

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-
КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка системи розумного будинку
для людей з особливими потребами»

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

за спеціальності 126 Інформаційні системи та технології

(код, найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології

(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело*

(підпис)

Даніїл ТИХОНОВ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Виконав: здобувач вищої освіти гр.ІСД-41

Даніїл ТИХОНОВ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

Асистент

Олександр КІС

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Київ 2024

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології
Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедру ІПЗАС
_____ Каміла СТОРЧАК

“ ____ ” _____ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Тихонова Данііл а Олеговича
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Розробка системи розумного будинку для людей з особливими потребами

керівник роботи Олександр КІС, асистент кафедри ІПЗАС
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від “27” лютого 2024 р. № 36

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «31» травня 2024 р.

3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи:

1. Розумний будинок;
2. Система стеження за очима.
3. Система домашньої автоматизації.
4. Науково-технічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Аналіз сучасних підходів до побудови «Розумного будинку».
2. Дослідження розширення можливостей людей з обмеженими можливостями за допомогою розумної автоматизації будинку.
3. Дослідження прикладу реалізація допоміжної системи на основі відстеження очей.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання «27» лютого 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір технічної літератури	27.02-05.03.2024	Виконано
2.	Аналіз сучасних підходів до побудови «Розумного будинку»	06.03-11.03.2024	Виконано
3.	Огляд розширення можливостей людей з обмеженими можливостями за допомогою розумної автоматизації будинку	12.03-27.03.2024	Виконано
4.	Реалізація допоміжної системи на основі відстеження очей	28.03-10.04.2024	Виконано
5.	Висновки по роботі	11.04-15.05.2024	Виконано
6.	Розробка демонстраційних матеріалів, доповідь.	16.05-22.05.2024	Виконано
7.	Оформлення бакалаврської роботи	23.05-24.05.2024	Виконано

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Даніїл ТИХОНОВ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Олександр КІС

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття ступня бакалавр: 61 стор., 27 рис., 6 табл., 20 джерел.

Мета роботи – дослідження можливостей системи «Розумного будинку» для людей з особливими потребами.

Об'єкт дослідження – процес функціонування системи «Розумний будинок».

Предмет дослідження – система «Розумного будинку» для людей з особливими потребами.

Короткий зміст роботи. У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано аналіз сучасних підходів до побудови «розумного будинку». Проведено аналіз сегменту ринку, наведено особливості структури системи та огляд особливостей побудови систем «розумний будинок» для людей з особливими потребами.

Досліджено особливості застосування розумної автоматизації будинку для людей з обмеженими можливостями, наведено приклад системи домашньої автоматизації та її реалізації.

У третьому розділі досліджено особливості проектування та реалізація допоміжної системи на основі стеження за очима, яка може бути використана для покращення якості життя пацієнтів з обмеженими можливостями.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СИСТЕМА, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ПРОТОКОЛИ ЗВ'ЯЗКУ, СИСТЕМИ ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ, ПРОТОТИП, ДОПОМІЖНА СИСТЕМА, УПРАВЛІННЯ ЗОРОМ, ІНТЕРФЕЙС, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

ABSTRACT

The text part of the qualifying work for obtaining a bachelor's degree: 61 pp., 27 fig., 6 tables, 20 sources.

The purpose of the work - is to study the possibilities of the "Smart House" system for people with special needs.

The object of the research is the functioning process of the "Smart House" system.

The subject of research is the "Smart House" system for people with special needs.

Summary of the work: In the bachelor's qualification work, an analysis of modern approaches to the construction of a "smart house" was performed. An analysis of the market segment was carried out, the features of the system structure and an overview of the features of building "smart home" systems for people with special needs were studied.

The peculiarities of the application of smart home automation for people with disabilities are studied, an example of a home automation system and its implementation is given.

The third chapter explores the design and implementation of an eye-tracking assistive system that can be used to improve the quality of life of patients with disabilities.

KEYWORDS: SYSTEM, SMART HOME, COMMUNICATION PROTOCOLS, HOME AUTOMATION SYSTEMS, PROTOTYPE, ASSIST SYSTEM, VISION CONTROL, INTERFACE, SOFTWARE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ПОБУДОВИ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ».....	11
1.1 Аналіз сегменту ринку «Розумного будинку».....	11
1.2 Особливості структури системи «Розумний будинок».....	13
1.2.1 Аналіз протоколів зв'язку для «розумного будинку».....	14
1.2.2 Екосистема «розумного будинку».....	18
1.3 Огляд особливостей побудови систем «розумний будинок» для людей з особливими потребами.....	23
2 РОЗДІЛ 2 РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗУМНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДИНКУ.....	25
2.1 Аналіз особливостей систем домашньої автоматизації.....	25
2.2 Приклад системи домашньої автоматизації.....	27
2.3 Управління системою «розумного будинку» з використанням NLU.....	31
2.4 Реалізація прототипу системи, впровадження та оцінка.....	35
2.5 Аналіз деталей впровадження та оцінка.....	40
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ДОПОМІЖНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ВІДСТЕЖЕННЯ ОЧЕЙ.....	44
3.1 Аналіз системи на базі відстеження очей.....	44
3.2 Стаціонарна допоміжна система.....	47
3.3 Мобільна допоміжна система.....	54
3.4 Графічний інтерфейс користувача.....	58
3.5 Аналіз практичного застосування системи.....	61
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	68
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....	70

ВСТУП

Актуальність теми. «Розумний будинок» є одним із ключових компонентів і додатків Інтернету речей (IoT). Це передова технологія, яка допомагає людям у повсякденному житті. Розумний дім використовує технологію IoT для підключення різноманітних побутових пристроїв на основі IoT, пристроїв безпеки та пристроїв зв'язку з системою управління домашнім інтелектом, а зібрана інформація обробляється за допомогою хмарних обчислень, розпізнавання цифрової інформації та інших технологій і, нарешті, передається на мобільний термінал користувача. Система надає персоналізовані та різноманітні послуги для людей, роблячи ефективним зв'язком всередині та ззовні будинку.

Деяким людям розумні пристрої і сама система «Розумного будинку» здаються розкішшю. Наприклад, електронні гаджети, які вмикають світло, налаштовують термостат на комфортну температуру або оголошують про доставку посилок, для звичайних людей можуть бути непотрібними. Але для тих, хто живе з обмеженими можливостями, розумні пристрої є потужним стимулом. Ці прості у використанні пристрої можна налаштувати для виконання повсякденних завдань, для підтримки зв'язку користувачів з друзями та опікунами, а також для того, щоб користувачі могли жити більш незалежним і повноцінним життям. В наш час в Україні, коли в результаті військових дій значно зросла кількість людей з особливими потребами, тема дослідження «Розумного будинку» для таких людей є максимально актуальною.

Мета роботи – дослідження можливостей системи «Розумного будинку» для людей з особливими потребами.

Для досягнення мети, у бакалаврській роботі успішно виконано наступні завдання:

- опис архітектури та принципу функціонування системи «Розумний будинок»;
- дослідження особливостей побудови «Розумного будинку» для людей з особливими потребами;
- розробка моделі «Розумного будинку» для людей з особливими потребами.

Об'єкт дослідження – процес функціонування системи «Розумний будинок».

Предмет дослідження – система «Розумного будинку» для людей з особливими потребами.

Методи дослідження. Під час написання бакалаврської роботи були використані методи теоретичного дослідження, імітаційного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна бакалаврської роботи, заключається в наданні практичних рекомендацій по побудові системи «Розумного будинку» для людей з особливими потребами.

Практична значущість одержаних результатів полягає у можливості застосування запропонованого рішення на практиці при побудові системи «Розумного будинку» для людей з особливими потребами.

Апробація результатів бакалаврської роботи. Основні положення і результати бакалаврської роботи доповідались на V Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасний стан та перспективи розвитку IoT».

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ПОБУДОВИ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

1.1 Аналіз сегменту ринку «Розумного будинку»

Дослідженню систем «Розумного будинку» присвячено велику кількість наукових публікацій останнього десятиліття. Більшість досліджень, які представлено у наукових базах даних проведені в Європі та Північній Америці. Результати в основному висвітлювалися в інженерно-технологічних журналах. Більшість досліджень присвячено аналізу можливостей автоматизації, а також використанню пасивних датчиків для звітування про виявлення руху, увімкнення чи вимкнення системи опалення, освітлення. Використовувалися численні методи аналізу даних, управління та машинного навчання. Основними проблемами «Розумних будинків», які виділяють в публікаціях, були диференціація між кількома учасниками в одному просторі, сумісність технологій, а також безпека та конфіденційність даних. Але, питанню побудови «Розумного будинку» для людей з особливими потребами присвячено зовсім мало публікацій, не зважаючи на те, що сьогодні це питання є актуальним, особливо для України.

Обсяг ринку розумних будинків оцінюється в 120,10 мільярда доларів США у 2024 році і, як очікується, досягне 370,95 мільярда доларів США до 2029 року, зростаючи із середньорічним темпом зростання 25,30% протягом прогнозованого періоду (2024-2029 роки).

У порівнянні з системами домашньої автоматизації, системи «розумного будинку» вимагають веб-порталу або програми для смартфона як інтерфейсу користувача для взаємодії з системою автоматизації. Очікується, що зростанню ринку «розумних будинків» буде сприяти зростаюче значення необхідності протидії проблемам безпеки та зростання інвестування у цю сферу світових компаній. Крім того, очікується, що інноваційні бездротові технології, включаючи регулятори безпеки та доступу, розважальні елементи керування сприятимуть зростанню ринку.

«Розумні будинки» включають в себе широкий спектр пристроїв, які роблять життя мешканців більш комфортним та дозволяють раціонально споживати ресурси. Щоб покращити безпеку будинку, інтелектуальні системи безпеки забезпечують моніторинг, контроль доступу, спостереження та виявлення вторгнень. Користувачі технологій енергоменеджменту стежать, оцінюють і оптимізують використання енергії вдома для досягнення максимальної ефективності та найменших витрат. Декілька прикладів розумних гаджетів для моніторингу здоров'я – це рішення для незалежного життя та індивідуального догляду, які нагадують про прийом ліків, а також дистанційні системи моніторингу здоров'я. Смарт-телевізори, аудіосистеми та потокові мультимедійні програвачі — це лише деякі приклади гаджетів, які складають розважальні рішення для розумного дому, щоб отримати захоплюючий мультимедійний досвід.

На рис.1.1 представлено провідні тенденції інновацій у сфері «розумного будинку» у всьому світі у 2023 році за рівнем впливу [1].

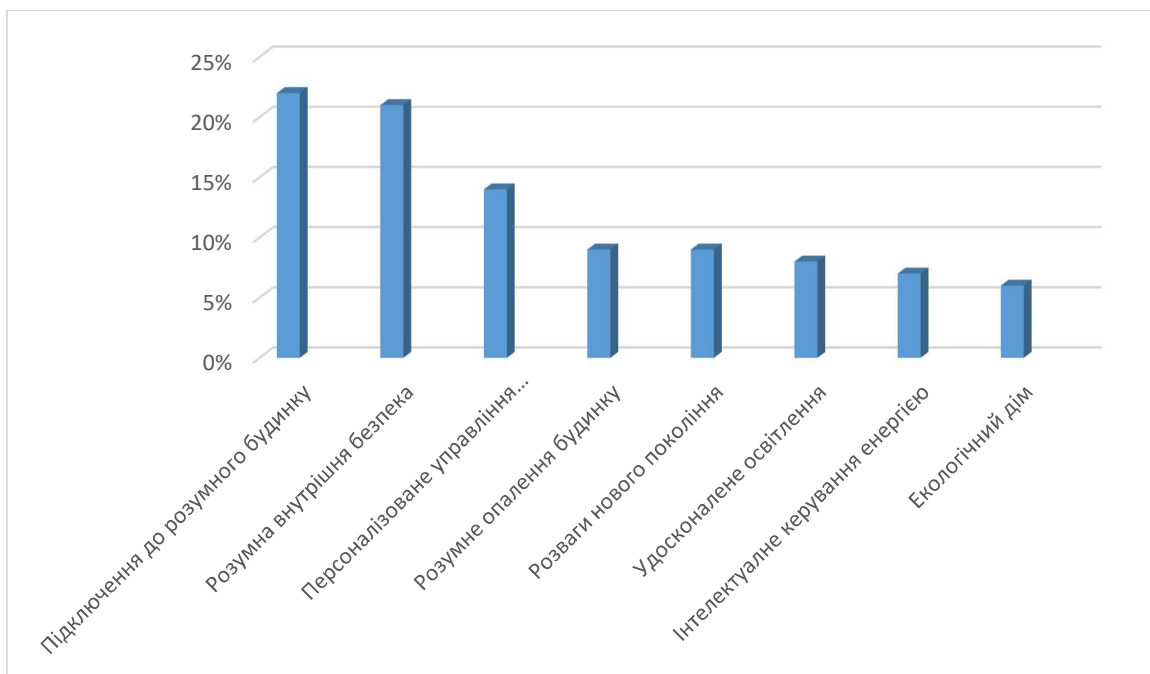


Рис.1.1. Провідні тенденції інновацій у сфері «розумного будинку»

Очікується, що підключення «розумного будинку» та розумна внутрішня безпека стануть найвпливовішими технологіями «розумного будинку» у майбутньому. Підключення «розумного будинку» є невід'ємною частиною загальної функції «розумного будинку», оскільки охоплює мережеве підключення розумних пристроїв, а також загальну інтеграцію та контроль для користувача. Розумна внутрішня безпека охоплює такі теми, як розумні дверні дзвінки з камерами, розумні датчики та розумне спостереження для запобігання крадіжкам, а також технології кібербезпеки для захисту інтегрованих пристроїв від зовнішнього вторгнення.

1.2 Особливості структури системи «Розумний будинок»

Користувачі можуть легко управляти усіма домашніми пристроями, розумною технікою через Інтернет, і ці домашні пристрої підключаються до Інтернету за допомогою відповідної мережевої архітектури та стандартних протоколів. Перевага цієї технології в тому, що вона зменшить навантаження на людей і забезпечить користувачам безпеку, комфортне проживання та енергоефективність. Завдяки технології розумного будинку на основі IoT усі розумні домашні пристрої можуть спілкуватися один з одним у будь-який час і в будь-якому місці, щоб реалізувати інформаційну взаємодію між людьми та речами, речами та речами, щоб задовольнити різні потреби людей. На даному етапі технологія IoT широко використовується в розумних будинках із дедалі стабільнішою продуктивністю та ефективнішим контролем. Технологія IoT використовується для висунення інноваційних концепцій і експоненціального розвитку розумних будинків, долаючи обмеження простору та часу, що може принести більше зручності в житті, одночасно задовольняючи потреби користувачів і стати основним напрямком поточного розвитку дому.

1.2.1 Аналіз протоколів зв'язку для «розумного будинку»

Основа будь якої мережі – протокол зв'язку. Він забезпечує зв'язок між smart-пристроями та екосистемою «розумного будинку», що максимально актуально для таких систем, де всі пристрої та датчики повинні працювати в унісон. Цього свого роду «спілкування» для розумних пристроїв. На сьогоднішній день розроблено цілий ряд протоколів зв'язку для «розумного будинку», деякі з яких розроблялися виключно під ці системи. З усього переліку мною виділено 6 протоколів, які можуть бути використані в системі «розумний будинок» і які представлені в табл.1.1. Мною проведено порівняльний аналіз цих протоколів та зроблено висновок щодо доцільності їх використання в певних випадках.

Ethernet, Wi-Fi і Bluetooth знайомі всі протоколи, оскільки використовуються вони щодня для підключення до Інтернету та сполучення пристроїв, таких як навушники з телефонами. Вони є стандартами для більшості розумних пристроїв завдяки своїй повсюдності та сумісності з більшістю пристроїв.

Wi-Fi є вкрай поширеним вибором для «розумного будинку», оскільки він працює на різних частотах і забезпечує ширший радіус дії порівняно з Bluetooth. Використання Wi-Fi дає змогу отримати стійке покриття великих домашніх приміщень, при цьому з достатньою швидкістю передачі даних, що робить його повз конкуренції для потокового передавання та передачі великих файлів. Крім того, Wi-Fi має широку сумісність з безліччю пристроїв, що дозволяє простіше і ширше інтегруватися в екосистему «розумного будинку».

Наряду з перевагами Wi-Fi має ряд недоліків, які слід врахувати, обираючи цю технологію як основу для побудови «розумного будинку». По-перше, дана технологія має тенденцію споживати більше енергії, а це, в свою чергу, може призвести до швидшого виснаження батареї розумних пристроїв, що працюють від батарейок. Крім того, для побудови великої мережі в межах великих будинків, може знадобитися додаткове обладнання (маршрутизатори, розширювачі), щоб забезпечити оптимальну продуктивність і покриття.

Таблиця 1.1.

Характеристика протоколів, які можуть бути використані в системі
«розумний будинок»

Протокол зв'язку	Переваги	Обмеження	Безпека	Випадки використання
Мережа Ethernet	Висока пропускна здатність, швидке та надійне з'єднання, виключений ризик мережевих перешкод	Потрібне підключення кабелю	Будь-який протокол через Ethernet забезпечує його безпеку	Смарт-телевізори, ігрові консолі, пристрої для потокового передавання медіа
Мережа Wi-Fi	Широка підтримка, широке покриття, ідеально підходить для пристроїв з великим об'ємом даних	Може заважати пристроям, які працюють на різних частотах, Wi-Fi пристрої споживають більше енергії	Шифрування WPA2 і WPA	Пристрої для потокового передавання відео та музики, принтери
Bluetooth/ BLE	Ідеально підходить для пристроїв розумного дому з живленням від батарейок, ефективної передачі даних, прямого зв'язку між пристроями	Обмежена зона покриття та швидкість передачі даних	Шифрування AES-CCM	Розумні замки, датчики, лампочки, розумні колонки
Zigbee	Підходить для сітчастих мереж, надійного зв'язку	Обмежений асортимент	Стандарт AES-128	Розумне освітлення, термостати, датчики

Продовження таблиці 1.1.

Характеристика протоколів, які можуть бути використані в системі
«розумний будинок»

Протокол зв'язку	Переваги	Обмеження	Безпека	Випадки використання
Z-Wave	Самовідновлювальна структура мережі	Обмежена сумісність зі сторонніми пристроями	Шифрування AES-128	Розумне освітлення, системи безпеки, розумні термостати
Thread	Забезпечує масштабованість, підходить для пристроїв, що живляться від акумулятора	Обмежена доступність пристроїв	Вбудований рівень безпеки	Розумні розетки, датчики
Matter	Забезпечує сумісність між протоколами розумного будинку	Потрібна сертифікація	Шифрування AES-128	Датчики, розумне освітлення, розумні термостати

Bluetooth є зручним варіантом для підключення до розумного будинку, але у випадку, коли пристрої, які треба об'єднати в мережу, розташованих поблизу. Цей стандарт працює на тій же частоті, що й Wi-Fi, але зазвичай пропонує значно менший радіус дії, що робить його варіантом тільки для маленьких житлових просторів.

Для системи «розумний будинок» був розроблений стандарт із низьким енергоспоживанням (Bluetooth LE), який є більш енергоефективним, забезпечуючи довший час автономної роботи ваших смарт-пристроїв. Використання BLE, окрім підвищення часу життя батареї пристроїв, також спрощує налаштування, часто усуваючи потребу в додаткових концентраторах або обладнанні.

З основних недоліків слід виділити обмежений радіус дії, що не підійде для великих будинків, та невелика швидкість, що не підходить для систем з критичною чутливістю до затримок.

Zigbee — це надійний протокол для автоматизації «розумного будинку». Він працює на частоті з низьким енергоспоживанням та з високою ефективною продуктивністю для невеликих пакетів даних. Zigbee максимально ефективний коли потрібно створити mesh-мережі, в якій кожен пристрій взаємодіє та зміцнює всю мережу. Також, до переваг Zigbee слід віднести високу енергоефективність, що вкрай важливо в мережах «розумного будинку» де кожен пристрій працює від батареї і один з показників надійності таких систем – строк служби батареї.

Але, Zigbee має нижчу швидкість передачі даних порівняно з Wi-Fi, що робить його не кращім вибором для додатків із високою пропускнуою здатністю. Крім того, далеко не всі пристрої для «розумного будинку» сумісні з цим протоколом, що також викликає складності в розгортанні систем на базі протоколу Zigbee.

Z-Wave є ще одним протоколом розробленим під «розумний будинок». Він отримав широке розповсюдження завдяки високому рівню надійності передаваної інформації та низьким енергоспоживанням.

Одна з ключових переваг Z-Wave це те, що він працює на іншій частоті, зменшуючи ймовірність перешкод від інших побутових пристроїв, забезпечуючи більш стабільне з'єднання. Як і Zigbee, Z-Wave це протокол який може бути базою для створенням mesh-мереж.

