

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА  
ШЕВЧЕНКА**

**Факультет інформаційних технологій**

Кафедра інформаційних систем та технологій

Спеціальність 126 – Інформаційних систем та технологій, програма “Програмні технології інтернет речей”

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

на тему:

**“Інформаційно-аналітична IoT система клімат-контролю в Smart House”**

**Студентки 2-го курсу групи Ірм-21**

Маргарита БАРАБАШ

---

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

---

*(підпис студента)*

**Науковий керівник:**

Доктор технічних наук, професор

---

*(науковий ступінь, вчене звання)*

Михайло СТЕПАНОВ

---

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

---

*(дата)*

*(підпис)*

**Попередній захист:**

---

*(Висновок: “До захисту в Державній екзаменаційній комісії”)*

В.о. завідувача кафедри  
Інформаційних систем  
та технологій

---

*(підпис)*

*(прізвище, ініціали)*

*(дата)*

**Київ – 2021**

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

Кафедра інформаційних систем та технологій  
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр  
Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»  
Програма Програмних технологій інтернет речей

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри, д.т.н.,  
доцент Олексій КОЛЕСНИКОВ

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

Студентка Маргарита БАРАБАШ

Група ІРм-21

1. Тема кваліфікаційної роботи: Інформаційно-аналітична IoT система клімат-контролю в Smart House

Затверджена наказом по №

2. Строк подання студентом готової роботи 25 травня 2021 року

3. Цільова установка та вихідні дані до роботи. Спроекувати систему клімат-контролю для Розумного Будинку з використанням технологій IoT, що задовільняла би таким вимогам: доступ користувача з мобільного додатку в будь-який час у будь-якому місці за умови доступу до інтернету, гнучкість під'єднання приладів будь-якого виробника, широкий вибір налаштувань мікрокліматичних параметрів приміщення та окремих зон приміщення.

4. Зміст роботи. Аналіз об'єкту дослідження, аналіз існуючих рішень поставленої задачі, опис спроектованої системи Розумного Будинку, що задовольняє б поставленим вимогам, обґрунтування вибору використаних технологій та сервісів, створення прототипу мобільного додатку.

5. Перелік графічного матеріалу (слайдів). Діаграма використання системи, блок-схеми алгоритмів роботи системи, діаграма об'єктів, прототип інтерфейсу мобільного додатку

6. Календарний план виконання роботи:

| № з/п | Назва частин роботи  | Дати виконання роботи за планом |
|-------|--|---------------------------------|
| 1     | Вивчення літературних джерел з предмету дослідження  | 01.02.2021 - 15.02.2021         |
| 2     | Складання розгорнутого плану кваліфікаційної роботи  | 16.02.2021 - 20.02.2021         |
| 3     | Ознайомлення наукового керівника з розгорнутим планом кваліфікаційної роботи.<br>Внесення змін | 20.02.2021                      |
| 4     | Підготовка розділу 1   | 21.02.2021-28.02.2021           |
| 5     | Підготовка розділу 2   | 01.03.2021 - 07.03.2021         |
| 6     | Підготовка розділу 3   | 08.03.2021 - 18.03.2021         |
| 7     | Підготовка розділу 4   | 19.03.2021 - 31.03.2021         |
| 8     | Оформлення кваліфікаційної роботи  | 01.04.2021 - 14.04.2021         |
| 9     | Передача кваліфікаційної роботи науковому керівникові  | 15.04.2021                      |
| 10    | Попередній захист кваліфікаційної роботи   | 20.04.2021                      |
| 11    | Захист роботи  | 25.05.2021                      |

Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Керівник роботи\_\_

доктор технічних наук, професор, Михайло СТЕПАНОВ

(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Завдання прийняла до виконання студентка групи ІРм-21

Маргарита БАРАБАШ

( прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

## АНОТАЦІЯ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА  
ШЕВЧЕНКА

Факультет інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

Освітня програма «Програмні технології інтернет речей»

Кваліфікаційна робота магістра Маргарити БАРАБАШ

**Тема роботи:** «Інформаційно-аналітична IoT система клімат-контролю в Smart House».

**Мета кваліфікаційної роботи магістра** – створення моделі маштабованої системи для контролю мікроклімату у будь-якому приміщенні. Оскільки усі існуючі рішення Розумного будинку не мають достатнього функціоналу саме для забезпечення найкращих кліматичних умов у приміщенні, виникає необхідність розробити власне рішення, що має бути конкурентоспроможним на ринку, та гнучким для розширення.

**Об'єкт дослідження** – система автоматичного керування доступною кліматичною технікою в межах системи Розумного будинку з застосуванням технології Інтернету речей та хмарних обчислень.

**Предмет дослідження** – процес підтримання оптимальних кліматичних параметрів середовища у будь-якому приміщенні за умов використання мінімальної кількості ресурсів.

**Методи дослідження:**

- теоретичний науковий метод - при дослідженні існуючих рішень поставленої задачі;
- емпіричний науковий метод - при виборі застосовуваних методів обробки, зберігання та передачі даних, готових продуктів та технологій; при виборі архітектури системи; при аналізі системи на захищеність даних та способів кіберзахисту.

**Практичне значення одержаних результатів.** Дана кваліфікаційна робота магістра має прикладне значення – розробка прототипу інформаційно-аналітичної IoT системи клімат-контролю. Запропоновано архітектуру системи, розроблено схемотехнічне рішення, спроектовано та реалізовано прототип системи. Одержані результати рекомендовано впровадити на виробництво.

**Апробація результатів.** Основні положення і результати досліджень, викладені у проекті, пройшли апробацію на XV міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми Інформатизації” (Харків, 2020) [1] та на LXI Міжнародній конференції «Розвиток науки в XXI столітті» [2].

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

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** модель, архітектура IoT рішення, клімат-контроль, програмний комплекс, схематичне рішення

## ABSTRACT

TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV

Faculty of Information Technologies

Department of Information Systems and Technologies

Educational Program "Software Technologies of the Internet of Things"

Qualification work of master Marharyta BARABASH.

**Work topic:** "Information-analytical IoT climate-control system for Smart House".

**The purpose** of the master's qualification work is to create a model of a scalable system for microclimate control in any room. Since all existing Smart Home solutions do not have enough functionality to provide the best indoor climate, it is necessary to develop a solution that should be competitive in the market and flexible to expand.

**The object of research** is a system of automatic control of available climatic equipment within the Smart Home system with the use of Internet of Things technology and cloud computing.

**The subject of research** is the process of maintaining optimal climatic parameters of the environment in any room with the use of a minimum amount of resources.

**Research methods:**

- theoretical scientific method - in the study of existing solutions to the problem;
- empirical scientific method - when choosing the applied methods of data processing, storage and transmission, existing products and technologies; when choosing the system's architecture; when analyzing the system for data security and cyber security methods.

**The practical significance** of the obtained results. This qualifying work of the master has an applied value - the development of a prototype of

information-analytical IoT climate control system. The architecture of the system is offered, the circuit solution is developed, the prototype of the system is designed and implemented. It is recommended to implement the obtained results in production.

**Approbation of results.** The main provisions and research results presented in the project were tested at the XV International Scientific and Technical Conference "Problems of Informatization" (Kharkov, 2020) [1] and at the LXI International Conference "Development of Science in the XXI Century" [2].

**The master's qualification work consists of** the content, introduction, main part, which includes four sections, conclusions and a list of sources used. Total \_\_\_\_\_ pages.

**KEY WORDS:** model, IoT solution architecture, climate control, software package, schematic solution

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП  | 10 |
| РОЗДІЛ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА АНАЛІЗ РІШЕННЯ  | 14 |
| 1.1 Аналіз об'єкту дослідження та постановка задачі магістерської роботи                       | 14 |
| 1.1.1 Моніторинг параметрів середовища   | 15 |
| 1.1.2 Керування побутовою технікою   | 16 |
| 1.1.3 Контроль доступу до приміщення   | 16 |
| 1.1.4 Основні компоненти   | 16 |
| 1.1.5 Система інтелектуальної автоматизації  | 18 |
| 1.1.6 Підсистема клімат-контролю   | 20 |
| 1.1.7 Технологія Інтернет речей (ІоТ), хмарні обчислення та їх внесок у<br>ІоТ та розумний дім | 22 |
| 1.1.8 Централізована обробка подій, система на основі правил                                   | 23 |
| 1.2 Аналіз існуючих у світі способів вирішення задачі  | 24 |
| 1.2.1 Класичні системи клімат-контролю у будинку   | 24 |
| 1.2.2 Системи Розумного Будинку  | 28 |
| 1.3 Визначення вхідних даних для вирішення поставленої задачі                                  | 36 |
| 1.4 Висновки   | 38 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ІОТ-РІШЕННЯ   | 39 |
| 2.1 Сценарії використання системи  | 39 |
| 2.2 Опис алгоритмів роботи системи   | 42 |
| 2.3 Об'єкти (таблиці бази даних) системи   | 52 |
| 2.4 Висновки   | 62 |
| РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ІОТ-РІШЕННЯ  | 63 |
| 3.1 Архітектура проекту ІоТ-рішення  | 63 |
| 3.1.1 Локальна складова системи  | 63 |

|  |            |
|--|------------|
| 3.1.2 Хмарна частина системи                                     | 68         |
| 3.2 Методи та засоби обробки даних                               | 70         |
| 3.3 Обґрунтування використання хмарних технологій для реалізації | 72         |
| 3.3.1 Amazon Web Service (AWS) IoT platform                      | 74         |
| 3.3.2 Cisco IoT  | 77         |
| 3.3.3 Google Cloud IoT   | 79         |
| 3.3.4 IBM IoT suite  | 81         |
| 3.3.5 Microsoft Azure IoT  | 83         |
| 3.3.6 Порівняння хмарних сервісів                                | 85         |
| 3.4 Комунікаційні технології та системи                          | 88         |
| 3.5 Аналіз можливих шляхів розвитку системи у майбутньому        | 94         |
| 3.6 Висновки   | 94         |
| <b>РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОТОТИПУ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ</b>         | <b>95</b>  |
| <b>ВИСНОВКИ</b>  | <b>105</b> |
| <b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ</b>                 | <b>108</b> |
| <b>ДОДАТКИ</b>   | <b>111</b> |
| Додаток А  | 112        |
| Додаток Б  | 112        |
| Додаток В  | 127        |
| Додаток Г  | 129        |
| Додаток Д  | 129        |
| Додаток Е  | 140        |

## ВСТУП

Системи клімат-контролю є актуальними тому що можуть заощадити до 25% енергоресурсів, що витрачаються на підтримування комфортного мікроклімату приміщення, а також автоматизують цей процес, заощаджуючи таким чином час людини. Такі системи дають можливість збалансувати витрачені ресурси та комфорт людини, що знаходиться у приміщенні, у автоматичному режимі, без залучення людини-адміністратора системи.

Існуючі на даний момент системи розумних будинків більш націлені на безпеку від вторгнення та, у меншій мірі, на автоматизацію освітлення та енергопостачання, сегмент контролю мікроклімату будинку покритий найменше. Крім цього більшість існуючих систем не мають українського інтерфейсу та мають обмежений функціонал саме для контролю мікроклімату середовища Розумного будинку, що створює некомфортні умови для виробників кліматичної техніки, які мають бажання під'єднувати власні вироби до таких систем, але за даних умов для них це досить складно та не має сенсу.

Таким чином, оскільки на ринку немає системи розумного будинку, що могла б об'єднати і керувати одночасно всіма видами кліматичної техніки, існує необхідність спроектувати таку систему, що задовольнила б усім вимогам до екосистеми контролю мікроклімату приміщення.

ІоТ передбачає підключення до Інтернету та віддалене спостереження за даними різноманітних датчиків та керування мобільними пристроями, підключеними до інтернету. Датчики можуть бути прикріплені до побутових приладів, таких як кондиціонери, світильники, зволожувачі повітря та інші побутові пристрої в приміщенні. Таким чином, він вбудовує комп'ютерну розвідку в домашні пристрої, щоб забезпечити спосіб вимірювання параметрів домашніх умов та моніторинг функціональності побутових приладів.

Хмарні обчислення забезпечують масштабовану обчислювальну потужність, простір для зберігання даних та додатків для розробки,

обслуговування, запуску домашніх сервісів та доступу до домашніх пристроїв у будь-який час у будь-якому місці.

**Мета цієї роботи** - створення моделі маштабованої системи для контролю мікроклімату у будь-якому приміщенні. Оскільки усі існуючі рішення Розумного будинку не мають достатнього функціоналу саме для забезпечення найкращих кліматичних умов у приміщенні, виникає необхідність розробити власне рішення, що має бути конкурентоспроможним на ринку, та гнучким для розширення.

#### **Завдання роботи:**

- проаналізувати існуючі рішення поставленої задачі; визначити критичні компоненти, що відсутні в доступних на ринку продуктах, які необхідно забезпечити у спроектованій системі; визначити вхідні дані для вирішення поставленої задачі;
- визначитися з методами обробки та передачі даних у системі, обґрунтувати застосовувані технології та продукти для реалізації IoT-рішення;
- вибрати архітектуру системи та комунікаційні технології; проаналізувати захищеність інформації у системі і способи для її кіберзахисту;
- програмно реалізувати критичні компоненти системи; визначити потенційні шляхи розвитку системи.

**Об'єктом дослідження** є система автоматичного керування доступною кліматичною технікою в межах системи Розумного будинку з застосуванням технології Інтернету речей та хмарних обчислень.

**Предметом дослідження** є процес підтримання оптимальних кліматичних параметрів середовища у будь-якому приміщенні за умов використання мінімальної кількості ресурсів.

#### **Методи дослідження:**

- теоретичний науковий метод - при дослідженні існуючих рішень поставленої задачі;

- емпіричний науковий метод - при виборі застосовуваних методів обробки, зберігання та передачі даних, готових продуктів та технологій; при виборі архітектури системи; при аналізі системи на захищеність даних та способів кіберзахисту.

**Основні вимоги до системи:** вона має бути бездротовою, має об'єднувати всі існуючі типи кліматичної техніки (за умови, що модель використовує визначені API бібліотеки для спілкування з системою). Система має забезпечувати належний рівень безпеки передачі даних та обробляти нетипові ситуації (відключення постачання енергоресурсів). Користувач повинен мати можливість налаштовувати бажані параметри мікроклімату середовища, а також керувати кожним окремим приладом вручну. Аналітичні дані щодо використання приладів кліматичної техніки та доступних ресурсів (за умови передачі таких даних від підключених приладів), мають бути збережені в хмарному середовищі та доступні для перегляду та аналізу користувача системи. Система має надавати можливість користувачу змінювати параметри середовища та будь-які інші налаштування вне залежності від його місцезнаходження (за умови, що користувач має доступ у інтернет з свого мобільного пристрою).

Наступний функціонал має бути передбачений у проекті IoT-рішення: захищена авторизація користувача у системі за допомогою хмарних сервісів, під'єднання приладів кліматичної техніки та датчиків, що використовують API бібліотеки системи, налаштування параметрів повітряного середовища, ручне керування кожним з приладів, автоматичне керування приладами кліматичної техніки за допомогою даних з датчиків, збір та обробка аналітичних даних щодо використання приладів та ресурсів, виділення окремих ізольованих "кімнат" з власним набором налаштувань.

**Одержані результати** цієї роботи можна застосувати для реалізації та збуту на ринку конкурентоспроможного продукту; колаборація з партнерами-виробниками кліматичної техніки, що матимуть можливість

створювати продукти сумісні з реалізованою системою клімат-контролю. Серед потенційних споживачів продукту знаходяться власники та управляючі будь-якої нерухомості: житлових приміщень будь якого розміру - від смарт-студій до маєтків; офісів та комерційних приміщень; виробничих цехів та заводів.

Було опубліковано тези «Залежність інтенсивності вентиляції від вмісту вуглекислого газу в повітрі за допомогою IoT речей» в XV міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми Інформатизації” 11 – 12 квітня 2020 року. Було опубліковано статтю “Системи розумного дому, засновані на IoT” у LXI Міжнародній конференції «Розвиток науки в XXI столітті» 13 червня 2020 року.

## **РОЗДІЛ 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА АНАЛІЗ РІШЕННЯ**

### **1.1 Аналіз об'єкту дослідження та постановка задачі магістерської роботи**

Сучасний «розумний дім» втілює в собі безліч інноваційних розробок, які зробили його унікальним з безпеки і комфортабельності. Наявність всіх цих розробок дозволяє сьогодні втілювати мрії в життя, тепер власнику житла зовсім необов'язково турбуватися про свій будинок, адже він завжди під контролем обладнання, яке не дає збоїв і працює цілодобово весь рік, навіть коли нікого немає в будинку [1]. Зараз на ринку є чимало компаній, що пропонують свої послуги у сфері проектування «розумних будинків», при виборі тієї або іншої компанії, необхідно бути впевненим у професіоналізмі співробітників, щоб надалі не мати проблем з технікою.

У кожному сучасному будинку функціонує велика кількість обладнання, що забезпечує побут, комфорт, затишок, зв'язок і безпеку, що допомагає відпочити і створює повноцінне робоче середовище [1]. Зручність управління цими системами, їх інтеграція один з одним, можливість злагоджено працювати разом, збільшуючи тим самим функціональність кожної з них окремо - все це і дає можливість назвати такий будинок - Розумним домом.

