споживчих очікувань та інтересу. Останнім часом споживачі починають сподіватися, що доступні для них пристрої будуть тільки "розумними". Уже існують виробники, чії флагманські кухонні вироби підключаються як стандарт. На думку автора, ця тенденція може розповсюдитися і на інші пристрої РБ, включаючи інструменти, сховища, ванні кімнати, оздоблення тощо.

Власники будинків вимагатимуть не лише розумних пристроїв для автоматизації, а й для ініціалізації, самодіагностики, самоочищення тощо. Інтерес споживачів також перейде до технологій, які полегшують їм зв'язок з іншими технічними аспектами пристроїв. Оскільки користувачі працюють та навчаються тривалий час вдома, швидше за усе, у 2021 році та пізніше відбудеться значне зростання категорії інтелектуальних розваг.

Також цілком ймовірно, що з часом терміном «розумний дім» перестануть користуватися, оскільки в майбутньому майже все в їхніх будинках буде пов'язаним та розумним [9].

Актуальність домашньої мережі. Існує потреба в надійній домашній мережі зі стабільним рівномірним покриттям у всьому будинку та на присадибній території чи за її межами. Це зараз актуально, оскільки кількість

пристроїв у будинках збільшується як ніколи швидко, а вони пропонують більш широкі можливості. Користувачі повинні знати, що вони можуть покладатися на свою мережеву інфраструктуру, щоб впевнено працювати. Вони повинні бути переконаними в надійності домашньої мережі, а у форс мажорних обставинах у них є довірений фахівець, який може швидко ліквідувати будь-які проблеми.

Це особливо актуально під час відповідальної дистанційної роботи, навчання та при проведенні усіляких онлайн-зустрічей з дому. Як результат кризи COVID-19, сформувалася ситуація яка вимагає ще міцніших засад для домашніх мереж та мережевих пристроїв. За переконанням автора, незважаючи на досить невизначене майбутнє все ще залишаються можливості бурхливого росту галузі РБ. Детальніше цікава інформація з цього питання про знання та висновки у галузі можна уточнити в [9].

1.2.3 Порівняльний аналіз смарт-пристроїв та еко-систем розумного будинку

Як впливає із попередніх підрозділів необхідно виконати порівняльний аналіз еко-систем розумного будинку і при цьому обов'язково зупинитися на перевагах і недоліках:

- систем домашньої автоматизації;
- еко-систем розумного будинку.

Системи домашньої автоматизації робиться для того, щоб забезпечити автоматичне керування спринклерними системами, координацію торгових точок, управління системами безпеки, вмикання та вимикання побутових приладів під час відсутності.

Хоча ці пристрої, безумовно, не є новиною на ринку, за останні кілька років багато систем стали набагато доступнішими, і використання автоматизації дому зараз набуло більш широкого поширення, ніж було коли-небудь раніше.

Розглянемо кілька плюсів і мінусів систем домашньої автоматизації.

Енергозбереження. Системи домашньої автоматизації однозначно зарекомендували себе в сфері енергоефективності. Автоматизовані термостати

дозволяють попередньо запрограмувати температуру залежно від часу доби і дня тижня. А деякі навіть пристосовуються до поведінки мешканців, навчаючись і пристосовуючись до температурних уподобань господарів, ніколи не вводячи заздалегідь вибраний графік. Традиційну автоматику або поведінкову автоматизацію можна також застосувати практично до кожного гаджета, яким можна дистанційно керувати, від спринклерних систем до кавоварок.

Фактична економія енергії в кінцевому рахунку залежить від типу вибраного вами пристрою та його можливостей автоматизації. Але в середньому, за оцінками виробників продуктів [57], системи можуть допомогти споживачам заощадити від 10 до 15 відсотків від оплати за опалення та охолодження РБ.

Зручність. У сучасному стрімкому суспільстві, чим менше доводиться турбуватися, тим комфортніше жити, тим краще здоров'я. Зручність – це ще одна із основних причин продажу пристроїв автоматизації дому. Вони практично усувають багато дрібних обов'язків, як вимкнення світла перед сном, регулювання термостата перед виходом із будинку тощо.

Багато систем оснащені можливостями віддаленої приладової панелі, тому, забувши вимкнути кавник перед від'їздом, не потрібно повертатися додому. Просто є можливість за допомогою панелі приладів на розумному пристрої або комп'ютері вимкнути кавник за лічені секунди.

Безпека. Дистанційне спостереження може заспокоїти власника РБ, коли він знаходиться далеко від нього. За допомогою віддалених приладових панелей можна вмикати та вимикати світло та лампи, а автоматизовані жалюзі можна піднімати та опускати. Ці можливості – у поєднанні з автоматизованими системами безпеки можуть допомогти вам зменшити ризики вторгнень: ви отримаєте попередження негайно, якщо трапиться якась нетипова подія.

Задаємось питанням, чи є негативні моменти систем домашньої автоматизації – нажаль є, ось вони.

Встановлення. Залежно від складності системи, встановлення пристрою автоматизації будинку може бути значним навантаженням на власника будинку.

Це може або коштувати багато грошей, якщо ви замовляєте послугу, або багато витрат часу, якщо власник виконує роботи самостійно.

Складна технологія. Автоматизація всього в житті може здатися надзвичайно привабливою, але іноді старий добрий перемикач набагато простіший, ніж тяга до смарт-телефону для увімкнення та вимкнення світла. Перш ніж вирішити, яка система потрібна, необхідно продумати подальший процес домашньої автоматизації у домогосподарстві.

Сумісність системи. Управління всіма аспектами домашньої автоматизації з однієї централізованої платформи є важливим, але не всі системи сумісні одна з одною. Наприклад, ваша система безпеки може вимагати входу в одне місце для керування налаштуваннями, тоді як існуючий розумний термостат може вимагати входу на іншу платформу для увімкнення та вимкнення кондиціонера. Щоб по-справжньому використати зручність домашньої автоматизації, можливо, доведеться інвестувати в технологію централізованої платформи для управління всіма системами та пристроями з одного місця.

Вартість. Незважаючи на те, що ціна систем домашньої автоматизації за останні роки стала набагато доступнішою, вартість придбання та встановлення пристроїв все одно може зрости. Consumer Reports пропонує широкий спектр інформації з урахуванням усіх затрат про найкращі і найдешевші системи автоматизації будинку на РБ [57].

Розглянемо кілька плюсів і мінусів смарт-пристроїв та систем РБ.

Запобігання та мінімізація шкоди. У [28] підкреслено, що розумні реостати та детектори диму можуть:

- допомогти запобігти замерзанню труб;
- перекрити воду, якщо виявлять вологу;
- сповістити вас через додаток та потенційно врятувати життя та РБ.

Для людей з обмеженими можливостями та для інвалідів вкрай важливими є такі послуги РБ.

- Розумні замки можуть полегшити поширену проблему блокування через втрачені або забуті ключі.
- Розумні системи освітлення можуть «вивчити» стиль життя та вмикати і вимикати світло у відповідний час.
- Обладнання домашнього охорони здоров'я може забезпечувати моніторинг та діагностику, може спростити процес догляду. Наприклад, деякі давачі та пристрої можуть допомогти стежити за рухами поважних людей та забезпечувати їх безпеку.

Вибір ресурсів безпеки. Є можливість регулювання рівнем безпеки, використовуючи додаткові ресурси безпеки.

- Розширені системи безпеки можуть повідомляти вас через додаток на вашому смартфоні про вторгнення.
- Розширивши систему безпеки та збільшивши кількість камер можна виявити транспортні засоби, що наближаються до РБ.
- Автоматично заблокувати двері, отримати спостереження.

Мінімізація оплати за електроенергію. Існує можливість знизити рахунки за енергію.

- Очікується, що розумні термостати будуть найпоширенішими підключеними домашніми пристроями протягом наступних п'яти років [19].
- Люди часто стурбовані економією за своїми рахунками за опалення та за охолодження.
- Розумні термостати можуть створювати графіки енергозбереження, які можуть зменшити споживання енергії до 30%.

Винагорода за наявність розумних пристроїв. Деякі страхові компанії винагороджують власників розумних пристроїв.

- Деякі фірми та Allstate пропонують знижку на розумні пристрої безпеки та контролю [28].

- У міру зростання ринку смарт-пристроїв все більше страхових компаній, будуть надавати знижки [28].

Недоліки від смарт-пристроїв. Стисло скажемо про недоліки від наявності смарт-пристроїв у РБ.

Часто є не простою задачею пов'язати різні пристрої і системи від різних постачальників.

- Багато виробників розробляють «оригінальні» системи, що ускладнює інтеграцію нових пристроїв до уже існуючих, виготовлених іншою фірмою.
- Інтеграція різних пристроїв від різних постачальників може призвести до обмеженої функціональності та ненадійного обслуговування.

Велика вартість. Системи можуть бути коштовними.

- Ринок розширюється і витрати на виробництво зменшуються, але багато систем все ще мають велику вартість.
- Більшість пристроїв коштують декілька тисяч гривень; вартість повного оновлення будинку може становити сотні тисяч гривень.

Недоліки пристроїв стосовно безпеки. Часто пристрої РБ мають недоліки безпеки, і їх можна зламати.

- На початку 2015 року одна технологічна компанія протестувала 16 приладів для РБ і виявила лише один, на який її дослідники не змогли легко увірватися [28].
- Деякі компанії, що виробляють ці продукти, не мають сильного досвіду в галузі безпеки.
- В даний час практично в усіх країнах не існує галузевих стандартів безпеки цих пристроїв.
- Якщо кіберзлочинці «завітають» до домашніх пристроїв РБ, вони можуть вивчити моделі поведінки мешканців та використовувати це на свою користь.

1.2.4 Вплив пандемії Covid-19 на розвиток технологій розумного будинку

За даними дослідження Parks Associates [8] близько третини власників розумних пристроїв у домашніх господарствах США збільшили використання своїх пристроїв під час пандемії COVID-19. Зокрема, на 46 відсотків збільшилося власників розумних дверних замків.

У дослідженні [8] узагальнений досвід споживачів РБ, висвітлено конкретні вразливі ситуації з популярними категоріями споживчих товарів від покупки до постійного використання. Визначаються різні шляхи для вирішення питань технічної підтримки споживачів, їх очікування та уподобання, тестуються бізнес-моделі підтримки РБ. Як результат, показані зміни у використанні технологій та уподобання споживачів під час дії COVID-19.

Збільшення рівня використання ринку послуг може вплинути на поточне та майбутнє зростання попиту на пристрої РБ в усьому світі.

Зростаючий відсоток власників розумних домашніх пристроїв щороку стикається з багатьма проблемами з розумними пристроями, а 16 відсотків домогосподарств США повідомляють, що проблеми домашньої мережі порушують віддалену роботу з дому під час COVID-19 [8]. Одночасно з цим, у середньому на 33% збільшилось використання розумних домашніх пристроїв під час цієї пандемії. Візуальне співвідношення впровадження розумних пристроїв: дверних замків, пристроїв безпеки з камерами, детекторів диму, відео-дзвінків, лампочок, реостатів показано на рис. 1.2.

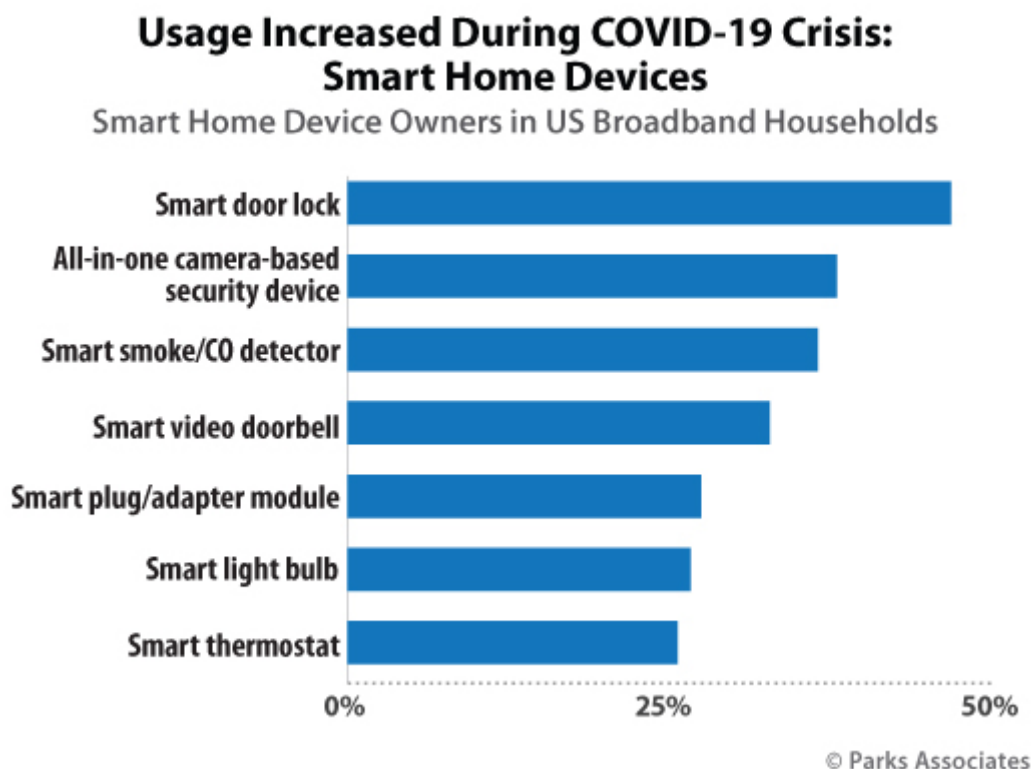


Рисунок 1.2. Використання розумних пристроїв.

З іншими результатами дослідження компанії Parks Associates стосовно впливу пандемії Covid-19 на розвиток технологій розумного будинку можна познайомитися в [53].

1.3 Висновки по розділу

Проведений автором огляд проектів РБ, зорієнтованих на конкретні послуги з урахуванням різних будівельних обмежень, дозволив виконати аналітичне порівняння між пов'язаними технологіями: таксономія пристроїв, протоколів, алгоритмів, методів, послуг тощо.

Простежуються тенденції зростання популярності використання проміжного ПЗ для інтеграції багатонаціональних пристроїв, оскільки безсумнівно вони будуть співіснувати в майбутньому. Останнім часом люди занепокоєні інформаційною безпекою у РБ, яку можна вирішити, використовуючи концепції комп'ютерної безпеки, криптографії та оновленнями функцій розумного дзвінка.

Майбутній постачальник медичних послуг вважатиме розумний дім ефективним способом надання віддалених медичних послуг, особливо людям похилого віку та людям з обмеженими можливостями, які не потребують інтенсивної медичної допомоги. З цієї ж причини допоміжні медичні послуги привернуть більше уваги до майбутніх дослідників. У майбутньому розумні будинки будуть підключені до різних постачальників послуг: для автоматизації й оптимізації послуг. Розумна мережа є одним із останніх прикладів інтеграції послуг, яка призначена для оптимізації використання електроенергії, з урахуванням потужності пристроїв споживання.

Розумні будинки отримують величезну популярність у майбутньому, оскільки сучасні тенденції свідчать про те, що вони стають центром споживання інтелектуальних послуг. Вище проведений аналіз продемонстрував необхідність досліджувати розподіл даних у розумному будинку. Інтелект теж розподіляється разом з розумними пристроями.

Таким чином, коротко усе зводиться до того, що на перший план виходить необхідність розробки і дослідження моделі розподіленої системи розумного будинку і з'ясуванні ролі та місця розумних пристроїв – це розглянемо у наступному розділі.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

У цьому розділі розглянемо основні компоненти розподіленої системи розумного будинку (РБ), які взаємодоповнюють один одного. Кожен компонент вносить нові можливості та технології до системи РБ. Розглянемо інтеграцію класичного РБ, IoT та хмарних обчислень, починаючи з аналізу основ РБ, IoT, хмарних обчислень та систем обробки подій. Дослідимо парадигму РБ, хмари та IoT з точки зору підключення додаткових пристроїв IoT та хмари, підключеної до Інтернету, і в цьому контексті також до домашньої локальної мережі. Ці дозволяє запропонувати цілісну уніфіковану модель РБ з розширеною потужністю обробки подій, потужними сторонніми інструментами, комплексними програмами та великим обсягом зберігання даних.

2.1 Огляд класичної системи розумного будинку

Розумний будинок є прикладом автоматизації будівель для житлових приміщень і передбачає автоматизацію всіх вбудованих технологічних процесів будинку а також управління ними. РБ визначає місце проживання, в якому є побутова техніка, освітлення, опалення, кондиціонер, телевізори, комп'ютери, розважальні системи, великі побутові прилади, такі як пральні машини/сушарки та холодильники/морозильники, системи безпеки та камери, здатні взаємодіяти між собою та дистанційно керуватися за розкладом через різні комунікаційні пристрої (термінал, мобільний телефон або Інтернет). Ці системи складаються з перемикачів та датчиків, підключених до центрального концентратора, керованого мешканцем будинку за допомогою настінного терміналу або мобільного блоку, підключеного до хмарних сервісів Інтернету.

РБ забезпечує безпеку, енергоефективність, низькі експлуатаційні витрати та зручність. Встановлення розумних пристроїв забезпечує зручність та економію часу, грошей та енергії. Такі системи є адаптивними та регульованими, щоб задовольнити мінливі потреби мешканців будинку. У більшості випадків

інфраструктура РБ є досить гнучкою для інтеграції з широким спектром пристроїв різних постачальників та стандартів.

Базова архітектура дозволяє вимірювати задані характеристики середовища, обробляти контрольно-вимірювальні дані, використовуючи мікроконтролери давачі для вимірювання характеристик приміщення та виконавчі механізми для контролю вбудованих домашніх пристроїв.

Популярність та розповсюдженість концепції РБ зростає великими темпами, оскільки вона стала частиною модернізації та зменшення витрат на утримання будинків. Це досягається вбудовуванням можливості ведення централізованого журналу подій, впровадження процесів машинного навчання для зменшення основних витрат, реалізацію рекомендацій фахівців та інших корисних звітів.

Класична система РБ показана на рис. 2.1. Модель розумної домашньої мережі, як правило, складається з чотирьох частин, це розумні давачі, вузол шлюзу, термінал користувача та сервер [31]. Розумні давачі (такі як давачі температури та вологості, давачі зображень, давачі спостереження за здоров'ям тощо) відповідають головним чином за збір інформації про домашнє середовище та стан здоров'я сім'ї, а також за передачу інформації на вузол шлюзу через бездротову мережу. Вузол шлюзу – потужний головний вузол в системі розумної домашньої мережі, функцією якого є зв'язок між вузлом давача та сервером. Зазвичай, термінальний пристрій користувача – це смарт-телефон користувача, за допомогою якого користувач може віддалено контролювати територію будинку або стан здоров'я сім'ї, а також керувати розумним пристроями. Сервер відповідає за такі завдання:

- обробку та аналіз даних, що передаються давачем, та передачу результатів обробки користувачам РБ;
- реєстрацію користувача та інтелектуального пристрою;
- управління ключами та обслуговуванням.

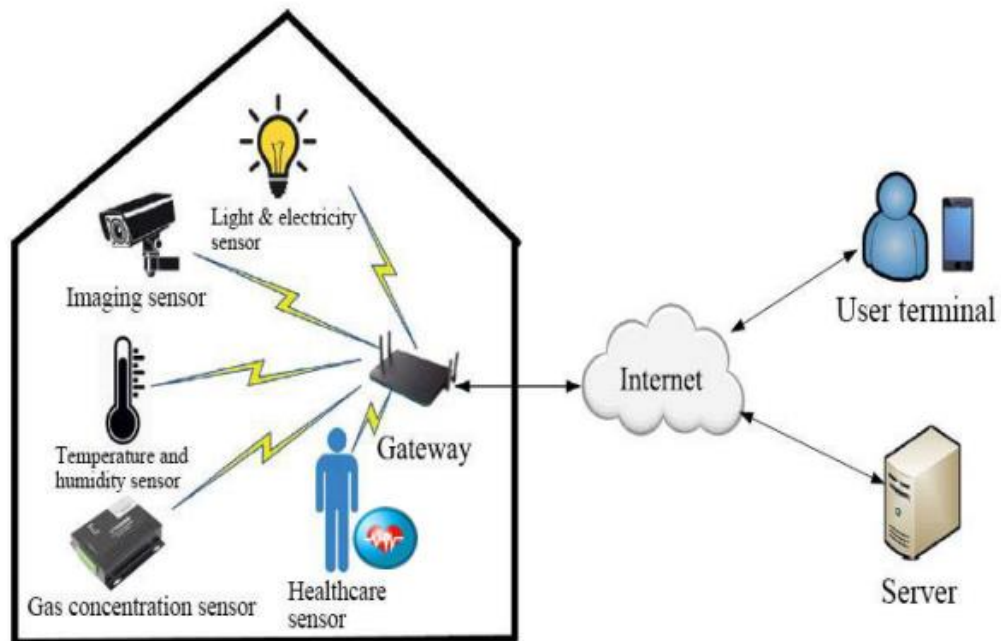


Рисунок 2.1. Класична система РБ.

Оскільки певна інформація про розумний дім є приватною для користувачів, то необхідно реалізувати ефективну схему захисту конфіденційних даних будинку.

Розглянемо схему, засновану на приховуванні інформації, вона поєднує алгоритм шифрування DES з методом приховування інформації для захисту конфіденційності системи РБ під час передачі конфіденційних даних. У моделі розумної домашньої мережі шлюз – це вузол із відносно великою обчислювальною та зберігаючою ємністю, який можна використовувати для класифікації даних на конфіденційні та відкриті дані, шифрування конфіденційних даних та приховування їх у зображеннях обгортки – Cover image.

Конфіденційна інформація приховується в cover image при передачі звичайними каналами, і зловмисник не зможе її легко знайти. Сервер має потужну обчислювальну можливість, і користувач повністю йому довіряє. Коли він отримує дані, передані шлюзом, він витягує зашифрований текст із зображення stego image і розшифровує його у відкритий текст (вихідні

конфіденційні дані). Після цього сервер обчислює та аналізує дані та подає кінцевий результат назад на термінал користувача.

Запропонована схема захисту конфіденційності показана на рис. 2.2. По-перше, перед передачею даних вони класифікуються на конфіденційні та відкриті дані відповідно до бажання користувачів. Відкриті дані можуть передаватися безпосередньо по звичайному каналу без обробки. При цьому конфіденційні дані спочатку зашифровуються, а потім зашифрований текст, який представлений спотвореним кодом, приховується у зображенні cover image. Зображення stego image збігається із зображенням cover image, оскільки воно взагалі не модифікувалось, приховуючи конфіденційні дані в cover image, злоумисник навряд чи може помітити наявність зашифрованого тексту в назві stego image.

Отримавши зображення stego image, приймач витягує зашифрований текст із stego image за допомогою ключа вилучення, а потім розшифровує зашифрований текст ключем дешифрування для отримання даних відкритого тексту.

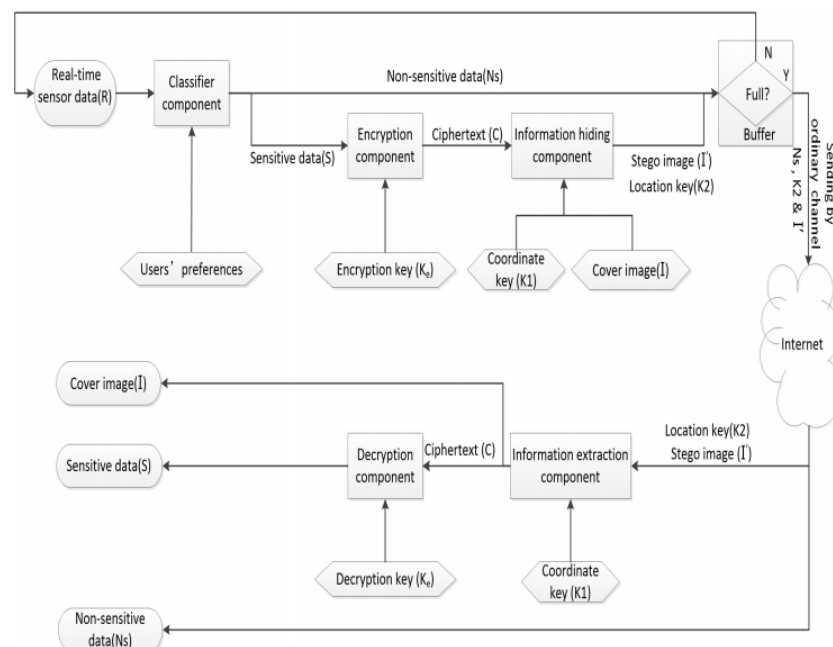


Рисунок 2.2. Алгоритм схеми приховування конфіденційної інформації РБ.

2.2 Сервіси розумного будинку

Усі послуги РБ можна розбити на п'ять категорій:

- підтримка повсякденного життя;
- послуги охорони здоров'я;
- екологічні послуги;
- послуги з психологічного благополуччя;
- послуги з покращення соціальних відносин.

Підтримка щоденного життя – це послуга, яка допомагає мешканцям виконувати основні повсякденні справи, такі як домашні справи, покупки та приготування їжі. Зокрема, до цієї категорії належать послуги з виконання домашніх справ, такі як прання, миття посуду та прасування одягу; забезпечити можливість придбання та доставки предметів домашнього вжитку; приготування страв відповідно до потреб мешканців. Такі пристрої, як мережеві інформаційні прилади та роботи зі штучним інтелектом, можуть використовуватися для автоматизованого збору даних та зберігання записів про отриманий досвід. На основі моделей покупок користувача можуть надаватися інформація та послуги (наприклад, звичайна автоматична покупка в магазині).

Послуги охорони здоров'я включають управління процесами лікування, фізіологічне вимірювання, медичне консультування та послуги з фізичного навантаження. Різні датчики або пристрої в будинку перевіряють стан здоров'я мешканців (артеріальний тиск, показники діабету тощо) та керують процесом лікування. Біомедична інформація, яка збирається разом із вимірами стану здоров'я за допомогою датчиків або вимірювальних приладів, передається по лініям зв'язку лікарям. Також надаються медичні консультації за допомогою відео. Передаються рецепти ліків на основі інформації про стан здоров'я мешканців та відповідні поради щодо фізичних вправ. В час пандемії попит на такі послуги збільшується.

Екологічні послуги включають охорону та безпеку, енергоменеджмент та послуги з прибирання. Він передбачений для запобігання аваріям пов'язаним з

безпекою, таких як крадіжки та пожежі, що трапляються в будинку. Послуга направлена на подолання таких екологічно небезпечних ситуацій, або на зменшення споживання енергії, освітлення та опалення. Послуги прибирання, такі як миття посуду, управління білизною та прибирання будинку, є особливо корисними для людей похилого віку та самотніх.

Послуги з психологічного благополуччя важливі для самооцінки, розвитку та щастя мешканців. Включаються розумні пристрої та освіта в Інтернеті, встановлення та управління технологіями та інтелектуальні розважальні послуги. Послуга встановлення та управління технологією спрямована на подолання розладів, спричинених невмінням користуватися технологіями, та на покращення зручності використання разом із технічною освітою. Ця послуга, допомагає налаштувати середовище для тих, хто не знайомий з новою технологією, і допомагає у випадку несправності. Управління улюбленими розвагами мешканців, такими як відео, музика та ігри, здійснюється спільно з засобами штучного інтелекту для індивідуального налаштування та підбору необхідної інформації.