Z-Wave не підходить для завдань, що вимагають високої пропускнуої здатності даних, оскільки має нижчу швидкість передачі даних порівняно з Wi-Fi. Протокол Z-Wave має ту саму проблему, яку має Zigbee – проблему підтримки протоколу різними пристроями.

Thread — це малопотужний бездротовий протокол IoT (Інтернету речей), призначений для забезпечення безпечної та надійної мережі для пристроїв розумного будинку. [2]

Мережа Thread будується по принципу створення сітчастої мережі, де пристрої (вузли) спілкуються один з одним для передачі даних через мережу. Мережа, побудована по цьому протоколу, є самовідновлюваною і при виході з ладу одного вузла, з'єднання буде підтримуватися. В мережі по даному протоколу

підтримується схема адресації IPv6 і побудова мережі на радіостандарті IEEE 802.15.4. Це забезпечує високий рівень сумісності з існуючими пристроями «розумного будинку». Thread призначений для малопотужних пристроїв, що робить його ідеальним для пристроїв «розумного будинку». Крім того, мережа побудована на базі цього протоколу, може підтримувати сотні пристроїв, що робить їх придатними для великомасштабних установок «розумного будинку».

Matter — це глобальний стандарт з відкритим вихідним кодом, який має на меті спростити екосистему розумного будинку, дозволяючи підключеним до Інтернету пристроям різних виробників просто та безпечно спілкуватися. [3] Matter — це сумісний пакет програмного забезпечення прикладного рівня для бездротових пристроїв IoT. Він заснований на IP протоколі для забезпечення безперебійного зв'язку між пристроями, дозволяючи їм працювати разом через різні мережеві технології, такі як Ethernet, Wi-Fi і Thread. Основна перевагою Matter - орієнтація на сумісність між пристроями різних виробників. Така перевага дає користувачам можливість легко інтегрувати та розширювати свої екосистеми «розумного будинку», не турбуючись про проблеми сумісності.

Як зазначалося вище, Matter працює на базі IP, що дозволяє пристроям безпосередньо взаємодіяти один з одним, а значить немає необхідності центральному концентраторі або хмарних сервісах. Така побудова мережі надасть змогу зберегти її працездатність навіть у випадку, коли не буде доступу до інтернету. В Matter з'явилася ще одна зручність, яка значно спрощує процес налаштування пристроїв «розумного будинку». Нові пристрої можуть бути легко додані до мережі за допомогою одного QR-коду або цифрового коду, без прив'язки до виробника.

Хоча Matter розроблено для покращення сумісності, такі застарілі стандарти як Z-Wave або Zigbee він не підтримує.

1.2.2 Екосистема «розумного будинку»

На рис.1.2. показано ключові компоненти систем «розумного будинку», до

яких належать широкі системи датчиків і виконавчих механізмів, мережеві та комунікаційні системи, система програмної платформи, система HVAC (Heating, Ventilation, & Air Conditioning – опалення, вентиляція та кондиціонування) та розумні пристрої керування.

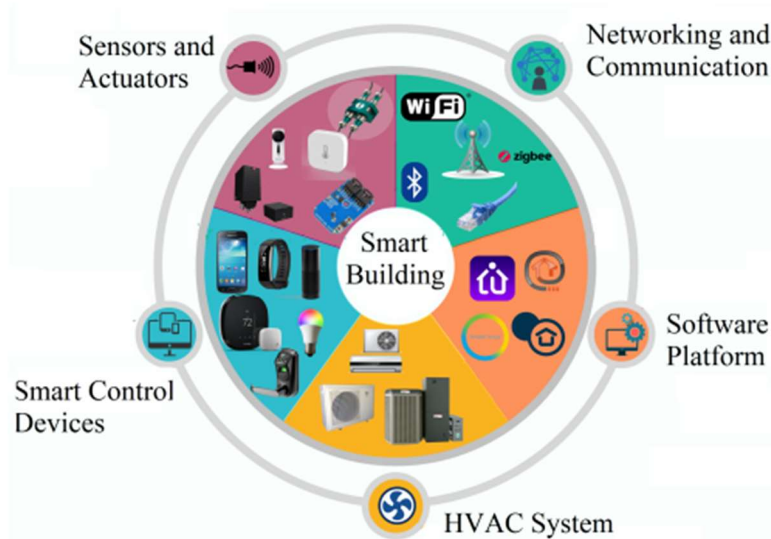


Рис.1.2. Компоненти «Розумного будинку»

Сучасні системи використовують пристрої керування та інтелектуальні датчики, підключені до центральної системи. Ці контрольні пристрої та інтелектуальні датчики розміщені по всьому середовищу. Кожна конкретна система має власну колекцію мережевих і комунікаційних систем, які дозволяють їй спілкуватися з центральною системою.

Контролери «розумного будинку».

Контролер «розумного будинку» (синоніми концентратор або контролер) – це мозок, який стоїть за вашим «розумним будинком». Це пристрій, який керує всіма розумними приладами та пристроями в мережі. Логічно, коли при побудові системи «розумний будинок» дотримуються однієї екосистеми та обирають сумісні гаджети, з можливістю голосового управління або управління з гаджетів.

Апаратні компоненти.

Інтелектуальні пристрої та побутова техніка є апаратними компонентами «розумного будинку». Виробники сучасної побутової техніки та пристроїв

намагаються перетворити якомога більше предметів для дому на розумні та керовані. Сьогодні кожна кімната може бути забезпечена розумним пристроєм практично для будь-яких цілей.

Кінцеві пристрої, також відомі як «сплячі кінцеві пристрої» або «пристрої з мінімальним потоком», зазвичай є пристроями, що працюють від батарейок і мають низький енергоспоживання, які обмінюються даними безпосередньо зі своїми батьківськими вузлами (маршрутизатором або кінцевим пристроєм, сумісним із маршрутизатором). Ці пристрої проводять більшу частину свого часу в режимі сну з низьким енергоспоживанням, щоб заощадити енергію, і прокидаються лише тоді, коли їм потрібно надіслати або отримати дані. Прикладами кінцевих пристроїв є розумні дверні замки, різноманітні датчики та розумна побутова техніка.

Датчики та виконавчі механізми — це механічні компоненти, які вимірюють і контролюють екологічні значення свого середовища. Наприклад, ІЧ-датчики можна використовувати для виявлення присутності людини в кімнаті. У той час як актуатор — це пристрій для перетворення електричного керуючого сигналу на фізичну дію, який приймає рішення, а потім виконує належні дії відповідно до навколишнього середовища, що забезпечує автоматизовану та дистанційну взаємодію з навколишнім середовищем. Швидкий розвиток мікромеханіки, мікроелектроніки, інтегрованої оптики та інших пов'язаних технологій сприяв розробці різних типів розумних датчиків, інтегрованих у повсякденні об'єкти та інфраструктура в середовищі «розумних будівель» або носяться користувачами, і об'єднані мережевими технологіями, щоб збирати контекстну інформацію про повсякденну діяльність більш ефективно та швидше, з меншим споживанням енергії та меншими ресурсами обробки. Датчики навколишнього середовища використовуються для виявлення людської активності конкретного об'єкта, яка виконується в певних місцях у будівлі, тоді як переносні датчики використовуються для контролю та спостереження за мобільною діяльністю та фізіологічними сигналами. В таблиці 1.2 представлено основні датчики та пристрої, які використовуються в розумних будинках.

Таблиця 1.2.

Типи розумних датчиків та пристроїв для «розумного будинку»

Датчики та пристрої	Параметр вимірювання	Категорія
Інфрачервоний датчик	Присутність користувача в кімнат	Екологічні датчики
Відеокамери	Дії людини	
RFID	Ідентифікація об'єкта	
Датчик руху	Об'єкт/Присутність користувача/місцезнаходження	
Контактний перемикач	Виявлення взаємодії користувачів з об'єктом	
Датчик тиску	Відстеження переміщень і місцезнаходження користувача	
Датчик світла	Інтенсивність світла	
Температурний сенсор	Температура навколишнього середовища	
Датчик вологості	Визначити вологість повітря в певній зоні	
Датчик потужності	Виявлення використання електричних пристроїв	
Електроенцефалографія	Спостереження за електричною активністю мозку	Носимі датчики життєвих показників
Електроокулографія	Спостереження за рухом очей за очною активністю	
Електроміографія	Спостереження за роботою м'язів	
Електрокардіографія	Спостереження за серцевою діяльністю, датчики тиску для вимірювання артеріального тиску	
Датчики газу CO ₂	Спостереження за диханням	
Термодатчики	Спостереження за температурою тіла	
Шкірно-гальванічна реакція	Спостереження за потовиділенням шкіри	

Всі датчики можна розділити умовно на дві категорії, як це представлено в таблиці 1.2. Дані, які збирають екологічні дані можуть формувати важливу інформацію для моніторингу поведінки людей у межах «розумного будинку». Зібрані ними дані аналізуються, щоб ідентифікувати та спостерігати за основними та інструментальними повсякденними діями мешканців. Зондування навколишнього середовища зазвичай базується на кількох простих бінарних

датчиках у кожній частині будинку, також з використанням технології RFID та відеокамер. Датчики руху (найчастіше ІЧ-датчик) використовуються для виявлення присутності та місцезнаходження мешканців у будинку. Датчики тиску кріпляться до таких об'єктів, як ліжка, крісла, дивани та підлога, щоб відстежувати дії та розташування мешканців. Датчики світла, вологості, температури або потужності – це інші типи датчиків, які розгортаються та використовуються в «розумному будинку» для розпізнавання дій. Параметри які вони вимірюють представлено у таблиці.

Друга велика категорія датчиків – носимі датчики життєвих показників, які є вкрай важливими при огляді тематики побудови «розумного будинку» для людей з особливими потребами. Існують різні датчики життєво важливих показників, які використовуються для вимірювання різних життєво важливих сигналів, наприклад:

- електроенцефалографічні датчики застосовують для спостереження за електричною активністю мозку;
- електроокулографічні датчики застосовують для спостереження за рухом очей під час очної активності;
- електроміографічні датчики застосовують для спостереження за м'язовою активністю;
- датчики електрокардіографії застосовують для спостереження за серцевою діяльністю;
- датчики тиску застосовують для спостереження за артеріальним тиском;
- CO₂ газові датчики застосовують для спостереження за диханням;
- термодатчики застосовують для спостереження за температурою тіла;
- шкірно-гальванічні реакції застосовують для спостереження за потовиділенням шкіри.

Розумні пристрої керування.

Розумні пристрої керування збирають дані з різних датчиків, обробляють ці дані та активують виконавчі механізми, щоб реагувати на події, виявлені датчиками. Розумний керуючий пристрій може працювати незалежно, без контролю з боку центрального сервера. Але може знадобитися зв'язок між різними

пристроями керування, або вони можуть з'єднатися один з одним за допомогою розумного шлюзу. До пристроїв керування відносять перемикачі, термостати, дверні замки з системою керування, комплексні системи домашньої безпеки.

1.3 Огляд особливостей побудови систем «розумний будинок» для людей з особливими потребами

Технологія «розумного будинку» дозволяє людям з особливими потребами вести більш незалежний спосіб життя. Це стає можливим за рахунок впровадження в домашній побут автоматизації, планування та голосового керування. Такий підхід прибирає необхідність фізичної взаємодії при керуванні такими побутовими пристроями як пристрої освітлення, вимикачами, системами клімат-контролю, мультимедійними пристроями тощо.

Ще одна позитивна сторона «розумних будинків» для людей з особливими потребами - зниження витрат на догляд на дому, оскільки розумні пристрої надають можливість віддалено стежити за близькою людиною.

Не існує універсального рішення, яке б задовольнило всі потреби. Систему «розумний будинок» для людей з особливими потребами слід будувати з врахуванням особливостей для кожного конкретного випадку.

Огляд літератури за темою бакалаврської роботи дозволив визначити, що з точки зору дизайну та методів керування механізмами команд, всі системи можна поділити на два типи:

1. Системи, що підтримують концепції машинного навчання. Такий підхід є менш розповсюдженим, але інтеграція алгоритмів ML в «розумні будинки» надає можливість додавати нові функціональні можливості такі як взаємодіяти з користувачем, класифікація стану навколишнього середовища з визначенням відповідних дій для користувача та моніторинг стану здоров'я.

2. Системи, які не підтримують концепції ML. Другий варіант побудови, коли ML не інтегровано з системами розумного будинку для людей з особливими потребами, отже, вони не адаптуються до поведінки користувача. Такі системи

використовують смартфони, відстеження очей і датчики згинання як методи керування системою «розумного будинку» і автоматизації дій.

Для другого типу архітектури, є ряд пристроїв, які використовуються для управління «розумним будинком».

Використання гарнітури як методу керування. При такому підході система використовує мозкові хвилі для вибору дій користувача, що робить їх більш придатними для людей з інвалідністю, які мають проблеми з рухливістю або мовленням.

Розумний телефон. Передбачає встановлення спеціального програмного забезпечення для управління «розумним будинком» за допомогою голосових команд. Цей командний метод важко використовувати особам з інвалідністю, які мають проблеми з мовленням.

Відстеження очей. Системи відстеження погляду використовують пристрої, які вимірюють рух/активність очей і відстеження погляду (точки зору), яке пізніше обробляється для використання як людино-машинний інтерфейс.

Більшість систем, створених для людей з обмеженими можливостями, використовують Bluetooth та WI-FI, щоб усунути потребу провідного зв'язку між користувачем і центральним контролером і використовувати їх людьми з особими потребами в простий і більш зручний спосіб.

Більш детальний аналіз даних методів з наданням рекомендацій щодо побудови систем «розумного будинку» для людей з особливими потребами буде наведено в наступних розділах бакалаврської роботи.

РОЗДІЛ 2 РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗУМНОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДИНКУ

2.1 Аналіз особливостей систем домашньої автоматизації

У сучасному світі технології можуть полегшити життя кожному, включно з людьми з обмеженими можливостями. Прототип передбачає встановлення різноманітних інтелектуальних пристроїв, таких як автоматизована підїзна система, розумні термостати, розумні датчики витоку та автоматизовані системи освітлення. Пропонуються три окремі вузли, а саме доступ до будинку, виявлення газу, автоматизація освітлення та виявлення падіння, які підключені до головного вузла. Картка RFID використовується для доступу до воріт у вузлі 1. Другий вузол виявляє зріджений газ і чадний газ. Коли датчики виявляють, що газ перевищує порогове значення, вмикається звуковий сигнал, сповіщаючи всіх. Значення температури та вологості зміщуються на екрані OLED-годинника, а швидкість світла та вентилятора – за допомогою реле. Третій вузол виявляє падіння людини, який надсилає сповіщення екстремому контакту через Telegram і WhatsApp. Усі три вузли з'єднані з головним вузлом за допомогою ESP-01. Користувач може отримати миттєве сповіщення про будь-яку незвичайну подію на годиннику за допомогою ESP-NOW.

Домашня автоматизація стала інноваційною тенденцією в сучасному світі технологічних проривів, змінюючи спосіб взаємодії та регулювання місць, які ми називаємо домом. Ця технологічна трансформація пропонує людям з обмеженими можливостями більш відкритий, самодостатній і задовольняючий спосіб життя. Домашня автоматизація включає різноманітні гаджети та системи, які можна підключати до житлових установ, щоб автоматизувати певні операції та надати власникам будинків більше контролю над певними аспектами своїх будинків. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, приблизно 15% населення світу живе з певною формою інвалідності, починаючи від порушень рухливості

до сенсорних і когнітивних проблем. Прості повсякденні завдання, які більшість людей сприймає як належне, можуть стати для цих людей великими проблемами, знижуючи їхню незалежність і загальну якість життя.

Обговорюються деякі з представлених літературних джерел. Домашні автоматизовані системи, що використовують IoT [7] і системи на базі Arduino [8], допомагають у технологіях розумного дому, спрямованих на покращення здоров'я та незалежності людей похилого віку. У [6] автори представили систему домашньої безпеки з використанням Arduino, ESP8066, і вона спрямована на розробку вдосконаленої системи домашньої автоматизації з використанням звичайного веб-сервера та технології Wi-Fi для моніторингу та контролю безпеки середовища розумного будинку. Автори в [9] описали метод і пристрій для запобігання пожежі, алгоритми виявлення використовували дані датчиків температури, дим і продукти горіння. Розробка системи домашньої автоматизації, розглянута в [10], використовує IoT і додаток Android для дистанційного керування різними побутовими пристроями. Автори зосереджуються на підвищенні зручності користувачів та енергоефективності в розумних будинках, особливо для людей похилого віку.

Автори представили систему для взаємозв'язку датчиків [11], приводів та інших джерел даних з метою багаторазової домашньої автоматизації. Переваги запропонованого прототипу численні. Це не тільки сприяє незалежності та самостійності, але й покращує якість життя людей з обмеженими можливостями.

За допомогою запропонованого прототипу люди з обмеженими можливостями можуть насолоджуватися комфортним і безпечним середовищем проживання, яке адаптовано до їхніх унікальних потреб. Загалом проект «Доступний дім» є кроком до створення більш інклюзивного суспільства, де кожен має доступ до однакових можливостей і ресурсів. Вивчення домашньої автоматизації для людей з вадами дійсно важливо з багатьох аспектів. Сприяючи підвищенню незалежності, соціальної інклюзивності, безпеки та безпеки за допомогою сучасних технологій, це обіцяє покращити якість їхнього життя в цілому.

Крім того, це може полегшити навантаження на близьких, що призведе до фінансової економії та сприяння розвитку технологій. Зрештою, це підвищує обізнаність громадськості про труднощі, з якими стикаються люди з обмеженими можливостями, і підкреслює цінність створення інклюзивного та доступного життєвого простору, вживаючи кроків до більш справедливого та співчутливого майбутнього для всіх.

2.2 Приклад системи домашньої автоматизації

Для нашого проекту створено три окремі вузли, кожен з яких має виконати певне завдання, і кожен з них підключений до головного вузла. Перший вузол, який слугуватиме автоматизованою системою входу, складається із зчитувача RFID NodeMCU-ESP8266 і серводвигуна, як показано на рис.2.1.

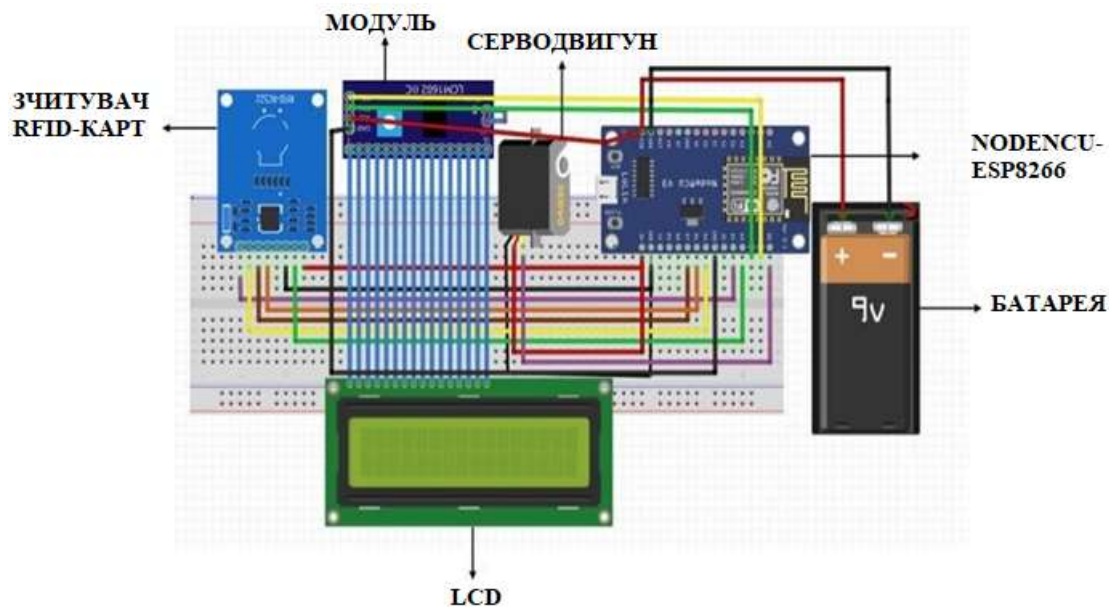


Рис.2.1. Принципова схема нашого першого вузла з використанням Fritzing

Для входу під час спроби входу та зачинення дверей при виході людина повинна відсканувати картку або брелок. Другий вузол складається з Arduino Uno, датчиків температури та вологості DHT11, датчиків чадного газу та скрапленого газу MQ2 і MQ7, зумера та реле, як показано на рис.2.2.