За відсутності людини Розумний будинок буде підтримувати оптимальним чином постійний мікроклімат, зберігаючи тим самим затишок, кімнатні рослини і меблі. Система вимкне не потрібне світло або навпаки буде створювати видимість вашої присутності, вмикаючи і вимикаючи освітлення в тій або іншій кімнаті час від часу [2].

Розумний будинок буде постійно стежити за всіма інженерними системами в будинку і не допустить спалаху або вибуху пов'язаного з витоком газу або зіпсовання меблів через витік води.

Також не залишиться непоміченим проникнення в будинок стороннього. Система Розумний будинок постарается випровадити його самостійно, створюючи неприємні умови його знаходження в будинку і, звичайно, він повідомить Вам і на пульт охорони про цю подію, скориставшись мобільним зв'язком або чергою повідомлень у спеціальному мобільному додатку [2].

Господар може повідомляти Розумному будинку не тільки про те, що він повертається, але постійно може керувати ним і отримувати інформацію про стан систем в будинку, перебуваючи при цьому де завгодно.

Розумний дім забезпечує безпеку, енергоефективність, низькі експлуатаційні витрати та зручність. Установка розумних продуктів забезпечує зручність та економію часу, грошей та енергії. Такі системи є адаптивними та регульованими для задоволення постійних змін потреб мешканців будинку. У більшості випадків її інфраструктура є досить гнучкою для інтеграції з широким спектром пристроїв різних постачальників та стандартів.

Базова архітектура дозволяє вимірювати домашні умови, використовуючи датчики з мікроконтролерами, та виконавчі пристрої для управління вбудованими пристроями удома.

Популярність та розповсюдження технології розумного будинку зростають хорошими темпами, оскільки вона стала частиною тенденцій модернізації та зменшення витрат.

### **1.1.1 Моніторинг параметрів середовища**

Типовий розумний будинок оснащений набором датчиків для вимірювання параметрів середовища, таких як: температура, вологість, освітленість та близькість до предметів. Кожен датчик призначений для зйомки одного або декількох вимірювань. Температуру і вологість можна виміряти одним датчиком, інші датчики обчислюють коефіцієнт світла для даної ділянки та відстань від нього до кожного предмета, що піддається впливу. Усі датчики дозволяють зберігати дані та візуалізувати їх, щоб користувач міг їх переглядати в будь-якому місці та в будь-який час. Для виконання цих вимог, система

включає процесор сигналів, інтерфейс зв'язку та хост на хмарній інфраструктурі [2].

### **1.1.2 Керування побутовою технікою**

Хмарний сервіс для управління побутовою технікою, який розміщуватиметься на хмарній інфраструктурі, дозволяє користувачеві керувати виходами розумних пристроїв, пов'язаних з побутовою технікою, наприклад, лампами та вентиляторами. Розумні пристрої - це пристрої, такі як клапани та вимикачі, які виконують такі дії, як включення, вимкнення або налаштування режимів роботи в залежності від надходження відповідного сигналу керування. Щоб активувати прилад, йому надсилається цифрова команда запису.

### **1.1.3 Контроль доступу до приміщення**

Технології доступу до приміщення зазвичай застосовуються до приміщень загального доступу з метою перешкоджання входу неавторизованих осіб. В загальних рисах, система використовує базу даних з ідентифікаційними атрибутами уповноважених людей. Коли людина наближається до системи управління доступом, її ідентифікаційні атрибути збираються миттєво та порівнюються з базою даних. Якщо вони відповідають даним бази даних, доступ дозволений, інакше доступ заборонено. Є можливість використовувати хмарні сервіси для централізованого збору даних осіб та їх обробки. Одні системи використовують магнітні картки або картки ідентифікації близькості, інші використовують системи розпізнавання облич, відбитків пальців та RFID.

### **1.1.4 Основні компоненти**

Щоб задовольнити всі описані вище вимоги до функцій системи розумного будинку, система складається з таких компонентів (рис. 1.1).

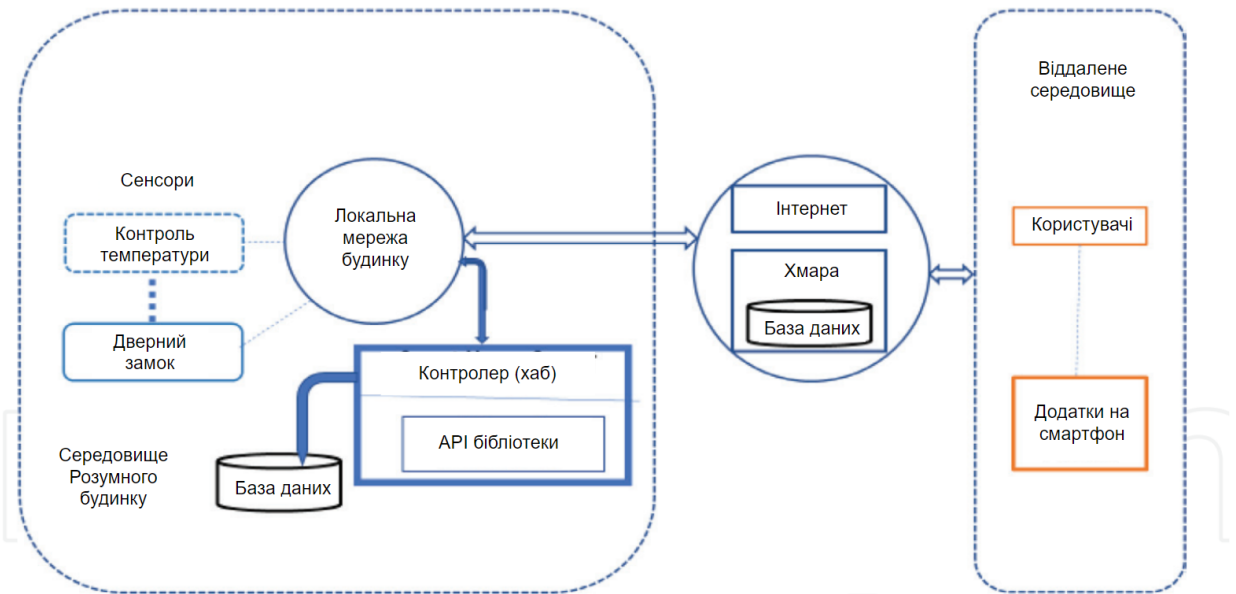


Рисунок 1.1. Парадигма розумного дому з додатковим хмарним підключенням.

а. Датчики для збору даних щодо внутрішнього та зовнішнього середовища та вимірювання параметрів. Ці датчики підключені до самого будинку та до вбудованих пристроїв. Дані датчиків збираються та постійно передаються через локальну мережу на сервер (контролер або хаб) розумного будинку.

б. Процесор для виконання локальних та інтегрованих дій. Він також може бути підключений до хмари для додатків, які потребують додаткових обчислювальних ресурсів.

с. Колекція програмних компонентів, оформлених як API, що дозволяє зовнішнім програмам (або приладам) використовувати їх, якщо вони відповідають заздалегідь визначеному формату параметрів. Такий API може обробляти дані датчиків або керувати необхідними функціями виконавчих приладів.

г. Виконавчі прилади для виконання команд, надісланих з серверу чи інших пристроїв управління. Вбудований процесор переводить надісланий сигнал у синтаксис команд, що пристрій може виконати. Під час обробки даних

отриманих з датчиків, він перевіряє, чи якесь правило стало істинним. У такому випадку система може запустити команду на належний пристрій.

е. База даних для зберігання оброблених даних, зібраних з датчиків (та хмарних сервісів). Вона також буде використовуватися для аналізу даних, представлення даних та візуалізації. Оброблені дані зберігаються у доданій базі даних для подальшого використання [3].

### **1.1.5 Система інтелектуальної автоматизації**

Розумний будинок - це система інтелектуальної автоматики для управління інженерними системами сучасної будівлі.

Будь-якій людині в будинку, в квартирі або в офісі важливо відчувати себе комфортно і в безпеці. Саме ці два завдання плюс естетика зовнішнього вигляду пристроїв - і є основні цільові установки, на які орієнтовані системи «Розумний Дім». Інтелектуальна автоматика управляє всіма інженерними системами в будинку, дозволяє людині централізовано встановлювати комфортні для себе - температуру, вологість, освітленість в кімнатах, зонах, і забезпечує безпеку.

Система Розумний Дім включає в себе наступні об'єкти автоматизації:

- управління освітленням;
- управління електроприладами;
- клімат контроль;
- управління системою вентиляції;
- централізоване управління розважальними системами, як, наприклад системою домашнього кінотеатру або аудіосистемами;
- мультірум;
- системи відеоспостереження;
- ОПС (охоронно-пожежна сигналізація);
- СКД (системи контролю доступу);
- контроль навантажень і аварійних станів;
- управління інженерним обладнанням з сенсорних панелей.

Система Розумний Дім забезпечує механізм централізованого контролю та інтелектуального управління в житлових, офісних або громадських приміщеннях [3]. З інсталяцією подібної системи вдома чи на роботі кожен користувач отримує можливість в рамках загального середовища проживання задавати параметри власного індивідуального середовища (світло, температура повітря, звук і т.д.), в т.ч. порядок роботи системи:

- здійснювати управління необхідною системою (освітлення, клімат, відеоспостереження тощо);
- отримувати доступ до інформації про стан всіх систем життєзабезпечення будинку (перебуваючи всередині нього або віддалено).

Загальна схема системи управління виглядає наступним чином:

- центральний процесор управління / головний блок управління;
- датчики (температури, освітленості, задимленості, руху та ін.);
- керуючі пристрої (диммери, реле, ПЧ-емітери та ін.);
- інтерфейси управління (кнопкові вимикачі, пульти ІК і радіопульт, сенсорні панелі, web / wap інтерфейс);
- власна мережа управління, що об'єднує вищевказані елементи;
- керовані пристрої (світильники, кондиціонери, компоненти домашнього кінотеатру та ін.);
- допоміжні мережі (Ethernet, телефонна мережа, дистрибуція аудіо і відеосигналу) зв'язку.

Програмне забезпечення проекту. Основна функція центрального процесора - управління підпорядкованими йому пристроями з використанням наступних інтерфейсів: Ethernet, RS-232, RS485, IR, аналогових і цифрових входів / виходів та ін. Також центральний процесор управління містить багатозадачну операційну систему, інструментальні засоби програмування і в деяких випадках Web сервер. Датчики розташовуються в певних місцях квартири, які безпосередньо або через проміжні пристрої зв'язані єдиною

мережею. Інтерфейси управління здійснюють загальне управління системами Розумний будинок [2].

Загальний алгоритм роботи системи Розумний Дім:

- по власній мережі управління інформація від датчиків або інтерфейсів надходить до центрального процесора управління;
- програмне забезпечення центрального процесора обробляє одержану інформацію і генерує команди для керуючих пристроїв. Ця обробка та генерація команда може відбуватися як локально за допомогою закладених алгоритмів, так і з застосуванням хмарних сервісів.

Способи генерації команд, а також форма і склад відображуваної інформації про стан систем закладається на етапі розробки програмного забезпечення з урахуванням вимог проекту.

### **1.1.6 Підсистема клімат-контролю**

Підсистема клімат-контролю в межах системи Розумного будинку працює на підставі закладених у неї алгоритмів, що дозволяють підтримувати встановлені параметри повітряного середовища і різних кліматичних зонах в приміщеннях при мінімальних затратах енергоресурсів.

Така система дозволяє забезпечувати виконання різних операцій. З її допомогою проводиться нагрів або охолодження повітря, при цьому виключається одночасна робота кондиціонера і системи опалення. Винятком тут може бути наявність теплої підлоги, підтримуючого встановлену температуру в нижній частині кондиціонованого приміщення [4].

Така система забезпечує зниження температури в нічний час в безлюдних приміщеннях і спальнях, що дозволяє створити комфортні умови для сну, а також економити енергоресурси. Крім того, вона дає можливість мінімізувати роботу апаратури і обладнання під час відсутності господарів за допомогою використання режимів роботи «денна відсутність» і «відпустка». При включенні останнього режиму проводиться повне відключення системи

кондиціонування та вентиляції, а опалювальна система виводиться на мінімальний рівень потужності. Перед поверненням додому можна завчасно встановити в приміщеннях комфортний кліматичний режим шляхом активації системи клімат-контролю по телефону або через інтернет [3].

Система управління кліматом в приміщенні дає можливість коригувати рівень температури, вологості, величину притоку свіжого повітря індивідуально для кожного приміщення, управляти роботою системи фільтрації повітря, створювати індивідуальну кліматичну систему для кожного члена сім'ї, погоду в будинку (наприклад, в кімнаті проживання дітей відсутність протягів при постійно свіжому повітрі).

Також система клімат-контролю, незважаючи на виконання великої кількості функцій, забезпечує економію фінансових коштів і вирішує проблему енергозбереження. Наприклад, систему можна налаштувати таким чином, що у вихідні дні та неробочий час подача тепла в приміщення скорочувалася або відключалася зовсім. Такий режим роботи особливо актуальний для використання в замських котеджах із застосуванням в них автономних систем опалення. Зазначена система дозволяє дистанційно включати котел опалення або перемикає його в режим економії.

З метою більш ефективної і раціональної організації життєдіяльності офісів можливо встановлення контролю над станом комунікацій теплопостачання, електропостачання, водопостачання, створення найбільш комфортних умов роботи для працівників компанії.

Система клімат-контролю «розумного будинку» виключить можливість псування колекції картин, книг або вин шляхом створення найбільш сприятливих умов для їх зберігання [2].

Для забезпечення коригування параметрів роботи системи застосовуються різні датчики, які фіксують поточні показники мікроклімату в приміщеннях будинку, а також засоби для управління у вигляді перемикачів і панелей. При їх використанні система здатна управляти якістю повітря (температурою, вологістю, озонуванням) відповідно до пори року і доби,

режимом провітрювання з використанням автоматичної системи відкривання вікон, змінювати режим роботи радіаторів опалення та теплої підлоги, автоматично підтримувати температуру і вологість у спеціальних приміщеннях, а також аварійно зупиняти систему опалення [3].

Таким чином, система клімат-контролю «розумного будинку» дозволяє створити здоровий і комфортний мікроклімат для затишного проживання в будинку.

### **1.1.7 Технологія Інтернет речей (IoT), хмарні обчислення та їх внесок у IoT та розумний дім**

Парадигма Інтернет речей (IoT) передбачає пристрої, підключені до Інтернету. Пристрої - це об'єкти, такі як датчики та виконавчі пристрої, оснащені телекомунікаційним інтерфейсом, процесорним блоком, обмеженими програмами зберігання та програмним забезпеченням. Це дозволяє інтегрувати об'єкти в Інтернет, встановлюючи взаємодію між людьми та пристроями.

Хмарні обчислення - це набір спільних обчислювальних ресурсів, готових надавати різноманітні обчислювальні послуги на різних рівнях, від базової інфраструктури до найскладніших прикладних служб, легко розподіляються та звільняються з мінімальними зусиллями або взаємодією з постачальником послуг [5]. На практиці він управляє ресурсами обчислювальної техніки, зберігання та зв'язку, якими спільно користуються декілька користувачів у віртуалізованому та ізольованому середовищі.

IoT та розумний дім можуть скористатися широким вибором ресурсів та функціоналів хмари, щоб компенсувати його обмеження у зберіганні, обробці, спілкуванні, резервного копіювання та відновлення. Наприклад, хмара може підтримувати управління послугами IoT та виконувати додаткові операції, використовуючи дані, надані IoT пристроями. Розумний дім можна стиснути та зосередитись лише на основних та найважливіших функціях, і таким чином мінімізувати місцеві домашні ресурси та покладатися на хмарні можливості та ресурси. Розумний дім та IoT будуть зосереджені на зборі даних, базовій

обробці та передачі в хмару для подальшої обробки. Щоб вирішити проблеми безпеки, хмара може бути приватною для високозахищених даних та загальнодоступною для решти.

IoT, розумний дім та хмарні обчислення - це не просто злиття технологій. Але, швидше, баланс між локальними та центральними обчисленнями разом з оптимізацією споживання ресурсів. Обчислювальне завдання може бути виконано на локальних пристроях IoT та розумного дому або передано в хмару. Потрійна обчислювальна модель, що включає хмару, IoT та розумний дім, повинна мінімізувати всю вартість системи.

### **1.1.8 Централізована обробка подій, система на основі правил**

Розумний дім та IoT багаті сенсорами, які генерують масивні потоки даних у вигляді повідомлень чи подій. Обробка цих даних вище можливостей людини.[4] Отже, системи обробки подій були розроблені та використовуються для більш швидкого реагування на класифіковані події. Це системи управління з застосуванням правил, які можуть сприймати та оцінювати події для реагування на зміни значень параметрів або переривання. Користувач може визначити правило, викликане деякими подіями, і контролювати належне забезпечення послугами. Правило складається з умов події, структури подій та інформації, пов'язаної з кореляцією, яка може поєднуватися для моделювання складних ситуацій.