Послуги з *покращення соціальних відносин* включають послуги з спілкування, соціальних зав'язків, різних видів захоплень та розваг у громаді. Послуги зв'язку доступні не лише на смартфонах, а й на інтелектуальних пристроях, побутових приладах для різних мереж та платформ. Різні канали зв'язку та зручні інтерфейси сприяють взаємодії з родиною та друзями. Послуга надає інформацію, пов'язану з громадськими об'єктами, які часто використовуються мешканцями району, підтримує різноманітні соціальні заходи, спорт та захоплення мешканців через громадські комплекси, а також використовує додатки для розробки програм спілкування та бронювання приміщень для зустрічей. Програма громади має на меті здолати почуття самотності та заохотити жителів бути разом, дозволяючи їм брати участь та активно спілкуватися в різних сферах, таких як перегляд фільмів, читання, прогулянки та їзда на велосипеді.

Послуги, запропоновані РБ, можна поширити на різні групи мешканців. Залежно від конкретної ситуації мешканців, деякі послуги можуть бути важливішими за інші. Для людей похилого віку базові послуги з повсякденного життя, охорони здоров'я та соціальні відносини є важливішими за інші послуги. Одиноким людям послуги психологічного благополуччя та покращення соціальних відносин будуть важливішими за інші, тоді як люди середнього віку потребуватимуть різноманітних послуг у всіх сферах. Пандемія також змінює попит на різні сервіси пов'язані з дистанційним спілкуванням, медичним обслуговуванням.

2.3 Головні компоненти

Щоб забезпечити управління даними та те, що описано вище, система РБ складається з зображених компонентів, як описано на рисунку 2.3.

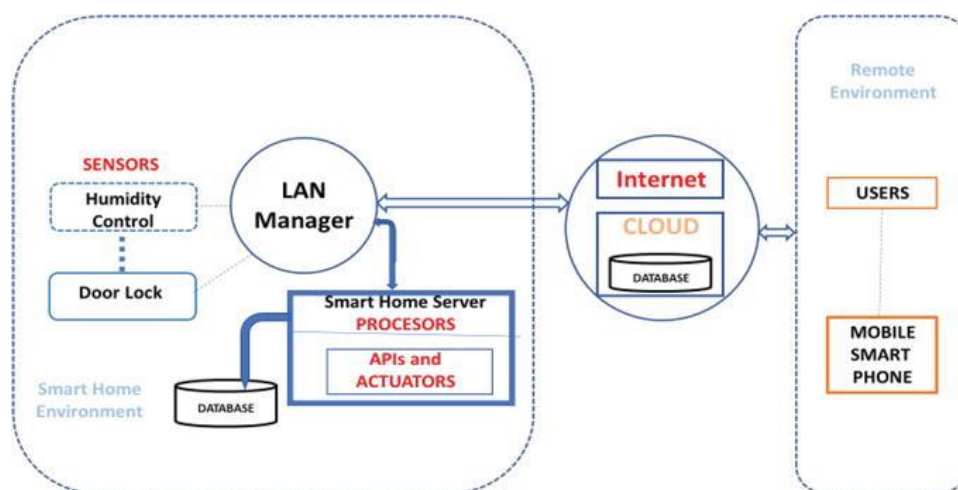


Рисунок 2.3. Модель РБ з хмарним з'єднанням.

Давачі для збору внутрішніх та зовнішніх даних про будинок та вимірювання домашніх умов. Ці давачі підключені до самого будинку та пристроїв, підключених до будинку. Розумний дім – одна з основних програм, яка використовує інфраструктуру Інтернету речей для підключення множини давачів [38]. Давачі можуть відчувати та збирати навколишню інформацію, яка використовується для повного управління різними домашніми системами,

такими як освітлення та безпека, як показано на рис. 2.4. Дані датчиків збираються та регулярно передаються локальною мережею на сервер розумного будинку.

Процесор для виконання локальних та інтегрованих дій. Він теж може бути з'єднаний з хмарою для програм, що потребують збільшених ресурсів. Дані датчиків пізніше обробляються як процеси локального сервера.

Комплект програмних складових, загорнутих у API, що дозволяє виконувати обробку даних зовнішнім програмам, якщо вона відповідає заздалегідь визначеному формату параметрів. Такий API може обробляти дані датчиків або керувати необхідними діями.

Пускачі для забезпечення та виконання команд на сервері чи інших пристроях управління. Вони переводить необхідну активність у синтаксис команди; яку може виконати пристрій. Під час обробки даних отриманих від датчиків система перевіряє, чи стало якесь правило істинним. У такому випадку система може запустити команду до відповідного процесора пристрою.



Рисунок 2.4. Датчі розумного будинку.

База даних для зберігання оброблених результатів, зібраних із датчиків та хмарних служб. Вона також буде сприяти аналізу даних, подання та візуалізації даних. Отримані дані зберігаються у базі даних для майбутнього використання.

2.3.1 Вимір домашніх умов

Типовий РБ оснащений набором датчиків для вимірювання домашніх умов, таких як: температура, вологість, освітленість та близькість до предметів. Кожен датчик призначений для зйомки одного або декількох вимірювань. Температура і вологість можуть вимірюватися одним датчиком, інші датчики обчислюють коефіцієнт світла для даної області та відстань від нього до кожного об'єкта, що зазнає впливу. Всі датчики дозволяють зберігати дані та візуалізувати їх, щоб користувач міг переглядати їх де завгодно та в будь-який час. Для цього він включає процесор сигналів, інтерфейс зв'язку та хост на хмарній інфраструктурі.

2.3.2 Керування побутовими приладами

Необхідно створити хмарний сервіс для управління побутовою технікою, яка розміщуватиметься на хмарній інфраструктурі. Послуга з управління дозволяє користувачеві контролювати вихідні дані розумних приводів, пов'язаних з побутовою технікою, наприклад, такими як лампи та вентилятори. Розумні виконавчі пристрої – це пристрої, такі як клапани та перемикачі, які виконують такі дії, як включення або вимкнення пристроїв або регулювання операційної системи. Пускачі забезпечують різноманітні функції, такі як обслуговування клапанів увімкнення/вимкнення, позиціонування у відсотках для відповідних налаштувань, модуляція для управління змінами умов потоку, аварійне відключення (ESD). Для активації виконавчого механізму на пристрій видається цифрова команда запису.

2.3.3 Контроль доступу до будинку

Технології домашнього доступу зазвичай використовуються для відкритих дверей. Загальна система використовує базу даних з атрибутами ідентифікації уповноважених осіб. Коли людина наближається до системи контролю доступу, атрибути ідентифікації людини отримуються миттєво в

реальному часі та порівнюються з базою даних. Якщо результат відповідає даним бази даних, доступ дозволений, інакше доступ заборонено. Для розподіленої системи необхідно використовувати хмарні сервіси для централізованого збору даних про людей та їх обробки. Можна використовувати магнітні картки або ідентифікаційні картки, системи розпізнавання обличчя, відбитки пальців та картки RFID.

В прикладі реалізації були використані картка RFID та зчитувач RFID. Кожна уповноважена особа має картку RFID. Відповідні пристрої зчитування атрибутів ідентифікації людини знаходяться біля дверей. Відсканований ідентифікатор надсилається через Інтернет до хмарної системи. Система направляє ідентифікатор до служби контролю, яка порівнює відсканований ідентифікатор із авторизованими ідентифікаторами в базі даних.

2.4 Роль хмарних обчислень в системах РБ

Парадигма Інтернету речей (IoT) відноситься до пристроїв, підключених до Інтернету. Пристрої – це такі об'єкти, як давачі та виконавчі механізми, оснащені телекомунікаційним інтерфейсом, блоком обробки, обмеженим сховищем та програмними додатками. Це дозволяє інтегрувати об'єкти в Інтернет, встановлюючи взаємодію між людьми та пристроями. Ключова технологія IoT включає ідентифікацію радіочастот (RFID), сенсорну технологію та технологію розвідки. RFID є основою та мережевим ядром побудови IoT. Його можливості обробки та зв'язку, а також унікальні алгоритми дозволяють інтегрувати різноманітні елементи в інтегрований блок, але в той же час дозволяють легко додавати та видаляти компоненти з мінімальними змінами, роблячи IoT надійним, гнучким для врахування параметрів навколишнього середовища та налаштувань користувача [38]. Щоб мінімізувати використання пропускної здатності, технологія IoT використовує JSON, полегшену версію XML, для взаємодії компонентів та зовнішніх повідомлень.

Хмарні обчислення – це спільний пул обчислювальних ресурсів, готових надати різноманітні обчислювальні послуги на різних рівнях, від базової інфраструктури до найскладніших прикладних служб, які легко розподіляються та випускаються з мінімальними зусиллями або взаємодією з постачальником послуг. На практиці хмарні служби управляють обчислювальними, комунікаційними ресурсами та сховищами, якими спільно користуються користувачі у віртуалізованому та ізольованому середовищі [2].

На рис. 2.5 зображена загальна парадигма хмар. Представлені хмарні сервісні моделі Infrastructure-as-a-Service, Platform-as-a-Service, Software-as-a-Service відрізняються наданою функціональністю, можливостями та необхідними ресурсами на розробку рішення [58]. Ряд компаній пропонує свої хмарні IoT орієнтовані рішення, інфраструктуру і платформу як послугу.

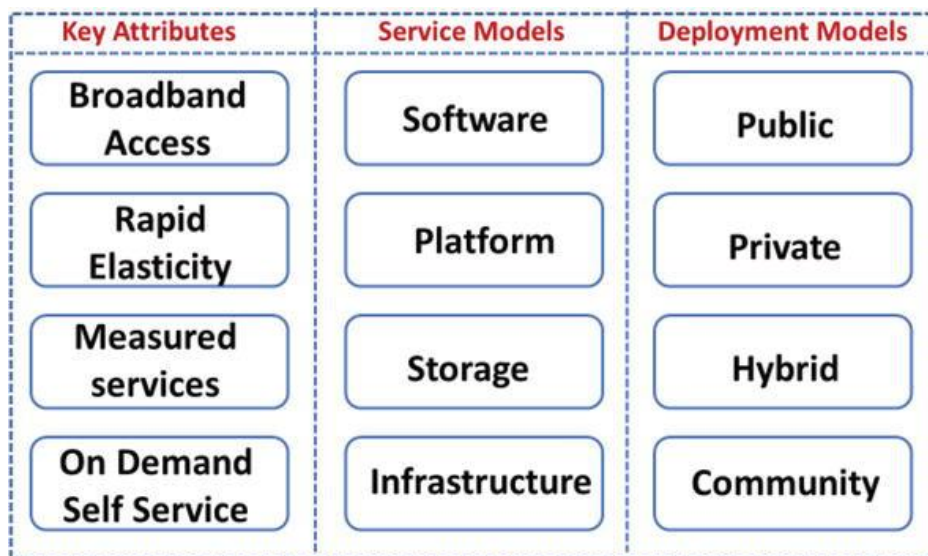


Рисунок 2.5. Парадигма хмарних обчислень.

IoT та розумний дім можуть скористатися широкими ресурсами та функціональними можливостями хмари, щоб компенсувати обмеження у зберіганні, обробці, зв'язку, підтримці вибору, резервному копіюванні та відновленні. Наприклад, хмара може підтримувати управління послугами IoT та виконувати додаткові програми з обробки отриманих даних. Розумний дім можна зосередитись лише на основних і критичних функціях, а отже,

мінімізувати місцеві домашні ресурси та покладатися на хмарні можливості та ресурси. Розумний дім та IoT будуть займатися збором даних, базовою обробкою та передачею в хмару даних для подальшої обробки. Для вирішення проблем безпеки хмара може бути приватною для високозахисених даних та загальнодоступною для решти.

IoT, розумний дім та хмарні обчислення – це не просто злиття технологій. Швидше, баланс між локальними та централізованими обчисленнями із оптимізацією використання ресурсів. Обчислювальне завдання можна виконати як на IoT, так і на розумних домашніх пристроях, або передати в хмару. Де обчислювати, залежить від накладних витрат, наявності даних, залежності даних, обсягу транспортування даних, залежності зв'язку та міркувань безпеки. З одного боку, потрібна обчислювальна модель, що включає хмару, IoT та розумний дім, повинна мінімізувати всю вартість системи, як правило, з більшим акцентом на зменшення споживання ресурсів вдома. З іншого боку, модель послуг IoT та розумних домашніх обчислень повинна покращити можливості користувачів IoT для задоволення їхніх потреб при використанні хмарних додатків та вирішенні складних проблем, що виникають внаслідок нової моделі IoT, РБ та хмарної служби.

Особливо це важливо під час епідемії, при веденні ізоляції мешканців будинків і необхідності дистанційного моніторингу за здоров'ям. Деякі приклади медичних послуг, що надаються за допомогою інтеграції хмарних технологій та Інтернету речей: належне управління інформацією, обмін електронними записами охорони здоров'я дають змогу отримувати високоякісні медичні послуги, керувати даними давачів охорони здоров'я, робить мобільні пристрої придатними для доставки даних про здоров'я, безпеки, конфіденційності та надійності, шляхом підвищення безпека медичних даних та доступність послуг та резервування, а також послуги, що надають допомогу в режимі реального часу, та хмарне виконання мультимедійних медичних послуг.

2.5 Централізована обробка подій

Розумний дім та IoT підтримують велику кількість давачів, які генерують величезні потоки даних у вигляді повідомлень або подій. Обробка цих даних перевищує можливості людини. Отже, необхідні системи обробки подій, які використовуються для класифікації подій та швидкого реагування на такі події [42]. У цьому підрозділі розглянемо системи управління правилами, які можуть розпізнавати та оцінювати події, реагувати на зміни у значеннях. Користувач може визначити ініційоване подією правило та контролювати належне надання послуг. Правило складається з умов події, шаблону подій та інформації, пов'язаної з кореляцією, яка може поєднуватися для моделювання складних ситуацій. Система управління подіями має бути складовою типового РБ як сервісно-орієнтована система.

Система може обробляти великі обсяги подій, виконувати функції моніторингу, навігації та оптимізації процесів у режимі реального часу. Вона виявляє та аналізує аномалії або винятки та створює реактивні/активні реакції, такі як попередження та запобігання пошкодженням. Ситуації моделюються за допомогою зручного інтерфейсу моделювання ініційованих правил для подій з розбиттям їх на прості, зрозумілі елементи. Запропонована модель може бути легко інтегрована в розподілену та орієнтовану на сервіс платформу обробки подій.

Процес оцінки подій, використовує актуальну інформацію про стан об'єктів з відповідного середовища. Результатом є графік прийняття рішення, який представляє правило. Він може розбити складні ситуації на прості умови та поєднати їх між собою, складаючи складні умови. Результатом є подія відповіді, що виникає, коли правило спрацьовує. Отримані події можуть бути використані як вхідні дані для інших правил для подальшої оцінки. Шаблони подій виявляються, коли відбувається кілька подій які відповідають заздалегідь визначеному шаблону. Завдяки графічній моделі та модульному підходу до побудови правил, правила можна легко адаптувати до змін домену. Нові умови

події або шаблони подій можуть бути додані або вилучені з моделі правила. Правила виконуються службами подій, які забезпечують механізм правил та обробляють результат оцінки. Щоб забезпечити наявність відповідних ресурсів обробки, система може працювати в розподіленому режимі на декількох машинах, а також полегшити інтеграцію із зовнішніми системами. Визначення взаємозв'язків та залежностей між подіями, які мають значення для обробки правила, виконуються за допомогою наборів послідовностей, сформованих механізмом правил. Механізм правил створює послідовності подій, що стосуються конкретної умови правила, щоб дозволити асоціювати події за їхніми контекстними даними. Правила автоматично виконують дії у відповідь, коли виконуються зазначені умови. Дії породжують події відповіді, які викликають дії відповіді. Структури подій можуть збігатися з часовими послідовностями подій, дозволяючи описувати домашні ситуації, коли події є актуальними. Наприклад, коли двері занадто довго тримаються відкритими.

З цією моделлю пов'язані такі питання: структура оброблюваних подій та даних, конфігурація служб та адаптерів для кроків обробки, включаючи їх вхідні та вихідні параметри, інтерфейси до зовнішніх систем для зондування даних та реагування на виконання транзакцій, структура для оброблення події та даних, перетворення даних, аналіз та збереження даних. Це дозволяє змоделювати, які події повинні оброблятися службою правил і як події відповіді повинні пересилатися до інших служб подій. Процес простий: дані збираються від адаптерів, які пересилають події до служб подій, які їх споживають. Спочатку події збагачуються, щоб підготувати дані про події до обробки правила. Наприклад, події відповіді надсилаються до служби для надсилання сповіщень агенту виклику або до служб, які передають повідомлення про затримку подій та оновлення подій назад до системи управління подіями.

Обробка подій стосується збору та управління заздалегідь визначеними подіями в режимі реального часу. Це починається з управління подіями від самого виникнення події, навіть ідентифікації, збору даних, асоціації процесів та

активації реакції. Щоб забезпечити швидку та гнучку обробку подій, використовується мова обробки подій, що дозволяє швидко конфігурувати ресурси, необхідні для обробки очікуваної послідовності дій за типом події. Система складається з двох модулів, ESP та CEP. ESP ефективно обробляє подію, аналізує її та вибирає відповідну подію [31]. CEP обробляє агреговані події. Мови подій описують складні типи подій, застосовані до журналу подій.

У деяких випадках правила стосуються розбіжностей у послідовності подій у робочому процесі. У таких випадках обов'язковим є чітке розуміння робочого процесу та пов'язаних з ним подій. Щоб подолати це, можна використати зворотний інженерний процес для автоматичного повторного відкриття робочих процесів із журналу подій, за умови, що ці події упорядковані, і кожна подія стосується одного завдання, що виконується для одного випадку. Процес повторного відкриття може бути використаний для перевірки послідовностей робочих процесів шляхом вимірювання розбіжностей між приписаними моделями та фактичним виконанням процесу. Процес повторного відкриття складається з наступних трьох етапів:

1. Побудова таблиці залежностей/частоти.
2. Індукція графіків залежностей/частоти.
3. Формування WF-мереж з D/F-графіків.

2.6 Розподілена система розумного будинку

У цьому підрозділі розглянемо інтеграцію РБ, IoT та хмарних обчислень, щоб визначити розподілену обчислювальну модель. Дослідимо систему РБ, IoT та хмарних обчислень, підкреслюючи їх унікальні властивості, особливості, технології та недоліки [40,43,50,59]. Розглядаємо способи інтегрувати їх у розподілену систему РБ, використовуючи основні концепції, а також унікальні можливості для реалізації нових сучасних сервісів описаних у підрозділі 2.2.

2.6.1 Хмарні сервіси для IoT

За результатами дослідження IoT Developer Survey 2018 можна визначити лідерів хмарних сервісів IoT, див. рис. 2.6. До лідерів належать: *Amazon Web Services IoT* [12], *Microsoft Azure IoT* [13], *Google Cloud IoT* [22], *IBM Watson IoT Platform* [37]. Лідери ринку Microsoft і Amazon приділяють велику увагу розвитку IoT-сервісів. AWS і Azure мають зручний інтерфейс для розробників та для користувачів [1]. Для усіх платформи пропонуються сумісні з нею засоби збору і аналізу даних.

TRENDS OF CLOUD SERVICES FOR IOT 2016-2018

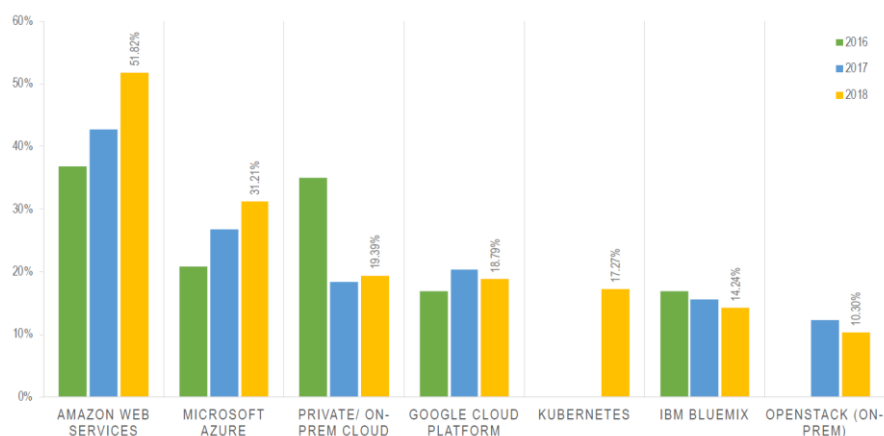


Рисунок 2.6. Розвиток платформ по рокам.

Визначимо компоненти IoT-платформи [1]:

1. Зв'язок і нормалізація (Connectivity & normalization).
2. Управління пристроями (Device management).
3. Зовнішні інтерфейси (External interfaces).
4. Додаткові інструменти (Additional tools).
5. База даних (Database).
6. Обробка та управління діями (Processing & action management)..
7. Аналітика (Analytics).
8. Візуалізація (Visualization).

2.6.2 Інтеграція РБ, IoT та хмарних обчислень

На рис. 2.7 зображено основні компоненти РБ та їх взаємозв'язок. В розумному домашньому середовищі (лівий блок) представлені типові пристрої, підключені до локальної мережі [LAN]. Це забезпечує зв'язок між пристроями та зовнішнім середовищем. До локальної мережі підключений сервер та база даних. Сервер контролює пристрої, реєструє діяльність, надає звіти, відповідає на запити та виконує відповідні команди. Для складніших або узагальнених завдань, розумний домашній сервер передає дані на хмару та віддалено активує завдання в ній за допомогою API, процесів інтерфейсу прикладного програмування. Крім того, побутова техніка IoT підключена до Інтернету та до локальної мережі, отже, РБ розширюється, включаючи IoT. Підключення до Інтернету дозволяє кінцевому користувачеві, резиденту, спілкуватися з РБ, отримувати поточну інформацію та віддалено активувати завдання.

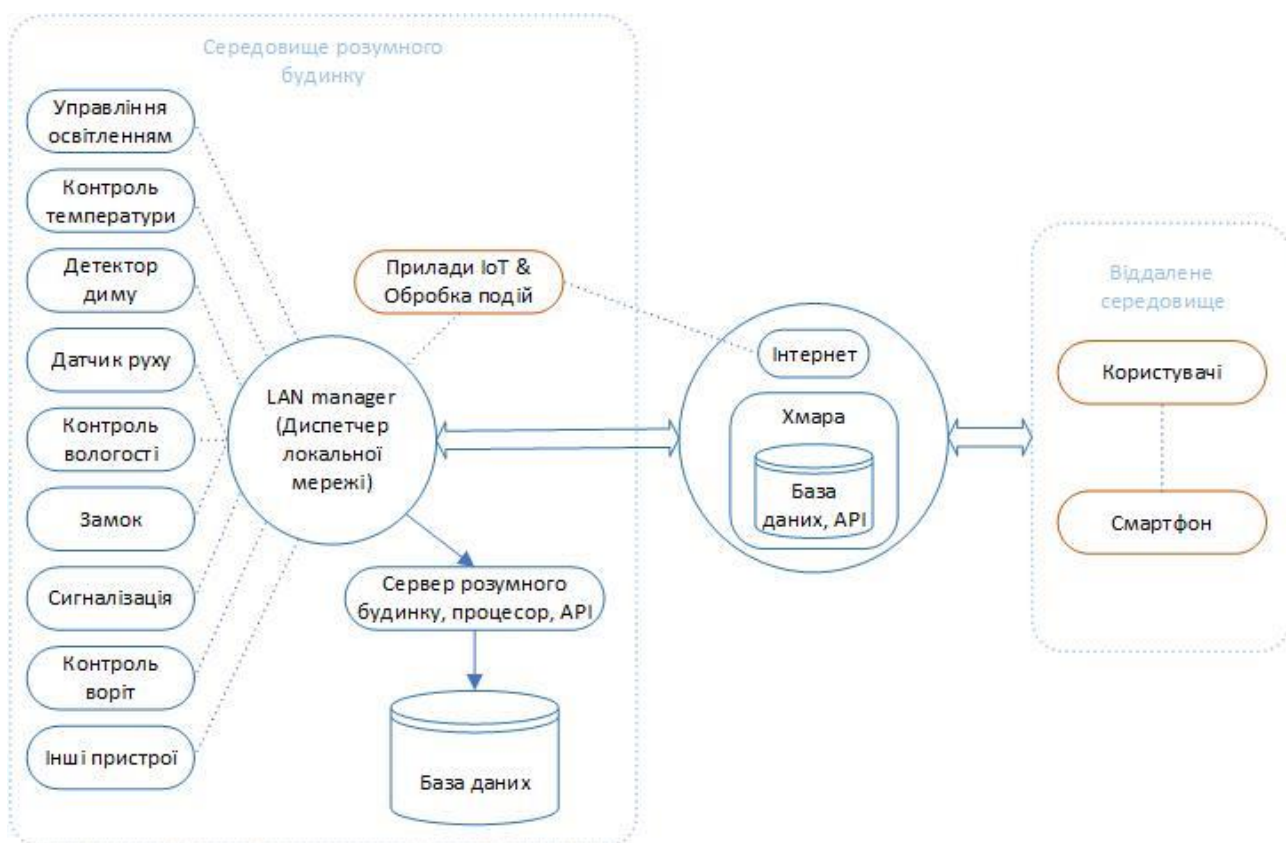


Рисунок 2.7. Модель РБ – інтеграція РБ, IoT та хмарних обчислень.

На рис. 2.8. представлена розширена структурно-функціональна схема системи РБ.

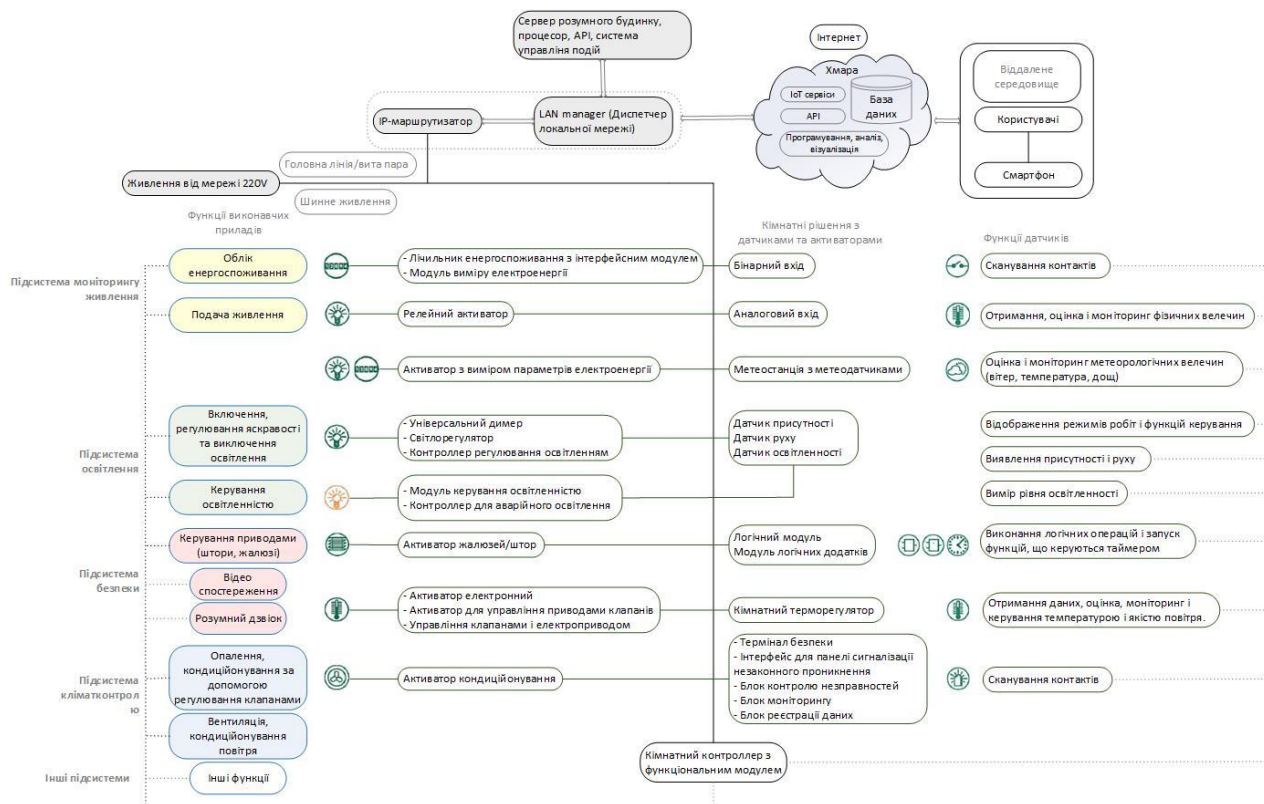


Рисунок 2.8. Структурно-функціональна схема РБ.