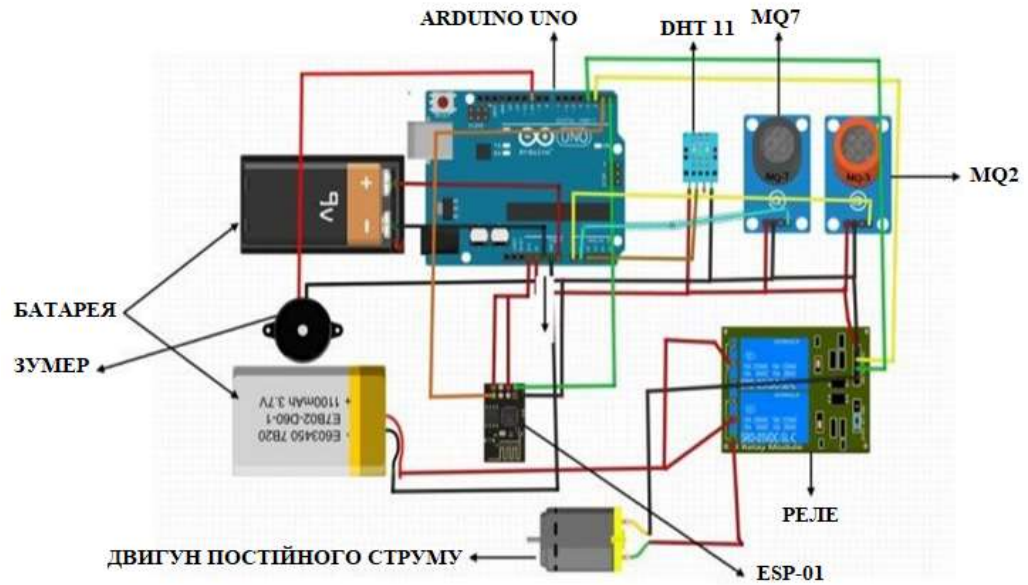


Рис.2.2. Принципова схема нашого другого вузла з використанням Fritzing

Датчик DHT11 відобразитиме температуру та вологість на екрані OLED на екрані. дивитися, і ми можемо керувати освітленням за допомогою реле, і коли датчики виявляють LPG або чадний газ вище порогового значення, вмикається звуковий сигнал і вмикається витяжний вентилятор для вентиляції. Третій вузол, відомий як головний вузол що містить OLED, кнопку, акселерометр, датчик пульсу та NODEMCU-ESP8266, як показано на рис.2.3.

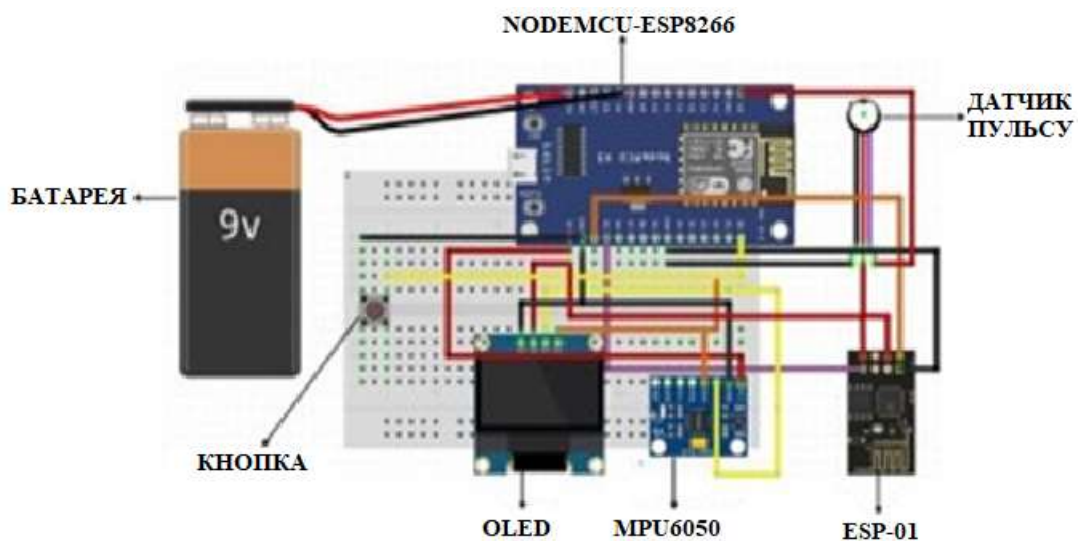


Рис.2.3. Принципова схема нашого головного вузла з використанням Fritzing

Третій вузол призначений для носіння як годинник, і якщо користувач впаде та не зможе встати, MPU6050 попередить екстрений контакт через Telegram і WhatsApp. Крім того, є тривожна кнопка, яка при натисканні сповістить членів сім'ї через Telegram і WhatsApp. Датчик пульсу відобразить частоту серцевих скорочень користувача на OLED. ESP-NOW — це протокол зв'язку, який дозволяє пристроям безпосередньо спілкуватися один з одним без необхідності використання централізованого маршрутизатора чи точки доступу. ESP-01 буде використовуватися для підключення всіх трьох вузлів до головного вузла, щоб користувач міг негайно отримувати сповіщення на свій годинник. Перший вузол передаватиме дані доступу до входу, тобто двері відкриті та закриті, а другий вузол передаватиме всі значення датчиків, такі як температура, дим і чадний вміст, головному вузлу, який показуватиме сповіщення на годиннику та надсилатиме сповіщення через Telegram і WhatsApp, як показано на рис.2.4.

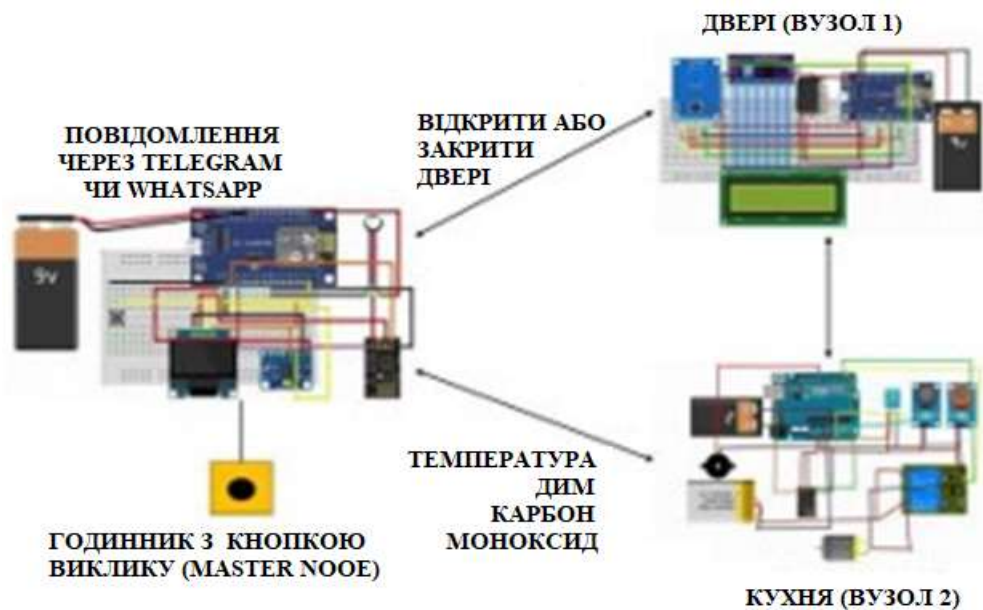


Рис.2.4. З'єднання між усіма вузлами

Алгоритм для них показаний на рис.2.5-2.7

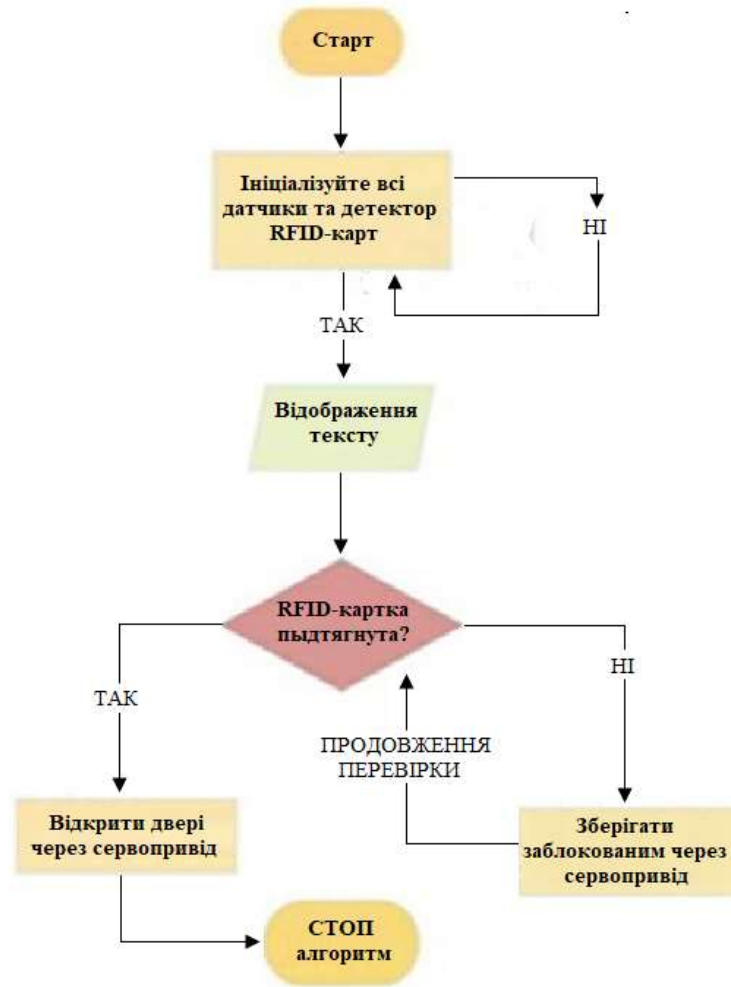


Рис.2.5. Алгоритмічна схема нашого вузла



Рис.2.6. Алгоритмічна схема першого другого вузла

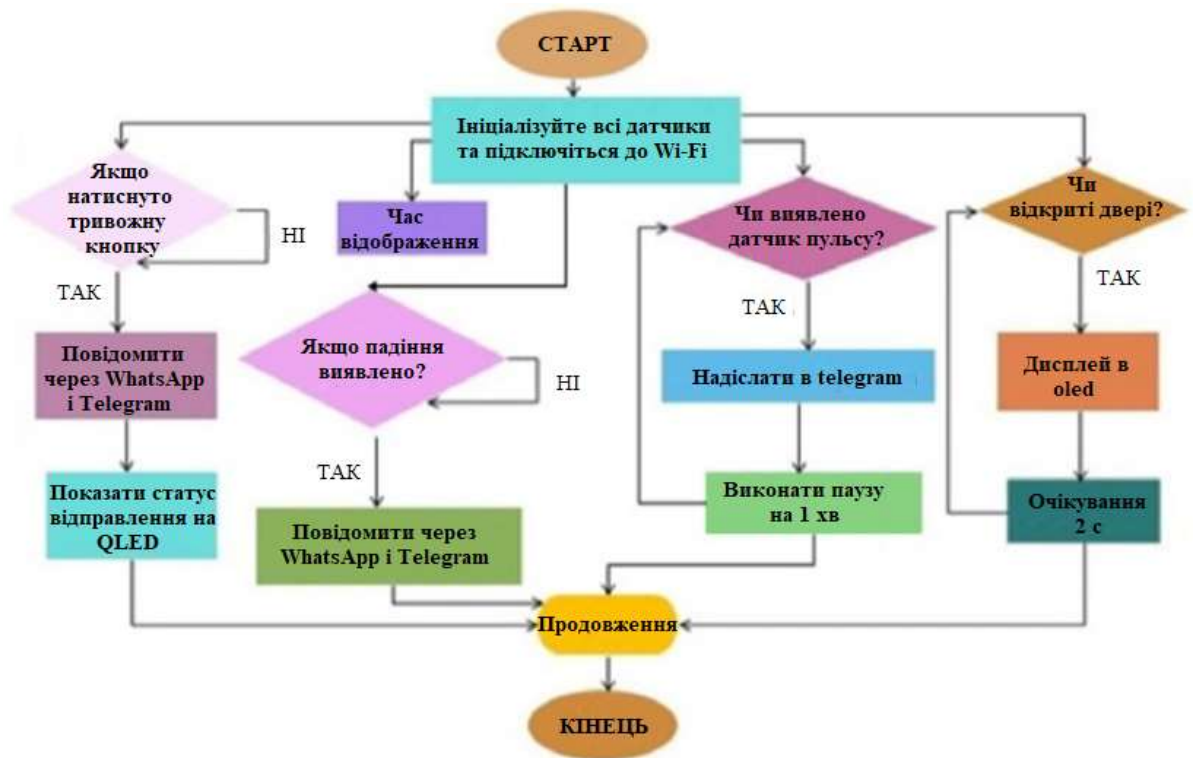


Рис.2.7. Алгоритмічна схема нашого головного вузла

2.3 Управління системою «розумного будинку» з використанням NLU

Алгоритми ШІ дозволяють системам «Розумний будинок» мати контекстну обізнаність, дозволяючи їм розумно реагувати на різні ситуації. Завдяки використанню обробки природної мови система може розуміти голосові команди та реагувати на них.

Сфера штучного інтелекту, відома як розуміння природної мови (NLU), досліджує, як комп'ютери та люди можуть спілкуватися один з одним за допомогою мови. Це процес навчання комп'ютера розуміти і використовувати мову так, як це робить людина.

Після аналізу огляду літератури щодо розробки інтелектуального голосового інтерфейсу можна зробити наступні висновки, що голосовий інтерфейс користувача може бути реалізований лише шляхом інтеграції методів, що охоплюють усі аспекти обробки природної мови (введення голосових даних, токенизація, лематизація, тегування, семантичний аналіз).

Враховавши недоліки розроблених моделей, можна виділити наступні

рекомендації, щодо розробки системи з NLU:

1. Кожне введене висловлювання користувача потрібно перетворити на його семантичний еквівалент (намір).

2. Конкретний синтаксис для кодування структурованих семантичних шаблонів повинен бути визначений для команд розумного будинку (вузли, шаблони та слоти);

3. Сервіси синтезу мови в текст і тексту в мову, які пропонують Microsoft, Google та інші постачальники послуг мовлення, є одними з будівельних блоків нового інтелектуального голосового інтерфейсу користувача. У разі нормальної швидкості та надійного підключення до Інтернету їх можна використовувати через хмару або іншим чином як локальне програмне забезпечення.

Структура для голосового інтерфейсу користувача

Щоб досягти взаємозв'язку та сумісності багатьох пристроїв, служб і програм у системах інтелектуального дому, існує дві основні вимоги до їх архітектурного проектування.

1. Системи «розумний дім» повинні забезпечувати інтелектуальний інтерфейс користувача, спрямований на максимальну зручність користувача.

Інтелектуальний інтерфейс користувача може персоналізувати та керувати взаємодією. UI є однією з найважливіших і відмінних характеристик, яка значною мірою визначає впровадження нових продуктів, особливо на регіональних ринках. Опції голосового зв'язку покращують взаємодію з клієнтами, підвищують лояльність споживачів і створюють конкурентну перевагу для нових продуктів. Він також забезпечує початкову установку та конфігурацію, періодичну діагностику та технічне обслуговування, реконфігурацію та оптимізацію інтелектуальних систем.

2. Системи домашньої автоматизації повинні гарантувати ефективний віддалений зв'язок між контрольною панеллю та іншими системами керування (мережами IoT, системою керування будівлею тощо).

Щоб виконати цю другу вимогу, дані мають передаватися через шлюз. У цьому випадку панель управління системи «розумний будинок» має бути

перетворена на хаб, що підтримує стандартизовані протоколи зв'язку IoT, такі як WiFi і KNX, протокол зв'язку, розроблений і широко використовуваний у домашній автоматизації. Голосове керування системами розумного дому можна реалізувати за допомогою механізму Alexa Skills або подібного.

Згідно з двома вищезазначеними аспектами підключення до розумного будинку, нова структура повинна поєднувати інноваційний інтерфейс користувача та різноманітні можливості зв'язку між панеллю керування та іншими (зовнішніми) системами керування.

Голосовий інтерфейс користувача можна реалізувати двома способами:

1. Функціонал вбудовано в панель управління систем розумного дому, яка має захищене підключення до хмарної інфраструктури.
2. Функціонал розташований на окремому рівні в структурі систем розумного будинку.

Ці підходи не є максимально ефективними. Пропонується нова концептуальна основа для систем розумного будинку з VUI слідує другому підходу.

На рис.2.8. представлена структура для голосового інтерфейсу користувача. Чорні стрілки вказують на прямі зв'язки між центральною панеллю (хабом) і елементами системи, а жовті стрілки - на непрямі. Непрямі комунікації складаються з кількох запитів до служб.

Діаграма на рис.2.8 візуалізує зв'язок компонентів розумного дому з системною панеллю через два типи каналів:

1. Прямий. До периферійних пристроїв і зовнішніх комп'ютерних мереж і мобільних мереж.
2. Непрямий. До IP-датчиків, пристроїв і пристроїв, інших систем керування (KNX) і голосового інтерфейсу.

У дослідженому фреймворку сервер інтеграції (туманна структура) вводиться як додатковий комунікаційний вузол. Це дозволяє як розгортання інтелектуального інтерфейсу користувача, так і інтеграцію з існуючими пристроями та системами керування IoT.

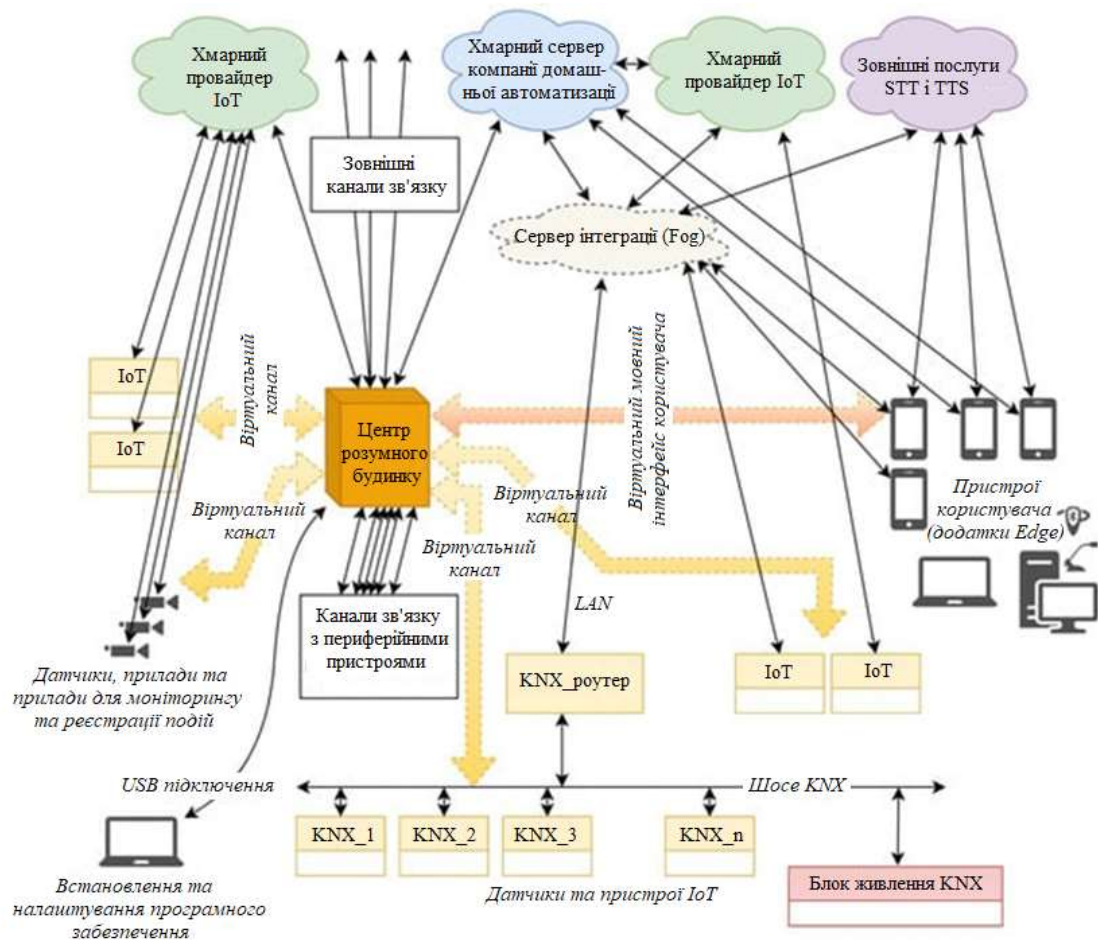


Рис.2.8. Структура для голосового інтерфейсу користувача

Іншим новим елементом у структурі є те, що зв'язок між користувачами (ліворуч) і зовнішніми системами керування (праворуч) може бути реалізований через віртуальні канали для різноманітних послуг, що пропонуються різними постачальниками, у тому числі компанією інтелектуальної автоматизації.

Програмний модуль, що реалізує IUI на основі діалогу, можна розгорнути на будь-якому рівні архітектури розумного будинку. Розміщення голосового інтерфейсу на окремому архітектурному рівні звільняє панель керування від неосновних функцій і розподіляє обчислення між різними пристроями. Цей підхід є кращим, оскільки:

1. Розробка IUI є відносно незалежною від обмежень панелі системи.
2. Ризики порушення безпеки зміщуються з ядра системи.