Система може обробляти велику кількість подій, виконувати функції моніторингу, навігації та оптимізації процесів у режимі реального часу. Вона виявляє та аналізує аномалії чи виняткові ситуації та створює реактивні/активні реакції, такі як попереджувальні дії для запобігання пошкодженню техніки чи майна в приміщенні. Правила створюються за допомогою зручного для користувача інтерфейса моделювання правил. За потреби ці правила розбиваються на більш прості, зрозумілі елементи.

## **1.2 Аналіз існуючих у світі способів вирішення задачі**

Хоча у продажу є дуже багато систем розумного будинку, у тому числі українського виробництва, було розглянуто тільки ті, що включають в себе підсистему клімат-контролю (адже деякі системи Розумного будинку є вузьконаправленими, наприклад, на безпеку від проникнення). Було розглянуто безпосередньо системи контролю розумного будинку, а не власне техніку — датчики та актуатори, що є “виконавцями” у системі розумного будинку. Адже однією з важливих характеристик системи є сумісність з якомога більшою кількістю приладів сторонніх виробників (щоб не обмежувати користувачів у виборі саме тієї техніки, яка їм найбільше до смаку).

Було проаналізовано декілька продуктів, які можна умовно розділити на дві групи за їх характеристиками та функціоналом: класичні системи клімат-контролю у будинку, та системи Розумного Будинку. Почнемо з класичних систем.

### **1.2.1 Класичні системи клімат-контролю у будинку**

Такі системи - більш знайоме широким масам рішення проблеми контролю мікроклімату у приватних будинках. Вони були на ринку досить давно, та зазнали стрімкого розвитку можливостей з моменту появи та до сьогодні. Отже наявний широкий вибір таких систем на ринку в залежності від країни та бюджету.

Такі системи і досить користуються популярністю у деяких країнах. Наприклад, вони часто встановлені у всіх квартирах нових багатоквартирних будинках у Південної Кореї та Японії від забудовника. У Америці такі системи встановлюють переважно забезпечені сім'ї з власними будинками.

Деколи самі виробники називають свої системи Розумним Будинком, але це не більше ніж маркетинговий хід. Більшість людей все одно не зрозуміють різниці, а термін Розумний Дім став асоціюватись з чимось дуже сучасним та

крутим у глазах споживачів. Про різницю між класичними системами клімат-контролю у будинку та системами Розумного Будинку пояснено нижче.

Основою системи є інтелектуальний блок, що регулює параметри кліматичного обладнання з ціллю зміни параметрів повітряного середовища з урахуванням переваг власників приміщення. До керованих приладів відносяться наступні: кондиціонери та спліт-системи, радіатори, системи теплих полів, котли та інші агрегати опалення, вентиляційні прибори, фільтри, іонізатори, озонатори, інші встроєні системи.

Очевидно, що системи надають широкий функціонал та багато переваг своїм користувачам, але чи задовольняють вони всі сучасні вимоги 21-го інформаційного століття, коли усім так важливо мати доступ до необхідної інформації будь-де та будь-коли? Не зовсім.

Мабуть найбільш критичний недолік таких систем є їх ціна, вони є здебільше доступними для заможних власників елітного житла. Однак, у останні роки спостерігається всесвітня тенденція популяризації привілейованих продуктів та послуг у широкі маси споживачів, можливо з спрощеним функціоналом. Але, незважаючи на те, що подібні системи дійсні становляться все більш доступними, вони все ще залишаються у категорії “елітних” продуктів, що не доступні кожному зацікавленому споживачу. Цей недолік частково виправлений у нових системах Розумного Будинку, що мають багато переваг над класичними системами, але про це пізніше.

Наступним недоліком маємо назвати необхідність закладання системи у приміщення на етапі проектування, тобто неможливість його встановлення пізніше. Типово, зараз більшість спішать якомога скоріше закінчити будівництво та ремонт квартир та будинків, щоб скоріше заїхати у нове житло, отже часто стається так, що частина ремонтних робіт відкладається на пізніше, щоб зекономити час та заселитися до повного виконання всіх видів робіт. У таких ситуаціях, встановлення класичної системи клімат контролю пізніше є просто неможливою, оскільки передбачає прокладання деякої інфраструктури для зв'язку частин системи між собою.

Однак, деякі з виробників систем клімат-контролю намагаються пристосуватися до сучасних умов та передбачаються спрощене встановлення систем (наприклад, коли частини системи спілкуються між собою за допомогою бездротових технологій зв'язку, на відміну від класичних дротових ліній зв'язку). Все ж, більшість кліматичного обладнання, передбачене такими системами, потребує попереднього встановлення на етапі “брудного” ремонту, як закладання трас для кондиціонерів, встановлення теплих полів, прокладання шляхів вентиляції під стелею, тощо.

Метою ж цієї роботи є спроектувати системи, що матиме можливість встановлення на будь-якому етапі, навіть після закінчення ремонту. Так, функціонал такої системи матиме обмежений функціонал у порівнянні з такою, що була передбачена ще у проекті житла, але встановлення деякої кліматичної техніки завжди має проходити на “брудному” етапі ремонту, тож ми можемо тільки забезпечити спроектовану системи необхідним функціоналом щоб працювати з будь-яким набором кліматичної техніки, навіть тільки з датчиками стану повітряного середовища (для збору та аналізу даних про мікроклімат приміщення).

Таким чином, підходимо до наступного недоліку класичних систем клімат-контролю - дані повітряного середовища приміщення збираються відповідними встановленими датчиками, але вони не є доступними для перегляду та аналізу самим користувачем або штучним інтелектом, тобто вони залишаються інкапсульованими у самій системі.

В той самий час, сучасний споживач потребує захищеного доступу до всіх власних історичних даних, які можуть бути використані для комплексного аналізу з застосуванням штучного інтелекту та отримання корисних знань, наприклад, які є доступні шляхи заощадження природних ресурсів, які неминуче використовуються усією кліматичною технікою в будинку для забезпечення оптимального стану мікроклімату. Проблема знаходження балансу між спожитими ресурсами та бажаними параметрами для комфортного знаходження у приміщенні - є однією з найбільш актуальних проблем у сфері

управління житлом. Усім хочеться заощадити гроші на газі та електроенергії, коли це можливо, та мати власний внесок у збереження екології нашої планети. Отже, збір та збереження подібних таких є критичною умовою для сучасних систем, встановлених у будинках.

Вимогливий користувач сьогодні очікує від усіх представлених на ринку продуктів функції віддаленого доступу з усіх його персональних гаджетів. Це вже стало “функцією за замовчуванням”, настільки це є популярною тенденцією. Причиною для цього став стрімкий розвиток та популярність продуктів Розумного Будинку, таких як розумні камери, роботи-пилососи, системи безпеки домівки, розумні лампочки та багато інших домашніх приладів.

Однак, більшість виробників класичних системи контролю мікроклімату не передбачають такої функції у своїх продуктах, оскільки її додавання передбачає тривалу та досить дорогу розробку, а також фундаментальну зміну принципів роботи існуючих систем (необхідно розгорнути та підтримувати сервер віддаленого доступу, сервіси авторизації користувачів, захист даних у хмарі, та багато інших компонентів, що не присутні в архітектурі класичних систем). Для розробки, впровадження та підтримку таких глобальних змін необхідні час, людські та грошові ресурси, тож здебільшого це не є рентабельним для виробників систем клімат-контролю.

І останній, але не найменший, недолік таких систем клімат-контролю є обмежений вибір кліматичної техніки. Здебільшого, крупні виробники кліматичної техніки пропонують продукт для її об'єднання в одну логічну одиницю - систему клімат-контролю - для керування усіма приладами з одного інтерфейсу. Отже, користувач є обмеженим у виборі кліматичного обладнання товарною лінійкою одного виробника. У найгіршому сценарію, користувач потребує встановлення більше однієї такої системи у власному житлі, якщо, наприклад, система встановлена система опалення та теплих полів є одного виробника, але система кондиціонування та вентиляції - іншого. Безперечно,

користування такими продуктами є менш зручним і скоріш ускладнює життя споживачу ніж спрощує його.

Отже, можемо зробити висновок, що існуючі на даний момент класичні системи контролю мікроклімату мають ряд критичних недоліків, тож не задовольняють критеріям поставленої задачі.

### **1.2.2 Системи Розумного Будинку**

Розумний Будинок - нове покоління домашньої техніки, що прийшло на зміну класичним системам приладів, встановлених у домішках. Це стосується не тільки систем контролю мікроклімату, а також систем безпеки, спостереження, протипожежних систем та управління домашньою технікою. Деякі сфери функціонування Розумного Будинку є унікальними для цього покоління домашньої техніки (не є заміною існуючих класичних систем), наприклад, розумні побутові прилади (чайники, кофеварки, холодильники, роботи-пилососи, інші).

#### **1. Amazon Alexa**

Amazon Alexa — голосовий асистент, який інтегровано в аудіоупристрої компанії Amazon (Echo, Echo Dot, Tap), приставки Fire TV та інші. Може програвати музику та читати новини з декількох джерел. Дає інформацію про погоду, затори на дорогах та інші параметри. Може працювати з будь-яким стороннім додатком або послугою завдяки відкритому API.

Alexa завжди працює. Потрібно лиш сказати «Alexa» та пристрій готовий прийняти запит від користувача та виконати усе. Будь-то замовлення деяких покупок чи зміни температури у домі.

Вміє жартівливо відповісти на складний запит, але швидко переводить все назад в план покупок. Асистент не може працювати зі смартфонами. Змушує задуматися, чи є у вашому житті ще якийсь сенс, крім покупки в Amazon.

Завдяки більш ніж 20 000 сторонніх інтеграцій, Alexa, безсумнівно, є однією з найбільш всеосяжних екосистем розумного дому, доступних сьогодні.

«Alexa» - найпопулярніша і одна з найпоширеніших систем розумного будинку в світі. На сьогоднішній день існує декілька сотень пристроїв, здатних працювати з нею, і їх кількість зростає.

Оскільки екосистема Amazon є однією з найпоширеніших у цій галузі, більшість розумних продуктів безперервно інтегруються з Alexa, включаючи продукти виробництва Philips, Samsung, Nest та Schlage [1].

Зрештою, можливість Alexa інтегрувати та говорити з більшістю інших розумних пристроїв та додатків (Alexa має найбільш сторонні інтеграції будь-якої розумної системи) робить її одним з найкращих варіантів для вашого розумного будинку.

Правда, для українців вона є трохи обмеженою по можливостях - наприклад, покупки продуктів та інших товарів, замовлення послуг будуть вкрай обмежені. А ще доведеться вивчити англійську - ні російську, ні українську вона не розуміє.

Amazon Echo — невелика стаціонарна колонка, яка оснащена голосовим помічником Alexa. Alexa є не просто помічником, а по суті центральним хабом, який об'єднує все в одному. Uber і сервіси доставки їжі, підписку на Spotify і більшість існуючих напрацювань «розумних будинків» (рис 1.2).

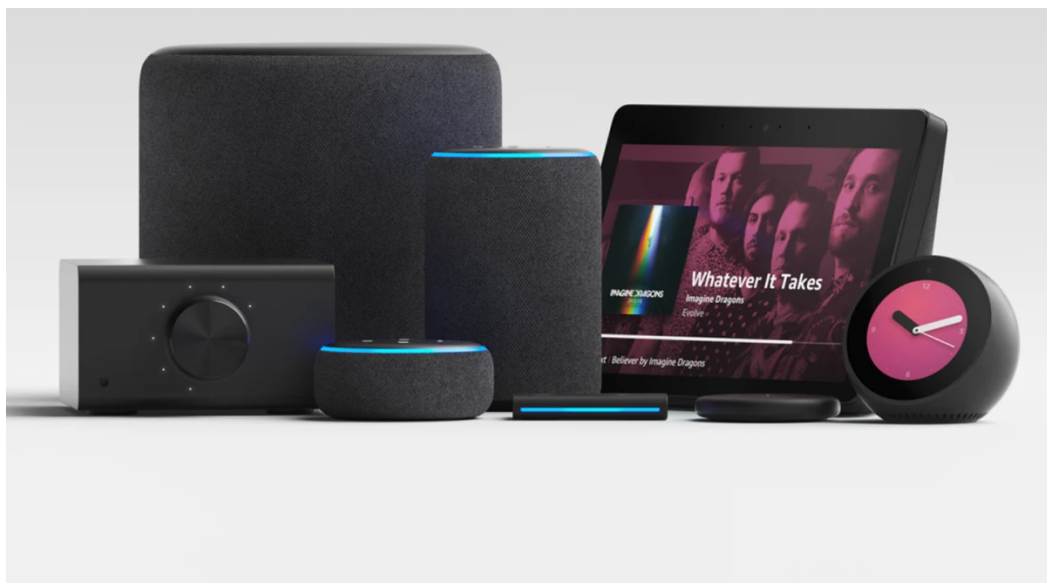


Рисунок 1.2. Лінійка продуктів Amazon Alexa

## 2. Google Home Assistant

Якщо в Alexa і має справжнього конкурента, це Google Home Assistant.

Google Home — серія розумних колонок, розроблених компанією Google. Пристрої дозволяють користувачам давати голосові команди, які виконує Google Assistant, віртуальний асистент корпорації. У систему інтегровані внутрішні та зовнішні сервіси компанії, що дозволяє користувачам слухати музику, відтворювати відео та фото або дізнаватись новини лише за допомогою голосу. Google Home також має інтегровану підтримку автоматизації дому. Перший такий пристрій був випущений у США в листопаді 2016 року та продавався за ціною 129\$ [3].

Навіть незважаючи на те, що Google Home Assistant має меншу кількість сторонніх інтеграцій, він часто може відповідати на запитання та виконувати команди, що Alexa не може, завдяки основній власності Google на простір пошукових систем [3]. Дослідження цифрового агентства Dentsu 360i виявили, що Google Assistant в п'ять разів частіше дасть правильну відповідь, ніж Alexa. Зрештою, помічник виграє, коли йдеться про розуміння того, як люди говорять. Наприклад, якщо ви скажете програмі Assistance "I don't like this song" на Spotify, вона перейде до наступної, а Alexa просто скаже вам: "Thumbs up and down are not supported on Spotify".

Ця система представлена відносно недавно, але багато девайсів вже працюють з нею. Assistant може інтегруватися з продуктами більшості основних брендів, включаючи Philips, TP-Link, Belkin, August, Nest, та популярними програмами, такими як Spotify та Uber [5].

Переваги у неї схожі з «Alexa», за винятком хіба що того, що варіантів пристроїв для підключення, послуг і сервісів трохи менше — але є усі шанси, що це зміниться у найближчому майбутньому, адже виробники техніки для розумного будинку розширюють функціонал для підтримки Google Home Assistant.

На жаль, але обмеження у цій системі теж є - і знову-таки такі ж, що у аналога від Amazon — відсутність підтримки російського або українського інтерфейсу, розуміння усного мовлення (рис 1.3).



Рисунок 1.3. Google Home — розумна колонка

### 3. Apple Home Kit

HomeKit - це програмний фреймворк від Apple, який дозволяє користувачам налаштовувати свій пристрій iOS для налаштування, спілкування та управління розумними домашніми пристроями.

Проектуючи кімнати, елементи і дії в службі HomeKit, користувачі можуть включати автоматичні дії в будинку за допомогою простої голосової команди Siri або додатків [6].

HomeKit був вперше випущений з iOS 8 у вересні 2014 року. Підтримка HomeKit також включена в майбутню MacOS Mojave і може використовуватися на всіх пристроях Apple через Siri.

Виробники пристроїв з підтримкою HomeKit повинні були мати програму MFi, і всі продукти HomeKit повинні були мати співпроцесор шифрування. Устаткування, виготовлене без підтримки HomeKit, може бути включено для використання через «шлюз», наприклад концентратор або хаб, який об'єднує ці пристрої і службу HomeKit [6].

Для цієї системи створено, може, не так багато девайсів, як для попередніх, але тут теж є все необхідне - починаючи від розеток і вимикачів, закінчуючи охоронними наборами і камерами спостереження. До слова, виробник збирається найближчим часом випустити ще і власну бездротову колонку для управління через Siri, тобто голосом (рис 1.4).

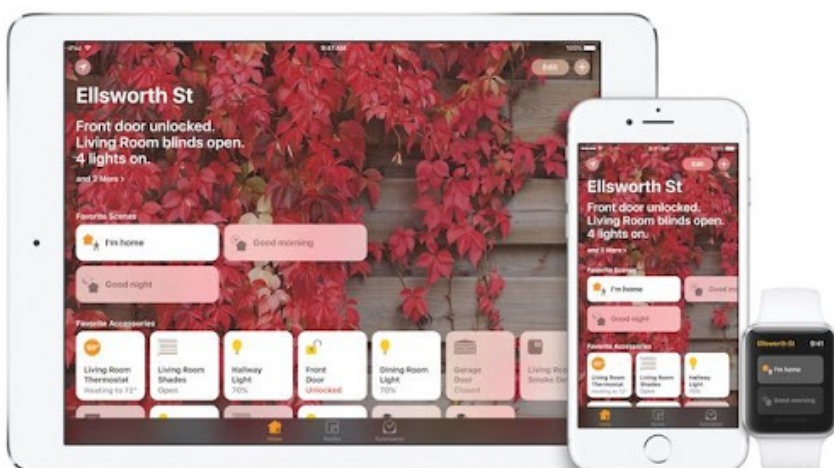


Рисунок 1.4. Інтерфейс мобільного додатку до Apple Home Kit

Apple Home Kit єдиний з топової трійки здатний працювати російською мовою, так що користуватися додатком набагато простіше і комфортніше .