Для безпеки розподіленого РБ можна використовувати надійний асиметричний алгоритм криптографії RSA, який генерує відкритий та закритий ключ та шифрує/дешифрує повідомлення. За допомогою відкритого ключа кожен може зашифрувати повідомлення, але розшифрувати надіслане повідомлення можуть лише ті, хто тримає закритий ключ. Генерування ключів та шифрування/дешифрування повідомлень передбачає великі обчислення, які вимагають певного обсягу пам'яті та потужності з обробки даних. Однак через обмеженість ресурсів запуск RSA на пристрої IoT практично неможливий, а отже, це відкриває прогалину в безпеці в Інтернеті, яку зловмисники можуть легко використати. Щоб впоратися з цим, необхідно поєднати потужність локальних процесорів РБ для виконання обчислень RSA та забезпечити пересилання складніших обчислювальних завдань для обробки в хмарі. Після обробки результати можуть бути передані назад на давач IoT для компіляції та

збирання, для створення коду шифрування/дешифрування RSA. Такий підхід дозволяє усунути згадану прогалину безпеки IoT [29]. Цей приклад демонструє потоки даних між компонентами розподіленого РБ. При цьому кожен компонент виконує власний стек операцій для досягнення унікального результату. У разі складних і тривалих завдань є можливість розділити завдання на під завдання, які будуть виконуватися потужнішими компонентами. Посилаючись на приклад RSA, пристрій IoT ініціює необхідність генерувати ключ шифрування, і тому надсилає повідомлення-запит до програми RSA, що працює на розумному домашньому комп'ютері. Потім розумний домашній комп'ютер просить програму «генерації простих чисел», що працює на хмарі, надати прості числа p і q . Після прийняття p та q генерується код шифрування. На наступному етапі пристрій IoT видає запит на розумний домашній комп'ютер для шифрування повідомлення, використовуючи нещодавно згенерований ключ шифрування RSA. Потім зашифроване повідомлення передається назад на пристрій IoT для подальшого виконання. Подібний сценарій може бути в зворотному напрямку, коли пристрій IoT отримує повідомлення, яке може вимагати від РБ розшифрувати його. Сценарій RSA демонструє використання хмарних обчислювальних потужностей, захищений обчислювальний потенціал РБ і, зрештою, обмежену потужність пристрою IoT [29]. Це доводить, що без цієї автоматичної співпраці RSA не змогла б бути виконана на рівні IoT.

Більш практичним прикладом є те, що декілька окремих побутових приладів, таких як духовка, плита, активно виконують запит резидента. Якщо господар будинку отримує терміновий телефонний дзвінок то може негайно вийти з дому, не відключаючи активну техніку. Якщо відповідні IoT були налаштовані на автоматичне вимкнення на основі заздалегідь визначеного правила, це буде забезпечено на рівні IoT. В іншому випадку система РБ визначить, що мешканець пішов з дому (двері будинку відчинили, а потім зачинили, гараж відкрили, машину мешканця завели, головні ворота відкрили, а потім закрили, вдома нікого не має) і у разі відсутності вимикне усі активні

пристрої, які класифіковані як ризикові. Система надсилає відповідне повідомлення до списку розсилки, визначеного для такого випадку.

2.7 Практичні аспекти щодо впровадження IoT та РБ

Система РБ має три компоненти: апаратне забезпечення, програмне забезпечення та комунікаційні протоколи. На ринку пропонується широкий спектр програм для цифрового споживача. Наведемо приклади деяких послуг з областей домашньої автоматизації під управлінням IoT-давачів: управління освітленням, садівництво, безпека, якість повітря, моніторинг якості води, голосові помічники, вимикачі, замки, лічильники енергії та води.

До компонентів розподіленої системи РБ належать: давачі IoT, шлюзи, протоколи, прошивка, хмарні обчислення, бази даних, проміжне програмне забезпечення та шлюзи. Хмару IoT можна розділити на платформу як послугу (PaaS) та інфраструктуру як послугу (IaaS). Рис. 2.9 демонструє основні компоненти розподіленої системи РБ, а також з'єднання та потік даних між його компонентами.

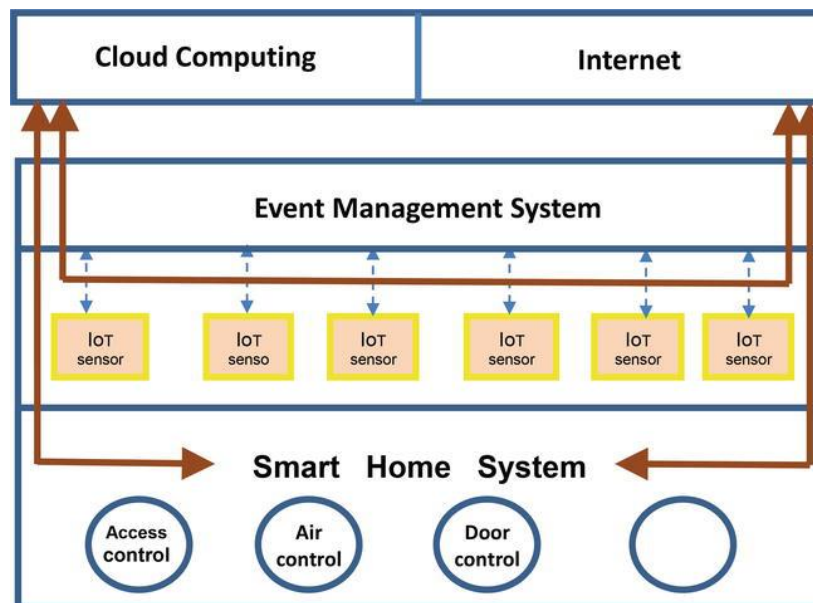


Рисунок 2.9. Склад розподіленої системи РБ.

Додаток розумний дім оновлює домашню базу даних у хмарі, щоб дозволити віддаленим користувачам отримати до неї доступ та отримати стан

будинку в реальному масштабі часу. Типова платформа IoT містить: безпеку та автентифікацію пристроїв, брокери повідомлень та черги повідомлень, адміністрування пристроїв, протоколи, збір даних, візуалізацію, можливості аналізу, інтеграцію з іншими веб-службами, масштабованість, API для потоку інформації в режимі реального часу та бібліотеки з відкритим кодом.

IoT-давачі для домашньої автоматизації відомі своїми сенсорними можливостями, такими як: температура, освітлення, рівень води, склад повітря, відеокамери спостереження, голос/звук, тиск, вологість, акселерометри, інфрачервоне світло, вібрація та ультразвук. Деякі з найбільш часто використовуваних давачів РБ – це давачі температури, більшість – цифрові, але деякі є аналоговими і можуть бути надзвичайно точними. Люкс-давачі вимірюють рівень освітлення. Ультразвукові давачі вимірюють рівень води. Давачі складу повітря використовуються розробниками для вимірювання конкретних компонентів у повітрі: моніторинг CO, вимірювання рівня газоподібного водню, вимірювання оксиду азоту, рівні небезпечних газів. У більшості з них є час нагрівання, а це означає, що для подання точних значень потрібен певний час. Вони покладаються на виявлення газових компонентів на поверхні лише після того, як поверхня досить нагріта, тільки після цього значення починають з'являтися. Відеокамери для спостереження та аналітики даних. Спектр камер із високошвидкісним з'єднанням є досить великим. Гарним рішенням може бути, наприклад, процесор Raspberry Pi, оскільки його модуль камери дуже ефективний завдяки гнучкому роз'єму, підключеному безпосередньо до плати. Звукові детектори широко використовуються для моніторингу, виявлення звуків та відповідної реакції на них. Деякі навіть можуть виявляти наднизькі рівні шуму та точно налаштовувати різні рівні шуму. Давачі вологості визначають рівень вологості в повітрі для РБ. Точність показників залежать від конструкції та розміщення давача. Деякі давачі, такі як DHT22, побудовані для швидкого створення прототипів, завжди будуть працювати погано у порівнянні з високоякісними давачами, такими як HIH3601. Для

відкритих просторів розподіл навколо давача, як очікується, буде рівномірним, що вимагає меншої кількості коригувальних дій для правильного калібрування.

Розумні домашні протоколи спілкування: Bluetooth, Wi-Fi або GSM. Інтелектуальні бездротові або низько енергетичні протоколи Bluetooth з функціями зв'язку та алгоритмами кодування даних. Zigbee – це мережевий, низько потужний радіочастотний протокол для IoT. Протокол X10, який використовує електропроводку для сигналізації та управління. Insteon, бездротовий та дротовий зв'язок. Z-wave спеціалізується на безпечній автоматизації будинків. UPB, використовує існуючі лінії електропередач. Thread, безкоштовний протокол для розумної автоматизації будинку. ANT, протокол наднизької потужності для побудови малопотужних давачів з можливістю розподілу сітки. Найпоширенішими протоколами є Bluetooth з низьким енергоспоживанням, Z-хвиля, Zigbee. При виборі шлюзу необхідно зважати на: хмарне підключення, підтримувані протоколи, складність налаштування та підтримку прототипування. Управління будинком складається з таких елементів: автомату, шини подій, журналу обслуговування та таймеру.

Модульність: підтримує концепцію пакета, динаміку виконання. Програмними компонентами можна керувати під час виконання, компоненти орієнтовані на послуги, можна керувати залежностями між пакетами. Рівень життєвого циклу: контролює життєвий цикл пакетів. Сервісні рівні: визначають динамічну модель зв'язку між різними модулями. Фактичні послуги: це рівень додатків. Рівень безпеки: використовує архітектуру безпеки Java 2 та керує дозволами різних модулів.

OpenHAB – це фреймворк, що поєднує автоматизацію дому та шлюз IoT для РБ. Його особливості: механізм правил, механізм реєстрації та абстракція інтерфейсу. Правила автоматизації, орієнтовані на час, настрої чи атмосферу, легка конфігурація, загальне підтримуване обладнання:

Розгортання блокчейну у домашніх мережах можна легко здійснити за допомогою Raspberry Pi. Захищений блокчейн-шар між пристроями та шлюзами

може бути реалізований без масштабного оновлення існуючої бази коду. Blockchain – це технологія, яка відіграватиме роль у майбутньому, щоб доповнити їх революційними та новими бізнес-моделями, такими як динамічна оренда для Airbnb [31].

2.8 Приклади реалізації сервісів РБ та IoT

У літературі та практичних звітах можна знайти реалізацій системи РБ [40, 44]. У цьому підрозділі опишемо три реалізації, які наочно демонструють необхідність та переваги взаємозв'язку або інтеграції всіх трьох компонентів (РБ, IoT та хмарних обчислень), як показано на рис. 2.10. Кожен компонент пронумерований, 1–6. У лівій частині надано опис для кожного прикладу реалізації (8.1 – Виявлення та запобігання витоків води, 8.2 – детектори диму, 8.3 – запобігання аваріям для контролю побутової техніки) у вигляді послідовності повідомлень/команд між компонентами, зліва направо та знизу вгору. Візьмемо для прикладу третю реалізацію, запобігання аваріям для контролю побутової техніки, яка постійно виконується на домашньому сервері (2), виявляє той факт, що всі мешканці виїхали з дому і автоматично, ініціює подію для вимкнення всіх пристроїв IoT (3), а потім видає повідомлення відповідним користувачам/мешканцям, надсилаючи повідомлення про ситуацію та застосовані дії (6).

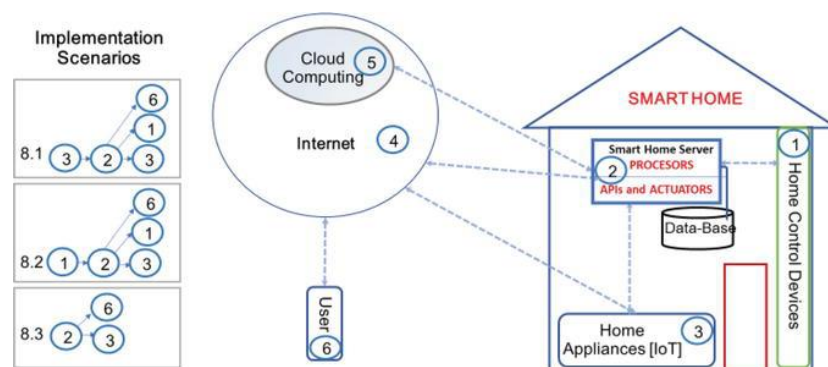


Рисунок 2.10. Діаграма реалізації сервісів РБ.

Використання () в поясненнях реалізації відповідає обведеним числам на рисунку.

2.8.1 Виявлення та запобігання витоків води

Першим кроком є використання водяних датчиків для кожного «розумного» потенційного джерела витoku та автоматизований головний датчик водяного клапана для всього будинку, це означає, що будинок розглядається як IoT.

Якщо датчик води виявляє витік води (3), він надсилає подію до концентратора (2), що запускає програму «вимкнути клапан». Потім програма домашнього управління відправляє команду «вимкнути» всім пристроям IoT (3), визначеним як чутливі до зупинки води, а потім відправляє команду «вимкнути» на головний клапан води (1). Повідомлення про оновлення надсилається через систему обміну повідомленнями до тих, хто визначений у списку сповіщень (6). Така схема допомагає захищатися від сценаріїв, коли джерело води надходить із сантехнічного обладнання будинку див. рис. 2.9. Основна конфігурація передбачає інтеграцію за допомогою повідомлень та команд між РБ та системою управління IoT. Це демонструє залежність та переваги поєднання РБ та IoT.

Що робить детектор витоків розумним? Є кілька способів, за допомогою яких розумний датчик води може взаємодіяти з телефоном користувача або будь-яким іншим мобільним пристроєм. Деякі датчики призначені лише для Bluetooth, що означає, що користувач має знаходитися в радіусі дії пристрою (як правило, близько 14 метрів), щоб отримувати сповіщення. Якщо необхідно отримувати сповіщення та керувати датчиком, перебуваючи далеко від дому, необхідно мати Wi-Fi або бути підключеним до системи домашньої автоматизації.

Для тих, хто живе в кліматі, де заморожені труби є реальністю або де рівень тепла та вологості, як правило, високий, необхідні датчик води, який також контролюватиме умови навколишнього середовища. Якщо датчик має вбудовані датчики температури та вологості, він надсилатиме попередження, коли умови досягнуть певного порогу. Наприклад, якщо користувач живе в холодному кліматі, датчик може попереджати, якщо температура опуститься до мінусових

позначок, що може призвести до прориву труб. Подібним чином, якщо користувач живе в жаркому кліматі з високою вологістю, давач може попередити користувача, коли рівень вологості досягне 55% або вище, щоб уникнути появи цвілі. Аномально високий рівень вологості також може свідчити про витік води.

Якщо користувач хоче, щоб давач води робив більше, ніж давав повідомлення про витік води, необхідно ставити давач, який працює з іншими розумними пристроями. Голосова сумісність Amazon Alexa, Apple Siri та Google Assistant дозволяє виконувати такі дії, як приглушення сигналізації та перевірку рівня температури та вологості, співпрацювати з іншими пристроями, щоб мінімізувати збитки від таких пристроїв як вентилятор або осушувач.

Деякі давачі води є частиною сімейства розумних пристроїв одного виробника, які можуть використовувати один додаток і будуть працювати один з одним, але якщо користувач обрав автономний давач, то він має підтримувати IFTTT (If This Then That) або бути сумісним з платформою домашньої автоматизації, такою як HomeKit або SmartThings. За допомогою IFTTT можна створювати аплети, які дозволяють давачу запускати інші сумісні пристрої, такі як розумні штекери та термостати, а більшість систем домашньої автоматизації дозволяє створювати автоматизацію або сцени, щоб підключені пристрої працювали між собою.

На рис. 2.11 представлено можливості детекторів витоків для різних типів холодоагенту. Слід бути особливо обережним при виборі електронного детектора для вуглеводневих (HC) холодоагентів, замість цього можна використовувати мило та воду.

	HCFCs	HFCs	HCs
Electronic leak detectors	✓	✓	?
Infrared leak detectors	✓	✓	?
Halide leak detectors	✓	⊘	⊘
Fluorescent additives	✓	✓	✓
Ultra sonic detectors	✓	✓	✓
Soapy water	✓	✓	✓

Рисунок 2.11. Характеристики різних типів водяних давачів.

Типи електронних детектори витоків:

- Коронний розряд.
- Діод з підігрівом.
- Інфрачервоний.
- Ультразвуковий.

Детектори коронного розряду втягують повітря через електричне поле (коронний розряд) навколо дроту. Наявність холодоагенту або інших газів у повітрі змінює струм в проводі і спрацьовує сигнал тривоги. Проблема такого детектору полягає в тому, що він не пов'язаний із сполуками, тому будь-яка речовина, яку детектор витоків відчуває, може подавати помилкові сигнали, включаючи хімічні засоби для чищення.

У діодних детекторах з підігрівом використовується керамічний нагрітий діод. Цей діод генерує електричний струм при контакті з галогенованим газом, який електроніка перетворює в сигнал тривоги. Діодний давач чутливий до забруднення, особливо від вологи або масла, і потребує заміни приблизно через 100 годин роботи. Цей тип детектора набагато рідше подає помилкові тривоги. Дорожчі моделі мають власний вбудований режим перевірки чутливості, щоб гарантувати, що сенсорна головка справді працює. Цей тип детектора витоків виробляється такими торговими марками, як ExTech, Fielpiece, Testo тощо.

Інфрачервоні детектори мають оптичний стенд, через який проходить холодоагент. Холодоагент поглинає ІЧ-випромінювання. В залежності від кількості поглиненого ІЧ-випромінювання, детектор перетворює отримані показники в сигнал тривоги. Технологія дуже точна і менш схильна до забруднення. Такий детектор вже багато років широко використовується у більших стаціонарних детекторах навколишнього середовища. Одним з найкращих відомих виробників ІЧ-детекторів витоків є Bacharach.

Ультразвукові детектори працюють на звукових хвилях, що випускаються, коли газ виходять через невеликий отвір (витік). Звук значно

перевищує частоти, чутливі до людського вуха. Електроніка підхоплює ці частоти і підсилює їх до звукового сигналу, який чує користувач. Технологія не нова, але лише нещодавно стала досить дешевою для використання в ручних детекторах витоків. Помітною перевагою даного типу детектора є те, що він виявить будь-які витoki газу, включаючи азот та холодоагенти. Цей тип детектора витоків пропонують AccuTrack, Reed Instruments, Wohler та інші перевірені виробники.

Галогенні детектори були дуже популярні для використання з холодоагентами CFC та HCFC. Зазвичай детектор живився бутаном і працював подібно до пальника Бунзена. Повітря надходило у полум'я через гумову трубку, під'єднану до полум'я. Коли повітря із холодоагентом проходив крізь полум'я, хлорний елемент перетворював полум'я з нормального на зелений або яскраво-синій колір залежно від вмісту холодоагенту. Побічні продукти спалювання холодоагентів дуже токсичні.

У флуоресцентних детекторах використовується добавка, яка додається до масла в системі. Добавка пересувається з маслом і може бути виявлений за допомогою ультрафіолетового (УФ) світла там, де воно витекло із системи. Портативні ультрафіолетові набори бувають різних форм, як правило, складаються з УФ-лампи, наборів присадок для ін'єкцій та поляризаційних окулярів. Система покладається на витік масла з системи (з добавкою), хоча в деяких випадках масловіддільники майже повністю видаляють добавку, поки вона залишає пакет або конденсаційний блок. Майже всі виробники автомобілів завантажують цю добавку з холодоагентом в системи кондиціонування автомобілів, а деякі виробники газу постачають холодоагент із включеною добавкою. Цей тип детектора витоків виробляється такими виробниками, як La-Co, Mastercool, Uniweld тощо.

Мило та вода можуть бути використані для перевірки витоків холодоагенту. Витік призведе до появи бульбашок під мильним розчином.

Також існують інші типи приладів, такі як мікрохвильовий детектор витоку та детектор витоку води, які можуть стати помічниками в підтримці безпеки будинку та знизати рахунків за сплату послуг.

Технічне обслуговування детектора витоків. Вибравши відповідний детектор витоків для роботи, важливо переконатися, що обладнання працює. Більшість електронних детекторів витоків потребують регулярного калібрування, а коронний розряд та нагріті діоди вимагають регулярних змін давачів.

Техніка виявлення витоків. Наявність правильного детектора витоку та перевірка техніки його роботи може полегшити виявленням витоку. Наведемо основні моменти успішного виявлення витоків, особливо при використанні електронних детекторів витоків:

- перевірка наявності та правильності роботи відповідний детектора витоків;
- організація повільного та постійного руху зондувального наконечника електронного детектора по досліджуваній області;
- слідкування за станом холодоагентів, водою, маслом;
- використання різних технологій та їх поєднання, їх робота залежать від навколишнього середовища, і жодна технологія не є найкращою.

2.8.2 Детектори диму

У більшості будинків вже є типова колекція давачів диму (1), але немає мосту для передачі даних від давача до розумного домашнього центру. Підключення цих давачів до розумного домашнього додатка (2) дає можливість комплексної системи виявлення диму. Детектор має додаткові розширення, щоб повідомити давач ліфта, щоб заблокувати його використання через пожежу (1), а отже, він розширений до будь-якого давача IoT (3), який може бути активований через виявлене попередження про дим див. рис. 2.9. РБ має мати бездротову сенсорну мережу для раннього виявлення пожеж.

Типи детекторів диму. Для виявлення диму в житлових приміщеннях використовуються два типи димової сигналізації: фотоелектрична та іонізаційна. Згідно з дослідженнями, проведеними Центром досліджень пожежі Національного інституту стандартів і технологій (NIST), іонізаційні димові сигналізатори зазвичай швидше реагують на дим, що утворюється при полум'ї, а фотоелектричні димові сигналізатори швидше реагують на дим від тліючих пожеж [31]. Неможливо визначити який тип сигналізації є кращим, тому що пожежі є різними. Дослідимо основні відмінності між двома типами детекторів.

Іонізаційна сигналізація. Іонізаційний димовий сигналізатор широко використовується у будинках. Сигналізатор містить невелику кількість радіоактивного матеріалу між двома електрично зарядженими пластинами, пластини іонізують повітря і викликають течію струму між ними. Коли дим потрапляє в детектор, він порушує потік іонів, що активує сигнал тривоги.

Палаючі пожежі – спричинені швидко горілими горючими речовинами, такими як легкозаймисті рідини, газети, засоби для чищення та кулінарне масло, – найпоширеніші типи домашніх пожеж. Палаючі пожежі швидко спалахують і утворюють велику кількість полум'я з невеликою кількістю диму. Сигналізатори диму від іонізації легко спрацьовують від диму, викликаного їжею на плиті або в духовці.

Фотоелектрична сигналізація. Для виявлення пожежі фотоелектричні димові сигналізатори використовують світлодіод (LED), розташований під кутом 90 градусів, із світлочутливим давачем у сенсорній камері. Коли дим потрапляє в камеру, зважені частинки диму розсіюють промінь світла. Потім світло відбивається на давачу світла, щоб спрацьовував сигнал тривоги. Фотоелектричні давачі диму дуже швидко відчувають тліючі пожежі. Тління може тривати годинами і утворювати велику кількість диму. Найпоширеніші причини тліючих пожеж це сигарети, кам'яне вугілля та електричне замикання. Фотоелектричні детектори не так легко спрацьовують від диму, що утворюється при спалюванні їжі, як іонізаційний димовий детектор.

Подвійна/розділена сигналізація. Щоб забезпечити максимальний захист, деякі детектори диму містять як іонізаційні, так і фотоелектричні давачі. Подвійна сигналізація зазвичай коштує дорожче, але вона забезпечує всебічне виявлення пожежі.

Що слід враховувати при виборі найкращого розумного детектора диму. Старі детектори диму слугували ефективними системами попередження пожежі протягом десятиліть. Детектори РБ мають багато переваг перед старими версіями. Найголовніше, що вони можуть сприяти швидшому зверненню до аварійних служб, що є надзвичайно важливою умовою, коли будинок порожній. Повідомлення від детектора диму може врятувати життя домашніх тварин.

Чутливість та помилкові сигнали. Оскільки сигнал спрацьовує лише тоді, коли щось пішло не так – він виявив дим або акумулятор вийшов з ладу, – важко зрозуміти, чи він працює належним чином. Іноді сигнал спрацьовує, коли блюдо горить у духовці або виходить велика кількість пари. Іонізаційні димові сигналізатори, які є більш чутливими, як правило, спрацьовують помилково частіше, ніж фотоелектричні димові сигналізатори. Деякі димові сигналізатори дозволяють регулювати рівень їх чутливості. У міру вдосконалення технології зростає і чутливість сигналу до диму. Якщо сигналізація знаходиться в рекомендованому місці, не містить пилу та перевіряється щомісяця, вона буде бездоганно працювати.

Сумісність із Smart Tech. Деякі автономні сигналізації працюють з будь-якими типами мобільних пристроїв, тоді як інші характерні для певних типів розумних концентраторів. Сигналізатор повинен бути сумісним як з концентратором будинку, так і з мобільними пристроями. Можна використовувати інші інтелектуальні типи обладнання, наприклад, розумні прослуховувачі, інтелектуальний нічник або динамік, який підключається до розетки. Ці пристрої прослуховують спрацьовування сигналізатору та надсилають на телефон користувача попередження. Розумний слухач –

недорогий варіант, який перетворює традиційну сигналізацію на розумний пристрій.

Підтримка розумного будинку. Споживачі вибирають інтелектуальну сигналізацію, оскільки очікують, що вона буде робити більше, ніж традиційна сигналізація. Коли сигналізація виявляє дим, деякі моделі димової сигналізації просто "надсилають" повідомлення, тоді як інші мають вдосконалену здатність спрацьовувати, щоб термостат відключав прилади та включав вентиляційну систему.

Щоб інтегрувати димову сигналізацію з рештою дому, подумайте, чи підтримується вона таким великим хабом РБ, як Nest, Alexa чи HomeKit. Центри РБ дозволяють керувати розумними пристроями за допомогою голосової команди або програми для смарт-пристроїв. Користувачі можуть контролювати димові сигнали з будь-якої точки свого дому (або світу), якщо вони підключені до концентратора. Наявність одного «центру управління» – це гарна ідея, і це позбавляє від необхідності використання кількох програм на розумних пристроях.

Взаємозв'язок. Димові сигнали зв'язані між собою за допомогою Wi-Fi, або через провід до електричної системи будинку. Варіант Wi-Fi простіше встановити, але він працює лише тоді, коли підключений Wi-Fi. Аварійні сигнали надійніші, але їх важче встановити і можуть вимагати професійного встановлення. Системи, що підключаються до радіочастот, мають один і той же канал і їх легко встановити.