Ще одна перевага цього підходу полягає в тому, що мультиплікаційний ефект може бути використаний шляхом впровадження того самого модуля

інтелектуального інтерфейсу для всього сімейства продуктів і різними мовами.

Пропонований розподілений багаторівневий фреймворк розширює можливості систем розумного будинку в порівнянні з класичним підходом IoTFC. Голосові служби Edge або fog можуть надавати швидкі відповіді на запити з мінімальними затримками, оскільки обробка здійснюється там, де дані доступні або потрібні.

2.4 Реалізація прототипу системи, впровадження та оцінка

У цьому підрозділі представлено реалізацію системи розумного дому відповідно до запропонованої структури для голосового керування, що поєднує локальні та віддалені служби природної мови для мов із обмеженими ресурсами з візуальними ілюстраціями та описом алгоритмів.

Проектування взаємодії між користувачем і системою «Розумний дім».

Блок-схема на рис.2.9а та відповідні кроки в алгоритмі 1 представляють голосову взаємодію між користувачем і системою розумного дому як послідовність запитів і відповідей.

Алгоритм 1. Взаємодія користувача з системою «розумний дім» за допомогою мовної команди як частини SUI:

- користувач розумного дому вводить висловлювання (мовлення) з певним змістом (a1);
- пристрій користувача (комп'ютер, ноутбук, планшет, смартфон або носимий пристрій) записує мову та передає її як аудіопотік (a2) до служби, що надається сервером інтеграції;
- програмний модуль IUI отримує повідомлення. Модуль надсилає запит (a3) до хмарного сервісу STT, пересилаючи аудіодані;
- IUI отримує відповідь (a4) на свій запит. Це текст, який відповідає надісланим звуковим даним.

- IUI витягує значення введеного користувачем висловлювання та генерує запит, що містить отриману команду для концентратора розумного будинку. Запит (a5) надсилається на сервер у Cloud of Home Automation Company (CHAC);
- CHAC отримує запит, перевіряє його автентичність і правильність, готує і відправляє команду (a6) у вказану для нього підсистему розумного будинку;
- підсистема розумного будинку отримує команду, виконує її та повертає відповідну відповідь (a7);
- відповідь отримує CHAC, який перетворює його на відповідь на запит IUI і надсилає цю відповідь (a8) до IUI;
- IUI отримує відповідь від CHAC, готує власну текстову відповідь і надсилає її через запит (a9) для перетворення в хмарний сервіс TTS;
- IUI отримує результат свого запиту як аудіофайл (a10);
- IUI готує відповідь із зазначенням URI отриманого аудіофайлу та надсилає його (a11) на пристрій користувача;
- пристрій користувача відтворює аудіофайл (a12), отриманий в результаті їх запиту, і користувач чує мовну відповідь системи на їхнє висловлювання.

У деяких випадках кілька кроків Алгоритму 1 можна пропустити та/або додати, рис.2.9б.

Аудіодані з пристрою користувача можна надсилати безпосередньо до служби STT (пропускаючи крок a2), а отриману відповідь потім надсилати до служби IUI (додається крок b4).

Під час підготовки відповіді у вигляді аудіофайлу виклик служби TTS може бути пропущено (кроки a9 і a10 можна пропустити), якщо така відповідь уже створена та каталогізована на сервері інтеграції. У цьому випадку URI вже створеного аудіофайлу надсилається як відповідь на пристрій користувача.

Блок-схема на рис.2.9б візуалізує найкоротший варіант цього процесу взаємодії. Таким чином зв'язок між користувачем і системою розумного будинку займає менше часу та є більш ефективним.

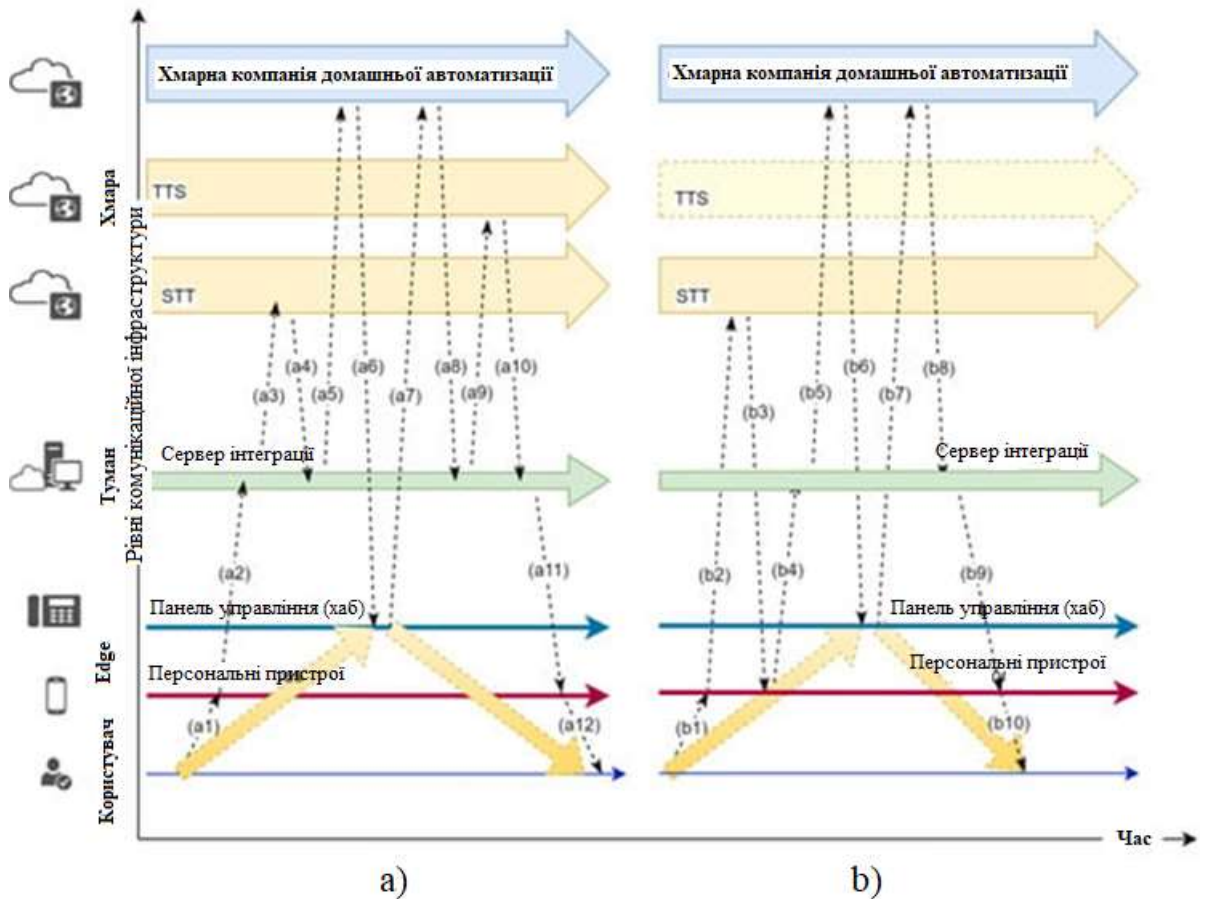


Рис.2.9. Покроковий голосовий зв'язок між користувачем і системою розумного дому, (а) довга версія, (б) коротка версія

Запропонований алгоритм 1 складений за класичною п'ятиетапною структурою голосового діалогу, як представлено в табл.2.1.[12]

Таблиця 2.1.

Опис діалогу голосового керування в системі «Розумний дім» (у двох варіантах; більш детальний і найкоротший)

Етап	Детальна версія	Найкоротша версія
Виявлення голосової активності	a1	b1
ASR	a2–a4, a9–a10	b2–b3
NLU	a5	b5
Етап прийняття рішення	a6–a7	b6–b7
Стадія спілкування	a8, a11–a12	b8, b9–b10

Блок-схема на рис.2.10. і відповідні кроки в алгоритмі 2 зображують запропонований метод виявлення наміру (алгоритм 1, крок 5). В описі алгоритму вузол представляє набір попередньо визначених інформаційних структур, які необхідні для розпізнавання кожної можливої виконуваної команди. Вони зберігаються як список вузлів. Кожен вузол містить список структурних шаблонів, список слотів і механізм генерації команд.

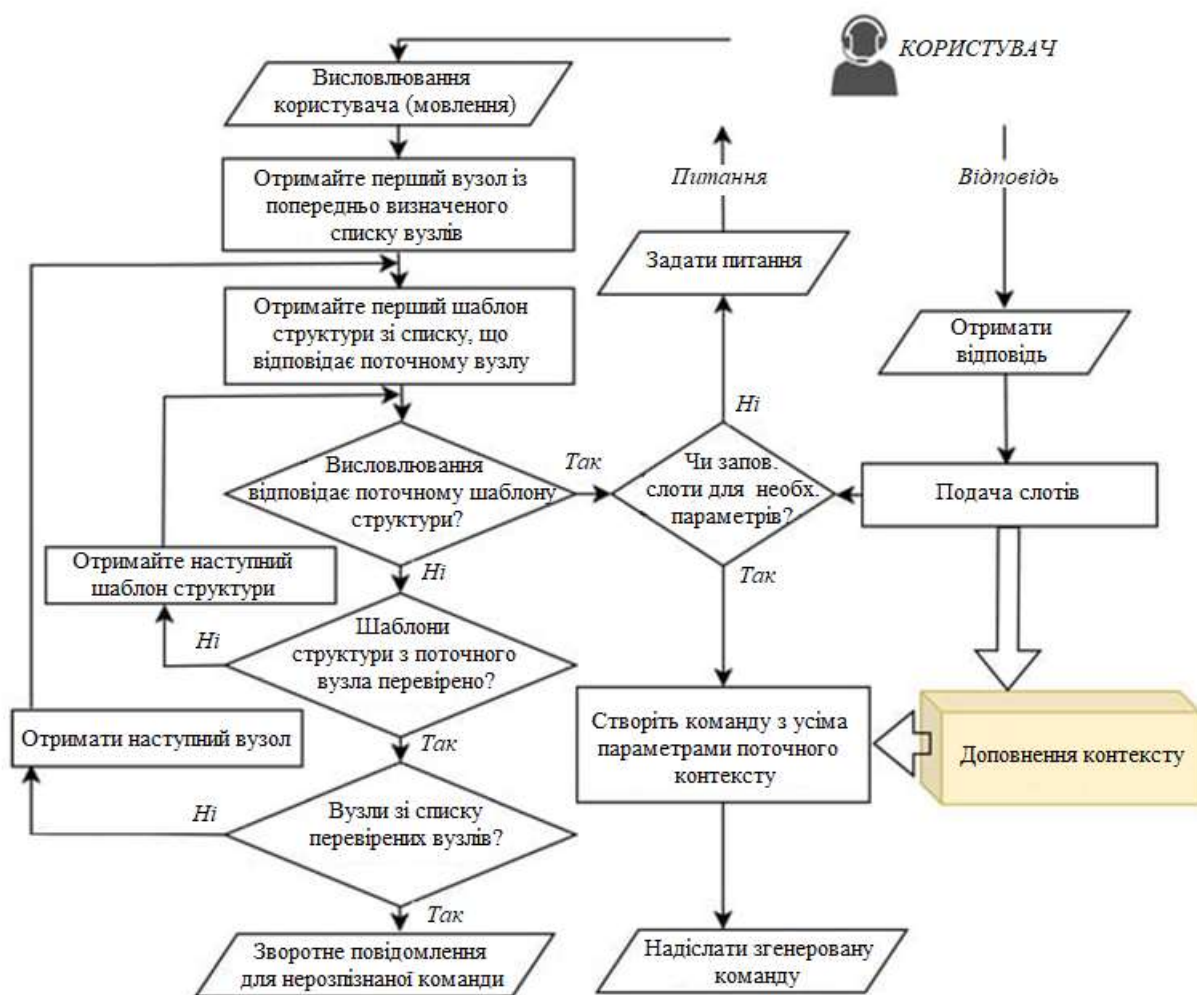


Рис.2.10. Блок-схема розпізнавання голосових команд на основі намірів

Кожен структурний шаблон команди визначається спеціальним синтаксисом і містить леми слів, групи синонімів, слоти параметрів тощо. Він визначає допустимі позиції ключових слів і слотів параметрів у висловлюванні. Він використовується як основа для виявлення відповідності між висловлюванням і шаблоном.

Кожен слот відповідає одному параметру, необхідному для команди. Для нього визначені конкретні запитання для запиту значення відповідного параметра у користувача.

Механізм генерації команд – це процедура, в якій обробляються отримані значення параметрів команди та генерується формальна команда для хаба. Він може містити інші процедури, посилання на зовнішні служби та URL-посилання.

Список команд можна легко розширити без необхідності кодування.

Алгоритм 2. Виявлення голосової команди на основі наміру з висловлювання користувача:

1. Введено висловлювання користувача;
2. Усі вузли зі списку попередньо визначених вузлів програми обходяться послідовно. Процес починається з першого в списку;
3. Для кожного вузла всі структурні шаблони, пов'язані з цим вузлом, обходяться послідовно;
4. Висловлювання порівнюється з поточним структурним зразком;
5. Якщо є збіг, обхід вузлів зупиняється, і команда, що відповідає поточному вузлу, вважається розпізнаною;
6. Якщо є розпізнана команда, перевіряється, чи всі необхідні параметри доступні у висловлюванні або в поточному контексті;
 - 6а. Якщо контекст все ще не містить значень для всіх необхідних параметрів, користувачеві задаються уточнюючі запитання щодо кожного відсутнього значення, і після отримання відповідей значення заповнюються в контексті;
 - 6б. Якщо всі необхідні параметри мають відповідні значення в контексті, генерується команда, що включає значення параметрів, накопичені в контексті, і надсилається на пристрій виконання;
7. У разі відсутності збігу після обходу всіх вузлів і всіх їхніх структурних шаблонів генерується нерозпізнане командне повідомлення, яке надсилається користувачеві.

2.5 Аналіз деталей впровадження та оцінка

У даному підрозділі представлено особливості програмної реалізації нового VUI для існуючої інтелектуальної системи безпеки та результати, отримані від демонстрації нових прототипів системи в робочому середовищі.

Щоб підтвердити функціональність нового голосового інтерфейсу користувача, існуючу інтелектуальну систему безпеки було розширено додатковим вбудованим програмним забезпеченням і програмними модулями на сервері, як показано нижче:

1. Реалізовано системне програмне забезпечення для сервера інтеграції.

Сервер інтеграції розміщено на проміжному (туманному) рівні запропонованої структури IoTFC. На цьому сервері розгорнуто нове програмне забезпечення для інтерфейсу голосових команд доменно-спеціальною болгарською мовою. Новий інтерфейс користувача реалізовано як веб-додаток. Інтерфейс підключено до хмарних сервісів STT і TTS (обидва болгарською мовою). Програмний код створено в середовищі Node.js;

2. До існуючої хмари компанії з автоматизації розумного будинку додано кілька додаткових сервісів;

3. Створено нові сервіси для обробки запитів віддалених користувачів на контроль і моніторинг системи розумного дому, в тому числі від сторонніх програм;

4. Також було створено доповнення для використання Alexa Skills та інших подібних програм для мобільного доступу та керування системними пристроями.

Головним завданням у процесі розробки нашого інтелектуального голосового інтерфейсу було виділення намірів із висловлювань користувачів і їх перетворення на конкретну структуровану команду. Проблеми, які необхідно подолати, такі:

- обчислювальна потужність персональних і мобільних пристроїв обмежена;
- обчислювальна складність завдань STT, TTS і розуміння природної мови є значною.

Реалізований алгоритм також використовує нейронну мережу глибокого навчання, яка попередньо навчена розпізнавати слова пробудження через платформу TensorFlow (у її версії JavaScript), встановлену на пристроях користувачів. Цей підхід усуває надлишковий трафік, який може виникнути, якщо пристрої користувача «слухають» будь-який шум і пересилають його для розпізнавання кудись у мережі. Решта розуміння природної мови (алгоритм 2) виконується на стороні сервера. Таким чином персональні пристрої розвантажуються від деяких завдань і захищаються ноу-хау виробника інтелектуальної системи безпеки.

Після впровадження VUI для інтелектуальної системи безпеки та її підключення до локальних і віддалених сервісів була організована демонстрація прототипів системи в робочому середовищі. Було представлено два різних прототипи бездротової розумної системи безпеки. Вони були налаштовані на роботу з різними бездротовими пристроями: пасивними інфрачервоними (PIR) датчиками в різних зонах, магнітними датчиками, зовнішньою сиреною, пристроями дистанційного керування тощо. Під час демонстрації з використанням голосового керування болгарською мовою були протестовані такі компоненти та функції системи:

- пробудження модулів прослуховування за допомогою попередньо визначеного слова;
- активація (включення) системи охорони в режимі охорони; на дисплеї панелі отримано індикацію про ввімкнення режиму охорони;
- управління світлом в різних кімнатах з візуальним і словесним підтвердженням розпізнаних і виконаних команд;
- надаються підказки щодо параметрів команд, коли діалог уже розпочато, але деякі слоти все ще порожні;
- надання інформації про проекти (розповсюдження інформації про проекти);
- мовні команди відповідають двома синтетичними типами голосу (чоловічим і жіночим);

Кілька варіантів команди було виконано з різними ключовими словами, похідними ключовими словами та перефразами, і вилучений намір було перевірено.

Нові сервіси, засновані на запропонованій структурі для VUI, вбудовані в існуючу інтелектуальну систему безпеки, а прототипи систем були продемонстровані в оперативному середовищі. Аналіз результатів тестування показав, що система може успішно контролювати об'єкти безпеки за допомогою попередньо визначеного набору голосових команд, враховуючи дані навколишнього середовища в реальному часі. Результати експериментів також демонструють, що новий VUI є надійним і гнучким; він може виконувати мовні команди з різними варіаціями висловлювань користувачів і голосових нюансів.

У цьому підрозділі представлено інтелектуальну домашню систему, яка використовує запропоновану структуру IoTFC. Нова система може негайно реагувати на всі сигналізовані події, тобто система працює нормально в ізольованому (локальному) режимі. Ця система розумного дому може збирати та обробляти дані, створені її периферійними (граничними) пристроями (датчиками, пристроями та приладами), і керувати ними віддалено в режимі реального часу. Він також може спілкуватися зі смартфонами та носимими пристроями користувача, але в цих випадках потрібен протокол зв'язку Bluetooth. Запропонована архітектура розумного дому допускає інтеграцію з іншими зовнішніми системами (наприклад, системами автоматизації будівель), діючи як хаб, що з'єднує різні системи. Розумна система може передавати дані IoT на туманний шар через протокол REST HTTP, який забезпечує гнучкість і взаємодію під час створення RESTful-сервісів. Ця функція забезпечує зворотну сумісність із застарілими системами, що працюють в обчислювальній інфраструктурі компанії з автоматизації розумного будинку. Локальні обчислювальні об'єкти (туманні вузли) можуть фільтрувати отримані дані та обробляти їх локально або надсилати в хмару для подальшої обробки. Голосовий інтерфейс користувача надає послуги контролю та моніторингу, використовуючи дані в реальному часі про стан пристроїв і події, що відбуваються в домашньому середовищі. Його можна розгорнути на будь-якому рівні

архітектури розумного дому. Голосовий інтерфейс користувача може бути реалізований будь-якою нетональною мовою, включно з обмеженими ресурсами, якщо для нього доступні служби STT і TTS.

РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ДОПОМІЖНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ВІДСТЕЖЕННЯ ОЧЕЙ

У даному розділі досліджено особливості проектування та реалізація допоміжної системи на основі стеження за очима, яка може бути використана для покращення якості життя пацієнтів з обмеженими можливостями. За допомогою рухів очей, на функцію яких хвороба не впливає, пацієнти можуть спілкуватися з опікунами та надсилати їм сповіщення, керувати різними приладами, включно з інвалідними візками. Розроблена система розділена на дві підсистеми: стаціонарну та мобільну допоміжні системи. Обидві системи забезпечують графічний інтерфейс користувача (GUI), який використовується для зв'язку системи відстеження очей із елементами керування приладом.

3.1 Аналіз системи на базі відстеження очей

Спроба розробити допоміжну систему для пацієнтів з важкими порушеннями рухової функції викликала все більший інтерес протягом останніх кількох десятиліть.

Відстеження погляду — одна з найскладніших проблем комп'ютерного зору. Системи відстеження погляду використовують пристрої, які вимірюють рух/активність очей і відстеження погляду (точки огляду), які пізніше обробляються для використання як інтерфейс людина–машина. Відстеження погляду очима використовувалося в різних програмах [13], включаючи виявлення сонливості [14], розпізнавання райдужної оболонки ока [15], поведінкову терапію [9] та взаємодію людини з комп'ютером (НСІ). Людино-машинний інтерфейс для пацієнтів з БАС, заснований на відстеженні погляду очей, нещодавно привернув увагу дослідників.