#### 4. Xiaomi Smart Home

Продукти Xiaomi Smart Home (також відомі як продукція Mi Ecosystem) - це продукція, випущена сторонніми виробниками, які співпрацюють з Xiaomi. Цими продуктами керує додаток Mi Home.

Mi Home - єдиний додаток, який управляє продуктами розумного дому Xiaomi: він використовується для управління та спілкування з пристроями та підключення їх до мережі та підключення пристроїв один до одного за допомогою Wifi та Bluetooth.

На сьогоднішній день ця екосистема - не найбагатша девайсами, але з огляду на продуктивність Xiaomi це всього лише питання часу. До того ж, вже зараз в Xiaomi Smart Home є все необхідне, включаючи велику кількість різноманітних датчиків і розумної техніки для дому.

Додаток простий і зручний, а ось голосовий помічник поки що недоступний для більшості світу - він розуміє тільки китайський. Так що ця система для тих, хто звик керувати традиційним способом, тобто через екран смартфона (рис 1.5).



Рисунок 1.5. Стартовий набір Xiaomi Smart Home

#### Висновки

Проведено огляд та аналіз класичних систем розумного дому, технології Інтернету Речей, хмарних обчислень та централізованої обробки подій на основі правил нечіткої логіки. Системи розумного будинку почали набирати темпи розвитку нещодавно, але основні положення були сформульовані досить давно, оскільки за відсутністю необхідного програмного та апаратного забезпечення неможливо створити системи подібного рівня.

Отже, розумний дім складається з таких частин:

- пристрої – безпосередньо всі електронні побудові речі, контроль над якими необхідно автоматизувати;
- датчики – пристрої керування та збору інформації розумного дому. Саме вони виконують роль одиниці в подібних системах;
- мікроконтролери – апаратні системи, що об'єднують датчики в групи, розрізняють також центральний процесор управління – мікроконтролер, що посилає від сервера інформацію в кінцеві вузли;

- сервер – комп'ютер, який створює інтерфейс між користувачем та системою розумного дому. Саме він відповідає за надійність, функціональність;
- канали передачі даних – логічні та фізичні канали, по яким передаються дані з урахуванням потреб (безпека, швидкість тощо);
- хмара – зовнішня служба, що виконує роль бази даних для статистики та іншої службової інформації;
- мобільні пристрої – пристрої, за допомогою яких користувач через сервер керує системою розумного дому.

Отже, багато з недоліків, зазначених у попередньому розділі, відсутні у системах Розумного Будинку. Як наприклад віддалене управління через будь-який пристрій у будь-якому місці доступний усім системам Розумного Будинку, що є доступні на ринку, оскільки це є однією з фундаментальних основ технології IoT, що є базою усіх систем Розумних Будинків.

Крім цього, Розумні Будинки передбачають збір якомога більшої кількості релевантної інформації з використанням широкого вибору датчиків, та зберігання її у захищеному середовищі для споживача.

Іншою особливістю саме систем Розумного Будинку є об'єднання техніки різних виробників у єдину систему керування за допомогою уніфікованого протоколу спілкування. Отже, кожна така система має набір правил щодо того, як саме кожен прилад Розумного Будинку має передавати власні дані до контролеру. Ці правила імплементуються виробником техніки Розумного Будинку, в результаті така техніка інтегрується у систему і може керуватися з одного додатку на персональному гаджеті користувача.

Один прилад може бути одночасно сумісним з кількома різними системами Розумного будинку, таким чином виробник гарантує значну перевагу на ринку поміж подібних продуктів інших виробників. Оскільки цільові споживачі такої техніки користуються різними системи Розумного Будинку для об'єднання своєї техніки, чим більше систем підтримується приладом - тим більше споживачів зупинить свій вибір саме на цій моделі.

Однак, системи Розумного Будинку мають власні недоліки саме у сфері управління мікрокліматом приміщення, а саме обмежений функціонал у порівнянні з класичними системами клімат-контролю.

У своїх спробах зробити системи Розумного Будинку дуже “узагальненими” та “гнучкими”, сумісними з найбільшою кількістю різних видів розумних приладів, виробники цих систем не приділили достатньо уваги функціям, що є необхідними для ефективного контролювання мікроклімату приміщення.

На даний момент, розповсюджені на ринку системи Розумного Будинку здебільшого пропонують функціонал ручного віддаленого управління кліматичною технікою. Наприклад, вмикання, вимикання та налаштування режиму роботи кондиціонеру. Але відсутня базова необхідна функція підтримування бажаних налаштованих параметрів повітряного середовища приміщення, відсутні функції сценаріїв виконання (якщо загазованість повітря більш встановленого значення - включити витяжну систему на встановлений режим), відсутня функція налаштування різних параметрів в залежності від кімнати, часу дня, дня тижня, тощо. Усі ці функції є критичними для ефективного керування домівки, та вони, на жаль, на даний момент відсутні у доступних до аналізу системах.

Після аналізу доступних продуктів Розумного Будинку, було встановлено, що для контролю ключових аспектів управління будівлею, існують відокремлені системи, що забезпечують тільки одну функцію.

Наприклад, система охорони приміщення від вторгнення злочинців Ajax націлена саме на захист будівлі та об'єднує у собі прилади для забезпечення тільки цієї функції (камери спостереження, датчики розбиття скла, відкриття дверей, руху, а також панелі для вводу коду безпеки, сигналізацію, інші компоненти). Як додаткову функції вона має датчики та виконавчі прилади для забезпечення захисту від витоку води (датчики води, автоматичний кран).

Таким чином, система націлена на забезпечення однієї конкретної функції в управлінні житлом - захист від вторгнення - та має дуже широкий

функціонал у цій сфері. Однак, вона не об'єднується з іншими приладами, не має у собі керування освітленням або кліматичною технікою або будь-якими іншими розумними приладами.

Схожий принцип роботи буде використаний для проектування системи контролю мікроклімату у рамках цієї роботи. Система націлена тільки на контроль кліматичних показників приміщення, але має потенціал на розширення та під'єднання більшої кількості розумних приладів у майбутньому. Сучасний споживач є дуже вибагливим до оновлень будь-якого програмного продукту, постійне розширення функціоналу очікується більшістю користувачів.

### **1.3 Визначення вхідних даних для вирішення поставленої задачі**

Отже, після аналізу існуючих рішень поставленої задачі, було виявлено, що найкращого результату можна досягти шляхом об'єднання особливостей роботи класичних систем клімат-контролю у приміщення та систем Розумного Будинку.

Від систем клімат-контролю потрібно взяти широкий функціонал налаштування системи, велику кількість налаштовуваних параметрів.

Від систем Розумного Будинку необхідно взяти гнучкість - можливість роботи системи з будь-яким набором під'єднаних приладів, навіть якщо до системи додані тільки датчики. Крім цього, збір, зберігання та безпечний доступ користувача до усіх даних, зібраних компонентами системи, є необхідною вимогою до спроектованої системи. Звичайно ж, віддалений доступ до зібраних даних та налаштування параметрів з будь-якого персонального приладу користувача з зв'язком до інтернету - обов'язкова частина сучасної системи. І нарешті, гнучкість до об'єднання приладів усіх виробників кліматичної техніки - за умови використання моделлю приладу запропонованої системи комунікації з контролером системи (потенційно, бібліотека API буде надана кожному зацікавленому у інтеграції виробнику техніки).

Оскільки система контролю клімату є інформаційно-аналітичною, вона передбачає збір та зберігання (у хмарному середовищі у нашому випадку) великої кількості даних користувачів системи.

З одного боку, дані користувача є доступні для нього у будь-який момент часу та в будь-якому місці за допомогою додатку для перегляду та інфографіки. Наприклад, використання електроенергії за кожен день впродовж останнього року, або використання електроенергії кожного окремого приладу у часі. Таким чином, користувач може проаналізувати власні дані та зробити висновки щодо можливих шляхів оптимізації процесів в приміщенні. Наприклад, можливо має сенс спробувати знижувати інтенсивність опалення вночі, або коли нікого немає вдома, або у конкретній кімнаті, тощо.

З іншого боку, це створює потужний інструмент розвитку продукту для виробника системи. А саме, маючи усі дані щодо використання системи споживачами, можна їх проаналізувати на виявити патерни та цінні дані. Наприклад, якщо комплексний аналіз даних користувачів виявив, що більшість з них активно користуються функцією створення кімнат всередині дачі (для налаштування різних бажаних параметрів мікроклімату у різних кімнатах), розробники оновлень системи мають приділити більше уваги саме цієї функції, менш популярні функції не займають час розробників.

Крім цього, система має надавати користувачам можливість давати відгуки та пропозиції прямо через додаток, щоб уся сукупність цих відгуків могла бути проаналізованою алгоритмом для виявлення ключових слів та встановлення наступних пріоритетів розвитку компанії-виробника системи. Наприклад, якщо багато користувачів системи надали пропозицію щодо можливості під'єднання до системи клімат-контролю приладу якогось конкретного виробника (скажімо, популярного виробника фільтрів для повітря), це є причиною для представника компанії-виробника системи звернутися до цього виробника фільтрів для повітря з пропозицією інтеграції, аргументуючи це тим, що обидві компанії матимуть прибуток після інтеграції: користувачі будуть задоволені системою, тож будуть більш активно купувати ці фільтри для

повітря, також більше нових потенційних покупців системи зацікавляться у її придбанні.

Отже, інформація, зібрана під час користування системою споживачами, може бути використана з користю як власне споживачем, так і компанією-виробником системи, тож правильний збір та зберігання цих даних є критичною вимогою до системи.

#### **1.4 Висновки**

Отже, після аналізу існуючих рішень поставленої задачі, було виявлено що всі доступні на ринку продукти мають ряд недоліків.

Існуючі системи розумного будинку мають дуже обмежений функціонал саме контролю мікроклімату приміщення, в більшості випадків можливості таких систем лімітовані до віддаленого керування підключеними приладами кліматичної техніки. Відсутній функціонал налаштування бажаних параметрів середовища для автоматичного їх підтримання системою, відсутній функціонал збереження та відображення історичних даних у форматі інформаційних звітів для перегляду та аналізу користувачем (у тому числі даних щодо використаних ресурсів).

У той самий час, системи контролю мікроклімату, що не передбачають інтеграцію в Розумний будинок, мають ряд власних недоліків: у більшості відсутній функціонал віддаленого керування та налаштування системи (бо непередбачене під'єднання до мережі інтернету), вибір кліматичної техніки лімітований одним виробником (тим, що власне пропонує цю систему контролю мікроклімату), встановлення такої системи має бути передбачене на етапі проектування будинку, пізніше встановленні навіть обмеженої частини такої системи не передбачене. Отже, на відміну від систем розумного будинку, відокремлені системи контролю мікроклімату хоча і мають широкий функціонал і налаштування, але в той самий час вони є дуже негнучкими у плані вибору окремих елементів та управління, що не задовольняє сучасним вимогам користувачів.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ІОТ-РІШЕННЯ

### 2.1 Сценарії використання системи

Щоб розробити проект IoT-рішення, що задовольняє поставленим задачам, спершу необхідно ідентифікувати усіх людей (їх ролі), що будуть взаємодіяти з системою та скласти діаграму використання системи, де зазначено усі можливі взаємодії людини з системою. Спираючись на дані діаграми, можливо визначити конкретні алгоритми взаємодії по кожному з сценаріїв, можливі стани системи, архітектуру системи та модель даних системи (рис 2.1).

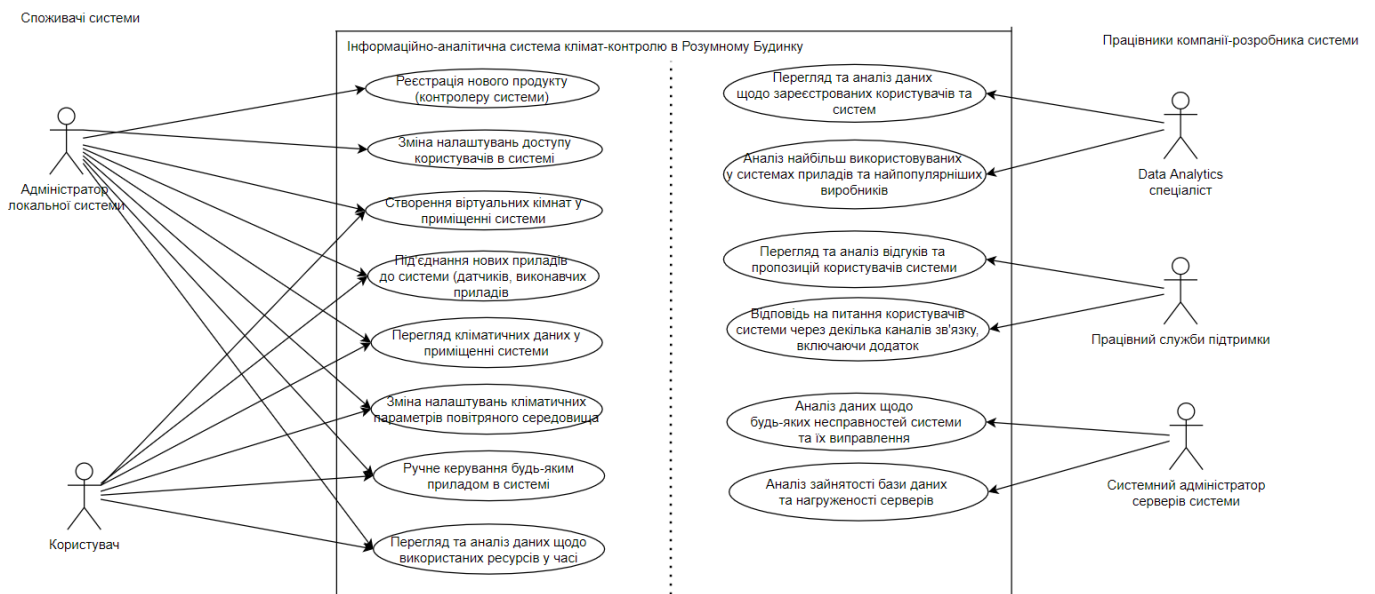


Рисунок 2.1. Діаграма використання системи

Отже, було визначено дві категорії користувачів: кінцеві споживачі системи та відповідальні працівники компанії-виробника системи. Користувачі цих двох категорій мають принципові різні цілі взаємодії з системою та набір сценаріїв використання системи.

До кінцевих споживачів системи відносимо людей, що придбали та встановили систему Розумного Будинку в приміщенні (може бути приватний

будинок, офіс, навіть цех виробництва, немає значення). Адміністратор системи - за замовчуванням це користувач, що займається встановленням системи в приміщенні та реєструє її у хмарному сервісі через мобільний додаток. Інші користувачі додаються до системи після її встановлення, щоб вони теж могли підключати свої прилади, змінювати налаштування системи та переглядати історичні дані. Саме адміністратор відповідальний за налаштування рівня доступу усіх інших користувачів системи. Але будь-який з користувачів може бути назначений адміністратором пізніше.

Більшість з сценаріїв використання є спільними для адміністратора і користувача, але є декілька таких, що є доступними тільки для адміністратора системи:

1. Адміністратор реєструє новий продукт (систему) у хмарному сервісі за допомогою мобільного додатку.

2. Адміністратор змінює налаштування доступу до функцій системи різних користувачів. Адміністратор також може вислати запрошення для нових користувачів на електронну адресу, щоб спростити для них процес реєстрації у системі.

Усі інші функції системи на клієнтській стороні є спільними для адміністратора та звичайного користувача:

1. Користувачі можуть створювати нові віртуальні кімнати всередині системи (а також змінювати параметри існуючих кімнат). Адміністратор може видаляти існуючі кімнати та налаштовувати хто з користувачів має право змінювати налаштування існуючих кімнат).

2. Користувачі можуть приєднувати нові прилади до системи Розумного дому (за умови сумісності конкретного приладу з системою). Адміністратор може видаляти під'єднані прилади з системи.

3. Користувачі можуть змінювати будь-які налаштування кліматичних параметрів повітряного середовища в кімнатах: бажані температура, вологість (в залежності від години дня, дня тижня та конкретної дати), а також

налаштування команд до виконавчих приладів на основі подій (наприклад, коли загазованість повітря перевищує деякий встановлений рівень, витяжка вмикається на встановлений режим роботи).

4. Користувачі можуть переглядати будь-які історичні дані системи: зміна кліматичних показників повітряного середовища кімнат у часі, команди до виконуючих приладів, використання ресурсів системою у часі, час та користувач, що виконує будь-які дії в системі.

5. Користувачі можуть керувати будь-якими з підключених приладів вручну за умови підтримки приладом ручного керування (наприклад, кондиціонер має бути керованим, але датчик температури чи вологості - ні).

Тепер щодо ролей з сторони компанії-виробника системи.

Спеціаліст з Data Analytics є відповідальний за своєчасне реагування компанії на зміни у даних систем користувачів. Аналітик має можливість перегляду та аналізу даних зареєстрованих користувачів та систем з метою знайдення прихованих патернів даних, щоб пропонувати керівництву ідеї для покращення роботи системи та збільшення продаж продукту. Аналітик має доступ до всіх даних користувачів системи (за виключенням контактних даних користувачів та точного місцезнаходження кожної з систем).