Повідомлення. Майже всім відома функція попередження сирени сповіщувачами диму. Однак розумний детектор може розрізнити тип небезпеки, який він виявляє, місце розташування небезпеки та способи реагування. Вишуканість та різноманітність цих повідомлень залежать від моделі. Зазвичай користувачі можуть керувати обсягом інформації у відповідній програмі сповіщувача диму. Сповіщеннями можна керувати за допомогою програми або

телефону. Чим детальніше інформація, яку пропонує детектор, тим більше він допоможе забезпечити доступ до рівня пожежної небезпеки у домі.

Кілька користувачів. Чим більше людей отримує попередження про надзвичайну ситуацію, тим швидше реагують на них. Безпечніше (і розумніше), якщо більше, ніж одна людина отримує сповіщення, якщо в будинку спалахне пожежа. Кожен член сім'ї потребує доступу, за винятком маленьких дітей. Надання тимчасового доступу тим, хто доглядає за домашніми тваринами, родичам та сусідам, коли господарі перебувають за межами будинку, збільшує ймовірність того, що будинок та його вміст будуть у безпеці, поки мешканців немає.

Жорсткий дріт проти акумуляторів. Детектори диму, що працюють від акумуляторів, які працюють виключно за рахунок потужності, яку вони отримують від акумуляторів, легко встановити. Коли батареї розряджаються, детектор стає неефективним. Оскільки вони підключаються до домашнього джерела живлення, дротові детектори є більш надійними. Вони працюватимуть необмежено довго. Провідні детектори також мають резервні копії батареї, щоб забезпечити їх продовження у випадку відключення електроенергії.

Простота установки. Встановлення димової сигналізації, яка працює від акумуляторів, простіше, і вона можуть запрацювати за лічені хвилини. Провідні димові сигналізатори підключені до джерела живлення будинку. Щоб встановити або виконати будь-який вид технічного обслуговування пристрою необхідна участь професійного електрика для установки.

2.8.3 Запобігання аваріям для контролю побутової техніки

Розгляньмо сценарій, коли мешканці виходите з дому, коли деякі прилади все ще працюють. Якщо відсутність досить тривала, частина приладів може перегрітися і вибухнути. Щоб уникнути подібних ситуацій, необхідно підключити всі датчі IoT-пристроїв до домашнього додатку (2), щоб, коли всі вийдуть з дому, він автоматично регулював усі датчі приладів відповідно (3),

щоб уникнути аварій див. рис. 2.9. Індикація порожнього будинку генерується системою РБ, тоді як індикація увімкнення пристрою створюється за допомогою ІоТ. Отже, такий сценарій можливий завдяки інтеграції між РБ та системами ІоТ.

2.9 Висновки по розділу

У цьому розділі представлено склад компонентів для створення моделі розподіленої системи РБ. Класичний розумний дім, Інтернет речей, хмарні обчислення та обробка подій на основі правил – це основні елементи сучасного інтегрованого комплексу РБ. Кожен компонент вносить свої атрибути та технології в розглянуту композицію. ІоТ сприяє підключенню до Інтернету та віддаленому керуванню мобільними приладами, що поєднуються з різноманітними давачами. Давачі можуть бути прикріплені до побутових приладів, таких як кондиціонер, освітлення та інші екологічні прилади. Таким чином, комп'ютерний інтелект вбудовується у домашні пристрої, що забезпечує різні способи вимірювання показників стану середовища будинку та моніторингу функціональності побутової техніки. Хмарні обчислення забезпечують масштабовану обчислювальну потужність, простір для зберігання даних та додатки для розробки, обслуговування, запуску домашніх служб та доступу до домашніх пристроїв у будь-який час з будь-якого місця. Система обробки подій, що базується на правилах, забезпечує контроль та управління всією системою РБ з використанням алгоритмів машинного навчання.

Досліджено концепцію розподіленої системи РБ з інтеграцією послуг ІоТ та хмарних обчислень, шляхом вбудовування інтелекту в давачі та виконуючі механізми, створення мережі розумних речей за допомогою сучасних технологій, полегшення взаємодії з розумними речами за допомогою хмарних обчислень для зручного доступу до них з різних пристроїв, збільшення обчислювальної потужності, простору для зберігання та підвищення ефективності обміну даними.

Пропонуємо централізовану та збалансовану програму обробки подій у реальному часі для організації та своєчасного управління величезним потоком даних, використовуючи сильні сторони кожного компонента.

Визначені переваги кожного окремого компонента та його можливі доповнення, що може бути досягнуто шляхом їх інтеграції з іншими компонентами, забезпечуючи нові переваги, отримані від усієї системи. Оскільки ці компоненти постійно розвиваються та оновлюються, інтеграція між ними може змінюватися і забезпечить надійну парадигму, яка генерує нове покоління інфраструктури та додатків. Зважаючи на бурхливий розвиток кожного компонента та його відповідний вплив на інтегровану систему РБ необхідно постійно розглядати додаткові сервіси, які слід додавати, внаслідок чого з'являться нові моделі послуг та додатки. У розділі визначені та описані п'ять категорій сервісів РБ. Визначені основні напрямки розвитку таких сервісів та категорії різних груп мешканців РБ, які є споживачами сервісів. Пандемія змінює попит на сервіси, пов'язані із здоров'ям та дистанційним спілкуванням. Збільшився попит на безконтактні реалізації побутових пристроїв.

У розділі наведені приклади реалізації трьох сервісів РБ та IoT. Розглянуті приклади демонструють принцип побудови інтегрованої системи РБ та напрямки вдосконалення компонентів та програм РБ. У наступному розділі докладно розглянемо модель розумного дзвінка, як одного із сервісів розподіленої системи РБ.

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЬ КОМПОНЕНТА РОЗУМНОГО ДЗВІНКА

Розумні дверні дзвінки виконують не тільки традиційні послуги з інформування господарів про відвідувача будинку, але також забезпечують інші послуги, пов'язані із зручністю, комфортом віддаленого спілкування та безпекою.

Розумний дзвінок – це підключена до Інтернету заміна традиційного дзвінка. Він може «дзвонити» на смартфон чи інший пристрій розумного будинку та інтегруватися з розумною системою автоматизації будинку для відображення відео у реальному часі з вхідних дверей. Термін «розумний дзвінок» практично є синонімом слова «відеодверний дзвінок», оскільки в більшості дзвінків є відеокамери. За оцінками Parks Associates та Statista, кількість відеодзвінків, які продаються в США в рік, перевищить 5 мільйонів одиниць у 2022 році [35].

3.1 Огляд системи розумного дзвінка

Один із простих способів захистити розумний будинок від крадіжки майна, вторгнення небажаних осіб – визначити, хто біля дверей. Розумний дзвінок є першим захисним бар'єром для власників будинків, який не тільки дозволяє побачити та поговорити з людиною зовні, але також записати відео відвідувачів, які підходять до дверей, коли власники відсутні або не можуть відповісти. Відеодзвінок на дверях також корисний для людей з проблемами мобільності. Так, наприклад, якщо господар не може легко або швидко дійти до вхідних дверей, він може за допомогою смартфона попросити відвідувача почекати або відкрити двері дистанційно.

Ці пристрої, як правило, використовують Wi-Fi для передачі відео в прямому ефірі на телефон мешканців будинку і пропонують різноманітні функції, включаючи хмарне зберігання відео, виявлення руху, розпізнавання обличчя, включення сирени та сумісність із розумними замками та іншими розумними домашніми пристроями [30].

3.1.1 Опис роботи системи розумного дзвінка

Система розумного дзвінка – це смарт-пристрій з підтримкою Wi-Fi, з'єднанням з іншими розумними пристроями будинку, з вбудованою відеокамерою, детектором руху, системою розпізнавання обличчя, можливостями запису, динаміком та мікрофоном, які дозволяють розмовляти з людиною біля дверей, спілкуватися у відеочаті з відвідувачами та стежити за дверима з екрана смартфона [34]. Господар будинку може встановити з'єднання з дзвінком для отримання відеопотоку з вхідних дверей на смартфоні незалежно від місця знаходження. Пристрій підключено до хмари, що дозволяє зберігати більше інформації, отримувати доступ до цієї інформації з різних місць, а також зберігати інформацію протягом тривалого періоду часу.

Основні функції розумного дзвінка:

- Камера дверного дзвінка підключається до існуючих у будинку проводки, а також до Wi-Fi будинку.
- Виконання традиційної послуги з інформування про відвідувачів будинку. Коли хтось натискає на дверний дзвінок, він подає сигнал, як звичайний дзвінок.
- Відео камера дверного дзвінка використовує детектори руху, щоб фіксувати присутність рухливих об'єктів біля будинку, і автоматично починати запис відео.
- За допомогою WiFi-з'єднання на смартфон господаря будинку надсилається сповіщення, коли хтось біля дверей.
- Відкривши програму камери дверного дзвінка, мешканці будинку зможуть переглядати відеофільми з камери.
- Камери дзвінків починають записувати відеозаписи після натискання на дзвінок або при виявленні руху, що дозволяє переглянути відеозапис у зручний для господаря будинку спосіб.
- Спостереження за рухом та запис відео біля вхідної двері може відбуватися в нічний час без наявності освітлення.

- Для зберігання записаних відео можна використовувати хмарне сховище відео даних. Більшість хмарних служб записують короткі кліпи лише тоді, коли виявляються рух чи звук. Також варто мати хмарну резервну копію на випадок викрадення камери.
- Дверні дзвоники мають динамік та мікрофонну систему, що дозволяє мешканцям будинку використовувати програму для розмови через камеру дзвінка з відвідувачами на порозі дому через систему домофону не розкриваючи місце свого перебування. Бездротові динаміки можуть бути встановленими в будь-якій точці будинку, це дозволяє господарям спілкуватися з люди біля дверей, незалежно від їх місця перебування.
- Функція двосторонньої розмови дозволяє господарю розумного будинку бачити та вести активну розмову зі своїми відвідувачами не розкриваючи місце свого перебування.
- Система розумного дзвінка дозволяє за допомогою системи розпізнавання обличчя з'ясувати особу відвідувача будинку. Камери можуть розпізнавати людину за допомогою штучного інтелекту, відфільтрувати „помилкові спрацьовування”, щоб користувач не отримували купу сповіщень про рух гілок дерева у вітряний день. Досконаліші системи штучного інтелекту не тільки краще розпізнають людей порівняно із загальним рухом, але можуть ідентифікувати знайомі обличчя
- Система розумного дзвінка має взаємодіяти з іншими пристроями розумного будинку, такими як дверні замки, сирени та освітлення. Наприклад, взаємодія з замком дозволяє віддалено відчинити двері за командою господаря або автоматично після розпізнання особи.
- Система розумного дзвінка може підтримувати голосове управління через Amazon Alexa та Google Assistant, а також можливість залишати записані повідомлення для відвідувачів.

- Система розумного дзвінка дозволяє вибрати частоту для використання, а також блокувати інші частоти.
- Надання додаткових послуг для людей з обмеженими можливостями, наприклад, з вадами слуху.

3.1.2 Типи розумних дзвінків: переваги та недоліки

Технологія дверних дзвінків пройшла довгий шлях за останні кілька десятиліть. Дротові дзвінки призначені для підключення до електричної системи будинку. Бездротові дзвінки використовують радіохвилі для передачі інформації через передавачі та приймачі, можуть працювати від стаціонарного живлення розетки або від акумулятора. При цьому не потрібно прокладати або підключати будь-які дроти до електричної системи будинку. На більшості бездротових акумуляторів приймачі досить потужні, завдяки чому вони можуть отримувати інформацію на відстані понад 300 метрів. Додана ними гнучкість, простота монтажу та універсальність є одними з причин, чому більшість власників будинків обирають бездротові дзвінки.

Деякі новіші моделі бездротових дзвінків використовують телефонну технологію для передачі сигналів на динаміки. Ці новіші моделі не лише попереджають господаря про те, що хтось біля дверей, але вони також дозволяють з'ясувати, хто ця людина, або навіть віддалено відчинити двері будинку. Система розумного дзвінка оснащена власним додатком, який дозволяє управляти дверним дзвінком за допомогою смарт-телефону, також існують сторонні програми, такі як Ring Video Doorbell, які дозволяють використовувати розумний пристрій для моніторингу та управління бездротовим дзвінком і отримати багато додаткових функціональних можливостей [23].

Плюси використання бездротового типу дзвінка є зрозумілою. Ці дзвінки дають господарю почуття безпеки і повного контролю над перед будинковою територією. Бездротові блоки можна легко переміщати з одного місця в інше.

Розумний дзвінок з підключенням до Інтернет-послуг. Розумний дзвінок, який буде працювати з іншими розумними пристроями у будинку, підтримує Інтернет-послугу ІФТТТ (If This then That). За допомогою ІФТТТ можна створювати міні-програми (аплети), які дозволяють пристроям з підтримкою ІФТТТ взаємодіяти між собою. Наприклад, можна створити аplet, який повідомляє розумний пристрій, щоб він вмикався при натисканні на дзвінок дзвінка.

Бездротові дзвінки підключених до Інтернету з давачем руху. Такі типи відеодзвінків пропонують більш комплексний спосіб контролю доступу до будинку і включають зондування руху. Давачі руху розташовуються прямо біля камери і надсилають попередження господарю перед тим, як хтось торкнеться дзвінка або якщо людина наблизиться до дверей, але вирішить не дзвонити. Детектор руху активує камеру. Тож пристрій починає запис, перш ніж людина потрапить до дверей. Розумні дзвінки такого типу оснащені функцією, яка дозволяє визначати зони, які слід контролювати. При отриманні помилкових сигналів користувач може зменшити площу, яка контролюється. Наявність давачів руху, з'єднаних із дзвінком, додає додатковий рівень безпеки, тому що коли хтось проходить у двір, господар отримує попередження на свій телефон, і є камера, яка записує відео та аудіо кожної події. Ця інформація зберігається в хмарі та може бути використана або переглянути в майбутньому.

Деякі бездротові дзвінки з давачами руху надзвичайно чутливі і тому можуть спрацьовувати помилково, поки не будуть правильно налаштовані на роботу у межах певної зони. Деякі пристрої піддаються впливу холоду і можуть некоректно працювати при низьких температурах.

Дверні дзвінки з бездротовим відеодомофоном. Відеодомофони дозволяють безпечно ідентифікувати відвідувача перед тим, як відкрити двері а також спілкуватися з мешканцями всередині будинку. Дзвінки з відеодомофоном оснащені слухавкою, монітором, камерою для дзвінка, системою домофона, а також джерелом енергії для слухавки та монітора. Господар може говорити,

переглядати та відкривати двері. Удосконалені пристрої матимуть інфрачервоне підсвічування. Це дозволяє побачити, хто був біля дверей, навіть у нічний час, завдяки світлодіодним підсвічуванням, розташованим на камері дзвінка.

Деякі блоки матимуть кольорові камери, які будуть створювати кольорові зображення в денні години, а чорно-білі – вночі з позначкою дати та часу.

Монітор дозволяє контролювати не тільки гучність динаміка, але і гучність звукового сигналу, різкість та яскравість пристрою. Додаткові функції включають моніторинг стану дверей і можливість перегляду в реальному часі того, що відбувається поза будинком, навіть якщо дзвінок не активований.

Багато хто стверджує, що дротова система домофону є більш безпечною, оскільки до дротової системи потрібно мати фізичний доступ, щоб її зламати, тоді як для бездротової системи потрібна лише здатність зіпсувати бездротовий сигнал, що можна зробити на відстані. Крім того, якщо система дротового відеодомофона порушена, існуватимуть речові докази порушення, тоді як бездротова система може порушуватися протягом тривалого часу і не виявлятися, оскільки немає речових доказів.

Бездротові дзвінки великого радіусу дії. Більшість стандартних дзвінків мають діапазон від 23 до 32 метрів. Бездротові дзвінки великого радіусу дії відрізняються від стандартних дзвінків типом приймачів та передавачів, які призначені для передачі інформації на більші відстані та проникнення через товстіші матеріали. Радіус дії може перевищувати 600 метрів, який можна розширити за допомогою додаткових приймачів. Багато розумних дзвінків включатимуть змінні коди, щоб запобігти перешкодам у домі через бездротові дзвінки, які використовуються сусідами. Літієві батареї використовуються для живлення кнопочного передавача. Це ефективні та відносно недорогі пристрої, які окупаються з часом. Якщо дзвінок сумісний з давачами руху, сигналізацією на під'їзній дорозі та іншими пристроями, то це дозволяє, щоб дзвінок був одним із аспектів загальної системи безпеки будинку. Залежно від потужності

пристрою, відомо, що деякі з них викликають проблеми із сигналами Wi-Fi та іншими портативними пристроями.

Блимаючий дверний дзвінок стробоскопа. Ідеально підходить для людей із вадами слуху або глухих. Це ідеальне рішення для людей, які перебувають у гучному середовищі, де вони можуть не почути передзвін, але їм потрібен візуальний індикатор, який сповістить їх про те, що хтось біля дверей. Коли хтось натискає кнопку біля дверей, сигнал стробоскопа починає спалахувати яскравим світлом. Одночасно видаються гучні звуки. Більшість з цих пристроїв оснащені налаштуванням каналу, звуку, блимаючих ліхтарів. У більшості пристроїв є можливість вимкнути спалах або звуковий сигнал, якщо це необхідно. Деякі медичні працівники, які використовують цей пристрій у клініках, вимкнули звуковий сигнал і використовують лише пробліскове світло, щоб вказати, що хтось біля дверей.

Існують водонепроникні і термостійкі дзвінки, які можуть витримувати найсуворішу погоду, портативні, розумні дзвінки, які ведуть журнал активності всіх подій, що відбуваються в зоні дії, а також графік подій.

3.1.3 Проблеми безпеки розумного дзвінка

Популярність розумних дзвінків зростає протягом останніх кількох років. Вони забезпечують власників будинків та бізнесу відчуттям безпеки завдяки дистанційному спостереженню за відвідувачами та бізнесом. Проте, як і на будь-якому іншому пристрої, підключеному до Інтернету, ці пристрої вразливі до кібератак та потенційного злому.

Протягом останніх кількох років у відеодзвінках, зокрема і у авторитетних виробників таких як Amazon's Ring [54], були виявлені недоліки безпеки. Користувачам важливо захистити свої особисті дані та інформацію від хакерів.

Розумні дзвінки використовують своє Інтернет-з'єднання для передачі пакетів даних із пристрою до центрів, деякі із них знаходяться на іншому кінці

світу. При передачі ці дані будуть зашифровані. Якщо дані надсилаються незашифрованими, то хакери можуть бачити пароль пристрою користувача та навіть Wi-Fi пароль. Також зловмисник може взяти повний контроль над дзвінком. Хакери можуть дзвонити у двері в будь-який час доби та змінювати гучність чи мелодію. Це скоріше пустотливе, ніж небезпечне. Одночасно з цим такі дії можуть носити характер «відволікання пильності» господарів. Але ті самі хакери ще можуть встановити шкідливе ПЗ на дзвінок для надання повного доступу до домашньої мережі та до інших пристроїв у ній.

Недоліки безпеки в розумних дверних дзвінках. Наприкінці 2019 року в популярному дзвінку Amazon Ring виявились проблеми конфіденційності, які могли дозволити хакерам красти паролі Wi-Fi та отримувати доступ до мереж власників будинків. Був виявлений ще один недолік, який дозволяв хакерам отримати доступ до відео– та аудіо-інформації на дзвінок у дверях для шпигування за власником будинку.

Британський споживчий нагляд [51] за користувачами, досліджував багато систем відеодзвінків, щоб перевірити недоліки безпеки. Це виявило різні проблеми безпеки, зокрема як у брендових так і у маловідомих відеодзвінках, які можна було придбати в Інтернеті. Деякі виявлені вразливості безпеки включають:

- Відсутність двофакторної автентифікації: багатофакторна автентифікація повинна бути стандартною для будь-якої охоронної системи та відеодзвінків.
- Проблемний захист конфіденційності: виробники дверних дзвінків збирають особисті дані. При цьому дзвінок працює бездоганно але зібрана надлишкова інформація може зберігатися і використовуватися впродовж багатьох років.
- Відсутність шифрування даних: більшість розглянутих дверних дзвінків не мали шифрування даних для збережених персональних даних та відеоматеріалів.

- Недостатній захист паролем: більшість систем розумних відеодзвінків за замовчуванням постачаються з примітивним або легко вираховуваним паролем, який може бути зламаним та використаний злодіями.
- Ключові атаки перевстановлення (KRACK) [27]: ця проблема стосується процесу авторизації з використанням Wi-Fi, що дозволяє хакеру проникнути в домашню систему і отримати доступ до мережі власника будинку.

Заходи з кібербезпеки для розумних дзвінків. При виборі розумного дверного дзвінка або інших типів підключеної електроніки, необхідно проводити дослідження та обирати виробника, який має процедури захисту своїх пристроїв від потенційних проблем кібербезпеки. Існують способи, за допомогою яких можна зробити систему дзвінка більш захищеною, зокрема:

- Використовувати надійні, унікальні та безпечні паролі для облікового запису відеодзвінка та мережі Wi-Fi. Пароль за замовчуванням майже завжди буде слабким і його легко зламати. Сьогодні досить безпечними паролями можна вважати поєднання трьох випадкових слів.
- Забезпечувати конфіденційність інформації для входу: іноді потрібно поділитися інформацією для входу когось із знайомих, щоб вони отримали доступ до дзвінка та відео. Варто додавати цю особу як спільного користувача в обліковий запис, а не спільно використовувати паролі та логіни.
- Уникати обміну відео в соціальних мережах: обмін відео з відеоспостереження у соціальних мережах надає можливість хакерам проникнути у систему.
- Постійно оновлювати ПЗ для відеодзвінків: дуже важливо регулярно оновлювати ПЗ для відеодзвінків, щоб забезпечити безпеку та продуктивність. Оновлення ПЗ, як правило, посилює рівень безпеки.

- Налаштувати двофакторну авторизацію. Це додатково посилить рівень безпеки. Кожен додатковий рівень безпеки – це ще одна перешкода, яку хакер може не здолати, а двофакторна автентифікація – додаткова перешкода. Як перший фактор можна використовувати додатковий одноразовий пароль, який надсилається при спробі ввійти в систему. Зазвичай він надсилається на телефон користувача а після його використання забезпечується подання запиту на зміну паролю для наступного разу.
- Видаляти записи та дані які не використовуються і є застарілими. Зроблені дзвінком записи та усі дані що зберігаються на хмарних серверах дзвінками з додатковими підписами видаляються. При переміщенні камери в інше місце необхідно відновити її заводські налаштування, щоб переконатися, що будь-які особисті дані будуть видалені.

Проведені дослідження та опитування смарт-пристроїв і плану захисту спеціальних ризиків AmTrust [34] дало уявлення про поведінку споживачів щодо задіяних технологій. Більшість споживачів не впевнені стосовно конфіденційності даних та безпеки їхніх смарт-пристроїв підключених до будинку.

3.1.4 Вибір та порівняння існуючих систем розумного дзвінка

Визначимо основні характеристики систем розумного дзвінка (див. рис. 3.1.), на які треба зважати при виборі пристрою [23].



Рисунок 3.1. Основні характеристики розумного відеодзвінка.

Діапазон дії. Діапазон дії визначає відстань від передавача, який є кнопкою на дверях, до приймача, який є звуковим сигналом або динаміком, який буде знаходитися всередині будинку. При визначенні діапазону необхідно враховувати товщину стін будинку та інші перешкоди, які заважатимуть діапазону вашого пристрою. Стандартні житлові дзвінки мають діапазон 50 – 800 метрів.

Джерело живлення. Маємо два варіанти – це акумулятор або роз’єм для підключення до розетки електромережі. Більшість пристроїв дозволяють вибрати, чи потрібно використовувати батареї, чи підключити пристрій до розетки.

Простота установки. Дверні дзвінки бездротового зв'язку мають дуже чутливі та складні схеми. Під час монтажу слід бути обережним, щоб не випустити пристрій або не зіпсувати, оскільки це може пошкодити важливі компоненти.

Водонепроникний і термостійкий. Ця характеристика розумного дзвінка визначає можливість коректної роботи при будь-яких погодних умовах, включаючи дощ, град, повінь. Це може бути проблемою в певних районах, в яких

в літні місяці температура перевищує 37°, а в зимові місяці – падає до –25° і більше. Багато приладів починають виходити з ладу, якщо вони досягають 42° або якщо піддаються впливу температур нижче –25°.

Технологія. Не всі бездротові пристрої призначені для однакової передачі інформації. Деякі користуватимуться радіочастотою, а інші – WiFi. Деякі новіші бездротові дзвінки розроблені для використання переваг телефонних сигналів.

Параметри звуку дверного дзвінка. Багато моделей постачаються з можливістю вибору різних звуків, а також підвищення та зменшення гучності відповідно до потреб користувача.

Інтеграція з аксесуарами для домашньої безпеки. Бездротові дзвінки – це лише одна складова загальної системи домашньої безпеки та домашньої автоматизації. Щоб отримати максимальну віддачу від пристрою, необхідно мати зв'язок з рештою системи безпеки розумного будинку. Наприклад, можна налаштувати пристрій так, щоб він видавав один звук, коли хтось натискає на дверний дзвінок, а інший – якщо хтось гуляє в районі давача руху певний час.

Блокування частоти та уникнення перешкод. Бездротовий дзвінок має надавати можливість вибору частоти використання а також блокувати інші частоти, якими користуються інші прилади.

Індикатори візуального оповіщення. Це особливо важливо, якщо у вас вдома є людина із вадами слуху або глухі. Візуальне сповіщення працює разом із звуковим сигналом, щоб вказати, що хтось біля вхідних дверей. Це також хороший варіант для будинків, де сплять маленькі діти. Батьки можуть відключити звуковий сигнал і просто використовувати візуальний індикатор, щоб попередити їх, коли хтось дзвонить у двері.

Нічний режим. Відеодзвінки використовують різні підходи до зйомки відео вночі. Можна використовувати світлодіоди, що активуються рухом, для освітлення області перед камерою. Інші дверні дзвінки використовують інфрачервоне нічне бачення, щоб бачити в темряві, але результат – монохромне відео.

Поле зору. Дверні відеодзвінки можуть мати різні характеристики кута огляду. 150– 180-градусний кут огляду дозволяє побачити весь простір перед дверима.

Роздільна здатність відео. Чим вища роздільна здатність, тим чіткіше зображення, що полегшить ідентифікацію людей біля дверей. Дверні дзвінки вищого класу записують відео у 2560x1920 р, тоді як роздільна здатність середнього дверного дзвінка становить 1280 x 960.

Портативні колонки. Можна переносити колонки в будь-які місця будинку (підвал, гараж тощо). Таким чином, господар будинку ніколи не пропустите відвідувача або доставку.

Стиль та дизайн. Кілька років тому всі бездротові дзвінки виглядали громіздко і потворно. Тепер вони розробляються, щоб стати привабливим доповненням до будинку.

За результатами тестування спеціалістів [18] найкращими в 2021 році є такі розумні дзвінки для будинку: Nest Hello Smart Wi-Fi Video Doorbell, Blue від ADT, Eufy, Google Nest, Ring та SimpliSafe, Video 3 Plus. Усі вони оснащені нічним баченням, HD-відео та двостороннім звуком. Наприклад, Nest Hello Smart Wi-Fi Video Doorbell має роздільну здатність відео: 1600 x 1200, поле зору: 160 градусів, працює з Alexa, Google Assistant, може розпізнавати окремі обличчя і навіть оголошувати їх. Може заряджати акумулятор самостійно. Має функцію "Pre-roll", яка додає до чотирьох секунд відео до події руху, щоб користувач міг краще бачити людей, коли вони наближаються до дверей. RemoBell WiFi Wireless Video Doorbell має камеру з 120-градусною зоною огляду, має нічне бачення, яке є інфрачервоним. Зображення та відео можна зберігати на хмарі. Система є водонепроникною і пилонепроникною, може витримувати найсуворішу погоду, дозволяє синхронізувати п'ять різних смартфонів. Система розумного дзвінка веде журнал активності всіх подій, що відбуваються перед дверима, а також графік подій. Ці події включають пропущені дзвінки, відповіді на дзвінки та всі відеофільми. Давач руху є інфрачервоним, тому він виявляє

тепло, яке випромінюють предмети. Оскільки ця система виявляє тепло тіла, вона може визначити різницю між людиною, яка стоїть біля ваших дверей, в рухом предметів від поривів вітру. Дзвінок живиться шістьма батареями типу AA, що триває близько чотирьох місяців.