Завдяки останнім удосконаленням технологій, найсучасніші дослідження автономних інвалідних візків мають тенденцію використовувати сучасні технології глибокого навчання для покращення якості систем виявлення та керованості

інвалідного візка. Наприклад, Dahmani et al. [16] розробили моторизований інвалідний візок, яким можна керувати за допомогою рухів очей. Вони застосували згорточні нейронні мережі (CNN) для оцінки погляду. Подібним чином у дослідженні Amer et al. [17] для керування інвалідними візками було застосовано розпізнавання обличчя та очей на основі глибокого навчання. Крім того, Luo et al. [18] застосував CNN для виявлення моргань очей і використав це як практичну систему взаємодії людини з комп'ютером для керування рухом інвалідного візка. Хоча методи, засновані на глибокому навчанні, забезпечують перспективну технологію для керування інвалідним візком, вони налаштовуються для кожної людини, і продуктивність погіршується, якщо використовується з суб'єктами, які не пройшли навчання. Крім того, завдяки передовим технологіям початкове призначення людського комп'ютерного інтерфейсу (HCI) (тобто керування пристроями, передача команд) тепер розширено, щоб автоматично розпізнавати поведінкові дії користувачів для кращого спілкування та продуктивності. Наприклад, бразильський стартап HOOVOX Robotics співпрацював з Intel, щоб випустити Wheelie 7, набір адаптерів, який можна підключити до будь-якого моторизованого крісла. Він застосовує технологію штучного інтелекту (AI) для виявлення виразів обличчя користувачів у режимі реального часу, щоб контролювати рух крісла.

Це дослідження стосується розумної системи стеження за очима, розробленої для людей з обмеженими можливостями. Концепція дослідження полягає в тому, щоб застосувати рухи очей для керування приладами та інвалідними візками та для спілкування з доглядачами. Нижче наведено основні аспекти та/або внески цієї статті.

Обмеження відстеження погляду за допомогою камери полягає в тому, що воно вимагає від користувача утримувати голову в статичному положенні. Коли об'єкт знаходиться у вертикальному положенні, голова завжди рухається з положення калібрування, тому часто вимагає повторного калібрування. Щоб вирішити проблему, ми запропонували подвійну систему стеження за очима, що складається з мобільної системи та стаціонарної системи. Для стаціонарної системи

ми використовували комерційний окомір Gazepoint для вимірювання погляду очей, коли пацієнт лежить у ліжку. Для мобільної системи ми розробили оправу для окулярів з інфрачервоною камерою для оцінки розташування очей, коли пацієнт сидить на інвалідному візку.

Досліджувана допоміжна система, заснована на відстеженні очей, розділена на дві підсистеми рис.3.1.:

- стаціонарна допоміжна система;
- мобільна допоміжна система.

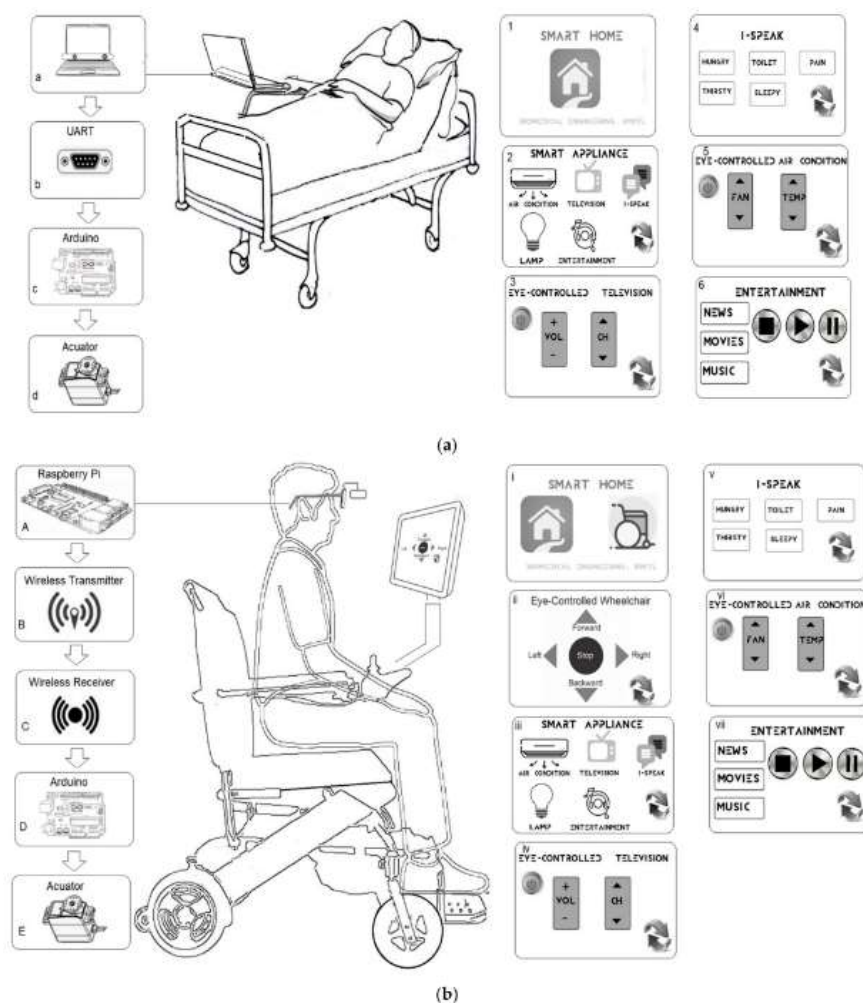


Рис.3.1. Розумний дім на основі відстеження очей: (а) стаціонарна система;
(б) дистанційна система

Завдяки мобільній допоміжній системі та стаціонарній допоміжній системі пацієнт-інвалід може контролювати прилади та спілкуватися з доглядачами за

допомогою відстеження очей. Мобільна допоміжна система використовується, коли пацієнт перебуває на інвалідному візку, тоді як стаціонарна допоміжна система використовується, коли пацієнт лежить у ліжку. Додатковою особливістю мобільної допоміжної системи є те, що вона включає в себе контролер візка з відстеженням очей.

3.2 Стаціонарна допоміжна система

Стаціонарна допоміжна система використовується при перебуванні пацієнта з інвалідністю в ліжку. Система в основному складається з ноутбука з комерційним пристроєм відстеження очей і вбудованою камерою універсальної послідовної шини (USB). Комерційний окомір використовується для оцінки погляду пацієнта, а USB-камера використовується для інтелектуальної автентифікації за допомогою виділення орієнтирів обличчя. Наданий прикладний програмний інтерфейс (API) і комплект розробки програмного забезпечення (SDK) комерційного айтрекера дозволяє розробнику використовувати позицію погляду на екрані ноутбука для керування різними приладами та спілкування з доглядачем. Існує шість графічних інтерфейсів користувача (GUI) для стаціонарної допоміжної системи. Два графічних інтерфейсу пов'язані з контролером приладу, тобто для телевізора та кондиціонера. Доступ до них можна отримати за допомогою модуля приводу, керованого Arduino, який, у свою чергу, підключається до ноутбука через послідовний зв'язок.

Eye Tracker для стаціонарної допоміжної системи.

Окотрекер, який використовується в стаціонарній допоміжній системі, — модель Gazepoint GP3 [17], як показано на рис.3.2. Він заснований на інфрачервоній окулографії, в якій джерело невидимого ближнього інфрачервоного або інфрачервоного світла освітлює зіницю, викликаючи видимі відображення як в зіниці, так і в рогівці. Ці відображення відстежуються інфрачервоною камерою, яка використовується для оцінки центру зіниці, визначення обертання очей і визначення напрямку погляду. Перед використанням моделі точки погляду GP3

систему необхідно відкалібрувати, щоб користувач дивився на екран і стежив за п'ятьма-дев'ятьма рухомими орієнтирами на екрані, щоб нормалізувати відстань між користувачем і окоміром. Після калібрування маркер буде пов'язано, охоплюючи області очей, як показано на рис.3.2b . Тепер система готова до застосування для відстеження очей. Технічні характеристики моделі Gazepoint GP3:

- 0,5–1,0 градус точності кута зору;
- частота дискретизації 60 Гц або 150 Гц;
- потрібне калібрування за 5 або 9 точками;
- простий у використанні;
- відкритий стандарт API;
- 35 см (горизонтальний) × 22 см (вертикальний) рух;
- діапазон глибини руху ± 15 см;
- ультрапортативний — 235 × 45 × 47 мм (125 г) ;
- сумісний з 24-дюймовими дисплеями або менше.

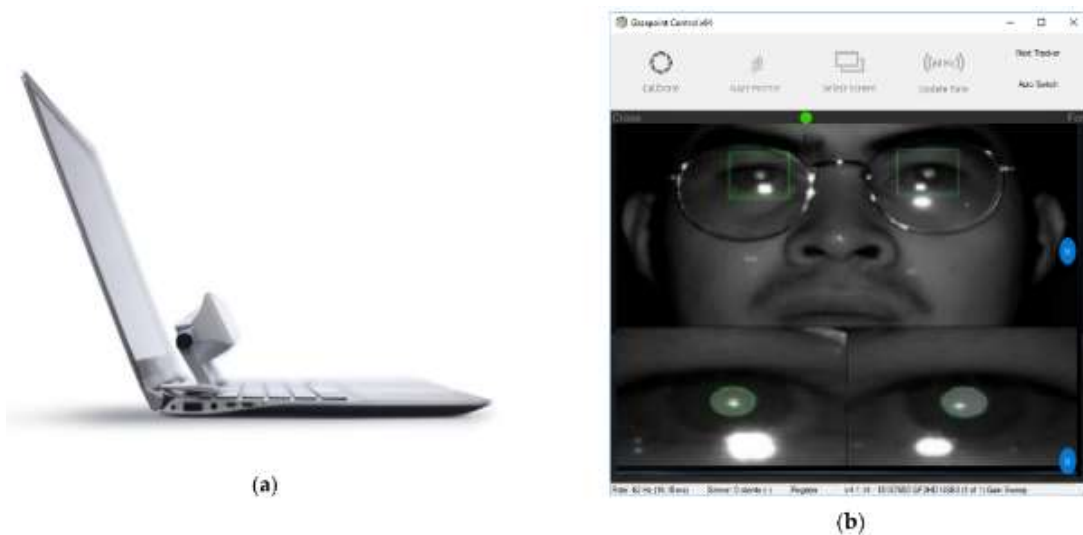


Рис.3.2. Пристрій відстеження очей Gazepoint GP3: (а) Прилад відстеження очей Gazepoint GP3, встановлений на ноутбучі; (b) програмне забезпечення для калібрування

Розумна автентифікація для допоміжної системи. Безпека є однією з головних проблем розумних систем, щоб запобігти несанкціонованому доступу до системи для окремого пацієнта. Щоб забезпечити безпечний доступ без використання рук, пропонується розумна автентифікація на основі орієнтирів обличчя. Алгоритм каскаду Хаара використовується для виявлення області інтересу (ROI) компонентів обличчя, яка складається з очей, носа та рота. Орієнтири обличчя, пов'язані з очима, носом і ротом, визначаються трансформацією радону. Потім обчислюються характеристики відстані, пов'язані з кожним орієнтиром обличчя, і використовуються для ідентифікації пацієнтів.

Визначте цікаву область обличчя за допомогою каскадного алгоритму Хаара.

Виявлення компонентів обличчя за допомогою каскадного класифікатора Хаара є методом виявлення об'єктів, запропонованим Полою Віолою та Майклом Джонсом [19]. Каскад Хаара — це набір властивостей, подібних до Хаара, які об'єднані для формування класифікатора, що складається з темних і світлих областей. Процес каскадного класифікатора Хаара обчислює різницю суми інтенсивностей темних областей і суми інтенсивностей світлих областей, вибирає найкращі характеристики з усіх ознак і об'єднує все більш складні класифікатори в каскад, який дозволяє швидко відкидати негативний вхід (не обличчя), витрачаючи більше обчислень на багатообіцяючі або позитивні регіони, схожі на обличчя. Першою метою нашої автентифікації без використання рук було визначити цікаву область, двовимірне зображення обличчя, використовуючи каскадний алгоритм Хаара, як показано на рис.3.3а, після визначення обох очей, носа та рота, як показано на рис.3.3b,c.

Вилучення орієнтирів обличчя на основі техніки проєкції. Щоб знайти орієнтири, пов'язані з оком, ми перетворили зображення ROI ока на бінарні зображення за допомогою порогового алгоритму.

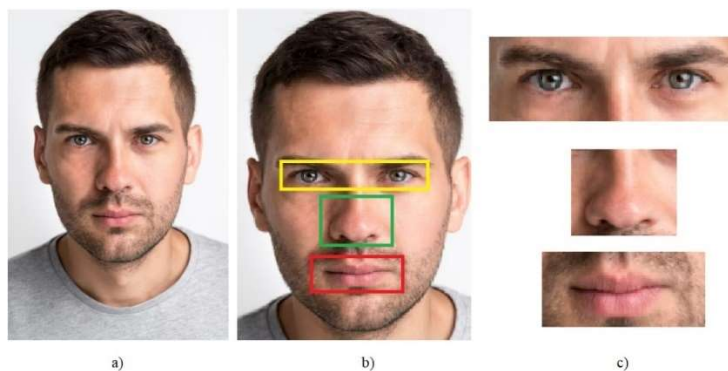


Рис.3.3. Визначена ROI компонентів обличчя за каскадним алгоритмом Хаара: (а) виявлення обличчя; (б) очі, рот, ніс і виявлення; (с) вилучена досліджувана область ока, носа та рота.

Результат проілюстровано на рис.3.4с, який включає бінарну область, пов'язану з оком і бровою. Щоб виключити область брів, була виконана горизонтальна проекція, показана на рис.3.4с, яка є сумою значень пікселів по горизонталі. Потім дані проекції можна використовувати для розрізнення області очей і брів. Для виявлення орієнтирів, пов'язаних із оком, була застосована вертикальна проекція. Зовнішній піксель можна ідентифікувати як орієнтир, пов'язаний з оком, показаний жовтою крапкою на рис.3.4б .

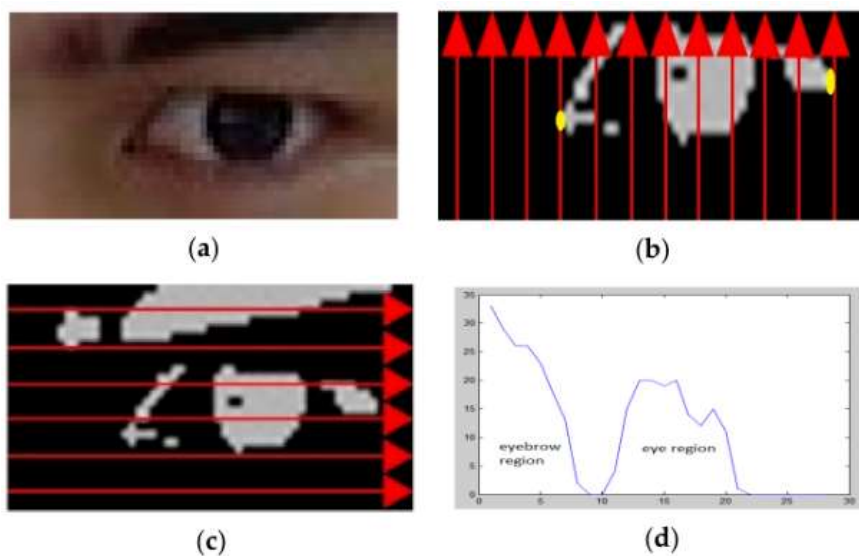


Рис.3.4. Техніка проекції для пошуку орієнтирів ока: (а) досліджена досліджувана область ока; (б) вертикальна проекція; (с) горизонтальна проекція; (д) дані проекції (с).

Щоб отримати орієнтири, пов'язані з носом, досліджувану область дослідження носа було перетворено на бінарне зображення та застосовано вертикальну проекцію. Зовнішній піксель може бути ідентифікований, і пов'язаний з ним орієнтир носа може бути виявлений, як позначено жовтими крапками на рис.3.5. На рис.3.6 показано аналогічний алгоритм, застосований для виявлення орієнтирів, пов'язаних із ротом.

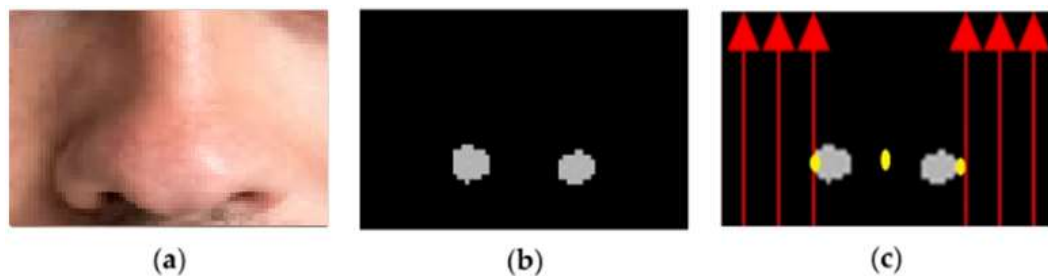


Рис.3.5.Техніка проекції для пошуку орієнтирів носа: (а) вилучена досліджувана ділянка носа; (b) бінаризований ніс ROI; (c) вертикальна проекція.

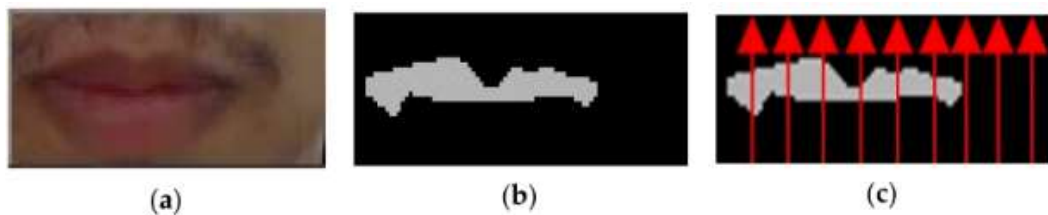


Рис.3.6. Техніка проекції для знаходження орієнтирів рота. (а) досліджена досліджувана область рота; (b) бінаризований рот ROI; (c) вертикальна проекція

Автентифікація особи.

Щоб автентифікувати особу на основі виділених реперних точок, точка межі обличчя використовується для вирівнювання еталонного зображення із зображенням запиту. Точки межі обличчя P1, P2, P3, P4, P5 і P6 показані на рис.3.7. Визначення точок межі обличчя такі:

P1 визначається координатами

$$X1 = \frac{x5-x1}{2}, Y1 \quad (2.1)$$

P2 визначається координатами

$$X6 - \frac{x5-x6}{2}, Y6 \quad (2.2)$$

P3 визначається координатами

$$\left(\frac{x5+x6}{2}, \frac{x6+y7}{2} + 1,3 \left(\frac{y6+y7}{2} - Y5\right)\right) \quad (2.3)$$

P4 визначається координатами

$$\left(X7 - \frac{x7-x5}{2}, Y7\right) \quad (2.4)$$

P5 визначається координатами

$$\left(X4 - \left(\frac{x4-x5}{2}\right), Y4\right) \quad (2.5)$$

P6 визначається координатами

$$\frac{x2+x3}{2}, \frac{y2+y3}{2,5} \quad (2.6)$$

де:

- X1, Y1 – координати зовнішньої орієнтирної точки лівого ока (LE1);
- X2, Y2 – координати внутрішньої орієнтирної точки лівого ока (LE2) ;
- X3, Y3 – координати зовнішньої орієнтирної точки правого ока (RE1) ;
- X4, Y4 – координати внутрішньої орієнтирної точки правого ока (RE2) ;
- X5, Y5 - координати носової орієнтири (N) ;
- X6, Y6 – координати правого орієнтиру гирла (M1) ;
- X7, Y7 – координати лівої орієнтирної точки гирла (M2).

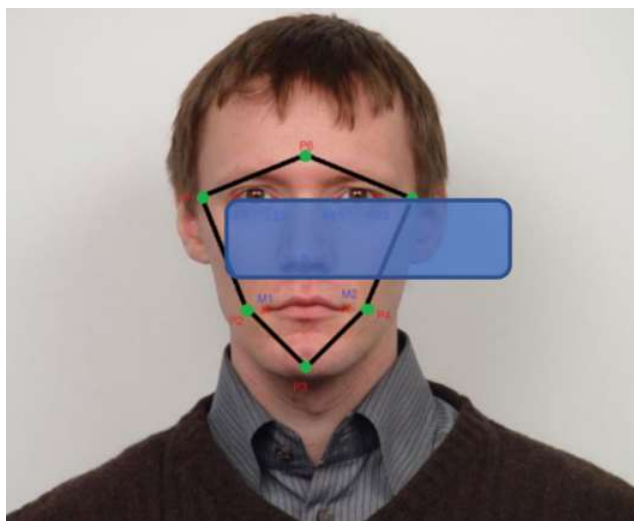


Рис.3.7. Граничні точки обличчя, визначені фіціальними орієнтирами

Крім того, сім векторів були сформовані як вектори ознак. Вектори ознак визначені на рис.3.8 а–h.