Дані щодо країн, де системи встановлюються найчастіше, приладів, що найчастіше додаються до систем та їх виробників, функцій, що використовуються користувачами найчастіше, повинні дати багато корисних знань щодо потенційних шляхів розвитку продукту та збільшення прибутку компанії-виробника системи.

Працівник служби підтримки, що відповідальний за інформаційну підтримку користувачів системи, має можливість переглядати питання, відгуки та пропозиції щодо системи усіх користувачів, а також їх контактні дані (для того, щоб надіслати відповідь найбільш зручним для клієнта шляхом). Зазвичай питання до служби підтримки надходять на гарячу лінію або електронним листом, але користувачі також мають можливість зв'язатися з службою

підтримки прямо з додатку, а потім отримати повідомлення на телефон про відповідь.

Тож працівник служби підтримки має користуватися системою для отримання доступу до таких відгуків та питань. Після аналізу відгуків та пропозицій, працівник має зробити репорт для керівництва, що реагуються на відгуки споживачів. Наприклад, якщо велика кількість користувачів бажають підключити до системи прилади одного з популярних виробників кліматичної техніки, менеджери компанії-виробника системи можуть звернутися до представника виробника кліматичної техніки з пропозицією щодо інтеграції їх продуктів.

Системний адміністратор відповідальний за підтримання серверів системи у робочому стані та слідкування за навантаженням на них. Системний адміністратор слідкує за виникненням будь-яких несправностей системи та виправлення них у найкоротші строки. Також адміністратор моніторить кількість запитів, що надходять на сервери системи одночасно. Якщо якийсь з серверів є перевантаженим, адміністратор має можливість направити частину запитів до іншого, менш завантаженого серверу. Також адміністратор виконує роботи щодо розширення системи коли все більше і більше користувачів приєднуються до системи.

## **2.2 Опис алгоритмів роботи системи**

Тож, встановивши усіх користувачів систем та сценарії використання системи ними, можемо більше детально розглянути алгоритми деяких з процесів, що відбуваються при використанні системи.

Блок-схеми цих алгоритмів наведено у Додатку Б. Розглянемо деякі з цих процесів.

Процес реєстрації нового продукту (інстанс системи) в хмарному середовищі.

Після покупки контролеру системи Розумного Будинку, користувач має встановити мобільний додаток, що доступний для завантаження у Google Play, App Store та на сайті виробника продукту. Ця інформація, звичайно ж, зазначена у інструкції до контролеру.

Додаток перевіряє, чи є у смартфоні доступ до інтернету. Якщо ні, повідомлення про необхідність доступу до інтернету відображено. Доки зв'язок з інтернетом не з'явиться, додаток не дозволить продовжити реєстрацію системи.

Далі, за допомогою покрокових інструкцій у мобільному додатку, користувач під'єднує локальний контролер системи до додатку на смартфоні (контролер має бути під'єднаний до живлення та включений у режимі “пошуку смартфона з додатком”). Після під'єднання локального контролеру систему до телефону, він може самостійно передавати повідомлення по мережі локального Wifi (без участі смартфона).

Далі у додатку відкривається форма для заповнення користувачем (форма надсилається з серверу хмарного сервісу), тож користувач заповнює всі необхідні дані: ім'я та дата народження користувача, електронна адреса та номер телефону (для безпечної авторизації користувача у системі), а також індивідуальний номер продукту, що зазначений на корпусі самого контролеру (це необхідно для підтвердження покупки справжнього продукту, захист від підробок).

Після заповнення форми, додаток відправляє дані до хмарного сервісу, де проходить валідація номеру продукту. У разі відсутності помилок, повідомлення про успішну реєстрацію системи у хмарному середовищі з'являється в інтерфейсі додатку, а також лист відправлено на електронну адресу користувача. Він має перейти по посиланню у листі для підтвердження електронної адреси перш ніж почати роботу з додатком.

Процес реєстрації продукту завершений.

## Процес реєстрації нового користувача у встановленій системі Розумного Будинку.

Після успішної реєстрації системи, адміністратор має можливість надіслати запрошення до інших користувачів системи (наприклад, інших мешканців дому, в якому встановлена система). Запрошення надсилається адміністратором з додатку на електронні адреси нових користувачів.

Нові користувачі отримують листи з запрошенням, коли переходять за посиланням у листі, мобільний додаток відкривається. Якщо він ще не встановлений, користувач перенаправлений на Google Play або App Store для установки додатку.

Додаток перевіряє доступ до інтернету, бо він є необхідним для реєстрації. Після перевірки, інтерфейс додатку відображає форму для заповнювання користувачем (персональні дані). Вводити індивідуальний номер продукту не потрібно, оскільки додаток вже “знає” до якої системи хоче під’єднатися користувач, оскільки він перейшов за посилання від адміністратори системи (інформація про індивідуальний номер контролера вже є у цьому посиланні). Поле електронна адреса також вже має незмінюване значення - та адреса, на яку було надіслано запрошення.

Після заповнення форми, додаток надсилає дані на хмарний сервіс, де новий користувач зберігається, повідомлення про успішну реєстрацію відображається у додатку. Так само, користувач має підтвердити свою електронну адресу шляхом переходу по посиланню в листі, що надходить на його електронну адресу.

Крім цього, користувач має можливість зареєструватися у системі самостійно (без запрошення), виконуючи ті самі дії, що й для реєстрації нової системи у хмарному середовищі (необхідно заповнити індивідуальний номер продукту у формі в додатку). Але, оскільки продукт з таким номером вже зареєстрований у системі, замість створення нової системи у хмарному хранилищі даних, користувач приєднується до існуючої системи.

Але у випадку такої реєстрації, адміністратор має підтвердити реєстрацію нового користувача у системі через посилання в листі, що надіслано на його електронну адресу.

Після підтвердження нового користувача адміністратором, так само, новий користувач підтверджує свою електронну адресу і має доступ до налаштувань системи у додатку.

Зауваження, у додатку є багато посилань на різні інформаційно джерела щодо системи та її можливостей, з якими може ознайомитися користувач перед тим, як виконати будь-які інші налаштування системи. Деякі з таких посилань також додано до листів про успішну реєстрацію користувача, що надходять на його електронну адресу.

#### Процес додавання віртуальних кімнат до системи.

Усі користувачі мають дозвіл на “Управління віртуальними кімнатами” за замовчуванням, але адміністратор може видалити цей дозвіл для окремих користувачів.

Для додавання нової віртуальної кімнати, користувач (або адміністратор) відкриває мобільний додаток та розділ “Управління віртуальними кімнатами”. Якщо на даний момент немає з’єднання з інтернетом, інформаційне повідомлення відображається в інтерфейсі додатку - усі зміни збролені в офлайн режимі будуть збережені локально, і синхронізовані з хмарним сервісом коли з’явиться з’єднання з інтернетом. Це означає, що інші користувачі не зможуть побачити змін і системи на прийме ці зміни до виконання до моменту передачі цих змін до хмарного середовища.

В цьому розділі користувач бачить список усіх створених віртуальних кімнат. Користувач натискає “Додати”, заповнює дані про нову кімнату: тип кімнати (спальня, дитяча, кухня, санвузол, тощо), назва віртуальної кімнати, орієнтовна площа кімнати.

Якщо до системи ве підключено деякі прилади, користувач може обрати деякі (або усі) з них, щоб відзначити, що вони знаходяться у цій кімнаті. В

іншому випадку, нові прилади можуть бути додані до цієї кімнати у будь-який час, також це можливо переміщати прилади між кімнатами пізніше.

Після збереження введених даних, вони відправляються до хмарного сервісу (у випадку коли є підключення до інтернету), в іншому випадку зміни збережені тільки локально і повідомлення відображено в інтерфейсі додатку.

Після збереження змін у хмарному середовищі, вони відображаються у додатках усіх інших користувачів системи. Тепер вони можуть додавати нові прилади до нової кімнати, а також змінювати налаштування кліматичних параметрів для цієї кімнати.

#### Процес додавання нового приладу до системи.

Усі користувачі мають дозвіл на “Управління підключеними приладами” за замовчуванням, але адміністратор може видалити цей дозвіл для окремих користувачів.

Для додавання нової віртуальної кімнати, користувач (або адміністратор) відкриває мобільний додаток та розділ “Управління підключеними приладами”. Так само, як і для додавання нових віртуальних кімнат, цей процес потребує з’єднання з інтернетом для повноцінного збереження нового приладу у хмарному середовищі.

В цьому розділі користувач бачить список всіх доданих до системи приладів. Користувач натискає “Додати”, і вибирає одну з віртуальних кімнат у системі, щоб додати новий прилад до неї (якщо функція кімнат ввімкнена у системі). Потім йому необхідно виконати кроки у інструкції нового приладу для встановлення з’єднання з контролером системи. У більшості випадків такі кроки включатимуть нажимання кнопки на корпусі або пульті приладу, що переведе прилад у стан “пошуку локального контролеру”.

Якщо будь-яка помилка сталася у локальному контролері системи Розумного Будинку, повідомлення з деталями помилки зображується в інтерфейсі додатку. Також, дані про помилку збережені у хмарному середовищі для аналізу та виправлення Системним Адміністратором. Також у додатку

відображені інструкції для користувача для спроби виправити помилку самостійно, і також контакт підтримки, за якими користувач може звернутися та отримати допомогу.

Якщо ж з'єднання відбулося успішно, дані нового приладу збережені у локальному контролері та у хмарному середовищі. Повідомлення про успішне під'єднання нового приладу відображається у інтерфейсі додатку, а також лист надсилається до адміністратора у вигляді повідомлення від додатку у смартфоні, інформуючи його про додавання нового приладу до системи.

Усі дані щодо цього приладу заповнюються автоматично (вони передаються самим приладом до локального контролеру під час з'єднання). Після збереження змін у хмарному середовищі, вони відображаються у додатках усіх інших користувачів системи. Тепер вони можуть змінювати нові налаштування мікроклімату кімнати.

#### Процес зміни налаштувань кліматичних параметрів у кімнатах

Для зміни налаштувань параметрів мікроклімату приміщення, користувач (або адміністратор) відкриває додаток і переходить до меню “Налаштування параметрів мікроклімату”.

Якщо відсутній зв'язок з інтернетом, користувач не має можливості зберегти будь-які зміни до параметрів. За виключенням ситуації, коли користувач знаходиться у зоні дії свого домашнього Wifi, в такому випадку, він має доступ до обмеженої кількості функцій, таких як, наприклад, ручне керування приладами, що підключені до системи.

У інтерфейсі цього розділу, користувач може обрати одну з кімнат, параметри мікроклімату якої він бажає змінити. Якщо в системі не використовується функція віртуальних кімнат, сторінка налаштувань параметрів відображена одразу.

Адміністратор може обмежити можливість користувачеві змінювати параметри мікроклімату у певних кімнатах. Наприклад, адміністратор може дозволити підлітку змінювати параметри мікроклімату тільки у своїй кімнаті.

Коли користувач обирає кімнату для зміни параметрів, система перевіряє рівень доступу цього користувача. Якщо він не має дозволу на налаштування обраної кімнати - інформаційне повідомлення відображено в інтерфейсі.

Якщо ж користувачу дозволено налаштовувати параметри цієї кімнати, сторінка з налаштуванням відображена у додатку. Усі налаштування сформовані динамічно в залежності від підключених до цієї кімнати приладів. Наприклад, можливість керувати температурою у кімнаті доступна тільки в тих кімнатах, де встановлений кондиціонер чи радіатор чи обігрівач (чи інша техніка, що впливає на температуру приміщення). Те ж саме стосується інших параметрів мікроклімату - вони усі формуються виходячи з списку доступної кліматичної техніки. Так само, доступні значення для параметрів також формуються в залежності від можливостей встановлених у кімнаті приладів. Мікросервіс формування налаштувань відповідальний за те, що відображається в цьому розділі додатку.

Тут користувач змінює один або більше параметрів мікроклімату. Також доступна функція налаштування окремих наборів параметрів в залежності від години дня, дня тижня, або конкретної дати. Таким чином, можливо задати більше прохолодну температуру на нічні години (щоб економити ресурси на опаленні), або виключити всі прилади назавсім коли всі жителі будуть у відпустці у конкретні дати, та багато інших динамічних налаштувань, що мають забезпечити потреби найвибагливішого з користувачів.

Крім зазначених раніше функцій, для користувача є можливість створити налаштування на основі подій. Наприклад, можна налаштувати кондиціонер на роботу коли хтось входить в приміщення. Або налаштувати витяжку працювати коли загазованість повітря сягає визначеної величини. Кількість можливих “подій” та “реакцій” обмежена тільки різними приладами, що додані до системи. Чим більше різних приладів у системі - тим більше можливість налаштування системи.

Отже, користувач змінює деякі параметри мікроклімату в кімнаті та зберігає. Якщо є з'єднання з інтернетом, зміни збережені у хмарному

середовищі, але спершу сукупність усіх налаштувань перевірена мікросервісом, що перевіряє, чи сумісні всі налаштування кімнати між собою та з функціями підключених приладів.

Після успішного збереження даних у хмарному середовищі, повідомлення відображено в інтерфейсі додатку та нові налаштування прийняті у обробку підсистемою прийняття рішень, що створює керуючі команди для усіх приладів системи.

### Процес ручного управління приладами системи

Користувач відкриває мобільний додаток та розділ Управління підключеними приладами. Керування у ручному режимі доступне або для користувачів з інтернет з'єднанням, або для користувачів, що знаходяться у зоні дії їх домашнього Wifi.

Дозвіл на ручне керування приладами перевіряється на цьому кроці. Цей дозвіл мають усі користувачі за замовчуванням, але він може бути видалений для індивідуальних користувачів адміністратором.

Якщо в системі використовується функція віртуальних кімнат, список усіх кімнат відображається у додатку. Тут користувач має обрати кімнату, в якій знаходиться прилад, яким він бажає керувати у ручному режимі. Дозвіл на конкретну віртуальну кімнату перевіряється на цьому кроці. Після обрання конкретної кімнати, список усіх підключених у цій кімнаті приладів відображено у додатку. Якщо функція віртуальних кімнат не використовується у системі, список всіх підключених приладів відображено у додатку.

Тепер користувач обирає прилад, і, якщо цей прилад передбачає ручне керування, список доступних режимів та додаткових опцій відображено у додатку. Інформацію щодо можливості ручного керування та доступних режимів повідомляє сам прилад (коли приєднується до системи), тож тепер система має тільки зчитати ці дані та відобразити інформацію відповідним чином. Якщо ж прилад не передбачає керування (як наприклад датчик

температури і вологості, або розумна розетка, інші некеровані прилади), відповідне повідомлення відображено для користувача.

Після зміни параметрів, користувач зберігає сторінку, дані відправлені до локального контролеру, який створює та посилає відповідні команди керування для виконавчих приладів. Дані щодо команд керування також передано до хмарного сервісу для збереження у хранилищі даних (якщо відсутнє інтернет-з'єднання, ці дані будуть передані до хмарного сервісу наступним разом коли воно з'явиться).

Команда керування оброблена виконавчим приладом та прийнята до виконання, режим роботи змінюється або додаткові функції вмикаються чи вимикаються в залежності від збережених налаштувань. Повідомлення про успішну команду до керованого приладу відображено в інтерфейсі додатку.

#### Процес перегляду історичних даних системи

Користувачі, що мають дозвіл на перегляд історичних даних, та мають підключення до інтернету, можуть відкрити мобільний додаток та перейти до відділу “Перегляд історичних даних”. Інтернет-з'єднання є обов'язковою вимогою для користування цією функцією, оскільки усі ці дані збережені у хмарному хранилищі даних. Дозвіл є у всіх користувачів за замовчуванням, але може бути видалений адміністратором.

Тут користувач може вибрати один з доступних репортів, проміжок часу, віртуальну кімнату або підключення прилад для створення і відображення відповідної вибірки даних. Користувач має можливість переглядати усі кліматичні параметри будь-якої з кімнат у будь-який момент часу (як і динаміку їх зміни): впродовж дня, тижня, місяця, року, інше. Користувач може переглянути усі команди керування, що були відправлені до будь-якого з підключених приладів (як автоматичні команди - і налаштування що стало причиною команди, та і ручні команди - і користувача що ініціював команду), знову ж таки впродовж будь-якого вибраного періоду часу. І, напевно, найцікавіше - користувач може переглядати кількість використаних приладами

системи ресурсів (для кімнати або окремого приладу) у часі. Аналізуючи ці дані, користувач має можливість налаштувати систему для функціонування у найбільш економному режимі без значних втрат у комфорті.

Процес автономного функціонування системи (без втручання користувачів).

Навіть коли користувачі не здійснюють будь-яких дій у додатку, система продовжує функціонувати у автономному режимі (саме у цьому є перевага систем клімат-контролю - вони підтримують кліматичні параметри приміщення без постійного контролю та втручання користувача). Алгоритм цього процесу наступний:

Цей цикл продовжується поки контролер системи є підключеним до живлення та система має хоча б один підключений прилад.

Локальний контролер системи (хаб) “слухає” будь-які повідомлення від підключених приладів по мережі Wifi.