3.2 Вибір та аналіз компонентів

Завдяки підключенню до Інтернету, проекти Інтернету речей (IoT) популярні на платформах розробників. Медіа– та файлові сервери, розумні домашні концентратори, сервери VPN, блокувачі реклами для всього будинку та безліч інших підключених програмних розумних пристроїв – це все можливо реалізувати. Можете використовувати плати виробників для штучного інтелекту домашніх пристроїв.

3.2.1 Одноплатні комп'ютери та макетна плата

Одноплатний комп'ютер – це пристрій з усіма його компонентами, такими як оперативна пам'ять, графічний процесор та вбудований процесор на одній платі. Зазвичай розміром приблизно з кредитну картку. Одноплатні комп'ютери можуть вирішити практично будь-яке завдання, яке можуть виконати традиційні настільні комп'ютери та ноутбуки в залежності від потужності [16]. Хоча деякі одноплатні комп'ютери мають потужність процесора і графічного процесора настільного класу, інші досить скромні. Одноплатні комп'ютери можна використовувати для створення системи розумного дзвінка з підключенням до інших пристроїв розумного будинку (замок, освітлення, сигналізація тощо). це, по суті, невеликі ПК з усіма необхідними компонентами на одному чіпі. Плати розробників надзвичайно універсальні і можуть застосовуватися у різноманітних сценаріях, від робочих столів до розумних домашніх хабів, серверів тощо [21].

Плати виробників поділяються на дві категорії: одноплатні комп'ютери (SBC) та мікроконтролерні блоки (MCU). При використанні в проектах ці два різновиди плат мають певне перекриття, але в кінцевому рахунку відрізняються.

Незважаючи на те, що можна виконати багато однакових завдань за допомогою SBC та MCU, два різновиди плат в роботі відрізняються. Для одноплатного комп'ютера потрібна операційна система з додатками, встановленими поверх основної ОС. Потім програми виконують різні команди. Таким чином, SBC може виконувати багатозадачні завдання, такі як запуск веб-сервера, медіа-сервера та розумного домашнього концентратора, забезпечуючи при цьому можливість настільного ПК. Єдиними реальними обмежувальними факторами є апаратне та програмне забезпечення а також сумісність програм.

Мікроконтролер не запускає операційну систему. Натомість програма кодується, компілюється та завантажується в MCU, де мікроконтролер виконує цю програму. В основному, одноплатний комп'ютер, тоді як мікроконтролер виконує одне завдання за раз. Але ця робота може мати кілька етапів.

Більше того, SBC та MCU відрізняються апаратною архітектурою. Компоненти на одноплатних комп'ютерах схожі на ті, що є на звичайному робочому столі або ноутбучі: оперативна пам'ять, центральний процесор та графічний процесор з завантажувальним носієм для розміщення операційної системи хоста та будь-яких встановлених програм. Мікроконтролер, з іншого боку, має просто мікропроцесор, оперативну пам'ять, ПЗУ (пам'ять лише для читання) для зберігання коду, лічильник програм та різні роз'єми вводу/виводу цифрові та аналогові, контролери двигуна, та інші порти для підключення різних розумних пристроїв. Зазвичай об'єм оперативної пам'яті та ПЗУ на MCU набагато менший, ніж у SBC, оскільки мікроконтролеру потрібно лише кілька ресурсів для виконання програми. SBC можна використовувати в проектах розумного будинку та робототехніки.

Наприклад, MCU Arduino, який використовується як розумна система поливу, може мати підключені периферійні пристрої, такі як насос та давачі вологи. Програма, створена для цієї плати, контролює рівень вологи в ґрунті, і як тільки досягається певний поріг, вона включає насос для подачі води рослинам через шланги до досягнення бажаного рівня вологи.

Вибір правильного одноплатного комп'ютера (SBC) для програми розумного дзвінка вимагає розгляду таких характеристик [21]:

1. **Живлення** – необхідно обрати SBC, який відповідає вимогам до енергії для конкретного застосування. Також необхідно мати можливості управління тепловою енергією системи та охолодження обраної SBC для системи.
2. **Форм-фактор** – важливим у будь-якому рішенні є форм-фактор наявних SBC. Формофакторами, поширеними у вбудованих SBC для COTS, є: VME, VPX, CompactPCI та ComExpress. В минулому був найбільш часто використовуваним 6U VME, але повільно замінюється на VPX, з підвищеним інтересом до 3U.
3. **Зворотна сумісність штифтів** – для вставки технології в існуючу систему (або через її застарілість, або для підвищення продуктивності), щоб уникнути необхідності перепроектування або заміни та відповідності вимогам існуючих систем.
4. **Вибір процесора**. Три основні варіанти, які можна побачити на ринку вбудованих COTS, – це Intel, Power Architecture та нещодавно ARM.
5. Пам'ять – з розвитком технологій вимоги до пам'яті різко зросли. 10-12 років тому 512 МБ пам'яті вважалось достатнім. 1 гігабайт пам'яті було нечувано. Сьогодні багато процесорів Intel пропонують пам'ять від 16 до 32 ГБ. Вибір пам'яті програми може вплинути на вибір процесора. Наприклад, в порівнянні з Intel, Power Architecture та ARM, як правило, пропонують менше пам'яті та менше енергії.
6. **Операційна система** – операційні системи впливають на вибір процесора та SBC. Типовими ОС, доступними для вбудованого використання, є: Linux (існує багато версій), INTEGRITY, GreenHills LynxOS, QNX та Wind River VxWorks. Різні процесори підтримують Linux. Але не всі сімейства процесорів здатні підтримувати засоби проектування Wind River VxWorks 5.5 для розробки програм безпеки

та критичних завдань, сертифікованих за такими стандартами, як RTCA DO-178B / C, EUROCAE ED-12B / C та IEC 61508. Для програм, що вимагають серед цих варіантів сертифікації, що стосуються безпеки, є DDC-I Deos, GreenHills INTEGRITY-178, Lynx Software LynxOS-178 або Wind River VxWorks 653.

7. **Доповнення вводу-виводу** – для конкретного додатка SBC повинен надати правильний комплект вводу-виводу, таких як Ethernet, DIO, SATA, USB, послідовні порти (232, 422, 485), а також плати взаємозв'язку (VME, SRIO, PCIe, Ethernet).

8. **Продуктивність** – вимоги до програм значно варіюються від низької продуктивності (і з цією низькою потужністю) до надзвичайно високопродуктивних додатків, таких як SigInt, з вимогами до обробки даних.

Одним з кращих одноплатних комп'ютерів 2021 для більшості користувачів є Raspberry Pi 4 [16]. Має кілька різних моделей, що пропонують на вибір 2 ГБ, 4 ГБ або 8 ГБ оперативної пам'яті. Pi 4 – це фантастичний маленький пристрій розміром з кредитну картку. Що робить його особливо доступним для виробників усіх рівнів кваліфікації, це його доступність та універсальність. Крім того, Raspberry Pi 4 надзвичайно добре працює для різноманітних цілей: заміна робочого столу для написання, редагування зображень та подкастингу, розумні домашні концентратори, сервери керування 3D-друком та ПК для домашнього кінотеатру (HTPC) подібними Kodi, див. рис. 3.2.

Технічні характеристики Raspberry Pi 4:

- Broadcom BCM2711, чотириядерний Cortex-A72 (ARM v8) 64-розрядна SoC @ 1,5 ГГц.
- 1 ГБ, 2 ГБ, 4 ГБ або 8 ГБ SDRAM LPDDR4-2400 (залежно від моделі).
- 2,4 ГГц та 5,0 ГГц IEEE 802.11ac бездротовий, Bluetooth 5.0, BLE
- Гігабітний Ethernet.
- 2 порти USB 3.0; 2 порти USB 2.0.

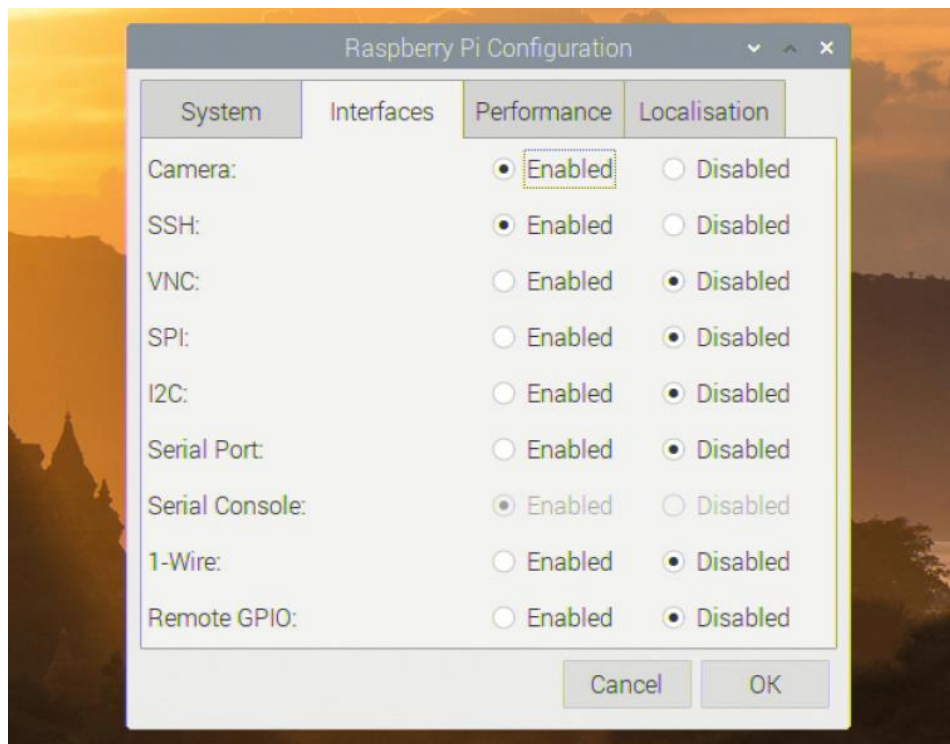


Рисунок 3.2. Панель налаштування плати Raspberry Pi 4.

- Стандартний 40-контактний роз'єм GPIO Raspberry Pi (повністю сумісний із попередніми платами).
- 2 порти micro-HDMI (підтримується до 4кp60).
- 2-смуговий порт дисплея MIPI DSI.
- 2-смуговий порт камери MIPI CSI.
- 4-полюсний стереозвук та композитний відеопорт.
- H.265 (декодування 4кp60), H264 (декодування 1080p60, кодування 1080p30).
- Графіка OpenGL ES 3.0.
- Слот для карт MicroSD для завантаження операційної системи та зберігання даних.
- 5 В постійного струму через роз'єм USB-C (мінімум 3 А *).
- 5 В постійного струму через роз'єм GPIO (мінімум 3 А *).
- Увімкнення живлення через Ethernet (PoE) (потрібен PoE HAT).
- Робоча температура: 0 – 50 градусів С навколишнього середовища.

3.2.2 Модуль камери та світлодіод

Підключення модуля камери (Camera Module) перетворює мікрокомп'ютер, наприклад, Raspberry Pi в потужний інструмент для отримання фотографій, відео, а також розпізнавання різних об'єктів, що іншими словами називається комп'ютерний зір (computer vision) [15]. Камера є пристроєм введення і являє собою окремий модуль на платі, має спеціальні отвори для її фіксації/кріплення з гнучким кабелем-шлейфом, що приєднуються до гнізда камери (послідовний інтерфейс камери, Camera Serial Interface, CSI) на платі мікрокомп'ютера. Цей порт забезпечує передачу відеоданих з високою роздільною здатністю з використанням візуальної взаємодії з об'єктами в реальному навколишньому світі. Для системи відеоспостереження з нічним баченням потрібна версія з інфрачервоним (IR, Infrared) фільтром, яка призначена для використання з джерелами інфрачервоного світла для отримання фотографій та відео в повній темряві. Крім фотографій, модуль камери може знімати відеоматеріали з роздільною здатністю Full HD – таким же, як і у більшості телевізорів – і зі швидкістю 30 кадрів в секунду (30 frames per second, 30 fps). Для більш плавного руху або навіть для створення ефекту уповільненого руху камеру можна налаштувати на захоплення з більш високою частотою кадрів, зменшивши швидкість: 60 кадрів в секунду для відеоматеріалів з роздільною здатністю 720p і до 90 кадрів в секунду для дозволу 480p (VGA).

Найзручніший спосіб управління модулем камери – використовувати Python і бібліотеку `picamera`, що дає повний контроль над можливостями попереднього перегляду, отримання зображення і захоплення відео модулем камери. Цей зв'язок двох інструментів також дозволяє інтегрувати камеру в проект розробки системи розумного дзвінка, з використанням модулю GPIO через бібліотеку `GPIO Zero`.

Для освітлення необхідно обрати світлодіоди – це діоди, які випромінюють світло під напругою [52]. Необхідно визначити яскравість світлодіоду (інтенсивність світла), колір (якщо потрібна точність – довжина

хвилі), кут огляду та наскільки фізично великим має бути світлодіод. При роботі з макетною платою, друкованою платою необхідні світлодіодні індикатори з проводами, які можна прикріпити до резистора та акумулятора. Інтенсивність світла вимірюється в міліканделах (мкд). Помірно яскравий світлодіод має показник інтенсивності світла – 605 мкд. Що стосується кута огляду, не всі світлодіоди можна розглядати з усіх боків на 360 градусів, як лампочка розжарювання. Кут огляду 15 градусів – це вид світлодіоду при погляді прямо на нього.

3.2.3 Wi-Fi модуль та мікрофон

Правильні налаштування точки бездротового доступу для покращення пропускної здатності WiFi є важливим для ефективної роботи системи розумного дзвінка. Необхідно розмістити точку доступу на окремому каналі, підібрати хороший адаптер живлення Raspberry Pi, USB-адаптер WiFi відповідний 802.11n для отримання максимальної пропускної здатності. Це питання буде докладніше описано у четвертому розділі.

Лінійка мікрофонів ReSpeaker має 3 основні категорії плат, див. рис. 3.3. Незважаючи на те, що всі категорії розроблені, щоб допомогти увімкнути голосовий інтерфейс, кожна з них по-різному інтегрується в проект розумного дзвінка [49]: рішення SBC, рішення для мікрофона, Raspberry Pi Mic Array рішення.



Рисунок 3.3. Лінійка мікрофонів ReSpeaker.

SBC Solution. Для проектів, які потребують потужної голосової взаємодії, ідеально підходить лінія ReSpeaker Core. Функціонуючи як SBC, вони здатні не тільки слухати голос, виконувати програмне забезпечення DSP для інтерфейсної обробки звуку, але й контролювати загальний процес проекту. Від маніпулювання апаратним забезпеченням до запуску розширеного коду користувацьких програм, лінія ReSpeaker Core призначена для того, щоб стати головною частиною проектів.

ReSpeaker Core v2.0 має значну обчислювальну потужність, а також вбудований круговий масив з 6 мікрофонами. Посередині плати знаходиться основний модуль, який містить SoC, пам'ять (RAM) і PMU, на зовнішніх краях плати розташовані периферійні пристрої, включаючи роз'єми, модулі Wi-Fi, світлодіоди та мікрофонний масив.

Рішення для мікрофонного масиву. Лінійка мікрофона ReSpeaker Mic використовує апаратний DSP для прискорення інтерфейсу, повертаючи чистий голос системі, в яку вона інтегрована. Це робить рішення ідеальним для додавання до існуючих проектів голосового інтерфейсу. ReSpeaker Mic Array v2.0 – це круговий мікрофонний масив, що працює від XMOS XVF3000. Він оснащений інтерфейсною обробкою звуку та підтримує апаратне забезпечення та сумісний з найбільш поширеними ОС, включаючи Windows, macOS та багато дистрибутивів Linux. Конфігурацію мікрофона також можна налаштувати.

Raspberry Pi Mic Array Solutions. Можна обрати кілька екранів ReSpeaker для Raspberry Pi. Підходять для користувачів, які хочуть мати прості голосові команди, створити власні Amazon Echo або Google Home або розробити на Raspberry Pi мікрофонні масиви для Raspberry Pi. Подібно до інших продуктів ReSpeaker, їх також можна налаштувати.

Набір лінійних решіток ReSpeaker 4-Mic ідеально підходить для проектів, які кріпляться до стіни. Мікрофони здатні розпізнавати голос на 180 °, визначати відносно розташування або фокусуватись у певному напрямку, ігноруючи інші голосові входи. Масив має гнучкий кабель, що дозволяє розміщувати його у

різних орієнтаціях та надає більше можливостей для дизайну корпусу. 6-мікрофонний циркулярний масив ReSpeaker та Матриця ReSpeaker 4-Mic (кругова) здатні розпізнавати голос на 360 °.

Для прикладу наведемо характеристики ReSpeaker 6 & 4 Mic Array:

- 6-мікрофонний круговий масив;
- стрічковий кабель для гнучкого розміщення;
- 12 x RGB світлодіодів;
- 2 x Grove Connectors (I2C & Digital);
- 1 x 3,5-мм аудіороз'єм (стерео);
- 1 x роз'єми для гучномовців JST (моно).

3.3 Вибір програмної платформи

3.3.1 Raspberry Pi OS

ОС Raspberry Pi – це рекомендована операційна система для нормального використання на Raspberry Pi. Raspberry Pi OS – це безкоштовна операційна система на базі Debian, оптимізована для апаратного забезпечення Raspberry Pi, див. рис. 3.4. Debian — комп'ютерна операційна система, основний дистрибутив якої складається тільки з вільного програмного забезпечення (main-секції архіву Debian). Багатоцільова операційна система використовується настільними комп'ютерами, ноутбуками, серверами, вбудованими системами. Існують проекти на основі ядер: Debian GNU/Hurd, Debian GNU/kFreeBSD.

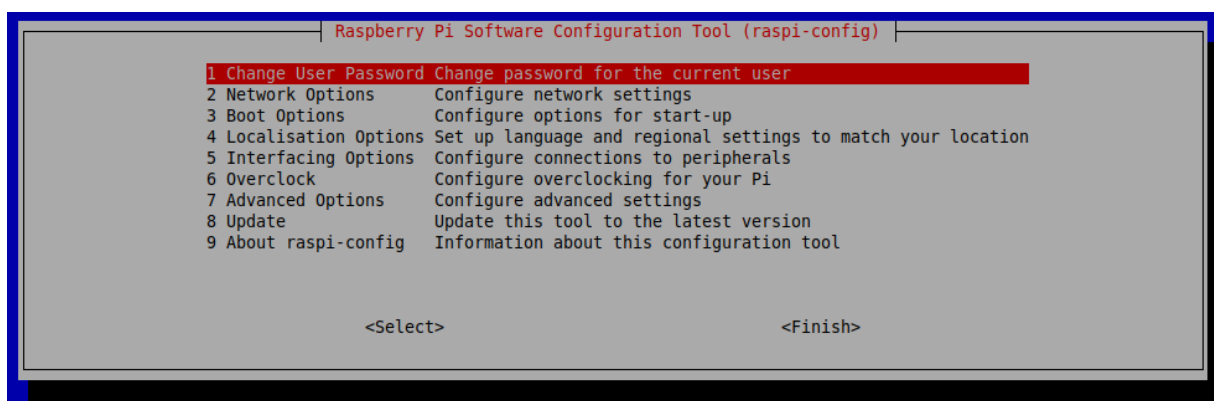


Рисунок 3.4. Файл конфігурації ОС Raspberry Pi.

ОС Raspberry Pi постачається з більш ніж 35000 пакетами: попередньо скомпільованим програмним забезпеченням у зручному форматі для встановлення на Raspberry Pi [48]. Програмне забезпечення для ОС Raspberry Pi:

- **Камера.** Програмне забезпечення демонстраційної камери пропонує чотири програми: raspistill, raspivid, raspividuiv і raspividuiv. raspistill і raspividuiv дуже схожі і призначені для зйомки зображень; raspivid і raspividuiv призначені для зйомки відео. Усі додатки керуються командним рядком і написані, щоб скористатися перевагами API MMAL, який працює над OpenMAX. API MMAL надає простішу у використанні систему, ніж та, яку представляє OpenMAX. MMAL – це специфічний для Broadcom API, який використовується лише в системах VideoCore 4.
- **OMXPlayer.** Медіаплеєр командного рядка OMXPlayer може відтворювати багато популярних аудіо– та відеоформатів. Використовує інтерфейс апаратного прискорення (API) OpenMAX (omx), який є офіційно підтримуваним API мультимедіа на Raspberry Pi.
- **Майнкрафт для Raspberry Pi.** 3D будівельна платформа на основі блоків із власним простим лінійним та командним кодуванням.
- **Vcgencmd.** Утиліта командного рядка для отримання та налаштування даних на графічному процесорі VideoCore.
- **Vcdbg.** Програму vcdbg, яка використовується для відновлення інформації про налагодження з графічного процесора VideoCore. Ця програма допоможе з налагодженням графічного процесора VideoCore з Linux. Її потрібно запускати як root.
- **Tvservice.** Програма командного рядка для отримання та налаштування інформації про підключені дисплейні/аудіопристрої, орієнтована переважно на відео та аудіо HDMI.

- **Rpi-update.** Додаток командного рядка для оновлення до попереднього випуску та бета-версії програмного забезпечення. Допоможе оновити ядро ОС Raspberry Pi та прошивку VideoCore до останньої версії.

3.3.2 Допоміжне ПЗ

Home Assistant – одна з найпопулярніших систем з відкритим вихідним кодом для організації "розумного будинку". Home Assistant можна встановити та використовувати на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi. На базі Home Assistant можна реалізувати будь-які проекти домашньої автоматизації. Існують сотні підтримуваних системою пристроїв, і їх кількість зростає з кожним місяцем. Переваги використання Home Assistant для управління "розумним будинком" [33].

1. Величезне співтовариство користувачів. Home Assistant входить в топ-10 найбільш активно розвиваються проєктів на GitHub, залишаючи далеко позаду інші популярні системи управління "розумним будинком".
2. Велика кількість підтримуваних пристроїв і екосистем, які покривають 80% потреб при розробці "розумного будинку".
3. Зручний інтерфейс користувача (UI) і великі можливості його кастомізації.
4. Сумісність з Apple HomeKit (програмна платформа Apple, створена для управління розумними пристроями). Незважаючи на те, що сам по собі HomeKit має досить скромним функціоналом і не може бути основою для дійсно серйозного проєкту розумного будинку, його можна використовувати в зв'язці з Home Assistant в якості зручного пульта управління і для підтримки голосового управління.
5. Часті оновлення. Постійно включають нові пристрої, нові можливості, новий інтерфейс тощо.

Встановити сервер Home Assistant можна різними шляхами. Можна скористатися ручною установкою в віртуальне оточення Python або розгорнути систему в Docker-контейнері, можна скористатися готовими збірками Hass.io або Hassbian. Hass.io являє собою готові зконфігуровані образи для найбільш популярних моделей мікрокомп'ютерів (підтримується вся лінійка Raspberry Pi, Asus TinkerBoard, кілька моделей Odroid і лінійка комп'ютерів Intel NUC). Образ містить в собі операційну систему, готову до роботи Home Assistant і свій власний менеджер, що дозволяє робити всі маніпуляції з налаштування Home Assistant прямо з веб-інтерфейсу. Hassbian є дистрибутивом Raspbian з уже встановленим у віртуальне оточення Python сервером Home Assistant. На рис. 3.5, 3.6 представлені засоби управління системи Home Assistant.

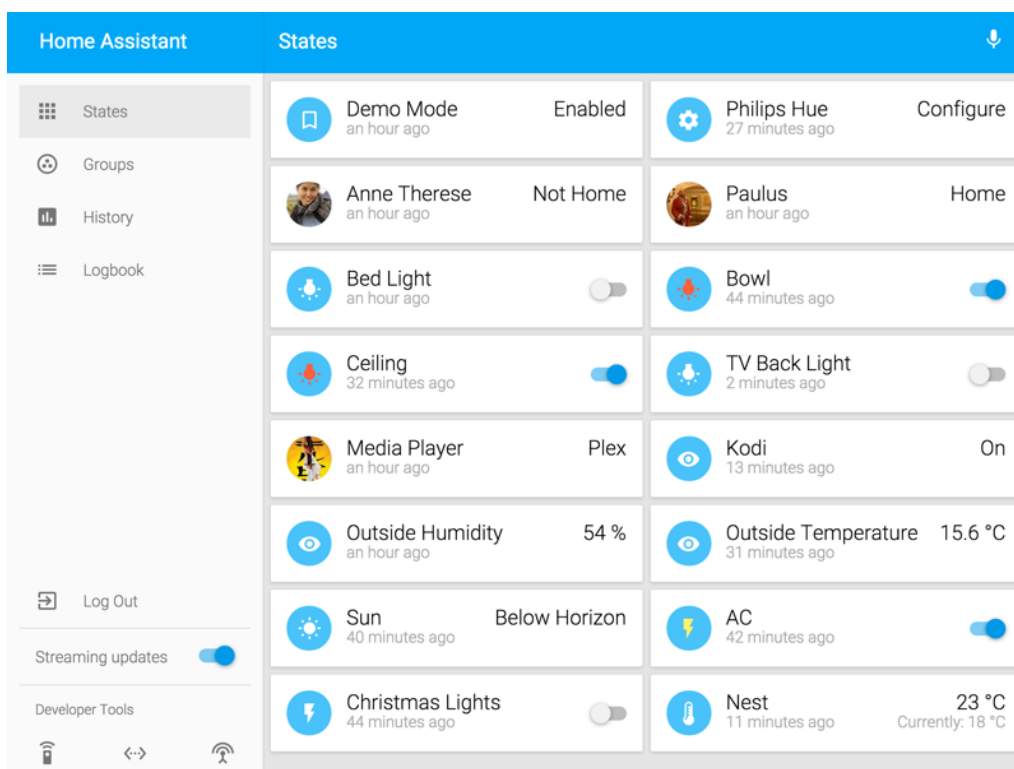


Рисунок 3.5. Панель управління Home Assistant.

Home Assistant використовує базу даних для зберігання подій та параметрів для історії та відстеження. За замовчуванням використовується база

даних SQLite, однак можуть використовуватися інші бази даних, наприклад, PostgreSQL.