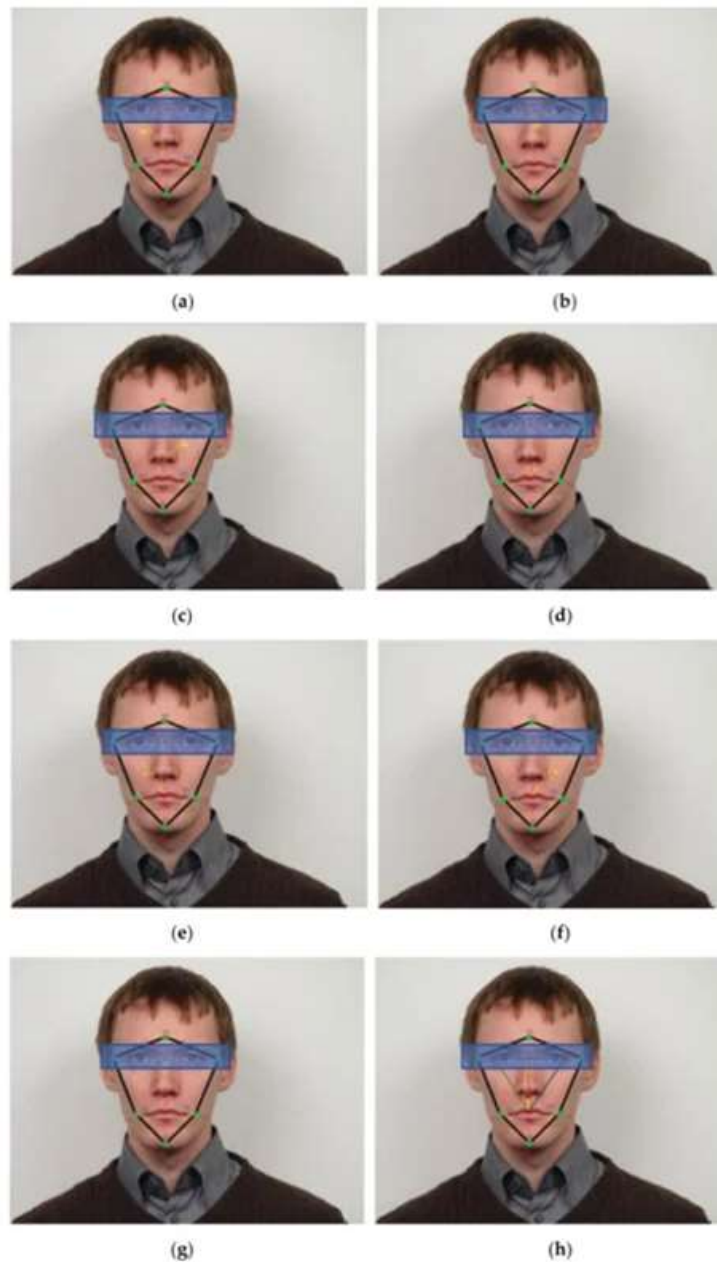


Рисунок 8. Відстань орієнтирів обличчя

(a) d1 – відстань від зовнішнього кута правого ока до центру орієнтирів рота, (b) d2 – відстань від середньої точки між центром обох очей до носа. орієнтир; (c) d3 – відстань від зовнішнього кута лівого ока до центру орієнтира рота; (d) d4 – відстань від орієнтира носа до центру орієнтира рота; (e) d5 – відстань від зовнішнього кута правого ока до центру орієнтира рота; (f) d6 – відстань від

зовнішнього правого ока до центру орієнтира рота, (g) d_7 – відстань від зовнішнього правого ока до зовнішнього лівого ока; (h) усі характеристики відстані.

Потім може бути сформований вектор ознак для семи ознак відстані та використаний як кількісна міра для автентифікації пацієнтів.

Реєстрація зображення за допомогою орієнтирів обличчя та афінної трансформації.

Реєстрація зображення використовується для ідентифікації людини. Для вирівнювання запитуваного зображення обличчя з еталонним зображенням у базі даних було виділено межі обличчя. Тоді межі лицьових точок на грані запиту та еталонній грані використовували для оцінки матриці афінного перетворення на основі відповідних ключових точок за допомогою наступного рівняння:

$$Z = (X^T X)^{-1} (X^T Y) \quad (2.7)$$

де Z — матриця афінного перетворення, а X і Y — відповідні ключові точки відліку та зображення обличчя, відповідно. Після того, як перетворення Z було визначено, зображення запиту було зареєстровано з еталонним зображенням. У поєднанні з вектором ознак відстані була обчислена карта відстані, яка використовувалася як кількісна міра для ідентифікації людини.

3.3 Мобільна допоміжна система

Недоліком стаціонарної допоміжної системи з використанням айтрекера Gazepoint GP3 є необхідність калібрування. Продуктивність чутлива до руху голови. Голову не можна сильно рухати, інакше користувач повинен повторно відкалібрувати систему. У мобільній допоміжній системі положення голови піддається переміщенню через рух інвалідного крісла. Ми запропонували використовувати окуляр, встановлений з інфрачервоною USB-камерою, як відстеження очей у мобільній допоміжній системі, як показано на рис.3.9а. Зображення в реальному часі з USB-камери оброблялися на Raspberry Pi за допомогою OpenCV, щоб отримати положення очного яблука та визначити

моргання. Рух очей також використовувався для керування курсором на екрані Raspberry Pi і використовувався для введення команди для керування кількома програмами.

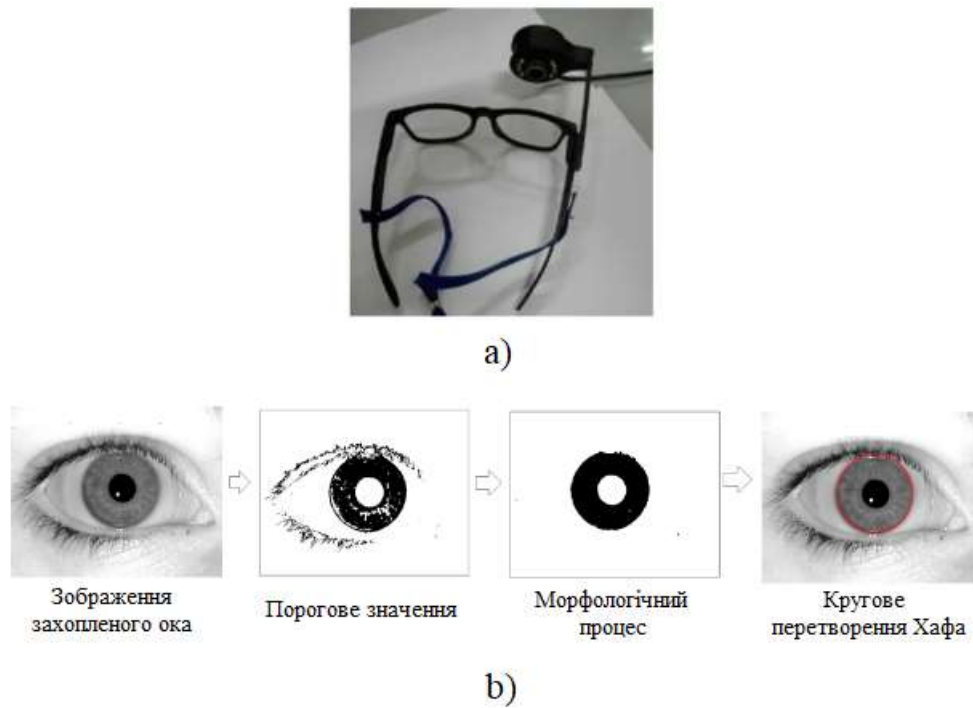


Рис.3.9. (а) Мобільна допоміжна система відстеження очей; (б) оцінка погляду за допомогою модуля обробки зображень

Оцінка погляду за допомогою модуля обробки зображень. Щоб оцінити погляд на мобільну допоміжну систему, ми вирішили використовувати модуль обробки зображень на основі бібліотеки C++ OpenCV [20]. Оскільки очне яблуко має круглу форму, ми запропонували використовувати кругове перетворення Хафа (СНТ) для визначення положення очного яблука. Кругове перетворення Гафа (СНТ) — це алгоритм для виявлення кіл. В алгоритмі виявлення країв спочатку застосовується за допомогою методу градієнта Хафа. У кожному місці пікселя на краю створюється коло з певним радіусом. Існуюче коло з радіусом, рівним колу, яке буде виявлено, матиме найбільше накопичення пікселів від створення цього кола. Точка з найбільшим накопиченням пікселів позначається як виявлене місце зацікавленого кола. Для досягнення найкращої продуктивності СНТ необхідна

попередня обробка, як показано на рис.3.9b . Захоплене зображення з камери USB перетворюється на двійкове зображення за допомогою техніки порогового визначення. Морфологічна обробка, включаючи відкриття та закриття, застосовується до бінарного зображення, щоб видалити нерелевантні пікселі, і в результаті зберігаються лише пікселі, пов'язані з очним яблуком. Потім СНТ застосовується до отриманого зображення в результаті морфологічної обробки для визначення очного яблука та його розташування. Розташування очного яблука пов'язане з положенням курсору на екрані Raspberry Pi для керування різними функціями мобільної допоміжної системи. Модуль обробки зображень також використовується для імітації клавіші введення на клавіатурі за допомогою визначення моргання очей. Для виявлення моргання вимірюється кількість темних пікселів в області зіниці. Зміна від високого до низького числа темних пікселів (імпульс моргання очима) призначена для виявлення моргання очима, тобто клавіші введення. Щоб забезпечити навмисне моргання очима, кілька послідовних імпульсів моргання очима повинні вважатися клавішею введення. У поєднанні з виявленням моргання оком система має режим перемикавання, у якому зберігаються попередні команди та параметри. Коли суб'єкт хоче змінити команду, він/вона може деякий час дивитися на певне місце та кліпати очима. Потім система оновлює команду та параметри. Режим перемикавання забезпечує більш зручне керування та менше навантаження на очі для об'єкта.

Кодування для інвалідного крісла, що контролює положення очей.

Положення очного яблука використовується для керування положенням курсору миші та, нарешті, керування інвалідним візком з електроприводом. Алгоритм положення очного яблука та керування візком наступний.

1. Визначити середнє положення очного яблука. Середнє положення, позначене як $AVGX$ і $AVGY$, є середнім положенням очного яблука в розслабленому положенні, тобто очне яблуко дивиться вперед.

2. Визначте поточну позицію за допомогою кола Хафа. Обчисліть відхилення поточного положення від середньої точки, позначене як відхилення як x і y .

3. Класифікуйте напрямок руху, показаний на рис.3.10 , за таким критерієм:

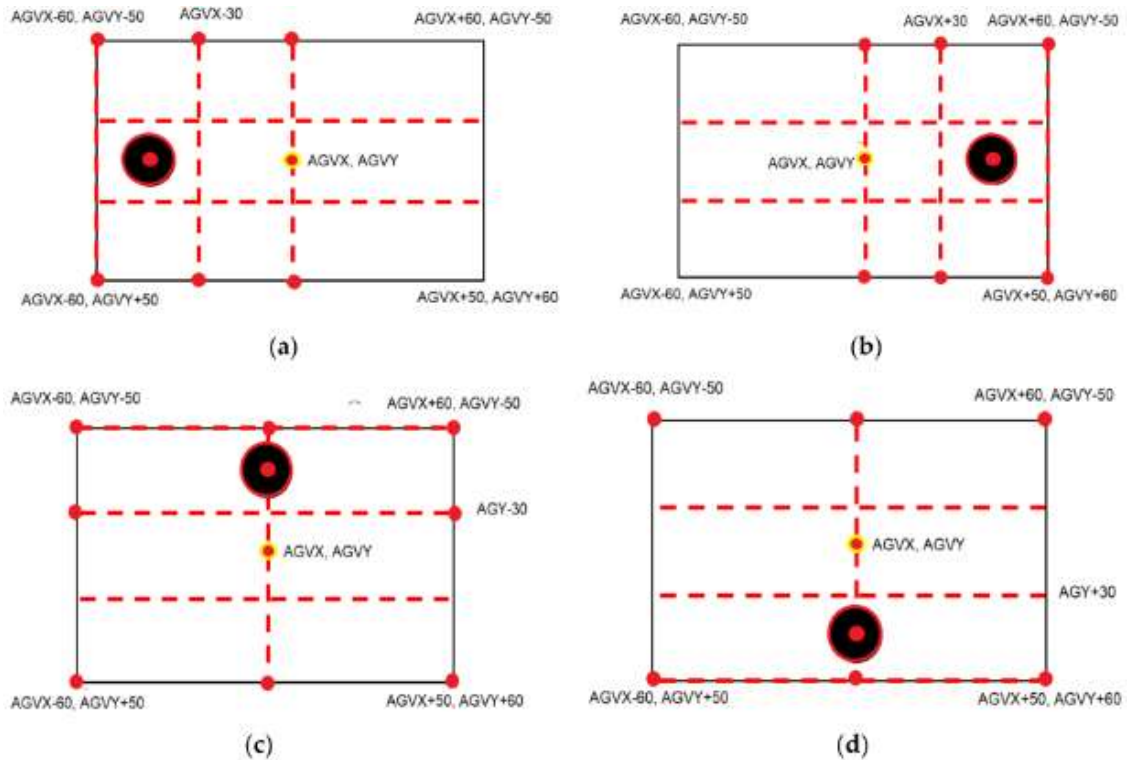


Рис.3.10. Кодування напрямку очного яблука: (а) поворот ліворуч, (b) поворот праворуч, (c) вперед, (d) назад

Поворот ліворуч, якщо $-AVGX-60 < x < AVGX-30$, $AGVY-10 < y < AGVY+10$

Поворот праворуч, якщо $-AVGX+30 < x < AVGX+60$, $AGVY-10 < y < AGVY+10$

Вперед, якщо $-AVGX-10 < x < AVGX+10$, $AGVY-50 < y < AGVY-30$

Назад, якщо $-AVGX-10 < x < AVGX+10$, $AGVY+30 < y < AGVY+50$

Блок з'єднання серводвигуна джойстика. Кодування положення очей, включаючи коди ліворуч, праворуч, вперед, назад і зупинки, використовується для керування коляскою з електроприводом. Існують дві альтернативи зв'язування коду положення очей з інвалідним візком з електроприводом. Перша альтернатива полягає в переробці приводу двигуна інвалідного візка, а потім інтерфейсі Arduino безпосередньо з приводом двигуна інвалідного візка. Друга альтернатива полягає в розробці з'єднувального блоку серводвигуна з джойстиком, де два сервомотори встановлені на з'єднувальному блоці, імітуючи всенаправлене керування інвалідним візком за допомогою джойстика. Ми вирішили використовувати другий

варіант через наступні три причини. По-перше, вбудовані електроприводи для інвалідних колясок оптимальної конструкції вже перевіряються на відповідність стандартам медичних пристроїв. По-друге, джойстик керування інвалідним візком забезпечує природне та звичне керування, яке не надто чутливе. По-третє, цей спосіб і недорогий, і зручний. На рис.3.11а показана конструкція вузла сполучення серводвигуна джойстика, що складається з двох серводвигунів, що керують джойстиком у двох напрямках. На рис.3.11 б–е показано блок з'єднання серводвигуна джойстика, що працює в кодах положень зупинки, вперед, праворуч і ліворуч.

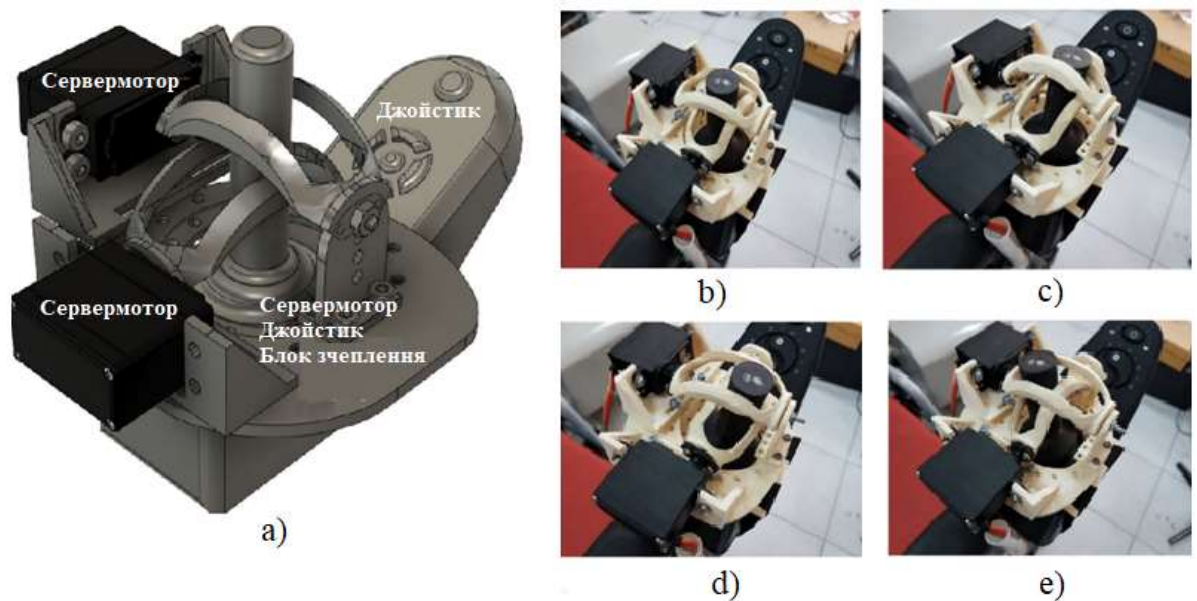


Рис.3.11. Блок з'єднання сервомотора джойстика: (а) конструкція; (б) зупинка; (с) вперед; (д) поворот праворуч; (е) робота повороту ліворуч

3.4 Графічний інтерфейс користувача

Графічний інтерфейс користувача (GUI) використовується для зв'язку відстеження очей та керування пристроєм. Є шість сторінок GUI для стаціонарної допоміжної системи та сім для мобільної допоміжної системи. Сторінки графічного інтерфейсу для стаціонарної допоміжної системи включають домашню сторінку, сторінку інтелектуального пристрою, сторінку телевізора з керуванням оком,

сторінку кондиціонера з керуванням оком, сторінку i-speak і сторінку розваг. Сторінки графічного інтерфейсу для мобільної допоміжної системи подібні до сторінок графічного інтерфейсу користувача для стаціонарної допоміжної системи, з додатковою сторінкою, керованою оком для інвалідного візка. Сім GUI мобільної допоміжної системи показані на рис. 3.12.