Коли повідомлення від приладу надходять до контролеру, він збирає та зберігає усі повідомлення, і чекає певний проміжок часу між запитами до хмарного сервісу (це необхідно щоб обмежити кількість запитів на сервер, за замовчуванням цей період “очікування” становить 5 секунд, але може бути змінений системним адміністратором серверів).

Коли період між запитами пройшов, локальний контролер відправляє новий запит до хмарного сервісу системи, передаючи усі повідомлення, що надійшли до локального контролеру у останній проміжок часу “очікування”.

Усі отримані дані зберігаються у хмарному сховищі даних. Запит передано до мікросервісу прийняття рішень, який аналізує усі налаштування системи та поточні параметри мікроклімату (та інші відомі дані про середовище та час), та приймає рішення щодо керування підключеними до системи виконавчими приладами. Дані щодо керування підключеними приладами збережені у хмарному сховищі даних.

Команда керування передається по мережі інтернет до локального контролеру системи, що надсилає індивідуальні команди керування до кожного окремого підключеного приладу для зміну режиму роботи.

Підключені прилади отримують команду керування та змінюють відповідно режим роботи.

### 2.3 Об'єкти (таблиці бази даних) системи

Тепер, коли сформовано уявлення про сутності та процеси, що відбуватимуться в системі, та можливо описати структуру даних, якими оперує система. Діаграма об'єктів наведена у Додатку В. Подивимося на деякі з об'єктів детальніше.

Об'єкт Системи Клімат-контролю представляє собою індивідуальну фізичну одиницю системи, що встановлена в певному приміщенні (рис 2.2). Таблиця продуктів у хмарному хранилищі даних зберігає усі системи, що були продані споживачам, встановлені в приміщенні та зареєстровані у хмарному сервісі (без цього кроку робота системи клімат-контролю неможлива).

| Продукт Системи Клімат-контролю |  |
|---------------------------------|--|
| PK                              | Ідентифікуючий код продукту            |
|                                 | Країна продажу                         |
|                                 | Версія прошивки контролера             |
|                                 | Кількість під'єднаних приладів         |
|                                 | Кількість під'єднаних користувачів     |
|                                 | Кількість виділених кімнат             |
|                                 | Дані доступу до локального Wifi        |
|                                 | Інша додаткова інформація щодо системи |

Рисунок 2.2. Об'єкт Системи Клімат-контролю

Новий запис додається до Таблиці продуктів кожен раз коли споживач реєструє свою нову систему у власному мобільному додатку. Наступна інформація зберігається про встановлену локальну систему: Ідентифікуючий

код продукту (написаний на корпусі локального контролеру, вводиться користувачем у формі реєстрації системи), версія прошивки контролеру (інформація передається з мобільного додатку користувача, що вже з'єднався з локальним контролером), кількість під'єднаних приладів, кількість під'єднаних користувачів, кількість виділених кімнат (ці три параметри оновлюються автоматично коли будь-які зміни робляться до списку приладів, користувачів або кімнат відповідно), дані доступу до локального Wifi (зашифровані), та інша додаткова інформація щодо локальної встановленої системи Розумного Будинку.

Об'єкт Користувач системи представляє собою людину, що встановила мобільний додаток для керування системою Розумного Будинку на свій смартфон та зареєструвалася у системі одним з описаних у попередньому розділі шляхом (рис 2.3).

| Користувач системи |  |
|--------------------|--|
| PK                 | Ідентифікуючий ключ користувача  |
| FK1                | Ідентифікуючий код продукту<br>Електронна адреса користувача<br>Дата народження користувача<br>Мобільний телефон користувача<br>Пароль доступу користувача (зашифровано)<br>Google and Facebook аккаунт користувача<br>Інша додаткова інформація про користувача |

Рисунок 2.3. Об'єкт Користувач системи

Запис Користувача системи створений для Адміністратора системи коли він вперше реєструє свій локальний продукт у хмарному сервісі. Пізніше, коли адміністратор надсилає запрошення до інших користувачів запис Користувача системи створюється для кожної людини, що має доступ до своєї локальної системи.

Запис Користувача системи зберігає наступну інформацію: ідентифікуючий ключ користувача (унікальний поміж усіх записів користувачів), Ідентифікуючий код продукту (код локального контролеру, до якого має доступ даний користувач), ім'я, дата народження, мобільний телефон та електронна адреса користувача, пароль доступу до системи (зашифровано), посилання на інші акаунти користувача (як Google або Facebook), а також усі дозволи користувача на функції в межах системи і інша додаткова інформація про користувача.

Об'єкт Віртуальна кімната у системі представляє собою деякий контейнер, що об'єднує у собі підключені прилади та налаштування для однієї реальної фізичної кімнати у приміщенні (рис 2.4). Користувачів мають можливість створити віртуальну кімнату для усіх кімнат приміщення, в яких знаходяться будь-які кліматичні прилади, для того щоб мати окремий набір налаштувань саме для цієї кімнати.

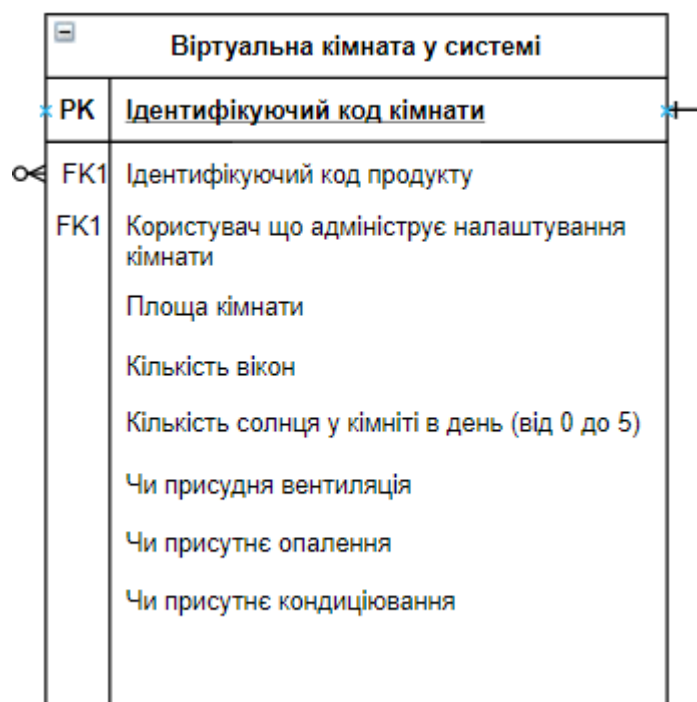


Рисунок 2.4. Об'єкт Віртуальна кімната у системі

Запис Віртуальної кімнати зберігає наступну інформацію: Ідентифікуючий код кімнати (унікальний поміж усіх кімнат не тільки цієї

локально системи, але усіх систем, що зареєстровані у хмарному сервісі - цей код створюється і використовується виключно мікросервісами хмарного сервісу), ідентифікуючий код продукту (код локального контролеру системи, у якій створена ця віртуальна кімната), Ідентифікуючий код користувача, що створив цю кімнату, площа кімнати, кількість вікон, кількість сонця у кімнаті в день (значення від 0 до 5) - усі ці поля заповнюються користувачем при створенні віртуальної кімнати у додатку, і можуть бути пізніше змінені; чи присутня вентиляція, чи присутнє опалення, чи присутнє кондиціонування - усі ці поля заповнюються мікросервісом автоматично спираючись на інформацію про підключені прилади, ці дані можуть бути використані мікросервісом прийняття рішень пізніше.

Об'єкт Прилад Розумного Будинку представляє собою будь-який прилад, що є сумісним з системою Розумного Будинку, і був приєднаним користувачем до певної кімнати всередині системи (рис. 2.5).

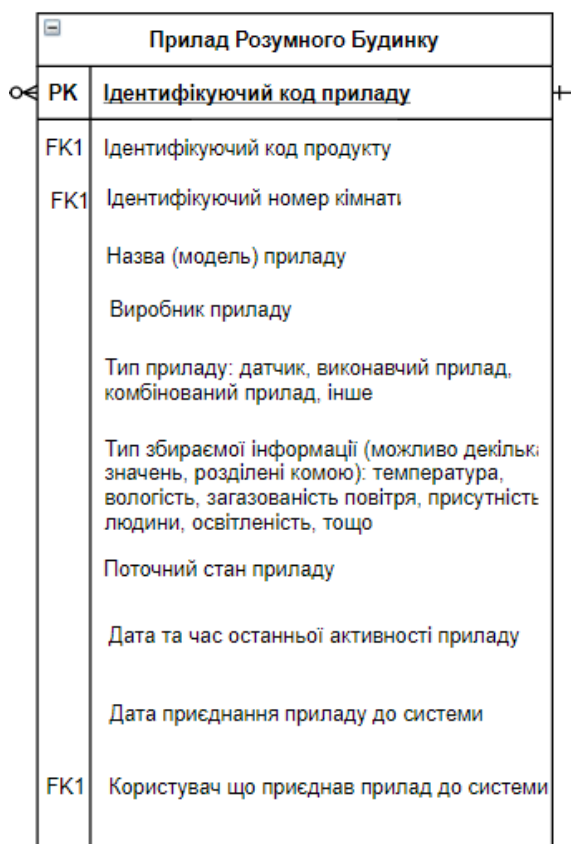


Рисунок 2.5. Об'єкт Прилад Розумного Будинку

Приладом Розумного Будинку може бути будь-який з підтримуваних приладів: усі види датчиків, кондиціонери, прилади опалення, вентиляційні системи, зволожувачі повітря, розумні розетки або розумні жалюзі.

Запис Приладу Розумного Будинку зберігає наступну інформацію: Ідентифікуючий ключ приладу (унікальний ключ цього приладу у всій таблиці приладів), Ідентифікуючий код продукту (код локального контролера системи, до якої приєднано прилад), Ідентифікуючий номер кімнати (код кімнати всередині системи Розумного Будинку, до якого відноситься цей прилад), Ідентифікуючий код користувача (що приєднав прилад до системи), Назва (модель) приладу, Виробник приладу, Тип Приладу (датчик, виконавчий прилад, комбінований прилад, інше), Тип інформації (можливо декілька значень - температура, вологість, загазованість повітря, освітленість, присутність людини, тощо), Поточний стан приладу (режим роботи приладу на даний момент), дата та час останньої активності, Дата приєднання приладу до системи.

Уся інформація про прилад надається самим приладом під час приєднання до системи (крім ідентифікуючих ключів та системної інформації), оскільки це вимагає API для комунікації приладу і системи.

Об'єкт Функції приладу Розумного Будинку зберігає інформацію про усі можливості, які надає прилад до системи: які дані збирає, які режими має, які додаткові функції існують, опис кожної з функцій (рис 2.6). Цей допоміжний об'єкт працює разом з об'єктом Прилад Розумного Будинку у тандемі, щоб забезпечити найбільш гнучку структуру даних для збереження будь-яких приєднаних до системи приладів.

| Функції приладу Розумного Будинку |  |
|-----------------------------------|--|
| PK                                | Ідентифікуючий код приладу                                   |
| FK1                               | Ідентифікуючий код приладу                                   |
|                                   | Назва функції  |
|                                   | Опис функції   |
|                                   | Базова чи додаткова?   |
|                                   | Датчик чи ні?  |
|                                   | Тип збираємої інформації                                     |
|                                   | Одиниці вимірювання даних (можливі кастомні значення)        |
|                                   | Мінімальне улавлюване значення                               |
|                                   | Максимальне улавлюване значення                              |
|                                   | Кліматичний параметр, на який впливає                        |
|                                   | Режими роботи з коефіцієнтами впливу на кліматичний параметр |

Рисунок 2.6. Об'єкт Функція приладу Розумного Будинку

Записи Функцій приладу Розумного Будинку створюються коли створюється власне запис Приладу Розумного Будинку (коли прилад приєднується до системи та передає усі описові дані щодо своєї роботи до системи).

Запис Функція приладу Розумного Будинку зберігає наступну інформацію: Ідентифікуючий код Функції приладу (унікальний код запису в таблиці Функцій приладу), Ідентифікуючий код приладу (до якого належить ця функція), Назва функції, Опис Функції (вільний формат, використовується для відображення у додатку для користувача), Тип функції (збирання інформації або вплив на кліматичні параметри, тощо), Тип інформації (температура, вологість, освітленість, тощо), Одиниці вимірювання даних, Мінімальне значення, Максимальне значення (для датчиків - це значення які може “уловити” датчик, для виконавчих функцій - це критичні значення кліматичного параметру, при яких прилад може виконувати цю функцію), Кліматичний параметр (на який

впливає функція), Режими роботи з коефіцієнтами впливу на кліматичний параметр.

Отже, один прилад може мати більше однієї функції, асоційованої з ним. Наприклад, певний кондиціонер може

- вимірювати температуру біля приладу;
- охолоджувати повітря;
- нагрівати повітря;
- працювати як приточна вентиляція;
- фільтрувати повітря в приміщення.

Саме для цього необхідний цей об'єкт, щоб зберегти усі можливості конкретного приєднаного до системи приладу.

Об'єкт Кліматичні дані системи використовується для збереження значення конкретного кліматичного показника в конкретний час (рис 2.7). Записи Кліматичних даних системи створюються хмарним мікросервісом автоматично.

| Кліматичні дані системи |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| PK                      | Ідентифікуючий код запису          |
| FK1                     | Ідентифікуючий код продукту        |
| FK1                     | Ідентифікуючий код кімнати         |
| FK1                     | Ідентифікуючий код приладу         |
| FK1                     | Ідентифікуючий код функції приладу |
|                         | Тип кліматичного параметру         |
|                         | Значення кліматичного параметру    |
|                         | Одиниці вимірювання                |
|                         | Дата та час вимірювання            |

Рисунок 2.7. Об'єкт Кліматичні дані системи

Кожен раз, коли датчик, що приєднаний до системи Розумного Будинку, надсилає до локального контролера системи певне вимірювання кліматичного показника повітряного середовища (наприклад, вологість повітря), локальний

контролер відправляє це значення до хмарного сервісу, де воно зберігається як запис Кліматичних дани системи. Якщо в системі одночасно діють декілька датчиків і вимірюються декілька параметрів мікроклімату одночасно, запис створюється для кожного з таким параметрів.

Тож, запис Кліматичних даних системи зберігає: Ідентифікуючий код запису (унікальний код в таблиці Кліматичних даних системи), Ідентифікуючий код продукту (локальної системи, до якої належить датчик), Ідентифікуючий код кімнати (до якої належить датчик, що виміряв це значення), Ідентифікуючий код приладу (цього конкретного датчика), Ідентифікуючий код функції приладу (відомо, що прилад може мати декілька функцій, тож важливо відносити цей вимір до функції, яка відповідає за вимір цього параметру мікроклімату), Тип кліматичного параметру (температура, вологість, загазованість повітря, тощо), Значення кліматичного параметру (абсолютно значення), Одиниці вимірювання, Дата та час Вимірювання.

Ці дані використовуються мікросервісом прийняття рішень для створення керуючих команд до виконавчих приладів, приєднаних до системи Розумного Будинку.

Також, репорт на записах Кліматичних даних може бути переглянутим будь-яким користувачем системи.

Запис Виконуючої команди системи створюється в хмарному хранилищі даних у двох випадках: коли мікросервіс прийняття рішень створює команду для виконавчого приладу (наприклад, включити зволожувач повітря у 2 й режим роботи) або коли користувач керує приєднаним до системи приладом вручну (змінюючи режим роботи приладу у додатку) (рис 2.8).

| Виконуюча команда системи |   |
|---------------------------|---|
| PK                        | <u>Ідентифікуючий код команди</u>                       |
| FK1                       | Ідентифікуючий код продукту                             |
| FK1                       | Ідентифікуючий код кімнати                              |
| FK1                       | Ідентифікуючий код приладу                              |
| FK1                       | Ідентифікуючий код функції приладу                      |
|                           | Кліматичний параметр на який впливає                    |
|                           | Встановлювальний режим функції                          |
|                           | Чи ручне керування приладом?                            |
|                           | Час створення команди                                   |
|                           | Користувач що ініціював команду (якщо ручне управління) |

Рисунок 2.8. Виконуюча команда системи

Запис Виконуючої команди системи зберігає наступну інформацію: Ідентифікуючий код команди (унікальний код в таблиці команд), Ідентифікуючий код продукту (локального контролера, який включає керований виконавчий пристрій), Ідентифікуючий код кімнати (в якій знаходиться керований пристрій), Ідентифікуючий код приладу (яким керує система), Ідентифікуючий код функції приладу (яка використовується зараз під час керування приладом), Ідентифікуючий код користувача (що ініціював цю команду - необхідний у разі ручного управління приладом), Кліматичний параметр (на який впливає керований пристрій), Встановлений режим функції, Чи це є ручним керування прилад, Час створення команди.

Дані щодо керування виконавчими приладами в системі можуть бути переглянути користувачем з ціллю аналізу та оптимізації налаштувань.