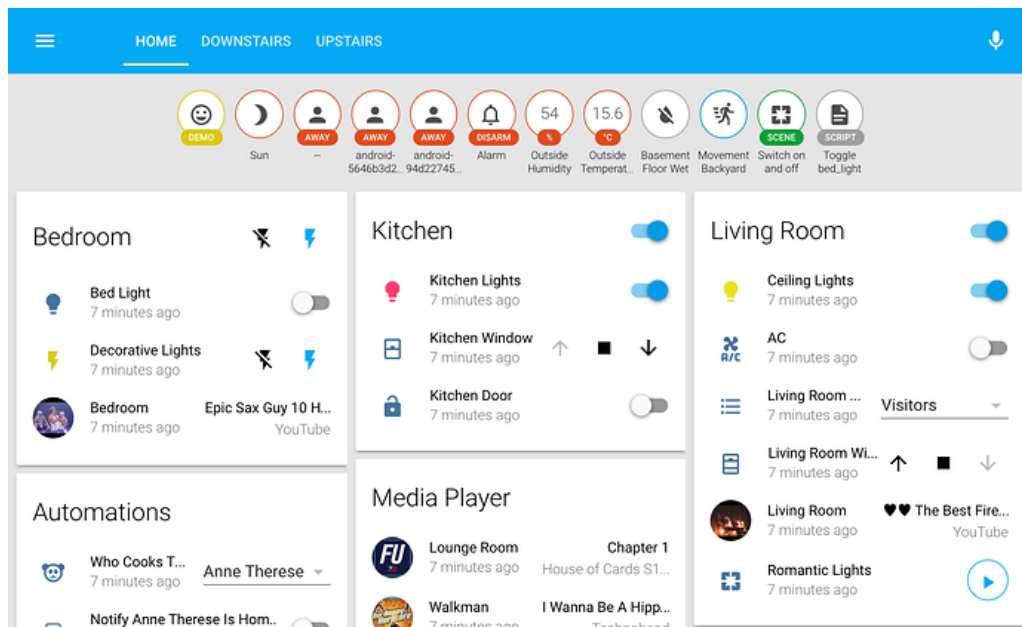


Рисунок 3.6. Екран управління Home Assistant.

3.4 Висновки по розділу

Дверні дзвінки бездротового зв'язку є важливою частиною перетворення будинку в розумний будинок. Власники будинків дедалі більше цікавляться включенням розумних приладів у свій будинок. Це пояснює, чому бездротові дзвінки надзвичайно популярні. Система розумного дзвінка покращує безпеку, комфорт та надає більшу гнучкість у взаємодії з людьми господарям розумного будинку. Така система особливо корисна для людей з обмеженими можливостями (обмеження руху, глухота). Вибір параметрів з використанням відеокамер, детекторів руху, системи розпізнавання образів не тільки дозволяє дізнатися, коли хтось дзвонить у дзвінок, а ще й дозволяє побачити, коли хтось знаходиться поруч із домом, а також записати будь-яку підозрілу активність, яка відбувається, коли господарі відсутні.

У розділі визначені функціональні можливості, основні апаратні компоненти та програмна платформа системи розумного дзвінка, що забезпечує інтеграцію з іншими пристроями розумного будинку. Якщо дзвінок сумісний з давачами руху, сигналізацією на під'їзній дорозі та іншими пристроями, то це дозволяє, щоб дзвінок був одним із аспектів загальної системи безпеки будинку.

РОЗДІЛ 4. РОЗУМНИЙ ДЗВІНОК, ОСОБЛИВОСТІ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ

В цьому розділі представлена власна розробка автора розумного відеодзвінка на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 з ОС Raspberry. Відеодзвінок має такі функції:

- Розпізнавання обличчя.
- Дистанційне керування замком входних дверей для людей з обмеженими руховими можливостями.
- Відеофіксація відвідувачів та їх збереження на хмарі.
- Функція «блимання» для людей з вадами слуху.
- Нічне бачення.

4.1 Визначення потреб та створення дизайну

Щоб задовольнити потреби проекту, система повинна мати такі характеристики:

- Зв'язок через Wi-Fi.
- Контроль відкривання дверей / огорожі.
- Застосування API через HTTPS для управління відкриттям з простої веб-сторінки або програми.
- Система не потребує додаткових спеціальних пристроїв.

Після визначення потреб і специфікацій потрібно оцінити наявні варіанти. В основному вибір був між Arduino, ESP32 та Raspberry Pi. На підставі аналізу і отриманих закономірностей у попередньому розділі для системи розумного відеодзвінка було обрано Raspberry Pi (див. опис у Розділі 3).

Було розроблено структурну схему розумного дзвінка з основними елементами системи, див. рис. 4.1. На рис. 4.2. представлена схема функціонування розумного дзвінка.

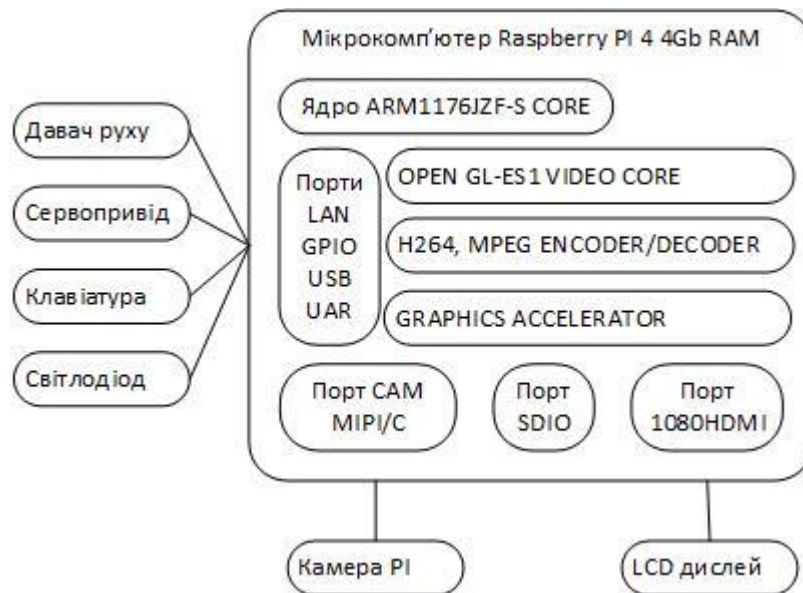


Рисунок 4.1. Структурна схема відеодзвінка.

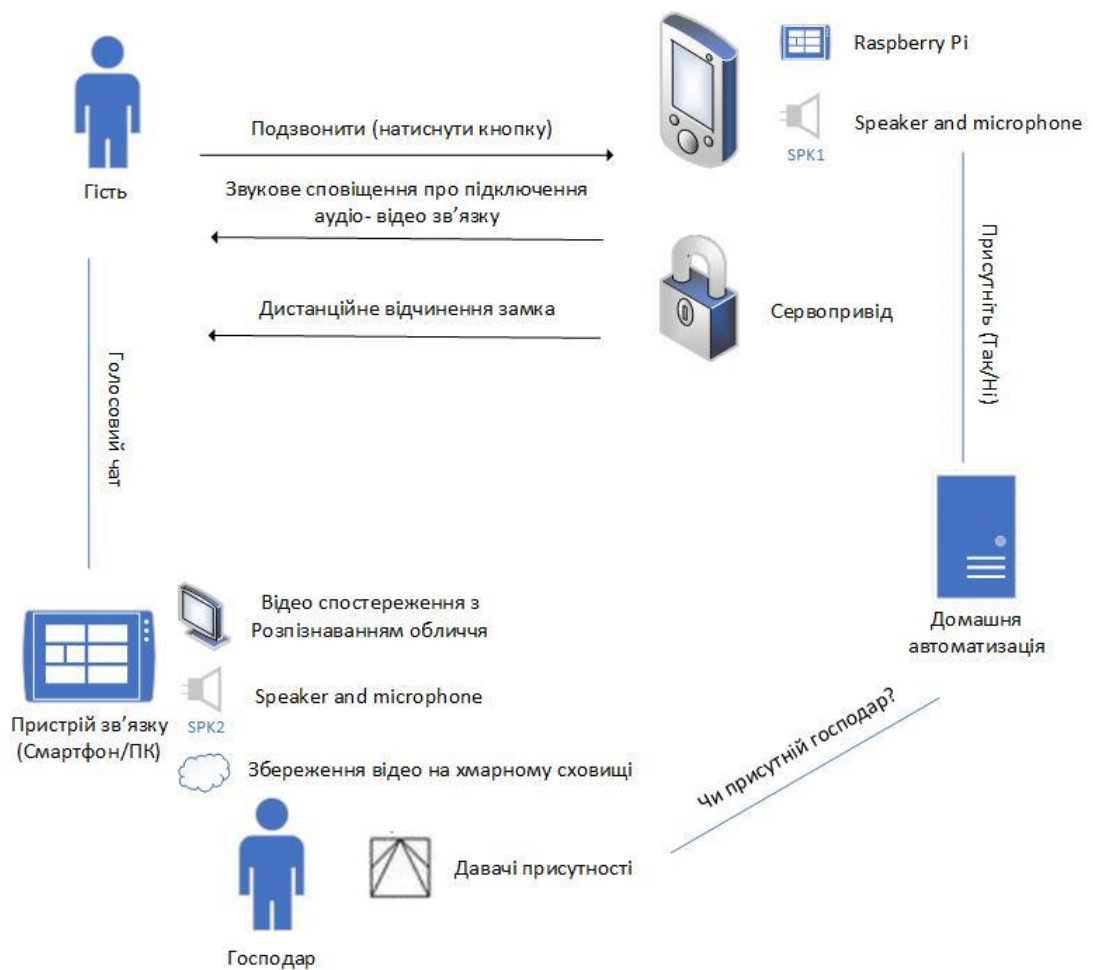


Рисунок 4.2. Функціональна схема роботи відеодзвінка.

4.2 Використані елементи системи розумного дзвінка

При розробці відеодзвінка на основі результатів аналізу, проведеному у Розділі 3, були вибрані такі елементи:

- Raspberry Pi 4 4 Гб оперативної пам'яті: даний мікрокомп'ютер включає в себе Wi-Fi, кілька програмованих контактів, які можна застосовувати для взаємодії із зовнішніми елементами, та операційну систему Linux (Raspbian).
- Веб-сервер: представляє функції, доступні через HTTPS для відкривання дверей.
- Для відкриття дверей або воріт було використано сервопривід, що живляться на 5 вольт. В моїй системі був використаний сервопривід MG996R.
- Відео камера Noir Camera V2.
- Інші: водонепроникний кейс, проводи “male-female”.

Потужність: Raspberry живиться від струму з напругою 5 вольт. Штепсель із зарядним пристроєм не міститься в коробці, тому я додав зовнішнє джерело живлення. Це також дозволило жити сервопривід та інші елементи. Таким чином, вдалося уникнути його перевантаження.

Для програмної реалізації використовується мова програмування Python разом з деякими вбудованими бібліотеками.

4.3 Сервомотор MG996R та його широтно-імпульсна модуляція

Raspberry Pi використовує свої шпильки введення / виведення загального призначення (GPIO) для управління різними датчиками, сервоприводами та індикаторами. Один із способів, за допомогою якого RPі може керувати датчиками та індикаторами – це широтно-імпульсна модуляція (ШІМ), де постійна напруга модулюється від включення до вимкнення протягом певного

періоду. Інверсія періоду представляє частоту ШІМ-циклу (це буде використано в кодї Python). Ширина імпульсу пов'язана з кількістю часу високої напруги, який іноді називають робочим циклом. Робочий цикл представляє тривалість часу, надану виробниками, яка змінює швидкість, кут, яскравість та інші корелятивні змінні даного пристрою. Наприклад, у технічному паспорті серводвигуна, що використовується (MG996R), зазначено, що робочий цикл в 1,5 мс повертає серводвигун на 0 градусів (по центру), робочий цикл 1,0 мс – на 90 градусів, робочий цикл 2,0 мс повертає двигун до +90 градусів.

Нижче показано роботу різних робочих циклів, починаючи від імпульсу 2 мс (10% робочого циклу) до 100% робочого циклу (без модуляції, завжди висока напруга). Зверніть увагу, що вказаний тут період ШІМ становить 20 мс (що відповідає періоду MG996R) і не змінюється; змінюється лише модульована ширина імпульсу (робочий цикл), що формує різні функції сервомотора, світлодіода тощо. На рис. 4.3. і на рис. 4.4. зображена широтно-імпульсна модуляція при різних значеннях Duty і Cycle. Наприклад, MG996R використовує імпульси в межах від 1 мс до 2 мс, які змінюють кут нахилу двигуна від 0 до 180 градусів (або –90 градусів до +90 градусів). На рис. 4.5. представлена широтно-імпульсна модуляція для (90% Duty Cycle – 18 ms).

Імпульсну хвилю можна змоделювати за допомогою розширення ряду Фур'є прямокутної хвилі, див. формула (4.1).

$$f(t) = \frac{\tau}{T} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{n\pi} \sin\left(\frac{n\pi\tau}{T}\right) \cos\left(\frac{2\pi n}{T}t\right), \quad (4.1)$$

де τ – тривалість імпульсу;

T – період сигналу ШІМ (тут 20 мс);

n – сума, що обчислюється Фур'є;

t – крок часу.

Нижче наведено реалізований ШІМ-сигнал з використанням представлення Фур'є:

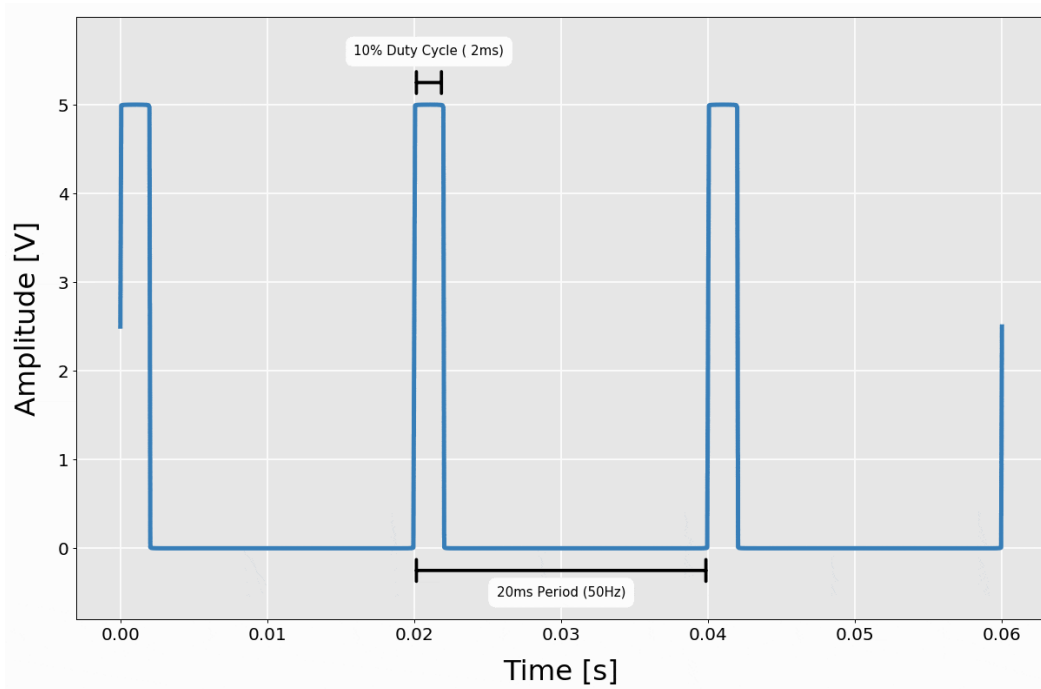


Рисунок 4.3. Широтно-імпульсна модуляція (10% Duty Cycle – 2 ms).

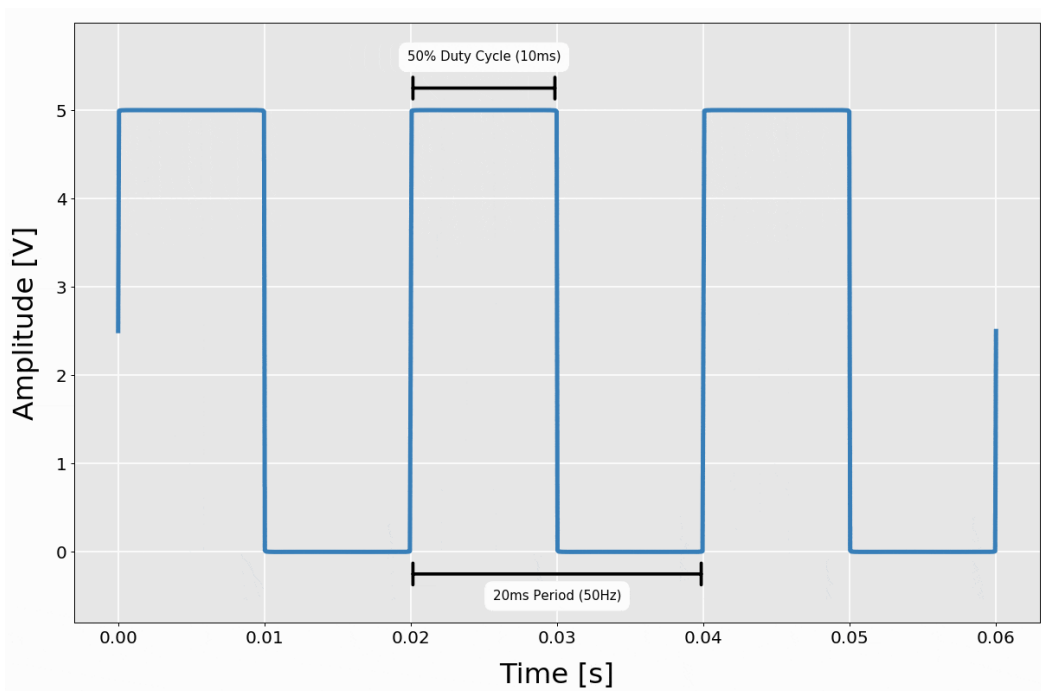


Рисунок 4.4. Широтно-імпульсна модуляція (50% Duty Cycle – 10 ms).

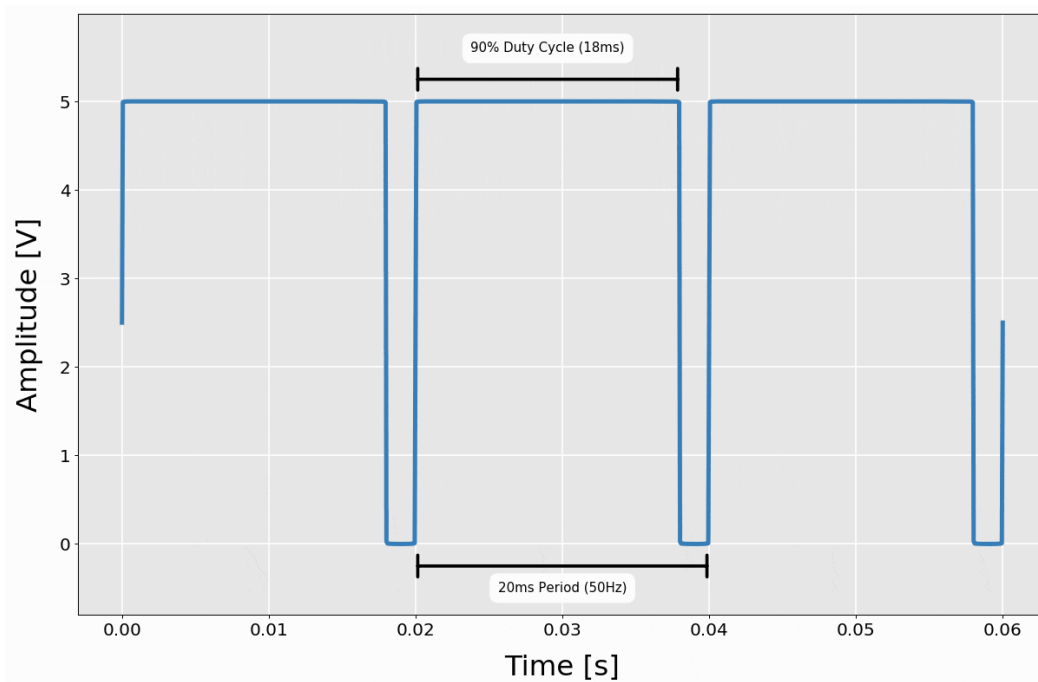


Рисунок 4.5. Широтно-імпульсна модуляція (90% Duty Cycle – 18 ms).

Широтно-імпульсна модуляція, показана вище, є основою того, як Raspberry Pi буде керувати сервомотором, що використовується.

Для сервомотора MG996R, що використовується, в технічному паспорті зазначено, що сервопривід можна розташувати на 0° з імпульсом 1 мс, 90° з імпульсом 1,5 мс і 180° з імпульсом 2 мс. Варіанти управління сервоприводом показані на рис. 4.6. Однак після деяких тестів з MG996R і Raspberry Pi було виявлено, що він був ближчим до 0,4 мс, 1,4 мс і 2,4 мс для тієї ж серії кутових рухів. Для характеристики окремого двигуна можуть знадобитися деякі незначні регулювання, однак більшість двигунів MG996R обертаються від 0° – 180° з шириною імпульсу 0,4 мс / 0,5 мс – 2,4 / 2,5 мс, це показано нижче.

Ці значення безпосередньо використовуватися в кодї Python на Raspberry Pi для управління сервоприводом та направлення двигуна на бажаний кут.

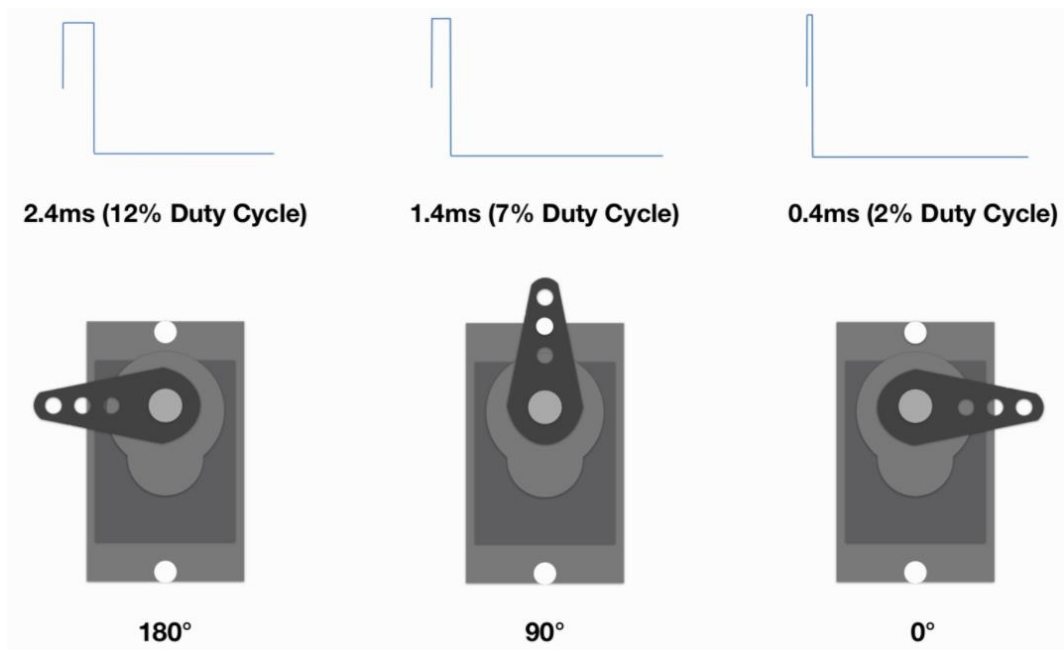


Рисунок 4.6. Варіанти управління сервоприводом MG996R.

4.4 Особливості підключення з Raspberry Pi

Широтно-імпульсна модуляція за допомогою Raspberry Pi проста завдяки своїм контактам GPIO та інтеграції з мовою програмування Python. Для початку Raspberry Pi підключаємо до сервомотора MG996R для управління ШІМ. Список деталей для системи розумного дзвінка наведено нижче:

1. Raspberry Pi 4 4b RAM.
2. MG996R сервомотор.
3. Проводи male-female.
4. Нічна камера Raspberry Pi NoIR Camera V2.
5. MicroSD карта та адаптер microSD.
6. Пластиковий корпус.
7. Блок живлення USB-C.
8. Кабель MicroHDMI.

На рис. 4.7. показані контакти GPIO, а на рис. 4.8. схема підключення для управління Raspberry Pi 4. Піни GPIO таким чином розташовані на Raspberry Pi 4 (більшість з яких відповідають іншим платам Raspberry Pi):

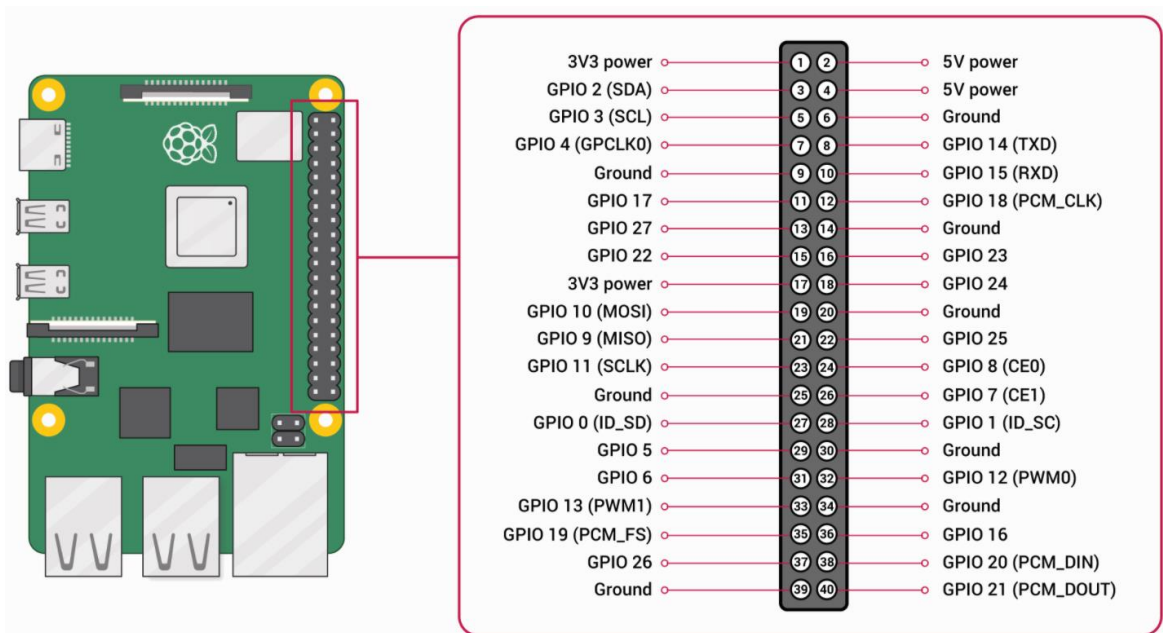


Рисунок 4.7. Контакти GPIO Raspberry Pi 4.

Таким чином, MG996R можна підключити до будь-якого з доступних контактів GPIO. Наприклад, зазвичай вибирається пін GPIO, який не має дужок поруч, наприклад – безпечно використовувати піни: 17, 27, 22, 5, 6, 26; 23, 24, 25, 16. Тут буде використано GPIO 13 – оскільки це призначений апаратний ШІМ-пін на лівій стороні RPi. Схема підключення управління сервоприводом MG996R через Raspberry Pi наведена нижче:

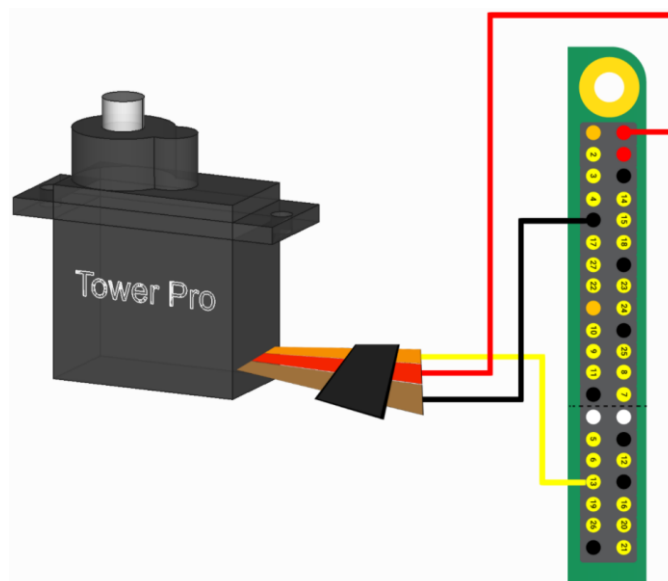


Рисунок 4.8. Схема підключення управління Raspberry Pi 4.