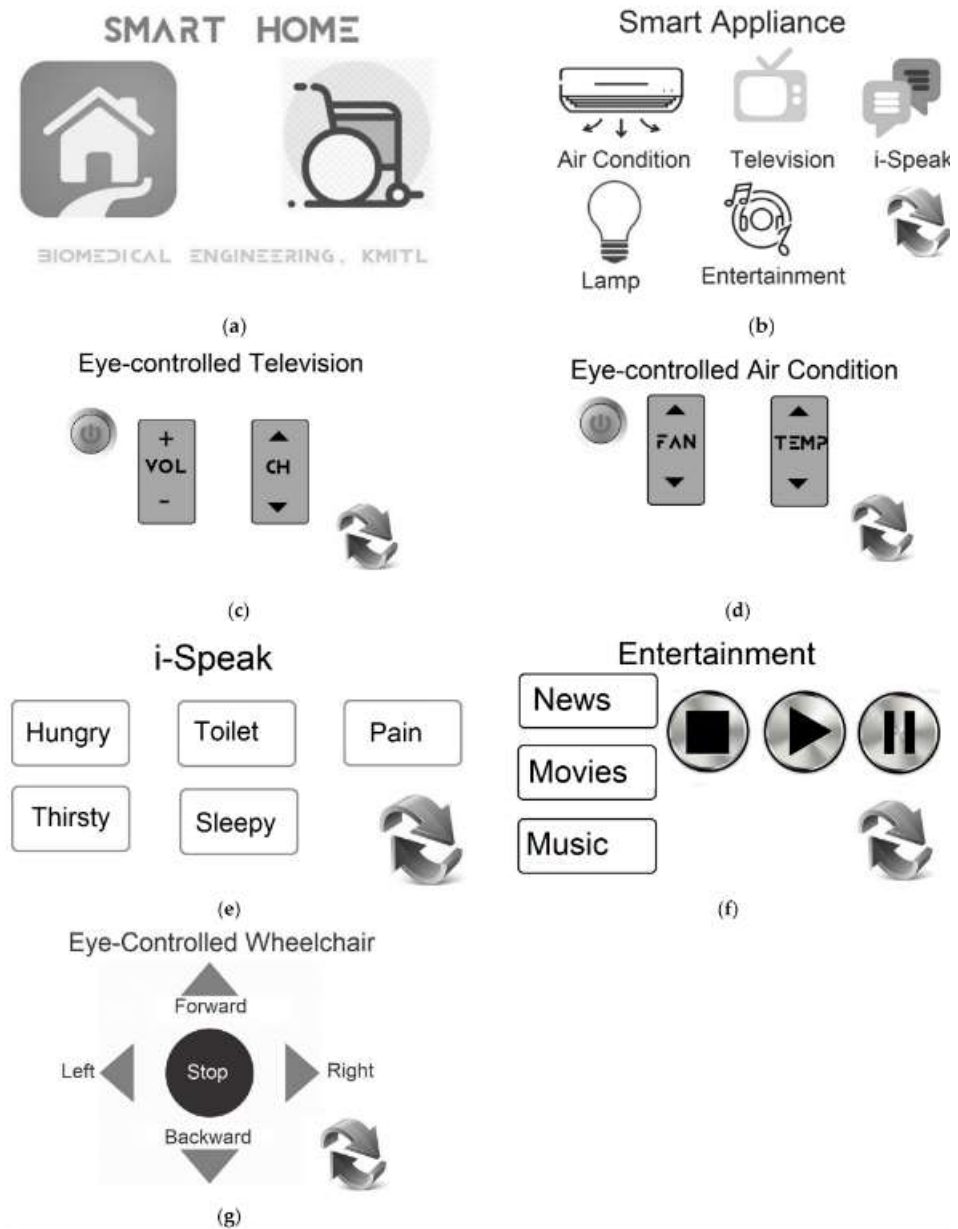


Рис.3.12. Графічний інтерфейс користувача: (а) домашня сторінка; (b) сторінка розумного пристрою; (c) телевізійна сторінка, керована оком; (d) сторінка кондиціонера, керована оком; (e) сторінка i-speak; (f) і розважальна сторінка; (g) сторінка інвалідного візка, керованого оком

Домашня сторінка є стартовою сторінкою допоміжної системи. Для мобільної допоміжної системи є дві піктограми: піктограма розумного пристрою та піктограма інвалідного візка. Користувач може увійти в обраний режим, дивлячись на іконку певний час, наприклад, кілька секунд. При виборі режиму розумного пристрою система перейде на сторінку розумного пристрою рис.3.12b. При виборі режиму інвалідного візка система перенаправить користувача на сторінку інвалідного візка, як показано на рис.3.12g, яка містить чотири значки, пов'язані з рухом інвалідного візка вперед, назад, ліворуч, праворуч, і зупинка.

Сторінка розумного пристрою – це головна сторінка керування для керування пристроєм і зв'язку. На цій сторінці є шість піктограм, у тому числі піктограма для сторінки телевізора, керованого оком, сторінки кондиціонера, сторінки i-speak, сторінки розваг, керування лампою та піктограми повернення. Значок лампи використовується для керування увімкненням і вимкненням лампи. Він працює в режимі перемикачання. Після ввімкнення, коли людина дивиться на піктограму лампи, лампа вимикається, і навпаки. Сторінка телевізора, керованого оком, і сторінки кондиціонування повітря, керованого оком, показані на рис.3.12c,d відповідно. Для телевізійної сторінки, керованої оком, користувач може керувати зміною каналів, зміною гучності та вмиканням/вимкненням живлення, дивлячись на відповідний значок. Подібним чином, для сторінки кондиціонування повітря, керованої оком, користувач може контролювати зміну швидкості вентилятора, зміну температури та ввімкнення/вимкнення живлення, дивлячись на відповідний значок. Інтерфейс між вибраною піктограмою на сторінці телевізора, керованого оком, або сторінки кондиціонера, керованого оком, використовує ІЧ-передавач для надсилання коду операції керування на ІЧ-приймач телевізора чи кондиціонера. Сторінка i-speak застосовує бібліотеку перетворення тексту в мовлення, щоб перетворювати слова, що найчастіше використовуються, на звук і надсилати звуки до динаміка, щоб повідомити опікуну основні потреби пацієнта. Якщо доглядача немає поруч, i-speak також може надіслати сповіщення на смартфон за допомогою програми Blynk. Для використання програми Blynk потрібен мікроконтролер ESP31 модуля WIFI для роботи з Arduino. Сторінка i-speak показана на рис.3.12e з

п'ятьма найбільш вживаними словами. Сторінка розваг пов'язує записаний відеоролик або звуковий кліп із блокнотом. На сторінці розваг є три значки: фільм, музика та новини. Коли вибрано будь-який із значків, система покаже список записаних елементів, пов'язаних із вибраним значком. Після вибору елемента він запустить відеокліп у медіаплеєрі. Зауважте, що всі графічні інтерфейси користувача містять загальну піктограму повернення, яка використовується для повернення на попередню сторінку.

3.5 Аналіз практичного застосування системи

У практичній частині виконано дослідження трьох експериментів. По-перше, продемонстровано високу точність ідентифікації людини, яка використовується в нашій автентифікації людини без використання рук. У другому експерименті порівняли стійкість оцінки погляду між окоміром, який використовується в мобільній допоміжній системі, і стаціонарній системі. Останній експеримент стосувався робочого випробування інвалідних колясок, керованих оком, і приладів, керованих оком.

Тест на ідентифікацію особи. Виконано перевірку точності ідентифікації особи, яка використовується в нашій автентифікації людини без використання рук, використовуючи зображення обличчя з бази даних. Проведено дослідження двох експериментів, включаючи внутрішньопредметні та міжпредметні експерименти. Внутрішньосуб'єктний експеримент використовувався для перевірки стійкості техніки мети із зображеннями обличчя з дев'яти різних геометричних трансформацій. Міжсуб'єктний експеримент застосував техніку для розпізнавання обличчя. Результати міжпредметного та внутрішньопредметного експерименту наведено в табл.3.1. і табл.3.2. відповідно. Результати міжсуб'єктної автентифікації показують, що цільова функція є мінімальною для того самого суб'єкта і, отже, забезпечує 100% точність. Для тесту внутрішньосуб'єктної автентифікації максимальна цільова функція все ще забезпечує правильну автентифікацію, як

показано в табл.3.1 . Значення елементів в таблиці R_x — еталонне зображення обличчя, S_x — зображення беззаконня.

Таблиця 3.1.

Тест міжпредметної автентифікації

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
R1	68.8	169.1	137,8	183,7	117.8	118.2	146.9	304.8	143.2	257.2	200,6
R2	234,71	86.9	258.6	320.4	185.4	240.8	294.5	470,5	162,57	339.7	319.2
R3	213.9	261.3	37,67	247.7	209.3	195,6	173.4	294.3	220.7	291.5	243.5
R4	150	201.9	142,49	55.28	171,76	126.2	115.8	185	150.6	174.7	155
R5	292.7	266.4	258.7	417.2	67.4	268,85	309.2	467,8	199,5	386,5	271.2
R6	203.4	228.7	186.1	263,6	144.3	80	183,447	298,05	152.3	270,87	252.2
R7	148.6	209.5	122.9	157.3	164.9	152.7	58.9	152.5	151.7	150.9	136.7
R8	239	422.9	183	185.1	250.7	234,8	139.5	40.1	260,9	159	151.3
R9	216.7	209.7	188,7	288,5	146.6	174.3	255	327.7	89.7	253.9	217.9
R10	204.4	304.9	174.2	250,8	203.9	204.9	134	173.3	171.5	46.5	165.4
R11	498,9	516	384.1	506.5	318.7	464,9	385.2	526.2	422.3	465.3	94.4
R12	173.3	254.2	151.3	142	208.3	194,9	128.5	182,7	207.9	182.4	150.3

Таблиця 3.2.

Тест внутрішньосуб'єктної автентифікації суб'єкта 1

	1 (2)	S1 (3)	S1 (4)	S1 (5)	S1 (6)	S1 (7)	S1 (8)	S1 (9)
R1 (1)	68.8	93.3	78,8	80.9	57.2	81.6	76.6	85.4

де: R_x – еталонне зображення обличчя, S_x – зображення обличчя запиту.

Надійність оцінки погляду. Щоб перевірити надійність оцінки погляду, ми розробили фантом, що складається з п'яти червоних точок у різних місцях, як показано на рис.3.13. Піддослідного просили дивитися на червоні точки протягом 10 с. Одна і та ж позиція використовувалася десять разів. Піддослідного просили відводити очі для кожного визначення положення. Надійність оцінки погляду вимірювалася відхиленням позиції від десятикратного збору даних. Система з хорошою надійністю забезпечить менше відхилення, коли об'єкт дивиться на одне й те саме положення десять разів. Відхилення вимірювали шляхом обчислення середнього та стандартного відхилень із десяти колекцій даних. Середнє та стандартне відхилення було обчислено та зведено в таблицю. Результати наведені

в табл.3.3. Результати демонструють сумісність відстеження в порівнянні з комерційним.

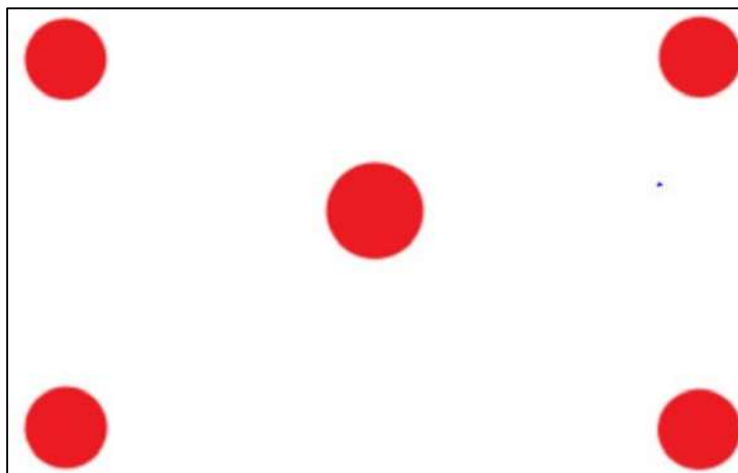


Рис.3.13. П'ятиточкова схема, яка використовується в тесті на надійність

Таблица 3.3.

Результати стійкості для оцінки погляду

Зона		Відстеження очей на основі перетворення кола Гафа (СНТ)		Відстеження очей за допомогою комерційного модуля Eye Tracker	
		вісь x (см)	вісь y (см)	вісь x (см)	вісь y (см)
Центральна Середня	Середній	20,587	16,357	19,625	17,698
	STD	17,589	16,215	12,990	12,742
Верхній правий	Середній	16,547	15,479	15,258	16,528
	STD	18,265	19,527	22,369	25,288
Верхній лівий кут	Середній	16,528	19,478	18,485	18,598
	STD	21,560	17,235	20,597	21,633
Нижній правий	Середній	17,587	18,568	16,436	16,147
	STD	16,415	22,987	22,156	21,879
Зліва внизу	Середній	18,568	17,568	15,879	17,418
	STD	24,526	22,597	23,256	21,579

Експлуатаційне випробування мобільної допоміжної системи та стаціонарної допоміжної системи. Виконано аналіз тестування мобільної допоміжної системи та стаціонарної допоміжної систем на двох предметах. Першим піддослідним був 24-річний хлопець вагою близько 60 кг. Другим піддослідний був 22-річним хлопцем, вагою 58 кг. Перед мобільним допоміжним тестом необхідно налаштувати систему:

- заряджайте коляску до повної зарядки.
- вручну встановити середню швидкість коляски (5 км/год).
- нехай об'єкт розташується в зручному положенні.
- одягніть айтрекер (окуляри).
- нехай суб'єкт дивиться вперед і ввімкне програмне забезпечення для збору даних на Raspberry Pi, щоб обчислити еталонні AVGX і AVGY протягом певного періоду часу.

- тепер суб'єкт готовий використовувати мобільну допоміжну систему.

На рис.3.14 а показано, як суб'єкт 1 керує інвалідним візком за допомогою стеження за очима.



Рис.3.14. Експлуатаційне випробування для (а) мобільної допоміжної системи (інвалідного візка з керуванням оком); (б) стаціонарна допоміжна система; (с) сповіщення про виклик медсестри.

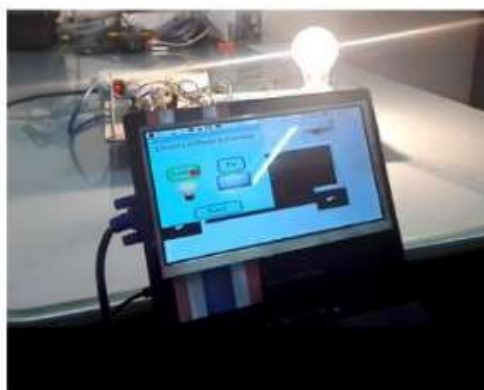
Щоб перевірити нерухому допоміжну систему, поставте суб'єкта в стійку позу перед нерухомою системою. Налаштування системи відбувається наступним чином:

- увімкніть комерційне програмне забезпечення для калібрування для відстеження очей Gazepoint. Програма відображатиме п'ятиточкові візерунки для об'єкта, на який можна дивитися.

- увімкніть стаціонарне допоміжне програмне забезпечення. Програма перейде до процесу аутентифікації. Якщо орієнтири обличчя суб'єкта були зібрані, програма перевірить і затвердить доступ до системи.

- програма відобразить головну сторінку стаціонарної допоміжної системи. Тепер суб'єкт готовий керувати системою з відстеженням очей.

На рис.3.14b зображено суб'єкта В, який працює зі стаціонарною допоміжною системою. Суб'єкта В просять використовувати всі функції розумних пристроїв, у тому числі телебачення з керуванням ока, розваги, і-speak і виклик медсестри. Операція успішна за планом. Результати і-speak показані на малюнку 14 b, де суб'єкт В запитує туалет. Повідомлення надходить на мобільний телефон медсестри. Рис.3.15 демонструє мобільну допоміжну систему, яка використовується для вмикання та вимикання лампи. Значок лампи з'являється на головній сторінці, оскільки він часто використовується. Керування лампою здійснюється перекидним способом. Щоб увімкнути лампу, суб'єкт дивиться на піктограму лампи протягом 3 с і кліпає очима. Лампа вмикатиметься, навіть якщо об'єкт зйомки відсуне очі.



(a)



(b)

Рис.3.15. Мобільна допоміжна система, що керує пристроєм. (а) увімкнення лампи; (б) вимкнення лампи.

ВИСНОВКИ

Виконуючи поставлені завдання, мною в першу чергу було виконано аналіз сучасних підходів до побудови «розумного будинку». Проведено аналіз сегменту ринку, наведено особливості структури системи та огляд особливостей побудови систем «розумний будинок» для людей з особливими потребами.

Аналіз показав, що домашня автоматизація стала інноваційною силою на хвилі стрімкого технічного прогресу, надаючи велику кількість можливостей для людей з обмеженими можливостями. Наше дослідження показало, що технології домашньої автоматизації мають значний вплив на незалежність людей з обмеженими можливостями та загальну якість життя. Ці технології стали більш всеохоплюючими, адаптивними та інтуїтивно зрозумілими, в основі яких лежить концепція дизайну, орієнтована на користувача, що усуває перешкоди для повсякденної діяльності.

Щоб розробити людино-машинний інтерфейс систем розумного дому з розпізнаванням мовлення, ми було досліджено структуру IoT-fog-cloud із використанням методів обробки природної мови (NLP). Дана методологія додає перетворення висловлювань у команди до існуючих хмарних служб перетворення мовлення в текст і перетворення тексту в мовлення. Цей підхід є гнучким і може бути легко адаптований для різних типів систем автоматизації та споживчої електроніки, а також майже для кожної нетональної мови, яка зараз не підтримується онлайн-платформами для виявлення намірів і класифікації. Запропонований фреймворк використовувався при розробці прототипів розширення голосового інтерфейсу користувача існуючої інтелектуальної системи безпеки за допомогою нового сервісу для розпізнавання наміру мовлення. Були проведені випробування системи, отримані результати показали ефективність нової опції голосового зв'язку. Мовний інтерфейс надійний та полегшує клієнтам і покращує їхній досвід роботи з пристроями розумного будинку.

Для виконання досліджень які виконувались у третьому розділі, пропонується допоміжна система на основі стеження за очима, яку можна використовувати для

людей з обмеженими можливостями. Метою цього дослідження є реалізація системи, яка може керувати приладами та спілкуватися з доглядачами за допомогою руху очей. Незважаючи на обнадійливі результати, є низка питань, які потребують подальших досліджень.

Концепція дослідження полягає в тому, щоб застосувати рухи очей для керування приладами та інвалідними візками та спілкуватися з доглядачами. Допоміжна система поділяється на дві підсистеми: стаціонарна допоміжна система та мобільна допоміжна система. Мобільна допоміжна система використовується, коли пацієнт перебуває в інвалідному візку, тоді як стаціонарна допоміжна система використовується, коли пацієнт лежить на ліжку. Обидві системи забезпечують графічний інтерфейс користувача, де положення курсору контролюється поглядом. Щоб імітувати клавішу введення, для мобільної та стаціонарної систем використовуються навмисне кліпання очима та навмисне втуплення очей відповідно. Було проведено аналіз експериментів, включаючи перевірку точності ідентифікації людини, яка використовується для аутентифікації людини без використання рук, надійність оцінки погляду між окоміром, який використовується в мобільній допоміжній системі, і стаціонарній системі, а також робочий тест для інвалідних колясок, керованих оком, і ока. - контрольовані прилади.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електронний ресурс: <https://www.statista.com/statistics/1374564/smart-home-trends>.
2. Електронний ресурс: <https://www.smarthomeperfected.com/thread/> Посібник з потокових мереж - Розумний будинок удосконалений.
3. Schiefer, M. Smart home definition and security threats. In Proceedings of the 2015 Ninth international conference on IT security incident management & IT forensics, Magdeburg, Germany, 18–20 May 2019.
4. Qolomany, Basheer & Al-Fuqaha, Ala & Gupta, Ajay & Benhaddou, D. & al-wajidi, Safaa & Qadir, Junaid & Fong, Alvis. (2019). Leveraging Machine Learning and Big Data for Smart Buildings: A Comprehensive Survey. IEEE Access. pp. 1-1.
5. Domb, M. Smart home systems based on internet of things. In Internet of Things (IoT) for Automated and Smart Applications; Ismail, Y., Ed.; IntechOpen: London, UK, 2019; pp. 25–40.
6. Stojkoska, B.L.R.; Trivodaliev, K.V. A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. J. Clean. Prod. 2020, 140.
7. La, Q.D.; Ngo, M.V.; Dinh, T.Q.; Quek, T.Q.; Shin, H. Enabling intelligence in fog computing to achieve energy and latency reduction. *Digit. Commun. Netw.* **2019**, pp. 3–9.
8. Stojkoska, B.L.R.; Trivodaliev, K.V. A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. J. Clean. Prod. 2017, 140, 1454–1464.
9. Atlam, H.F.; Walters, R.J.; Wills, G.B. Fog Computing and the Internet of Things: A Review. *Big Data Cogn. Comput.* 2018.
10. Shukla, S.; Hassan, M.F.; Khan, M.K.; Jung, L.T.; Awang, A. An analytical model to minimize the latency in healthcare internet-of-things in fog computing environment. *PLoS ONE* 2019.
11. Sovacool, B.K.; Del Rio, D.D.F. Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 2020.

12. Acher, M.; Caffiau, S.; Portet, F.; Meillon, B.; Roux, C.; Elias, E.; Lecouteux, B.; Chahuara, P. Evaluation of a Context-Aware voice interface for ambient assisted living: Qualitative user study vs. quantitative system evaluation. *ACM Trans. Access. Comput.* 2015, pp. 1–36.
13. Chennamma, H.R.; Yaun, X. A survey on eye-gaze tracking technique. *Indian J. Comput. Sci. Eng.* 2017, 4, pp. 388–393.
14. Picot, A.; Charbonnier, S.; Caplier, A. Drowsiness Detection Based on Visual Signs: Blinking Analysis Based on High Frame Rate Video. In *Proceedings of the 2016 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Austin, TX, USA, 3–6 May 2016*.
15. Xu, G.; Zhang, Z.; Ma, Y. Improving the Performance of Iris Recognition System Using Eyelids and Eyelashes Detection and Iris Image Enhancement. In *Proceedings of the 2016 5th IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI), Beijing, China, 17–19 July 2016*; pp. 871–876.
16. Dahmani, M.; Chowdhury, M.E.H.; Khandakar, A.; Rahman, T.; Al-Jayyousi, K.; Hefny, A.; Kiranyaz, S. An Intelligent and Low-Cost Eye-Tracking System for Motorized Wheelchair Control. *Sensors* 2020.
17. Amer, S.G.; Ramadan, R.A.; Kamh, S.A.; Elshahed, M.A. Wheelchair Control System based Eye Gaze. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 2021, 12, 889–894.
18. Luo, W.; Cao, J.; Ishikawa, K.; Ju, D. A Human-Computer Control System Based on Intelligent Recognition of Eye Movements and Its Application in Wheelchair Driving. *Multimodal Technol. Interact.* 2021.
19. Viola, P.; Jones, M.J. Robust Real-Time Face Detection. *Int. J. Comput. Vis.* 2004, 57, 137–154.
20. Електронне посилання: OpenCV. Available online: <https://opencv.org/>.