Об'єкт Налаштування системи клімат-контролю використовується мікросервісом налаштувань для зберігання усіх даних щодо користувацьких налаштувань системи (рис 2.9). Деякі записи Налаштувань системи створюються автоматично при приєднання певного приладу до системи (як

налаштування за замовчуванням), а деякі додаткові записи створюються та змінюються в результаті взаємодії користувача і додатка управління системою Розумного Будинку.

| Налаштування системи клімат-контролю |  |
|--------------------------------------|--|
| РК                                   | Ідентифікуючий код налаштування  |
| FK1                                  | Ідентифікуючий код продукту  |
| X FK1                                | Ідентифікуючий код кімнати   |
|                                      | Ідентифікуючий код приладу (якщо це налаштування додаткової функції)   |
|                                      | Налаштовуваний параметр мікроклімату   |
|                                      | Бажаний показний кліматичного параметру  |
|                                      | Одиниці вимірювання  |
|                                      | Час створення налаштування   |
|                                      | Користувач що створив налаштування   |
|                                      | Пріоритет налаштування   |
|                                      | Дата та час активності налаштування (можуть бути абсолютні значення, дні тижня, години доби або будь-яка комбінація) |
|                                      | Чи активне налаштування? (деактивується користувачем через видалення або системою коли час активності пройшов)       |
|                                      | Вхідна умова для налаштування (для налаштувань оснований на подіях)  |

Рисунок 2.9. Об'єкт Налаштування системи клімат-контролю

Запис Налаштування системи клімат-контролю зберігає наступні дані: Ідентифікуючий код налаштування (унікальний код цього запису в таблиці Налаштувань), Ідентифікуючий код продукту (локального контролера системи, що налаштовується), Ідентифікуючий код кімнати (кліматичні параметри якої налаштовуються у цьому записі), Ідентифікуючий код приладу (якщо налаштування стосується додаткової функції конкретного приладу), Ідентифікаційний код користувача (що створив налаштування), Налаштовуваний параметр мікроклімату, Бажаний показник кліматичного параметру, Одиниці вимірювання, Час створення налаштування, Пріоритет

налаштування, Дата та час активності налаштування (можуть бути конкретні дати початку та завершення, можуть бути дні тижня або години дня, або комбінація будь-яких параметрів), Чи активне налаштування (деактивується користувачем через видалення налаштування у додатку, або системою коли час активності налаштування пройшов), Вихідна умова для налаштування (для налаштувань оснований на подіях-реакціях).

Отже, ми розібрали структуру даних, що буде збережена у хмарному середовищі системи Розумного Будинку. Деякі з цих записів (як користувачі, кімнати, прилади, функція та налаштування) будуть також збережені у локальному сховищі контролера для функціонування системи в офлайн режимі.

## **2.4 Висновки**

У цьому розділі було визначено ролі користувачів системи та типи їх взаємодії з системою, побудовано UML-діаграми використання, послідовності та стану, що показують взаємозв'язки, порядок дій та стани системи, побудовано та описано блок-схеми алгоритмів взаємодії користувачів з мобільним додатком, а також процесу автономної роботи системи, спроектовано модель бази даних додатку.

Користувач встановлює номінальні значення в IoT системі. Хаб зчитує значення з датчиків та відправляє їх на програмне забезпечення (ПЗ). ПЗ в свою чергу зчитує номінальні значення від користувача, отримує значення з датчиків від хабу, порівнює їх між собою та подає сигнал на хаб для активації процесу. Хаб обробляє сигнал від ПЗ та активує обладнання для нормалізації стану середовища (обігрів, охолодження, зволоження, осушування, вентиляція та освітлення).

Розроблено структурну схему бази даних додатку. Обґрунтовано функціональне призначення та логіку користування для кожного компонента бази даних.

## РОЗДІЛ 3. СТВОРЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ІОТ-РІШЕННЯ

### 3.1 Архітектура проекту IoT-рішення

Проаналізувавши доступні на ринку продукти, що частково вирішують поставлену задачу, була обрана найкраща архітектура системи, що задовольняє вимогам до системи - а саме до безпеки передачі та зберігання даних, гнучкості підключення елементів системи та управління користувачем.

На рис 3.1 наведено схему архітектури спроектованої системи, розглянемо її у подробицях.

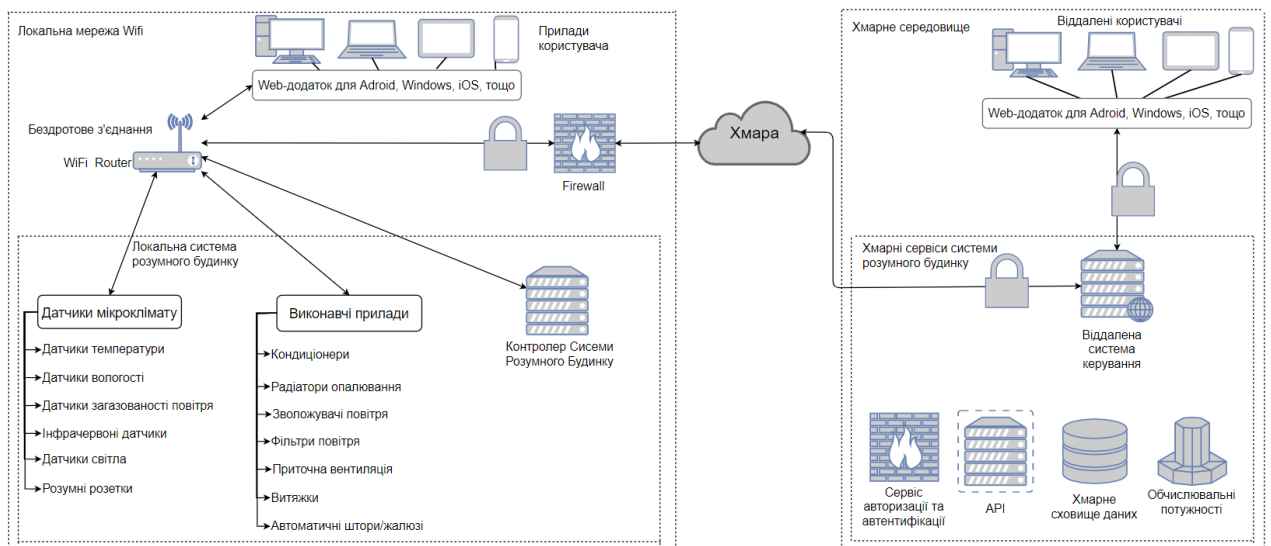


Рисунок 3.1. Архітектура системи контролю мікроклімату

Бачимо, що систему контролю мікроклімату можна умовно розділити на дві складові: локальну та хмарну.

#### 3.1.1 Локальна складова системи

Локальна складова системи зосереджена у приміщенні (або приміщеннях), мікроклімат яких власне контролюється. У цій частині здійснюються наступні функції:

- збір даних щодо повітряного середовища приміщення;
- вплив на параметри мікроклімату приміщення;

- керування виконавчими приладами системи;
- підключення нових елементів системи (датчиків і виконавчих приладів).

#### Датчики повітряного середовища

За збір даних про повітряне середовище відповідають різноманітні датчики, які можна під'єднати до системи за умовою, що виробник передбачив підтримку API інтерфейсів зв'язку з системою Розумного будинку. До підтримуваних датчиків належать:

- датчик температури;
- датчик вологості;
- датчик загазованості повітря;
- інфрачервоні датчики (передають дані про присутність людини у приміщенні);
- датчики світла;
- розумні розетки (для передачі даних щодо вживаної приладом електроенергії).

#### Виконавчі прилади системи - кліматична техніка

За вплив на параметри мікроклімату приміщення відповідають виконавчі прилади - кліматична техніка. Кліматична техніка будь-якого виробника може бути додано до системи, якщо передбачена підтримка API інтерфейсів зв'язку з системою Розумного будинку, так само як з датчиками. До підтримуваних видів кліматичної техніки належать:

- кондиціонери;
- радіатори опалення (котли водяного опалення та електричні нагрівачі);
- зволожувачі повітря;
- фільтри повітря;
- приточна вентиляція;
- витяжка (може бути комбінованою з приточною вентиляцією у приточно-витяжні системи);

- автоматичні штори або жалюзі.

Важливим зауваженням є те, що усі ці прилади: і датчики, і виконавчі прилади - не є обов'язковими у системі, тож користувач може придбати та під'єднати до системи тільки ті прилади, що вважає необхідними. Таким чином дана система має бажану гнучкість: користувач вільний вирішувати, який саме функціонал йому необхідний, керуючись встановленим бюджетом. Крім цього, система стає масштабованою: користувач може під'єднувати нові елементи до системи у будь-який момент. Але необхідно зазначити, що чим більші датчиків та приладів кліматичної техніки додано до системи - тим більші можливості доступні для користувача. Так, складно створити ідеальні умови у приміщенні, якщо до системи встановлено тільки датчик температури та кондиціонер.

#### Передача даних у системі

Передача даних у межах системи завжди здійснюється “по повітрю” бездротовим шляхом у локальній мережі Wi Fi, таким чином для встановлення системи Розумного будинку у приміщення не потрібно перетягувати велику кількість проводів, що є незаперечною перевагою даної системи у порівнянні з класичними варіантами систем контролю мікроклімату, що мають бути заплановані у приміщенні на етапі проектування приміщення.

Кожний прилад Розумного Будинку передає запит до контролеру через WiFi мережу, у свою чергу контролер Розумного Будинку передає дані до хмарних сервісів також через мережу WiFi. Однак, для невеликих приладів, таких як датчики, передбачена також передача запитів прямо на контролер Розумного будинку з використанням інших стандартів зв'язку, таких як Bluetooth та ZigBee, адже не всі виробники датчиків бажають встановлювати модуль зв'язку WiFi у свої невеликі та відносно дешеві прилади.

## Локальний контролер системи Розумного Будинку

Головна частина, справжнє “сердце” системи - локальний контролер системи розумного будинку. Без цього компоненту система не може існувати (у той час як багато інших компонентів не є обов’язковими). Фізично - це “хаб”, міні-комп’ютер, логічну структуру якого зображено на рис 3.2.



Рисунок 3.2. Логічна структура локального контролеру системи Розумного Будинку

Бачимо, що контролер складається з декількох компонентів:

1. Мікросервіс роботи з різними стандартам зв'язку. Оскільки виробників приладів розумного будинку використовують широкий вибір протоколів зв'язку, система має підтримувати найбільш популярні з них щоб вважатися гнучкою.

2. Мікросервіс шифрування даних системи розумного будинку для передачі по локальній мережі та у хмару. Безпека даних, що створюються, передаються та зберігаються в межах системи розумного будинку - один з перших пріоритетів при проектування такої системи. Тож ми маємо забезпечити належне шифрування даних в залежності від схеми їх передачі: для прийому даних з датчиків - полегшені алгоритми шифрування даних мають бути застосовані, для передачі даних через мережу інтернет до хмарних сервісів - більш стійкі до злому алгоритми мають бути використані.

3. Локальна база даних. Використовується для збереження даних щодо під'єднаних датчиків та виконавчих пристроїв, їх режимів роботи, користувацьких налаштувань системи. Незважаючи на те, що усі ці дані можна зберігати у хмарному хранилищі даних (таким чином заощадивши на встановленій у прилад пам'яті), локальна база все ж є необхідним компонентом контролеру системи. У ній ма зберігаємо резервну копію найкритичніших даних, на випадок проблем з хмарними сервісами (оскільки безперервність їх роботи не гарантована). Крім цього, дані х контролера використовуються контролером для керування системою за умови відсутності під'єднання до мережі інтернет.

4. API бібліотеки для підключення та спілкування з датчиками та виконавчими приладами будь-якого виробника. Оскільки у вимогах до системи маємо гнучкість до підключення різних приладів, існує необхідність створення єдиного формату спілкування між окремими приладами - датчиками або виконавчими приладами - та контролером системи Розумного будинку. Таким чином, кожен прилад, що запрограмований на підтримку розроблених API бібліотек є сумісний з системою Розумного будинку, та може бути під'єднаний до неї. До основних інтерфейсів API бібліотеки належать:

- a. запити авторизації сесії безпечного з'єднання;
- b. запити передачі даних щодо самого приладу (тип приладу, можливі режими роботи, додаткові функції) для підключення приладу до системи;
- c. запити передачі даних щодо використаних ресурсів, поточного режиму роботи, параметрів повітряного середовища коло приладу;
- d. запити керування виконавчих приладом - вмикання та вимикання, встановлення режиму, використання додаткових функцій.

#### Користувацькі прилади

Користувач здійснює контроль над системою через його звичайні персональні гаджети: телефон, планшет, ноутбук або персональний комп'ютер. На відміну від класичних систем контролю мікроклімату приміщення, що

передбачають встановлення спеціально панелі керування в певному місці у стіні, дане рішення має ряд переваг: заощадження коштів на окремий монітор, немає необхідності монтажу панелі керування, можливість використовувати єдиний персональний прилад для контролю Розумного будинку на ряду з іншими повсякденними задачами, можливість віддаленого керування Розумним будинком через інтернет з того самого мобільного приладу.

Для контролю налаштувань системи Розумного Будинку використовується Web-додаток, що є сумісним з найбільш розповсюдженими операційними системами персональних гаджетів: Android (для смартфонів та планшетів), Windows та Linux (для ноутбуків та персональних комп'ютерів), iOS (для iPhone, iPad, MacBook, Mac, iWatch, etc). Отже, будь-яка операційна система, що має браузер, підтримує використання Web-додатку.

Великою перевагою такого рішення є можливість використання додатку для зміни налаштувань параметрів повітряного середовища, ручного керування приладами кліматичної техніки, переглядання історичних даних та звітів, з будь-якого місця за умови доступу до мережі інтернет.

### **3.1.2 Хмарна частина системи**

Використання хмарних сервісів є необхідною умовою при проектуванні системи Розумного Будинку, адже вони дають деякі безперечні переваги для користувача:

- можливість керування системою з будь-якої точки планети при доступі до інтернету;
- полегшене оновлення версій системи (легче оновити систему на сервері ніж змусити користувачів оновити свою версію додатку чи прошивки приладу) - особливо важливо для критичних оновлень, таких як покращення захисту даних у системі;
- перенесення “важких, ресурсомісних” процесів з локального контролеру на віддалені обчислювальні потужності серверів;

- використання хмарних сервісів для шифрування та зберігання даних (полегшена розробка програмної частини системи).

Отже, на сервері, що приймає, обробляє та відповідає на запити локальних систем Розумного Будинку, присутні наступні логічні складові:

1. Мікросервіс реєстрації нової системи Розумного Будинку (робиться користувачем у Web-додатку з використанням індивідуального коду продукту - хабу системи). Таким чином імплементована система захисту від підробок - тільки легальні продукти-хаби можуть бути зареєстровані на сервері.

2. Мікросервіс авторизації користувача (або користувачів) системи Розумного Будинку. Передбачена підтримка авторизації через сторонні сервіси: Google+, Facebook, Microsoft Outlook, та інші. Таким чином функціонує захист системи від зломисників: усі дані, що передаються по хмарі до серверу системи, зашифровані з використанням ключа, що є тільки у Web-додатку авторизованого користувача та власне на сервері. Також, саме так сервер знає, до якої локальної системи Розумного Будинку відноситься авторизований користувач, адже багато власників запроектованої системи будуть “спілкуватися” з сервером одночасно, і кожен має доступ виключно тільки до власних даних.

3. Хмарне сховище даних. Використовується для зберігання усіх даних, що стосуються системи Розумного Будинку (кожної з зареєстрованих систем окремо, розділяючи права доступу до даних): користувацькі дані; дані підєднаних до системи приладів - датчиків та виконавчої кліматичної техніки (вид техніки, доступні режими, додаткові функції, інша описова інформація); усі дані налаштувань системи - бажані параметри середовища, ліміти використання ресурсів, сценарії використання приладів з тригерами, налаштування за розкладом; історичні дані щодо використаних системою ресурсів, режимів роботи у часі, зміни налаштувань користувачем. Усі ці дані використовуються підсистемою прийняття рішень, що відповідає за власне “керування” виконавчими приладами.

4. Підсистеми прийняття рішень. Використовує усі передані та збережені у хмарному сховищі дані для прийняття рішень щодо керування виконавчими приладами у кожній конкретній локальній системі Розумного Будинку. Особливість запропонованої архітектури: можливість оновлення даної підсистеми з змінами у будь-який момент часу, передбачена зворотна сумісність з локальними підсистемами Розумного Будинку (оскільки немає гарантії, що користувач слідує інструкції та оновлює версію власного програмного забезпечення коли вона з'являється у доступі). У підсистемі використані чіткі запрограмовані алгоритми керування, що беруть до уваги все користувацькі налаштування при здійсненні рішення.

5. Підсистема комунікації. Відповідає за “спілкування” з великою кількістю клієнтів, що діляться на два види: користувачі, що передивляються дані системи Розумного будинку та змінюються налаштування, та хаб-контролери локальних систем Розумного будинку, що передаються дані з локальних пристроїв для збереження у хмарному сховищі даних та запитують наступні команди керування у підсистемі прийняття рішень. API сервіс обробляє усі види запитів та здійснює зв'язок підсистем між собою: запит на шифрування та дешифрування даних для прийому та передачі, реєстрація та авторизація користувачів у системі, запис та читання з хмарної бази даних, запит команд керування з підсистемі прийняття рішень. Якщо користувачів системи Розумного Будинку становиться забагато для одного серверу (запити обробляються повільно або сервер не відповідає взагалі), завжди є можливість додати більше серверів для обробки більшої кількості запитів, отже система залишається масштабованою у хмарній частині, як і у локальній.