Використовуючи метод трипровідного підключення та протоколи ШІМ, про які йшла мова в попередньому підрозділі, ми можемо повністю керувати сервоприводом MG996R, використовуючи Python на Raspberry Pi. Методи і прийоми згаданого керування обговорюються в наступному підрозділі.

4.5 ШІМ на Raspberry Pi та управління сервоприводом

Відтепер сервомотор MG996R буде керуватися, використовуючи виключно помаранчевий провід. Червоний і коричневий провідники знаходяться під напругою 5 v із заземленням. Таким чином, модулюючи напругу на GPIO 13 RPi, який підключений до помаранчевого дроту сервоприводу, MG996R буде обертатися, як це передбачено шириною імпульсу від 2 до 12 відсотків. На рис. 4.9. наведений фрагмент коду, що забезпечує керування обертанням MG996R. У Python цей процес кодуємо таким чином:

```
1  ▶ #!/usr/bin/python
2  import sys
3  import time
4  import RPi.GPIO as GPIO
5
6  def main(argv):
7      start = argv[1]
8      end = argv[2]
9      delay = argv[3]
10     loop = argv[4]
11
12     GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
13     GPIO.setwarnings(False)
14     GPIO.setup(11, GPIO.OUT)
15
16     servol = GPIO.PWM(11, 50)
17     servol.start(0)
18     for i in range(0, int(loop)):
19         for dc in range(int(start), int(end), 1):
20             servol.ChangeDutyCycle(2+(dc/18))
21             time.sleep(float(delay))
22             servol.ChangeDutyCycle(0)
23             time.sleep(0.3)
24             print(dc)
25
26     servol.stop()
27     GPIO.cleanup()
28
29  ▶ if name == " main ":
30     if len(sys.argv) < 5:
31         print_"servo.py <start> <end> <delay> <loop>")
32     else:
33         main(sys.argv)
```

Рисунок 4.9. Фрагмент коду управління обертанням MG996R.

Процес роботи сервопривода представлено на фото (див. рис. 4.10.).



Рисунок 4.10. Демонстрація роботи MG996R.

4.6 Підключення камери та її можливості

При реалізації відеодзвінка використовується камера: Raspberry Pi NoIR Camera v2, вона зображена на рис. 4.11, а мікрокомп'ютер з цією камерою зображений на рис. 4.12.

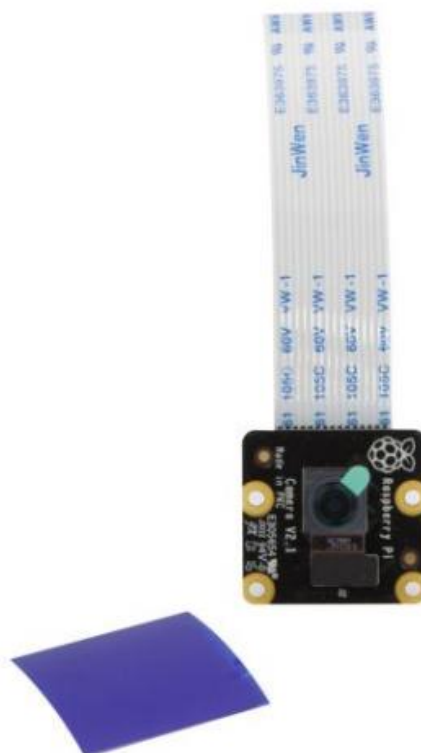


Рисунок 4.11. Робота Raspberry Pi NoIR Camera v2.

NoIR Camera v2 – це офіційна плата камери «нічного бачення», випущена Raspberry Pi.

Плата камери Raspberry Pi NoIR v2 – це високоякісний 8-мегапіксельний давач зображення для Sony IMX219, додаткова плата для Raspberry Pi із об'єктивом із фіксованим фокусом. Вона здатна отримувати статичні зображення розміром 3280*2464 пікселів, а також підтримує відео 1080p30, 720p60 та 640*480p60 / 90.

Камера кріпиться до Raspberry Pi за допомогою одного з невеликих роз'ємів на верхній частині плати і використовує спеціальний інтерфейс CSI, призначений спеціально для взаємодії з камерами.

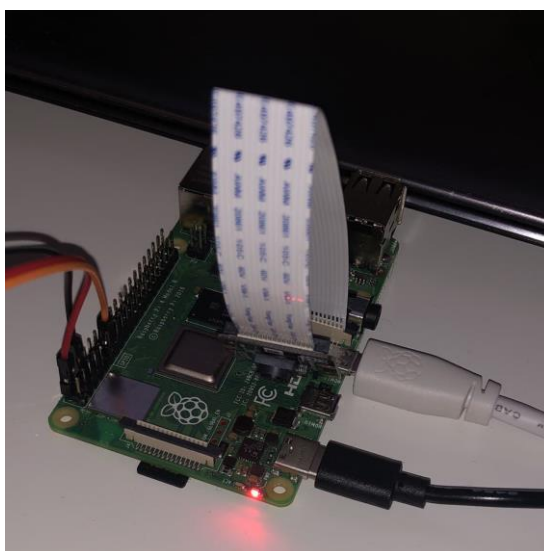


Рисунок 4.12. Мікрокомп'ютер з камерою Raspberry Pi NoIR.

Камера NoIR не має інфрачервоного (NoIR) фільтра на об'єктиві, що робить її ідеальною для інфрачервоної фотозйомки та зйомки в умовах слабкого освітлення (сутінки).

Плата камери Raspberry Pi NoIR v2 має:

- Покращену роздільну здатність.
- Високоякісний 8-мегапіксельний давач зображення високої якості Sony IMX219.

- Камера здатна отримувати статичні зображення 3280*2464 пікселів.
- Знімати відео з роздільною здатністю 1080p30, 720p60 та 640*480p90.
- Все програмне забезпечення підтримується в останній версії операційної системи Raspbian.
- Немає інфрачервоного фільтра, що робить його ідеальним для зйомки інфрачервоних фотографій або фотографування об'єктів в умовах слабкого освітлення (сутінки).
- 1,4 мкм x 1,4 мкм піксель із технологією OmniBSI для високої продуктивності (висока чутливість, низькі перехресні перешкоди, низький рівень шуму).
- Оптичний розмір 1/4".

Сама плата крихітна, приблизно 25*23*9 мм. Вона важить трохи більше 3 г, що робить її ідеальною для мобільних пристроїв та інших програм, де розмір і вага важливі.

Підключити пікамеру до RPі досить просто – і Рі камера, і RPі мають стрічкові входи, де вводиться товстий стрічковий кабель. Для RPі Zero стрічковий кабель звужується до більш тонкого профілю, куди слід підключити Рі. Срібні доріжки завжди повинні контактувати з доріжками, до яких він підключений – доріжки на стрічці можуть бути пошкоджені, якщо стрічка неправильно вставлена в прорізи RPі або Рі камери.

Початковою точкою для роботи камери є забезпечення її включення у конфігурації Raspberry Pi, перейшовши до «Налаштування → Конфігурація Raspberry Pi», вибравши вкладку «інтерфейси» і, натиснувши «увімкнути» біля опції камери. На рис. 4.13. описана конфігурація камери. Після цього процесу, можливо, доведеться перезапустити Pi.

Після увімкнення модулю камери необхідно переконатися, що у використовуваній версії Python, встановлена бібліотека `picamera`. Найпростіший спосіб зробити це – відкрити IDLE та імпортувати модуль `picamera`, як показано нижче:

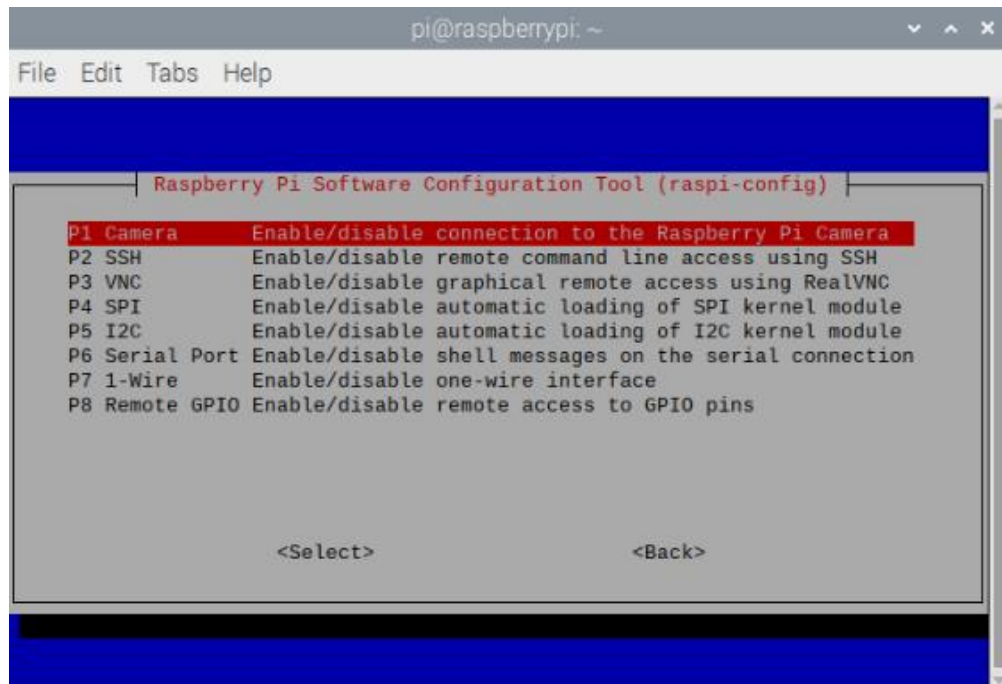


Рисунок 4.13. Конфігурація камери для Raspberry Pi.

Import picamera

Наведений нижче код видає 5-секундний повноекранний попередній перегляд, робить статичне зображення та зберігає його як файл .jpg. Після перевірки збереженого зображення ми можемо зробити висновок, що бібліотека камери **picamera** та Python працює:

```
from time import sleep
from picamera import PiCamera
camera = PiCamera()
camera.resolution = (2560,1936)
camera.start_preview()
sleep(5)
camera.capture('test.jpg')
camera.stop_preview()
```

Нижче представлено код захоплення відео камерою, див. рис. 4.14. Важливою функцією системи є розпізнавання обличчя гостя.

```

1 # Importing Packages
2 import cv2
3
4 haar_cascade=cv2.CascadeClassifier("haarcascade_frontalface_alt2.xml")
5 ds_factor=0.6
6
7 class VideoCamera(object):
8     #Capture video from camera
9     def __init__(self):
10        self.video = cv2.VideoCapture(0)
11
12    def __del__(self):
13        self.video.release()
14
15    def get_frame(self):
16        stream, image = self.video.read()
17        image=cv2.resize(image,None,fx=ds_factor,fy=ds_factor,interpolation=cv2.INTER_AREA)
18        gray=cv2.cvtColor(image,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
19        obect_rects=haar_cascade.detectMultiScale(gray,1.3,5)
20
21        for (x,y,w,h) in obect_rects:
22            cv2.rectangle(image,(x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2)
23            break
24        ret, jpeg = cv2.imencode('.jpg', image)
25        return jpeg.tobytes()

```

Рисунок 4.14. Фрагмент коду захоплення відео камерою.

4.7 Функції розпізнавання обличчя і відчинення дверей

Написана програма по розпізнанню обличчя гостя. Перевагою нічної відеокамери є можливість бачення у темряві. Результат розпізнавання обличчя демонструється на рис. 4.15.

Для дистанційного відкриття входних дверей господар повинен натиснути кнопку на телефоні або ПК для відкриття дверей.

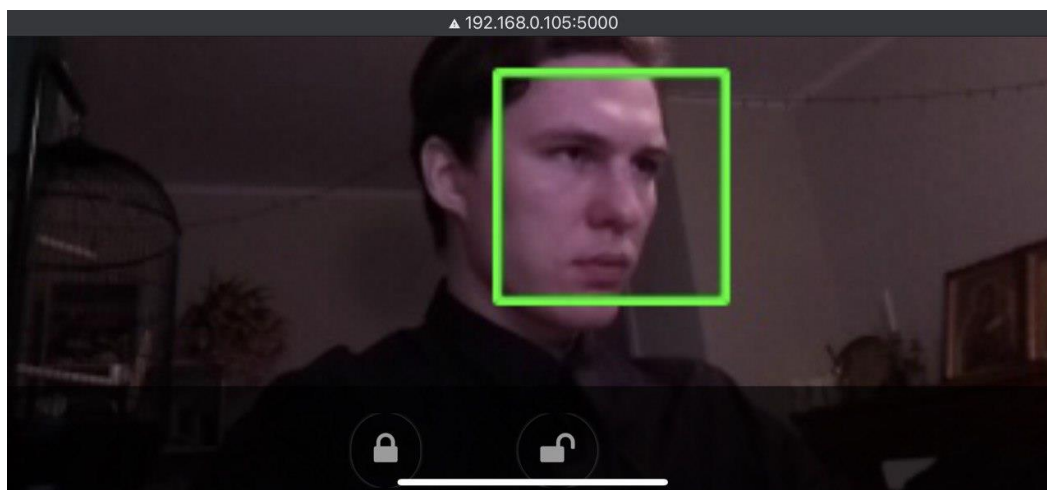


Рисунок 4.15. Результат розпізнавання обличчя камерою.

4.8 Вдосконалення та варіанти можливих впроваджень

1. *Безпека*

- Щоб надати проекту більше безпеки під час підключення до Інтернету, слід зробити огляд конфігурацій, механізмів автентифікації, брандмауера, операційної системи тощо.

2. *Аудіо*

- Додавання аудіо зв'язку. Оптимізувати енергоспоживання та зменшити шум, коли система не використовується.

3. *Функції*

- Додайте розпізнавання обличчя для автоматичного відкривання дверей.

4. *Розвиток*

- Представити справжній API на основі стандартів для інтеграції з іншими системами домашньої автоматизації та віртуальними помічниками.
- Закріпити проводку.
- Зробити власний корпус за допомогою 3D-друку.

4.9 Аналіз вартості систем розумного дзвінка

На сьогодні існує достатня кількість серійних виробів розумних дзвінків різних фірм. Автором проведено порівняльний аналіз функціональних можливостей та цін розумних дзвінків різних виробників. У цьому підрозділі в табл. 4.1 наведені дані дев'яти найпопулярніших виробників. Визначені ключові характеристики розробки розумного дзвінка дев'яти виробників.

Nest. Останнє доповнення до сімейства розумних домашніх пристроїв Nest – це відеодзвінок Nest Hello за 229 \$, який дозволяє дізнатися, хто стукає, не відчиняючи двері. Це перший дверний дзвінок, який використовує технологію розпізнавання обличчя для ідентифікації людей і він дозволяє відтворювати попередньо записане повідомлення, коли господар не може підійти до дверей.

Хоча функція розпізнавання обличчя працює досить коректно, але доводиться додатково платити, щоб використовувати її та отримати доступ до кількох інших функцій. Так, наприклад, для увімкнення запису відео SkyBell HD пропонує хмарне сховище за 30 доларів.

Переваги: Витончений дизайн. Розпізнавання обличчя. Виявлення руху та звуку. Чітке HD-відео. Працює з Amazon Alexa та Google Assistant.

Недоліки: Налаштування вимагає роботи з електропроводкою. Повинна бути наявна звукова коробка. Для багатьох функцій потрібна підписка на Nest Aware

Arlo Video Doll. Дзвінок отримав високу оцінку за якісне HDR-відео, просту установку та взаємодію з Alexa. Остання пропозиція компанії Arlo Essential Video Doorbell Wireless (199,99 \$), пропонує чудову якість відео та працює з розумними домашніми пристроями. І як випливає з назви, тепер він працює від акумулятора, що робить його альтернативою дзвінку Ring Video Doorbell 3 Plus за 229,99 \$, якщо потрібен бездротовий відеодзвінок.

Переваги: HDR-відео з високою роздільною здатністю. Концентратор не потрібен. Дротова або бездротова робота. Підтримує Amazon Alexa та Google Assistant. Працює з великою кількістю сторонніх пристроїв.

Недоліки: Велика вартість. Записане відео та розумні сповіщення вимагають передоплати.

SkyBell HD (199 \$) може виглядати як оригінальний дзвінок SkyBell Video Doorbell, який анонсований ще в 2015 році, але на цьому подібність закінчується. Ця версія забезпечує надзвичайно детальне відео у 1080p із кольоровим нічним баченням та знімає кілька секунд кадру до ініційованої події. Він також інтегрується з численними сторонніми розумними домашніми пристроями та постачається з безкоштовним хмарним сховищем для записаного відео, що є рідкістю в цій категорії. Таким чином, це чудовий вибір для відеодзвінків.

Переваги: Простота установки. Чітке відео 1080р. Кольорове нічне відео. Виявлення руху з попередньою буферизацією. Безкоштовне хмарне сховище. Працює з іншими розумними пристроями. Підтримує голосові команди IFTTT та Alexa.

Недоліки: Немає веб-програми. Деякі голосові спотворення.

Ring Video Doorbell (59,99 \$) – це синонімом розумних дверних відеодзвінків, його найменша та найдоступніша модель. Як випливає з назви, для цього потрібна проводка, але все ще досить проста в установці. Він підтримує голосове управління Amazon Alexa та аплети IFTTT, але для доступу до записаного відео та декількох інших функцій потрібна підписка Ring Protect.

Переваги: Доступний. Простота установки. Чітке HD-відео. Працює з Alexa. Багатий функціями сторонньої підтримки.

Недоліки: Не працює з наявним звуковим сигналом. Потрібна проводка. Підписка потрібна для перегляду записаного відео та доступу до інших функцій. Не вистачає підтримки Apple HomeKit та Google Assistant.

Vivint Smart Home отримує значне оновлення завдяки камері Vivint Doorbell Pro (249 \$). Ця версія підтримує витончену естетику оригіналу, але оснащена потужнішою камерою HDR, яка забезпечує надшироке поле зору, щоб можна бачити навіть поріг. Він також використовує переваги технології аналітики Smart Sentry від Vivint, яка подає сигнал тривоги, щоб зловмисник знав, що його помітили. Камера забезпечує надзвичайну якість зображення під час тестування та добре працювала з іншими встановленими пристроями Vivint.

Переваги: Відмінна якість відео HDR. Чітке збільшення. Двосмуговий Wi-Fi. Широке поле зору. Взаємодіє з іншими пристроями Vivint. Голосове управління.

Недоліки: Велика вартість. Не підтримує IFTTT.

Video Doorbell Pro від SimpliSafe (169 \$) – це модернізований розумний дзвінок, що пропонує чітке відео 1080р HDR, чітке нічне бачення, сигнали тривоги та відеозапис, а також широке поле зору. Він не пропонує підтримку

голосових команд Amazon Alexa та Google Assistant та аплетів IFTTT, які отримуються завдяки дорожчому вибору редакторів Ring Video Doorbell Pro. Якщо вже придбана екосистема SimpliSafe, варто встановити налаштування, щоб тримати злочинців на відстані.

Переваги: Неймовірна якість відео HDR. Працює з пристроями безпеки SimpliSafe. Простота установки.

Недоліки: Потрібна передплата для перегляду записаного відео. Не підтримує IFTTT або голосові команди. Використовує існуючу проводку для дверного дзвінка і не пропонує еквівалента від батареї.

Дзвінок **FrontPoint Safe Home** ще в 2017 році став відомим завдяки простоті встановлення, чутливості давачів та гарному виборі компонентів. Але ціни досить високі. З тих пір FrontPoint оновив свій центр і додав деякі нові опції.

Переваги: Простота установки. Багато варіантів компонентів. Працює з голосовими командами Alexa та Google Assistant. Договір не потрібен.

Недоліки: Не підтримує IFTTT. Дорогі щомісячні плани.

Розумний відеодзвінок у двері може бути найважливішим пристроєм домашньої охорони, оскільки він дозволяє побачити, хто знаходиться біля дверей, перш ніж їх відчинити. Як і у більшості відеодзвінків **Zmodo Greet Pro With Beam** (199 \$) дозволяє використовувати телефон для спостереження та спілкування з відвідувачами, а також він має давач руху, який забезпечуватиме відеозапис, який зберігається в хмарі.

Переваги: Чітка якість відео 1080р. Чітке нічне бачення. Безкоштовне та платне хмарне сховище.

Недоліки: Не працює з іншими розумними домашніми пристроями.

DoorBird D101 (349 \$) є останнім гравцем на ринку цифрових домашніх відеодзвінків. Подібно до Ring та SkyBell, DoorBird надсилає відео у реальному часі на ваш смартфон, коли хтось дзвонить, і дозволяє вам спілкуватися з людиною з іншого боку, не відчиняючи дверей. DoorBird забезпечує чітке відео в режимі реального часу у форматі 720р та якісне нічне бачення. Це також

коштує приблизно на 150 \$ дорожче, ніж його конкуренти, а установка вимагає трохи ноу-хау з проводки.

Переваги: Чітка якість відео 1080р. Чітке нічне бачення. Безкоштовне та платне хмарне сховище.

Недоліки: Не працює з іншими розумними домашніми пристроями.

В таблиці 4.1. наведена калькуляція запропонованого автором розумного дзвінка. Власна розробка виявилася дешевшою на 20 \$ від найдешевших аналогів.

Авторська розробка порівнюється зі згаданими серійними розумними дзвінками за визначеними характеристиками, див. таблицю 4.2.

Таблиця 4.1 – Вартість складових розумного дзвінка

№ зп	Компонент	Ціна
1.	Raspberry Pi 4	35\$
2.	Pi NoIR Camera V2	15\$
3.	Сервопривід MG996R	5\$
4.	Корпус Raspberry Pi	6\$
5.	Кнопка	5\$
6.	Провідники	1\$
7.	Мікрофон	7\$
8.	Динамік	5\$
9.	Вартість усього	79\$

Таблиця 4.2 – Порівняння різних характеристик розумних дзвінків

№ зп	Характеристики розробки	Системи розумних дзвінків									
		Nest	Arlo	SkyBell	Ring	Vivint	Simpli Safe	Front-point	Zmodo	Door-bird	Авторська розробка
1.	Рівень безпеки	9,2	8,5	8,7	9,1	7,9	7,8	7,5	7,2	6,9	9,0
2.	Підключення	WiFi/ Bluetooth	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi
3.	Двосторонній аудіо зв'язок	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4.	Живлення	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне
5.	Відео онлайн	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6.	Кут огляду	150	160	162	160	160	160	120	160	160	160
7.	Якість відео	1600*1200	1080p	1440p	1080p	1080p	720p	1080p	720p	1080p	1080p
8.	Зберігання відео	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара
9.	Підтримка Alexa	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10.	Підтримка Google Home	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
11.	Щомісячна оплата	5\$	8\$	5\$	3\$	-	10\$	5\$	5\$	12\$	-
12.	Нічне бачення	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+
13.	Ціна	229\$	149\$	199\$	99\$	249\$	169\$	189\$	149\$	299\$	79\$

Примітка: знаком + (плюс) позначено, що функція є в наявності;
знаком - (мінус) позначено, функція відсутня.

4.10 Висновки по розділу

В межах виконання КМР було реалізовано систему розумного дзвінка на власних ініціативних засадах. Запропонований пристрій дозволяє розпізнавати обличчя гостя, дистанційно відчиняти замок дверей, зберігати відео у хмарному сховищі та забезпечувати багато інших можливостей. Розробка відрізняється від аналогічних тим, що вона, в першу чергу, зорієнтована на людей з обмеженими можливостями. За підрахунками автора вартість розробки є дещо меншою за існуючі аналоги.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра отримано такі результати:

1. Проведений аналіз існуючих систем та IoT-рішень розумного будинку та розумного дзвінка.

2. Визначено основні категорії сервісів розумного будинку. Проведений аналіз ролі і місця розумного дзвінка. Описані групи людей з пріоритетами до відповідних послуг.

3. Визначені архітектурні елементи системи розумного дзвінка в уніфікованій архітектурі розумного будинку.

4. Зроблено порівняльний аналіз апаратного та програмного забезпечення відеодзвінків. Розроблено структурну та функціональну схеми системи «Розумний дзвінок», як компоненту розумного будинку.

5. На базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 з ОС Raspberry реалізований варіант системи «Розумний дзвінок», зорієнтований на людей з особливими можливостями.

6. Матеріали роботи доповідалися на:

- IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції студентів та аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем» – Київ: НУБіП 2021.
- 87 International scientific conference of young scientist and students «Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution» – Kyiv: NFU 2021.
- «VII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих науковців» – Київ: університет ім. Б. Грінченка 2020.
- «VI Міжнародної науково-практичної конференції» – Київ: КНУ 2019.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз застосування хмарних технологій для додатків Інтернету речей. Дип. робота Дикого А. І. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28098/1/Dikiy_bakalavr.pdf (дата звернення: 02.04.2021).
2. Как работает IoT: анализ технических решений. Часть 1. URL: <https://axmor.ru/articles/tehnologiya-iot-analiz-tehnicheskikh-reshenij/> (дата звернення: 12.03.2021).
3. Технология «умный дом»: что это? URL: <https://giox.ru/blogs/smart-home-explained> (дата звернення: 19.04.2021).
4. Чичкань А.І. Розв'язання питань безпеки в системах розумного будинку. Матеріали 87 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 15–16 квітня 2021 р. – К.: НУХТ, 2021 р. – Ч.2. – С.395. URL: <http://conferencenuft.ho.ua/Books%20of%20abstracts/2021/Part%202.pdf> (дата звернення 05.05.2021).
5. Чичкань А.І. Підходи до вирішення проблем безпеки розумного дверного дзвінка. зб. тез IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференція студентів та аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем», 29 кві. 2021 р., Київ, –К: НУБіП, 2021. –С.92-94. URL: <https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u349/programa.pdf> (дата звернення: 05.05.2021).
6. Чичкань А.І. Стандарти мобільної мережі для інтернету речей в Україні / О.Є. Колесніков, А.І. Чичкань // Інформаційні технології та взаємодії (IT&I – 2019): матеріали доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції, Київ, 20 грудня 2019 р. – Київ: КНУ імені Тараса Шевченка, 2019. –С. 130-136. URL: <http://iti.fit.univ.kiev.ua/uk/iti-2019/> (дата звернення: 08.05.2021).
7. Чичкань А.І. Туманні обчислення в IoT-системах / А.І. Чичкань // Інформаційні технології – 2020 (ISSN 2664-2638): зб. тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих науковців, 21 трав. 2020 р., Київ, –К: Київ. університет ім. Б. Грінченка, 2020. –С.140-142. URL: <https://zcit.kubg.edu.ua/index.php/journal/issue/view/8/14> (дата звернення: 08.05.2021).
8. 33% of Smart Home Device Owners Report Increased Usage During the COVID-19 Pandemic URL: <https://www.sdmomag.com/articles/98979-of-smart-home-device-owners-report-increased-usage-during-the-covid-19-pandemic> (дата звернення: 08.05.2021).
9. 4 Biggest Smart Home Opportunities in 2020. URL: <https://www.cepro.com/markets/4-biggest-smart-home-opportunities-in-2020/> (дата звернення: 08.05.2021).
10. A Review of Smart Homes – Past, Present, and Future URL: https://www.researchgate.net/publication/262687986_A_Review_of_Smart_Homes_-_Past_Present_and_Future (дата звернення: 08.05.2021).