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:
«РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ПОТРЕБАМИ»

Виконав: здобувач вищої освіти гр.ІСД-41
 Даниїл ПИХОНОВ
 Керівник: асистент кафедри ІПЗАС
 Олександр КІС

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Слайд 2

Мета роботи – дослідження можливостей системи «Розумного будинку» для людей з особливими потребами.

Завдання бакалаврської кваліфікаційної роботи:

- опис архітектури та принципу функціонування системи «Розумний будинок»;
- дослідження особливостей побудови «Розумного будинку» для людей з особливими потребами;
- розробка моделі «Розумного будинку» для людей з особливими потребами.

Об'єкт дослідження – процес функціонування системи «Розумний будинок».

Предмет дослідження – система «Розумного будинку» для людей з особливими потребами.

АНАЛІЗ СЕГМЕНТУ РИНКУ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

Слайд 3



Рис. 1. Основні компоненти «розумного будинку»

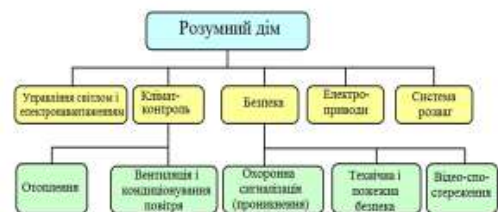


Рис. 2. Основні підсистеми «розумного дому»

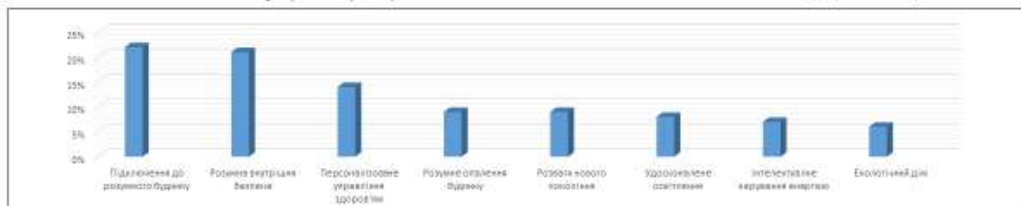


Рис. 3. Провідні тенденції інновацій у сфері «Розумного будинку»

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

Слайд 4

Табл.1. Характеристика протоколів, які можуть бути використані в системі «розумний будинок»

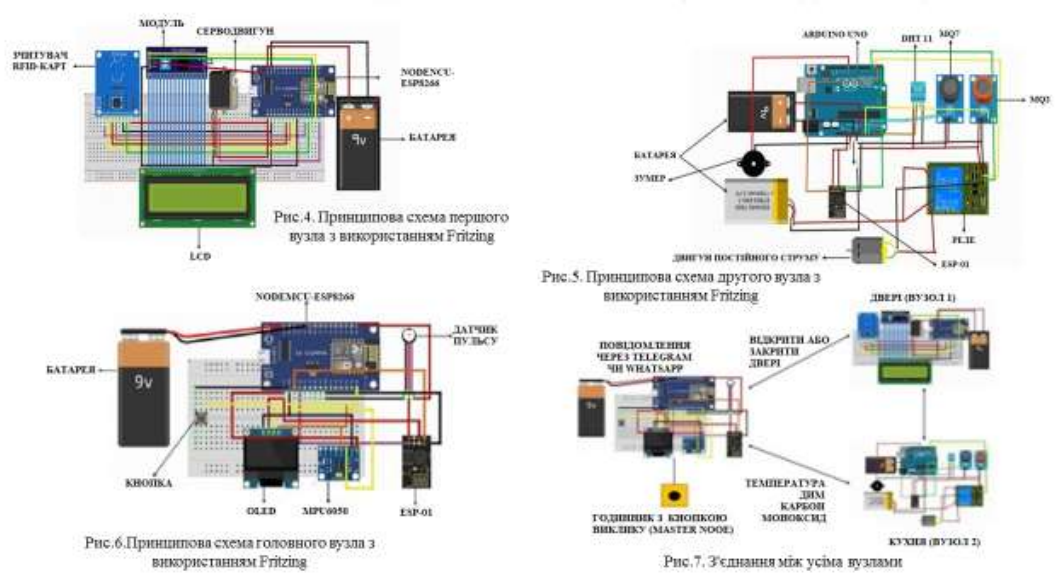
Протокол зв'язку	Переваги	Обмеження	Безпека	Висока використання
Мережа Ethernet	Висока пропускна здатність, швидше та надійше установа, використання різних мережевих переносів	Потреба циліндричних кабелю	Будь-який протокол через Ethernet забезпечує його безпеку	Smart-телевізори, ігрові консолі, пристрої для потокового передавання мультимедіа
Мережа Wi-Fi	Широка лінійка, широкі показники, ідеально підходить для пристроїв з великим обсягом даних	Може завдавати шкоди, як і будь-який інший протокол на певній частоті, Wi-Fi пристрої споживають більше енергії	Шифрування WPA2 і WPA	Пристрої для потокового передавання відео та музики, принтери
Bluetooth/ BLE	Ідеально підходить для пристроїв розумного дому з живленням від батарей, ефективною передачею даних, правого зв'язку між пристроями	Обмежена зона покриття та швидкість передачі даних	Шифрування AES-CCM	Розумні годинники, датчики, лампочки, розумні колонки
ZigBee	Підходить для створення мереж надійного зв'язку	Обмежений асортимент	Стандарт AES-128	Розумне освітлення, термостати, датчики
Z-Wave	Самонастроювальна структура мережі	Обмежена сумісність зі сторонніми пристроями	Шифрування AES-128	Розумне освітлення, системи безпеки, розумні термостати
Thread	Забезпечує масштабованість, підходить для пристроїв, що живляться від акумулятора	Обмежена доступність пристроїв	Будова шари безпеки	Розумні розетки, датчики
Matter	Забезпечує сумісність між протоколами розумного будинку	Потреба сертифікації	Шифрування AES-128	Датчики, розумне освітлення, розумні термостати

Табл.2. Типи розумних датчиків та пристроїв для «розумного будинку»

Тип датчика/пристрою	Навідувані параметри	Категорія
Датчик та пристрій інфрачервоного випромінювання	Присутність користувача в кімнаті	Базові датчики
Циркулярний датчик	Дієлювач	
RFID	Ідентифікація об'єкта	
Датчик руху	Об'єкт Присутність користувача в кімнаті/коридорі	
Контактний перемикач	Висока частота корекції з об'єктом	
Датчик тиску	Висока частота корекції з об'єктом	
Датчик швидкості	Висока частота корекції з об'єктом	
Температурний датчик	Температура навколишнього середовища	
Датчик вологості	Відносна вологість повітря в кімнаті/зоні	
Електромагнітна індикація	Висока частота корекції з об'єктом	
Електромагнітна індикація	Спостереження за електромагнітною активністю	
Електромагнітна індикація	Спостереження за рухом об'єктів за очкою активності	
Електромагнітна індикація	Спостереження за роботою об'єкта	Нові датчики системи: спеціальні
Електромагнітна індикація	Спостереження за швидкістю об'єкта, датчик тиску для вимірювання артеріального тиску	
Датчик тиску, CO2	Спостереження за швидкістю об'єкта	
Термометр	Спостереження за температурою повітря	
Широкодіапазонна антена	Спостереження за розповсюдженням сигналу	

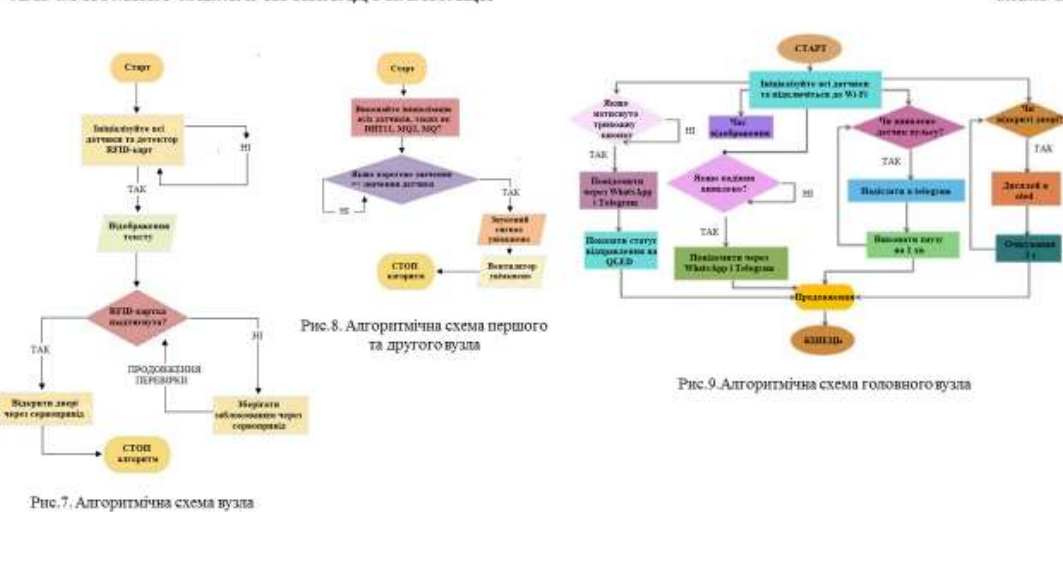
АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ СИСТЕМ ДОМАШНЬОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ. ПРИКЛАД РЕАЛІЗАЦІЇ

Слайд 5



АЛГОРИТМНА СХЕМА. ПРИКЛАД РЕАЛІЗАЦІЇ

Слайд 6



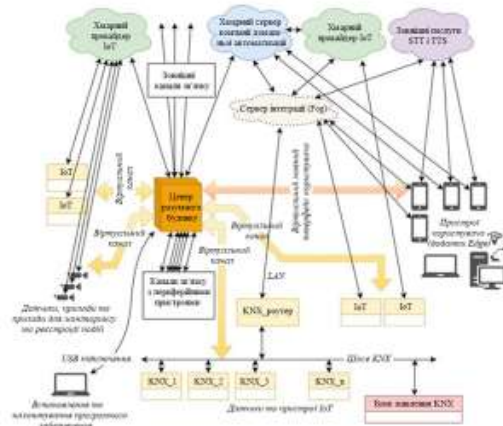


Рис.10. Структура для голосового інтерфейсу користувача

Вимоги до архітектурного проектування:

1. Системи «розумний дім» повинні забезпечувати інтелектуальний інтерфейс користувача, спрямований на максимальну зручність користувача.
2. Системи домашньої автоматизації повинні гарантувати ефективний віддалений зв'язок між контрольною панеллю та іншими системами керування.

Способи реалізації голосового інтерфейсу користувача :

1. Функціонал вбудовано в панель управління систем розумного дому, яка має захищене підключення до хмарної інфраструктури.
2. Функціонал розширений на окремому рівні в структурі систем розумного будинку.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОТОТИПУ СИСТЕМИ

Табл.3.Опис діалогу голосового керування в системі «Розумний дім» (у двох варіантах; більш детальний і найкоротший)

Етап	Детальна версія	Найкоротша версія
Виявлення голосової активності	a1	b1
ASR	a2-a4, a9-a10	b2-b3
NLU	a5	b5
Етап прийняття рішення	a6-a7	b6-b7
Ступінь виконання	a8, a11-a12	b8, b9-b10

Алгоритм 2. Виявлення голосової команди на основі намірів з висловлювання користувача:

1. Введено висловлювання користувача;
2. Усі вузли в списку послідовно визначених вузлів програми обходяться послідовно.
3. Для кожного вузла всі структурні шаблони, пов'язані з цим вузлом, обходяться послідовно;
4. Висловлювання порівнюється з поточними структурними зразком;
5. Якщо є збіг, обидь вузлів зупиняється, і команда, що відповідає поточному вузлу, вважається розпізнаною.
6. Якщо є розбіжна команда, перевіряється, чи всі необхідні параметри доступні у висловлюванні або в поточному контексті;
- 6a. Якщо контекст все ще не містить значень для всіх необхідних параметрів, користувачеві надходить уточнювальне запитання щодо кожного відсутнього значення, і після отримання відповідних значень заповнюються в контексті;
- 6b. Якщо всі необхідні параметри мають відповідні значення в контексті, генерується команда, що вміщує значення параметрів, накопичені в контексті, і надсилається на пристрій виконання;
7. У разі відсутності збігу після обходу всіх вузлів і всіх їхніх структурних шаблонів генерується нерозпізнане командне повідомлення, яке надсилається користувачеві.

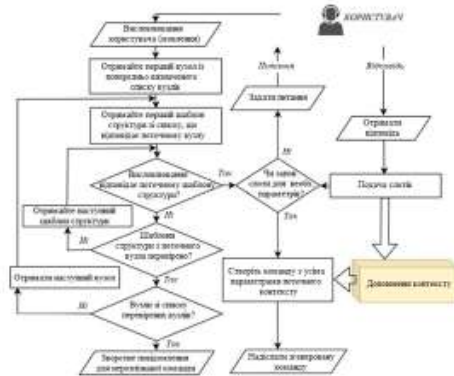


Рис.12. Блок-схема розпізнавання голосових команд на основі намірів

АНАЛІЗ СИСТЕМИ НА БАЗІ ВІДСТЕЖЕННЯ ОЧЕЙ



Рис.13. Розумний дім на основі відстеження очей: (а) стаціонарна система; (б) дистанційна система

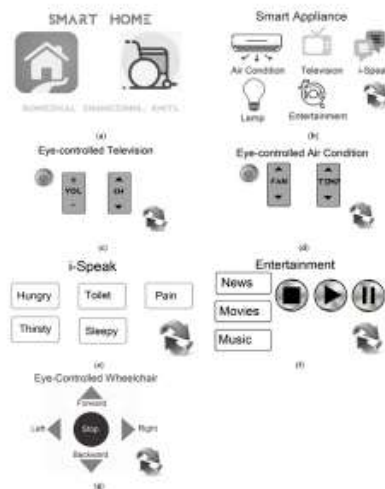


Рис.14. Графічний інтерфейс користувача: (а) домашня сторінка; (б) сторінка розумного пристрою; (с) телевізійна сторінка, керування оком; (д) сторінка кондиціонера, керування оком; (е) сторінка i-speak; (ф) і розважальна сторінка; (г) сторінка інвалідного візка, керування оком

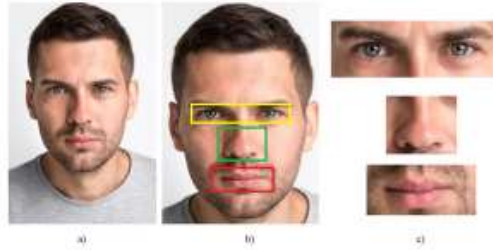


Рис.15. Визначена компонентів обличчя за каскадним алгоритмом Хаара: (а) виявлення обличчя; (б) очі, рот, ніс і виявлення; (с) вилучена досліджувана область ока, носа та рота.

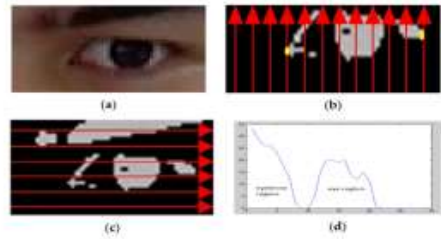


Рис.16. Техніка проєкції для пошуку орієнтирів ока: (а) досліджувана область ока; (б) вертикальна проєкція; (с) горизонтальна проєкція; (д) дані проєкції (с).

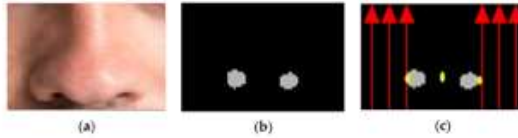


Рис.17. Техніка проєкції для знаходження орієнтирів носу

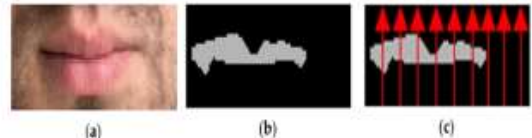


Рис.18. Техніка проєкції для знаходження орієнтирів рота

АНАЛІЗ ПРАКТИЯНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ

Табл.4. Тест міжпредметної автентифікації

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
88.8	109.1	137.8	183.7	117.8	118.2	146.9	304.8	145.2	257.2	200.6
234.71	86.9	258.6	320.4	185.4	240.8	294.5	470.5	102.57	539.7	519.2
215.0	261.3	37.67	247.7	209.3	195.6	175.4	294.3	220.7	291.5	243.5
130	201.9	142.49	95.38	171.76	126.2	115.8	185	150.6	174.7	155
232.7	216.4	253.7	417.2	87.4	263.85	339.2	467.8	130.5	585.5	271.2
205.4	228.7	186.1	265.6	144.1	80	183.447	209.05	152.5	270.87	252.2
146.6	209.5	122.9	157.3	124.9	152.7	36.9	152.5	151.7	150.9	156.7
239	422.9	183	185.1	250.7	254.8	159.5	40.1	200.9	159	151.3
216.7	209.7	188.7	288.5	146.6	174.3	259	327.7	88.7	255.9	217.9
204.4	304.9	174.2	250.8	203.9	204.9	154	173.5	171.5	46.5	165.4
498.0	516	384.1	506.5	318.7	464.9	385.2	526.2	422.5	465.5	94.4
175.3	254.2	151.3	142	208.3	194.9	128.5	182.7	207.9	182.4	150.3

Табл.5. Тест внутрішньосуб'єктної автентифікації суб'єкта

S1 (2)	S1 (3)	S1 (4)	S1 (5)	S1 (6)	S1 (7)	S1 (8)	S1 (9)	
R1 (1)	68.8	93.3	78.8	80.9	57.2	81.6	76.6	85.4

Табл.6. Результати стійкості для оцінки погляду

Зона	Відхилення очей на осіми перетворення кола Гафа (СНТ)	Відхилення очей за допомогою камерційного модуля Eye Tracker	
		вісь x (см)	вісь y (см)
Центральна зона	Середній	20,587	16,357
	STD	17,589	16,215
Верхній правий	Середній	16,547	15,479
	STD	18,265	19,827
Верхній лівий кут	Середній	16,528	19,478
	STD	21,560	17,235
Нижній правий	Середній	17,587	18,568
	STD	16,415	22,987
Зона внизу	Середній	18,568	17,568
	STD	24,526	22,497

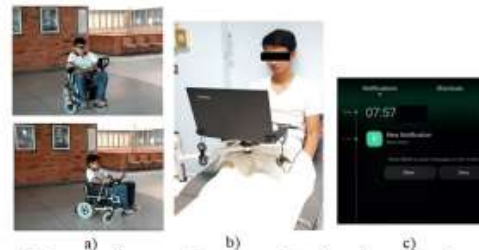


Рис.19. Експлуатаційне випробування для (а) мобільної допоміжної системи (інвалідного візка з керуванням оком); (б) стаціонарна допоміжна система; (с) сповіщення про виниклих нещастя

ВИСНОВКИ

Виконуючи поставлені завдання, мною було виконано аналіз сучасних підходів до побудови «розумного будинку». Проведено аналіз сегменту ринку, наведено особливості структури системи та огляд особливостей побудови систем «розумний будинок» для людей з особливими потребами. Аналіз показав, що домашня автоматизація стала інноваційною силою на хвилі стрімкого технічного прогресу. Дані системи мають значний вплив на незалежність людей з обмеженими можливостями та загальну якість їх життя. Ці технології стали більш всеохоплюючими, адаптивними та інтуїтивно зрозумілими, в основі яких лежить концепція дизайну, орієнтована на користувача, що усуває перешкоди для повсякденної діяльності.

Для виконання другого поставленого завдання, мною розроблено приклад системи домашньої автоматизації, в якій пропонуються три окремі вузли, а саме доступ до будинку, виявлення газу, автоматизація освітлення та виявлення падіння. За допомогою запропонованого прототипу люди з обмеженими можливостями можуть відчувати себе у більш комфортних умовах, яке адаптовано до їхніх унікальних потреб.

Досліджено особливості управління системою «розумного будинку» за допомогою голосу, яка полегшує клієнтам керування пристроями розумного будинку.

У третьому розділі досліджено особливості проектування та реалізація допоміжної системи на основі стеження за очима. За допомогою рухів очей, пацієнти можуть спілкуватися з опікунами та надсилати їм сповіщення, керувати різними приладами, включно з інвалідними візками.

Дякую за увагу, доповідь завершено