11. A. V. Berlo, A. Bob, E. Jan, F. Klaus, H. Maik, W. Charles, Design Guidelines on Smart Homes, A COST 219bis Guidebook. European Commission, 1999.
12. AWS IoT. Сервисы IoT для промышленных, потребительских и коммерческих решений. URL: <https://aws.amazon.com/ru/iot/> [02.04.2021].
13. Azure IoT Central. URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/services/iot-central/> (дата звернення: 22.05.2021).
14. B. Winkler, An Implementation of an Ultrasonic Indoor Tracking System Supporting the OSGi Architecture of the ICTA Lab, Master's thesis, University of Florida, 2002.
15. Beginner's Guide on Choosing the Right Camera Modules for Your Raspberry Pi or Jetson Nano Dev Kit Publication date: 2019-12-15. URL: <https://evo.net.ua/izuchaem-raspberry-pi.-chast-8.-modul-kamery-raspberry-pi/> (дата звернення: 11.04.2021).
16. Best Single-Board Computers for Every Use and Budget in 2021. Publication date: 2021-02-11. URL: <https://www.electromaker.io/blog/article/best-single-board-computers> (дата звернення: 11.04.2021).
17. Best Smart Home Ecosystem by Michael Hoyt. URL: <https://lifeonai.com/best-smart-home-ecosystem/> (дата звернення: 19.04.2021).
18. Best Video Doorbells of 2021. Consumer Reports' tests identify the best models to ward off porch pirates and ding-dong ditchers Publication date: 2021-03-03. URL: <https://www.consumerreports.org/video-doorbells/best-video-doorbells-of-the-year/> (дата звернення: 04.04.2021).
19. Biggest Smart Home Opportunities in 2020, by Mitch Klein October 12, 2020. URL: <https://www.cepro.com/markets/4-biggest-smart-home-opportunities-in-2020/> (дата звернення: 19.04.2021).
20. CAT - The Health and Social Care Change Agent Team. URL: http://www.changeagentteam.org.uk/_library/docs/housing/smarthome.pdf [19.04.2021].
21. Choosing a Single Board Computer: Top 8 Considerations. Publication date: 2021-02-21. URL: <https://www.curtisswrightds.com/news/blog/choosing-a-single-board-computer.html> (дата звернення: 11.04.2021).
22. Cloud IoT Core. URL: <https://cloud.google.com/iot-core/> (дата звернення: 02.04.2021).
23. Complete Wireless Doorbell Guide: Options, Pros and Con. URL: <https://www.homestratosphere.com/wireless-doorbells/> [04.04.2021].
24. D. Briere, P. Hurley, Smart Homes for Dummies, John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA, 2003.
25. D. Pishva, K. Takeda, "A Product Based Security Model for Smart Home Appliances", Proc. of 40th Annual IEEE Int. Carnahan Conf. Security Technology, 2006, pp. 234 – 242.

26. D. Pishva, K. Takeda, “Product Based Security Model for Smart Home Appliances”, IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 23, pp. 32 – 41, Oct. 2008
27. Danger at the door! Consumer expert warns how video doorbells can be a security threat Is your smart doorbell making you vulnerable to theft? URL: <https://www.idealhome.co.uk/news/video-doorbell-security-threat-260372> (дата звернення: 09.04.2021).
28. Darras Living Blog. Your source for the latest health, disability and insurance news and tips. URL: <https://www.longtermdisabilitylawyer.com/2015/08/pros-cons-smart-home/> (дата звернення: 19.04.2021).
29. Dasgupta A., Gill FQ, Hussain F. Privacy of IoT-Enabled Smart Home Systems. DOI: 10.5772/intechopen.84338. Publication date: 2019-02-20. URL: <https://www.intechopen.com/books/internet-of-things-iot-for-automated-and-smart-applications/privacy-of-iot-enabled-smart-home-systems> (дата звернення: 04.04.2021).
30. Delaney John R. The Best Video Doorbells for 2021. Publication date: 2021-03-25. URL: <https://www.safety.com/how-do-doorbell-cameras-work> (дата звернення: 04.04.2021).
31. Domb M. Smart Home Systems Based on Internet of Things DOI: 10.5772/intechopen.84894. Publication date: 2019-02-28. URL: <https://www.intechopen.com/books/internet-of-things-iot-for-automated-and-smart-applications/smart-home-systems-based-on-internet-of-things> (дата звернення: 12.03.2021).
32. E. D. Manley, H. A. Nahas and J. S. Deogun, “Localization and Tracking in Sensor Systems”, in Proc. of the IEEE Int. Conf. on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing, 2006, pp. 237-242.
33. Home Assistant documentation. URL: <https://www.home-assistant.io/docs/> (дата звернення: 11.04.2021).
34. How Do Doorbell Cameras Work. Publication date: 2019-02-18. URL: <https://www.vivint.com/resources/article/how-do-doorbell-cameras-work> (дата звернення: 04.04.2021).
35. How Do Doorbell Cameras Work? Publication date: 2021-01-28. URL: <https://www.safety.com/how-do-doorbell-cameras-work> [02.04.2021].
36. How peace, dignity and equality on a healthy planet URL: <http://www.un.org/News/Press/docs//2007/pop952.doc.htm> (дата звернення: 19.04.2021).
37. IBM Watson IoT Platform. URL: <https://developer.ibm.com/answers/questions/427732/difference-between-ibm-cloud-amazon-aws-microsoft/> (дата звернення: 02.04.2021).
38. Ismail Y. Internet of Things (IoT) for Automated and Smart Applications DOI: 10.5772/intechopen.77404. Publication date: 2019-11-27. URL: <https://www.intechopen.com/books/internet-of-things-iot-for-automated-and-smart-applications> (дата звернення: 12.04.2021).

39. J. Hightower and G. Borriello, "Location systems for ubiquitous computing", *Computer*, vol. 34, pp.57-66, Aug. 2001.
40. Jian MS, Wu JY, Chen JY, Li YJ, Wang YC, Xu HY. IOT Base Smart Home Appliances by Using Cloud Intelligent Tetris Switch; 19-22 February 2017; ICACT, ISBN 978-89-968650-9-4, 2017.
41. Jian MS, Wu JY, Chen JY, Li YJ, Wang YC, Xu HY. IOT Base Smart Home Appliances by Using Cloud Intelligent Tetris Switch; 19-22 February 2017; ICACT, ISBN 978-89-968650-9-4, 2017.
42. Khan NS, Ghani S, Haider S. Real-time analysis of a sensor's data for automated decision making in an IoT-based smart home. *Sensors*. 2018;18:1711. DOI: 10.3390/s18061711.
43. Lia B, Yub J. Research and application on the smart home based on component technologies and internet of things. Elsevier, *Procedia Engineering*; Vol. 15. 2011. pp. 2087-2092. 2011:1877-7058. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.08.390
44. Lia B, Yub J. Research and application on the smart home based on component technologies and internet of things. Elsevier, *Procedia Engineering*; Vol. 15. 2011. pp. 2087-2092. 2011:1877-7058. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.08.390.
45. M. Chan, D. Estève , C. Escriba and E. Campo, "A review of smart homes- Present state and future challenges", *Computer Methods and Programs in Biomedicine* , vol. 91 , pp.55-81, Jul. 2008.
46. R. J. Robles, T-H. Kim, "Review: Context Aware Tools for Smart Home Development", *International Journal of Smart Home*, vol. 4, pp.1-12, Jan 2010.
47. R. Lutolf, "Smart Home concept and the integration of energy meters into a home based system," in *Proc. 7th Int. Conf. Metering Apparatus and Tariffs for Electricity Supply*, 1992, pp.277-278.
48. Raspberry Pi OS. URL: <https://www.raspberrypi.org/documentation/raspbian/> (дата звернення: 11.04.2021).
49. ReSpeaker Product Guide. Publication date: 2020-08-17. URL: https://wiki.seeedstudio.com/ReSpeaker_Product_Guide/ (дата звернення: 11.04.2021).
50. Risteska Stojkoska BL, Trivodaliev KV. A review of internet of things for smart home: Challenges and solutions. *Journal of Cleaner Production*. Part 3. 2017 January 1;140(3):1454-1464.
51. Security flaws in smart doorbells may open the door to hackers. Publication date: 2020-11-23. URL: <https://www.welivesecurity.com/2020/11/23/security-flaws-smart-doorbells-open-door-hackers/> (дата звернення: 09.04.2021).
52. Selecting an LED and finding the correct size resistor. Publication date: 2017-08-07. URL: <https://www.microcontrollertips.com/selecting-led-finding-correct-size-resistor/> (дата звернення: 11.04.2021).

53. Shifting Support Needs: Opportunities for Remote Solutions URL: <https://www.parksassociates.com/marketfocus/support-remote-solutions> (дата звернення: 19.04.2021).
54. Smart doorbells 'easy target for hackers' study finds. Publication date: 2020-11-23. URL: <https://www.bbc.com/news/technology-55044568> (дата звернення: 11.04.2021).
55. The best smart home systems 2021: Top ecosystems explained. URL: <https://www.the-ambient.com/guides/smart-home-ecosystems-152> (дата звернення: 19.04.2021).
56. The Definitive History of Smart Home Devices URL: <https://www.smarthomepoint.com/history/> (дата звернення: 11.04.2021).
57. The Pros and Cons of Home Automation Systems. URL: <https://www.thinkenergy.com/pros-cons-home-automation> (дата звернення: 19.04.2021).
58. Top 15 Standard IoT Protocols That You Must Know About. URL: <https://www.ubuntupit.com/top-15-standard-iot-protocols-that-you-must-know-about/> (дата звернення: 11.04.2021).
59. Vinodhan D, Vinnarasi A. IOT based smart home. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). 2016;5(10):35-38.
60. World Health Organization. URL: <http://www.who.int/disabilities/en/> (дата звернення: 19.04.2021).

ДОДАТКИ

Додаток А.

Перелік використовуваних термінів

2G	скорочення для позначення технологій бездротового телефонного зв'язку другого покоління.
3G	скорочення для позначення технологій бездротового телефонного зв'язку третього покоління.
802.11n	сучасний стандарт IEEE бездротових локальних мереж, заснований на бездротовій передачі даних в діапазоні 2.4 ГГц.
API	Прикладний програмний інтерфейс, від англ. <i>Application Programming Interface</i> .
ARPA-net	Arpanet, від англ. <i>Advanced Research Projects Agency Network</i> . Мережа Агентства передових досліджень. Мережа, яку вважають початком Інтернету.
COVID-19	Коронавірусна інфекційна хвороба 2019
DARPA	Агентство передових оборонних дослідницьких проєктів, від англ. <i>Defense Advanced Research Projects Agency</i> .
HTTPS	має використовуватися протокол HTTP, але з додатковим шаром шифрування/автентифікації.
IFTTT	Інтернет-послуга «If This then That».
IoT	Internet of Things. Інфраструктура Інтернету речей взаємопов'язаних об'єктів, людей, систем.
LED	Світлодіод, від англ. <i>Light-Emitting Diode</i> .
NIST	Національний інститут стандартів і технологій (в США).
RSA	Абревіатура від англ. прізвищ Rivest, Shamir та Adleman) – криптографічний алгоритм з відкритим ключем.
SBC	Одноплатний комп'ютер.
Wi-Fi	Вай-фай, від англ. <i>Wireless Fidelity</i> , Wi-Fi, WiFi; – бездротова передача та відтворення.
ВІЛ/СНІД	Синдром набутого імунодефіциту.
ВООЗ	Всесвітня організація охорони здоров'я.
КРМ	Кваліфікаційна робота магістра.
РБ	Розумний будинок.
УФ	Ультрафіолетове (світло).

Зміст презентації автора

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Кафедра інформаційних систем та технологій

Кваліфікаційна робота магістра
**ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗУМНОГО ДЗВІНКА З
ІНКЛЮЗИВНИМИ ФУНКЦІЯМИ В SMART HOUSE**

Виконав студент Групи ІРМ-21
Артем Чичкань

Науковий керівник:
д.т.н., доцент
Олексій Колесніков

Київ 2021

МЕТА, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ

Метою роботи є побудова інформаційної моделі розумного дзвінка в уніфікованій архітектурі системи розумного будинку та визначення основних апаратно-технічних і програмних компонентів. Дослідження концепції системи розумного дзвінка з інтеграцією послуг IoT та хмарних обчислень, шляхом вбудовування інтелекту в давачі та виконуючі механізми при створенні мережі розумних речей.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом дослідження магістерської роботи виступає інформаційна модель розумного дзвінка як компонент уніфікованої архітектури розумного будинку.

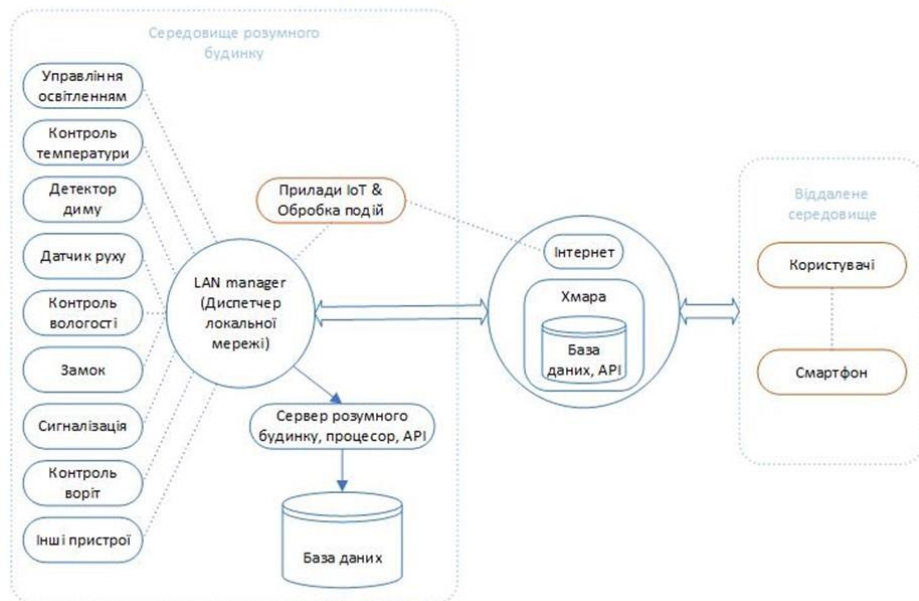
Предметом дослідження є апаратно-програмні рішення системи розумного дзвінка з інклюзивними функціями.

РБ В ПОЄДНАННІ З ІОТ І ХМАРНИМИ ОБЧИСЛЕННЯМИ

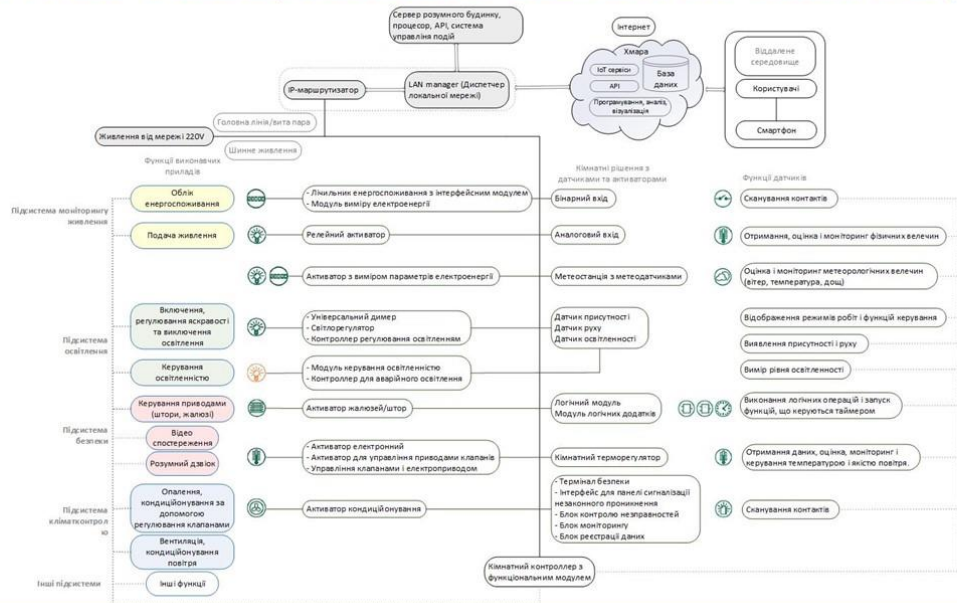
Компоненти повноцінної IoT-платформи з хмарними обчисленням

1. Зв'язок і нормалізація
2. Управління пристроями
3. База даних
4. Обробка та управління діями
5. Аналітика
6. Візуалізація
7. Додаткові інструменти
8. Зовнішні інтерфейси

МОДЕЛЬ РБ - ІНТЕГРАЦІЯ РБ, ІОТ ТА ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ



СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА РОЗУМНОГО БУДИНКУ



ПРИКЛАДИ СЕРВІСІВ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

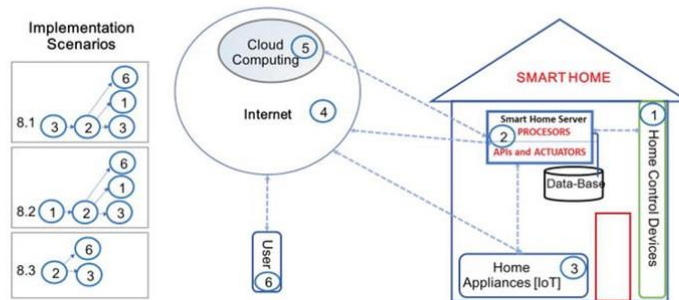


Рисунок 2.9. Діаграма реалізації сервісів РБ

- Виявлення та запобігання витоків води.
- Детектори диму.
- Запобігання аваріям для контролю побутової техніки.

ПІДСИСТЕМА РОЗУМНОГО ДЗВІНКА ЯК КОМПОНЕНТ РБ

Розумний дзвінок – це підключена до Інтернету заміна традиційного дзвінка. Він може «дзвонити» на смартфон чи інший пристрій розумного будинку та інтегруватися з розумною системою автоматизації будинку для відображення відео у реальному часі з вхідних дверей. Термін «розумний дзвінок» практично є синонімом слова «відеодверний дзвінок», оскільки в більшості дзвінків є відеокамери.

Основні функції розумного дзвінка:

- Виконання традиційної послуги з інформування про відвідувачів будинку.
- Відео камера дверного дзвінка використовує детектори руху, щоб фіксувати присутність рухливих об'єктів біля будинку, і автоматично починати запис відео.
- За допомогою WiFi-з'єднання на смартфон господаря будинку надсилається сповіщення, коли хтось біля дверей.
- Відкривши програму камери дверного дзвінка, мешканці будинку зможуть переглядати відеофільми з камери.
- Для зберігання записаних відео можна використовувати хмарне сховище відео даних.
- Функція двосторонньої розмови.

РЕАЛІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ФУНКЦІЙ ДЗВІНКА

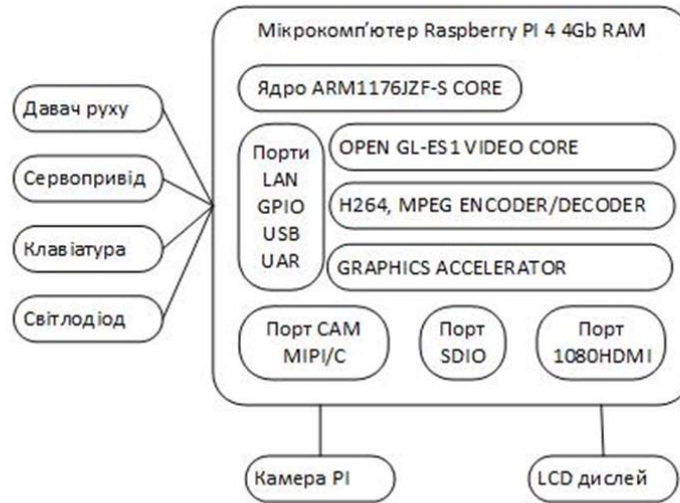
Представлена власна розробка автора розумного відеодзвінка на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 з ОС Raspberry. Відеодзвінок має такі функції:

- Розпізнавання обличчя.
- Дистанційне керування замком вхідних дверей для людей з обмеженнями руху.
- Відео фіксація відвідувачів та її збереження на хмарі.
- «Блимання» для людей з вадами слуху.
- Нічне бачення.
- Додаткові функції для людей з інклюзивністю (голосове розпізнавання тощо).

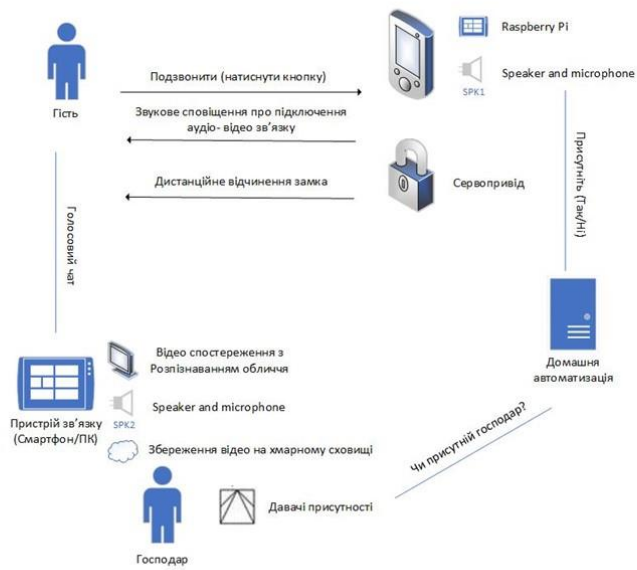
Характеристики системи:

- Зв'язок через Wi-Fi.
- Контроль відкривання дверей / огорожі.
- Застосування API через HTTPS для управління відкриттям з простої веб-сторінки або програми.
- Система не потребує додаткових спеціальних пристроїв.

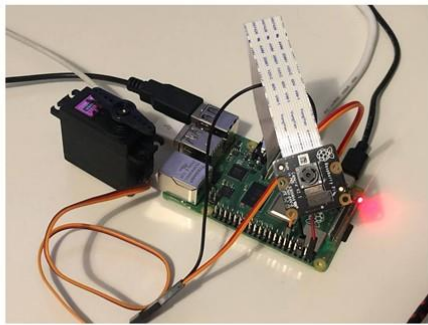
СТРУКТУРНА СХЕМА РОЗУМНОГО ДЗВІНКА



ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА РОЗУМНОГО ДЗВІНКА



РЕАЛІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ФУНКЦІЙ ДЗВІНКА

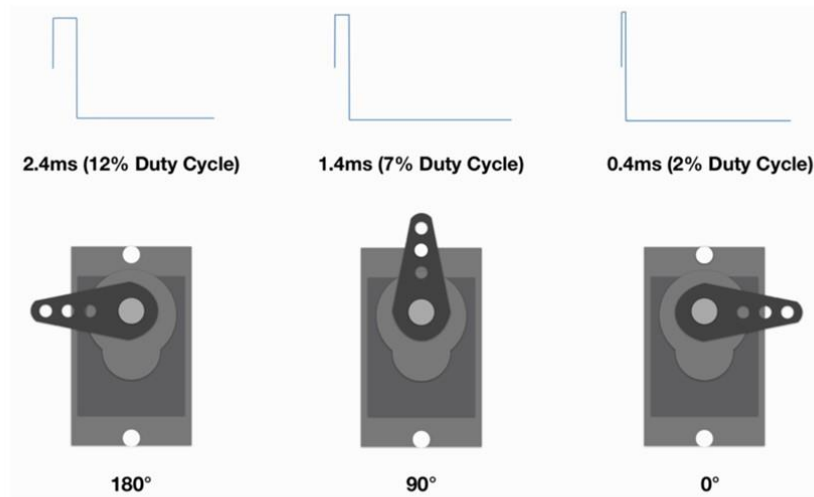


Демонстрація підключення необхідних компонентів

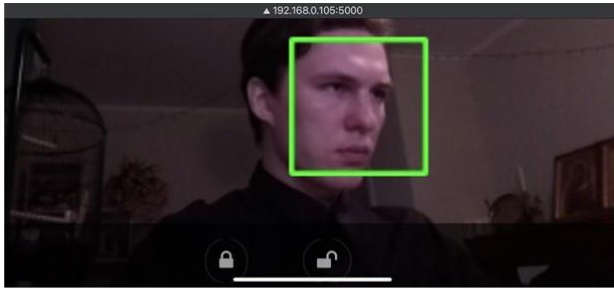


Демонстрація роботи сервоприводу після натиснення сенсорної кнопки

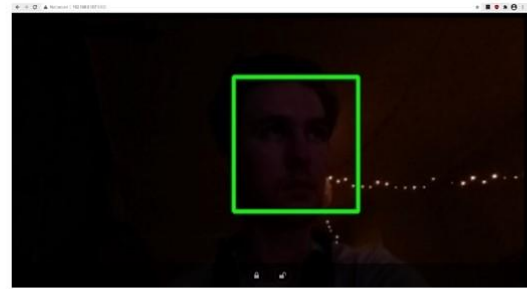
ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНА МОДУЛЯЦІЯ



РЕАЛІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ФУНКЦІЙ ДЗВІНКА



Денне бачення з розпізнаванням обличчя



Нічне бачення з розпізнаванням обличчя

ПОРІВНЯННЯ ВЛАСНОЇ РОЗРОБКИ З ІСНУЮЧИМИ АНАЛОГАМИ

№ зп	Характеристики розробки	Системи розумних дзвінків										№ зп	Компонент	Ціна
		Nest	Arlo	SkyBell	Ring	Vivint	Simpli Safe	Front-point	Zmodo	Door-bird	Авторська розробка			
1.	Рівень безпеки	9,2	8,5	8,7	9,1	7,9	7,8	7,5	7,2	6,9	9,0	1.	Raspberry Pi 4	35\$
2.	Підключення	WiFi/Bluetooth	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	WiFi	2.	Pi NoIR Camera V2	15\$
3.	Двосторонній аудіо зв'язок	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3.	Сервопривід MG996R	5\$
4.	Живлення	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	Провідне	4.	Корпус Raspberry Pi	6\$
5.	Відео онлайн	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5.	Кнопка	5\$
6.	Кут огляду	150	160	162	160	160	160	120	160	160	160	6.	Провідники	1\$
7.	Якість відео	1600*1200	1080p	1440p	1080p	1080p	720p	1080p	720p	1080p	1080p	7.	Мікрофон	7\$
8.	Зберігання відео	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	Хмара	8.	Динамік	5\$
9.	Підтримка Alexa	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9.	Вартість усього	79\$
10.	Підтримка Google Home	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
11.	Щомісячна оплата	5\$	8\$	5\$	3\$	-	10\$	5\$	5\$	12\$	-			
12.	Нічне бачення	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+			
13.	Ціна	229\$	149\$	199\$	99\$	249\$	169\$	189\$	149\$	299\$	79\$			

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз існуючих систем та IoT-рішень розумного будинку та розумного дзвінка.
2. Визначено основні категорії сервісів розумного будинку. Проведений аналіз ролі і місця розумного дзвінка. Описані групи людей з пріоритетами до відповідних послуг.
3. Визначені архітектурні елементи системи розумного дзвінка в уніфікованій архітектурі розумного будинку.
4. Зроблено порівняльний аналіз апаратного та програмного забезпечення відеодзвінків. Розроблено структурну та функціональну схеми системи «Розумний дзвінок», як компоненту розумного будинку.
5. На базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 з ОС Raspberry реалізований варіант системи «Розумний дзвінок», зорієнтований на людей з особливими можливостями.

ПУБЛІКАЦІЇ

Матеріали роботи доповідалися на:

- IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції студентів та аспірантів «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем» - Київ: НУБіП 2021.
- 87 International scientific conference of young scientist and students «Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution» - Kyiv: NFU 2021.
- «VII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих науковців» - Київ: університет ім. Б. Грінченка 2020.
- «VI Міжнародної науково-практичної конференції» - Київ: КНУ 2019.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