### **3.2 Методи та засоби обробки даних**

Зпроектвана система, як і будь-яка система Розумного будинку, збирає велику кількість даних про навколишнє середовище приміщення, у якому вона встановлена, про людей, що користуються системою, а також дані власне про роботу системи. Оскільки усі ці дані генеруються у режимі реального часу,

об'єм записуваних у хмарному хранилищі даних можна віднести до Великих Даних.

Шлях, який проходять дані, складається з наступних кроків:

1. Датчики, що під'єднані до системи, зчитують дані про зовнішнє середовище кожні декілька секунд в залежності від типу даних. Для кліматичних параметрів повітряного середовища - таких як температура, вологість та загазованість повітря - достатньо оновлювати дані кожні 5 секунд наприклад (щоб не перевантажувати систему з великої кількості повідомлень). Але дані щодо вмикання/вимикання приладу, помилок в системі або дані присутності людини повинні відправлятися до локального контролеру одразу, для найбільш оперативного реагування системи на зміни. Наприклад, коли будь-який з приладів відключається під живлення, або під час його роботи виникає помилка - дані про ці події відображаються у додатку користувача миттєво.

2. Коли локальний контролер системи (хаб) отримує дані з приєданого приладу, він збирає їх і чекає певний проміжок часу (за замовчування 5 секунд, але цей проміжок може бути змінений системним адміністратором). Коли очікування завершено, локальний контролер відправляє запит з інформацією про всі зміни в системі до хмарного сервісу. Крок очікування є необхідним для того, щоб сервери хмарного сервісу, що обробляються запити усіх локальників системи Розумного Будинку, не були перегружені потоком запитів. У деяких сценаріях (помилка в системі, наприклад), запит з локального контролеру до хмарного сервісу відбувається без очікування.

3. Усі дані, що передаються від локального контролеру до хмарного середовища, зашифровані за допомогою пари (приватний, публічний) ключів. Оскільки обидві сторони комунікації (локальний контролер та сервер хмарного сервісу) мають достатньо обчислювальних ресурсів, вони шифрують дешифрують повідомлення без великої затримки у часі. Мікросервіс шифрування даних відповідає за цей процес.

4. Сервери хмарного сервісу обробляють потік постійних запитів від локальним системи Розумного Дому у реальному часу. Спочатку кожен з таких запитів дешифрується у мікросервісі шифрування даних, потім усі нові дані записані до хмарної бази даних (мікросервіс роботи з даними), далі запит передається до мікросервісу прийняття рішень, що зчитує необхідні дані про систему у хмарній базі даних та приймає рішення щодо керування виконавчими приладами системи. Усі керуючі команди також записано до хмарної бази даних та зашифровано мікросервісом шифрування даних.

5. Далі хмарний сервіс відправляє зашифроване повідомлення до локального контролера через мережу інтернет, де дані дешифруються у мікросервісі шифрування даних. Потім локальний контролер створює та посилає керуючі команди до кожного з виконавчих приладів системи, що має змінити режим роботи (ці керуючі команди прийшли з хмарного сервісу).

### **3.3 Обґрунтування використання хмарних технологій для реалізації**

Спроектowana система має використовувати хмарні сервіси для того, щоб задовольнити поставленим вимогам, а саме: необхідно надати користувачам можливість керувати системою з будь-якого місця за умови підключення до інтернету, необхідно зберігати великі обсяги даних для кожної встановленої системи Розумного будинку, необхідно швидко надавати доступ до цих даних за вимогою користувача або адміністратора, та аналізувати ці дані за невеликий проміжок часу.

Для виконання поставлених задач система потребує щонайменше один власний сервер для обробки запитів від локальних системи Розумного Будинку. Звичайно, система є розширювальною, тобто більше серверів можуть бути додані до системи коли більше і більше локальних систем Розумного Будинку під'єднуються до хмарного сервісу. Адміністратор може перенаправляти запити від локальних контролерів до найближчого до них серверу.

Крім цього, аналізуючи дані щодо географічного розташування локальних контролерів Розумного Будинку, адміністратор системи приймає

рішення щодо локації встановлення нових серверів при розширенні інфраструктури системи.

Однією з найважливіших функцій хмарної частини системи є збереження та швидкий доступ до великих обсягів даних, тож необхідно розглянути доступні технології збереження даних та обрати таку, що підійде найкраще для виконання поставлених задач.

Усі основні хмарні провайдери пропонують недорогі масштабовані системи зберігання, засновані на технології об'єктного зберігання. Завдяки високошвидкісним мережам і безкоштовній передачі даних публічна хмара є чудовим місцем для зберігання обсягів даних IoT, що генеруються системами Розумного Будинку.

До кінця 2020 року загальна кількість відомих платформ IoT досягла 620, причому половина з них зосереджена на виробництві та промисловому використанні (IIoT). Інші популярні напрямки діяльності - енергетика, мобільність, розумні міста та охорона здоров'я.

Розбитий і неконсолідований, ринок платформ IoT, тим не менше, має кілька основних гравців, які користуються найбільшою часткою ринку. Список п'яти найкращих повноцінних рішень в алфавітному порядку такий:

- Amazon Web Service (AWS) IoT platform;
- Cisco IoT;
- Google Cloud IoT;
- IBM Watson IoT platform;
- Microsoft Azure IoT.

Усі п'ять варіантів мають базове рішення з базовою функціональністю та набір додаткових модулів, які ви можете додати за необхідності. Нижче ми детальніше вивчимо будівельні блоки ключових платформ.

### 3.3.1 Amazon Web Service (AWS) IoT platform

Основні випадки використання: розумне місто, розумний дім, сільське господарство, охорона здоров'я.

Ключові сильні сторони: великий вибір доступних послуг, багате середовище для розробки для спрощення та прискорення проектування додатків IoT.

За підтримки лідера публічних хмар, ця платформа IoT має користувачів у 190 країнах. На додаток до широкого набору інструментів, він пропонує просту інтеграцію з іншими популярними сервісами AWS, використовуючи переваги масштабованого сховища, обчислювальної потужності та вдосконалених можливостей штучного інтелекту від Amazon.

У 2020 році AWS було визнано провідною платформою додатків IoT, що розширює можливості розумних міст. AWS також на передньому плані створення підключених домашніх продуктів на базі Alexa Voice. Серед успішних випадків використання в інших сферах - проекти Philips HealthCare, Rio Tinto (друга за величиною у світі корпорація з видобутку металів та гірничодобувної промисловості) та Bayer Stops Science (сільське господарство) (рис 3.3).

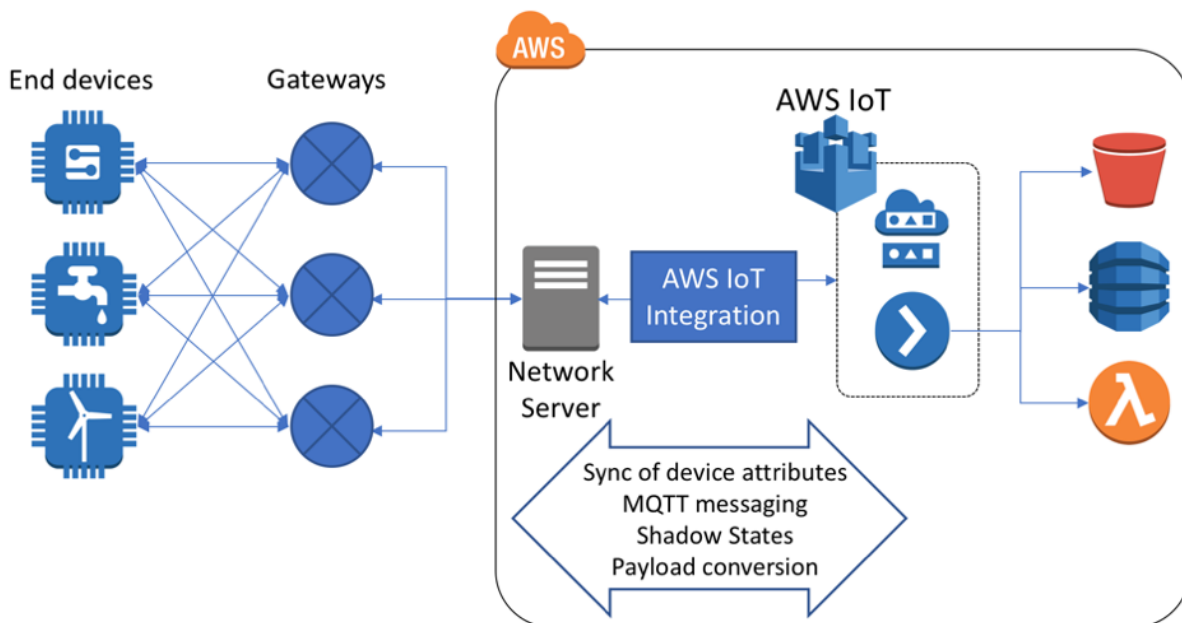


Рисунок 3.3. Архітектура AWS IoT

IoT Core - це серце набору AWS IoT, яке керує аутентифікацією пристрою, підключенням та зв'язком із службами AWS та між собою. Його точка входу - Device Gateway - підтримує протоколи MQTT, HTTP та WebSocket. Amazon стверджує, що модуль є досить масштабованим для обробки понад мільярда пристроїв, при цьому кожному з них присвоюється унікальна ідентифікація. Завдяки автентифікації та шифруванню, що надаються у всіх точках підключення, IoT Core та пристрої ніколи не обмінюються неперевіреними даними.

Перевірені повідомлення обробляються за допомогою Rules Engine, який направляє їх або до пристрою, або до хмарної служби AWS - наприклад, AWS Lambda (безсерверна обчислювальна платформа), Amazon Kinesis (рішення для обробки великих даних у реальному часі), Amazon S3 (служба зберігання даних).

Іншою корисною функцією IoT Core є Device Shadow, яка зберігає поточний або бажаний стан кожного пристрою. Отже, якщо пристрій IoT перебуває в режимі офлайн або зайнятий, хмарні програми все ще можуть змінити свою конфігурацію або надіслати на нього команди. Як тільки пристрій знову в мережі, він синхронізує свій остаточний стан із оновленнями.

З п'яти вибраних платформ, AWS IoT Core є найпопулярнішим вибором серед програмістів, і це не просто так. Він пропонує SDK для додатків для Android та iOS, а також для вбудованих C, C ++, JavaScript та Python. Amazon пришвидшує розробку, надаючи велику колекцію шаблонів, а також візуальний інструмент під назвою IoT Things Graph, який спрощує побудову робочих процесів між компонентами IoT.

Ви можете доповнити функціонал IoT Core за допомогою наступних додаткових служб.

AWS IoT Device Management дозволяє віддалено впорядковувати, відстежувати, контролювати, оновлювати та масштабувати великий та різноманітний парк пристроїв. Агностична для типу пристрою, служба

підтримує будь-які речі IoT, від мікроконтролерів до підключених холодильників.

AWS IoT Device Defender постійно перевіряє конфігурації IoT на відповідність вимогам безпеки та надсилає попередження, коли виявляє будь-які прогалини.

AWS IoT Events призначені для виявлення складних змін у поведінці обладнання на тисячах пристроїв та реагування на них на основі заздалегідь визначених правил.

AWS SiteWise стає в нагоді, коли вам потрібно збирати та впорядковувати дані на промисловому рівні. Послуга підключається до обладнання виробника через шлюз, збирає та попередньо обробляє дані, а потім відправляє їх у хмару AWS.

AWS IoT 1-Click використовується, щоб змусити групу пристроїв виконувати певні дії (наприклад, надсилати попереджувальні повідомлення) натисканням кнопки.

Основне інтелектуальне рішення, AWS IoT Analytics, автоматично збирає та очищає дані, перш ніж передавати їх у сховище часових рядів для подальшого аналізу. Послуга дозволяє збагатити інформацію, що передається пристроями, даними із зовнішніх джерел.

IoT Analytics має шаблони для побудови моделей прогнозного обслуговування. Він легко інтегрується з:

- Amazon QuickSight, служба бізнес-аналітики для візуалізації статистичних даних;
- Jupyter Notebook, що забезпечує потужні інструменти для машинного навчання та статистичного аналізу;
- Amazon SageMaker, середовище для побудови, навчання та впровадження моделей машинного навчання.

Amazon сприяє туманним обчисленням, забезпечуючи операційну систему в режимі реального часу для мікроконтролерів під назвою FreeRTOS.

Технологія, яка розповсюджується вільно, дозволяє легко програмувати малопотужні пристрої та надійно підключати їх до IoT Core, інших служб AWS та апаратних компонентів.

Крім того, ви можете розширити аналітичні, управлінські та інші можливості Amazon на більш потужне обладнання, використовуючи AWS IoT GreenGrass. Послуга дозволяє писати код у хмарі, а потім розгорнути його на пристроях, де він буде виконуватися локально.

### **3.3.2 Cisco IoT**

Cisco IoT - передовий лідер туманних обчислень з найбільшим парком підключених автомобілів.

Основні випадки використання: підключені транспортні засоби, виробництво, розумні міста, комунальні послуги.

Основні сильні сторони: мобільний зв'язок, середовище для туманних обчислень, готовність до 5G.

Найвідоміша своїм мережевим обладнанням, Cisco в даний час лідирує на ринку IoT з точки зору розвитку інфраструктури. Сам термін туманних обчислень або обробка даних на крайніх пристроях (контролерах, шлюзах, маршрутизаторах тощо) був придуманий експертами Cisco. Компанія значною мірою інвестує в програмне та апаратне забезпечення для розподілу робочих навантажень між кількома вузлами та мінімізації затримки зростаючих систем IoT.

Понад 67 000 клієнтів користуються перевагами двох платформ Cisco IoT: IoT Control Center (колишній Jasper) для підприємств корпоративного класу з акцентом на стільниковий зв'язок та Kinetic Operations Platform як для стільникових, так і для інших пристроїв.

IoT Control Center - це найбільша платформа стільникового зв'язку, яка обслуговує понад 160 мільйонів мобільних пристроїв та 29 000 клієнтів корпоративного рівня у всьому світі. Проміжне програмне забезпечення також відоме як постачальник послуг номер один для підключених автомобілів.

Щомісяця до проміжного програмного забезпечення додається більше 4 мільйонів пристроїв, щоб скористатися перевагами можливостей підключення, таких як:

- Машинне навчання. Центр управління аналізує 3 мільярди подій на день для вдосконалення управління зв'язками, виявлення аномалій та активного вирішення проблем, підвищуючи рівень безпеки.
- eSIM як послуга. Цей інструмент спрощує перенесення SIM-карт між різними операторами по всьому світу. Послуга eSIM дозволяє створювати локальний профіль SIM-картки, вбудованої в пристрій IoT - замість того, щоб створювати складні інтеграції між різними постачальниками послуг.
- Готовність до 5G. Платформа вже підтримує нестандартний 5G (NSA), що спирається на існуючу 4G-інфраструктуру. До кінця 2021 року компанія збирається додати автономний 5G (SA), що свідчить про створення нової окремої мережі.

Cisco Kinetic складається з трьох компонентів, об'єднаних для підключення пристроїв будь-якого типу та управління даними як на межі мережі, так і в хмарі. Платформа сумісна з мережевим обладнанням Cisco, однак вона працює з деякими сторонніми продуктами, рекомендованими Cisco.

The Gateway Management Module контролює промислові шлюзи та забезпечує їх віддалену конфігурацію.

The Edge and Fog Processing Module переносить вибрані процеси управління даними із хмари на вузли та пристрої, розташовані ближче до джерел даних.

The Data Control Module виконує протилежну функцію і переміщує дані з пристроїв у хмарні додатки, забезпечуючи, що потрібна інформація потрапляє в потрібне місце. Ви можете створювати правила для різних програм залежно від типу даних. Модуль нейтральний до хмари, тому ви можете використовувати будь-якого хмарного провайдера для зберігання та управління даними.

Програмна частина туманних обчислювальних технологій Cisco включає два основних рішення.

Cisco IOx - це середовище, засноване на Linux, для управління туманними програмами через мережу. Cisco надає засоби розробки та керівні принципи для створення додатків в екосистемі IOx. Але ви також можете використовувати готові рішення від Cisco та її партнерів.

Cisco Edge Intelligence призначений для вилучення даних з вузлів, аналізу та надсилання їх у потрібні програми для подальшої обробки та отримання статистичних даних. Cisco співпрацює з Microsoft, щоб поєднати Edge Intelligence з Azure IoT Hub для плавної передачі даних з пристроїв IoT в програми в хмарі Azure. Рішення також має попередньо інтегровану програму Software AG Cloud та Quantela, розумну автоматизацію міста та платформу штучного інтелекту.

### **3.3.3 Google Cloud IoT**

Google Cloud IoT: керування транспортом за допомогою Google Maps

Основні випадки використання: енергетика, виробництво, логістика та транспорт, розумні міста.

Основні переваги: аналіз та візуалізація даних, широкий спектр доступних хмарних сервісів.

Набір IoT від найпопулярнішої пошукової системи зосереджений навколо свого флагманського продукту Cloud IoT Core, достатньо потужного для управління даними з мільйонів пристроїв. Об'єднавшись з іншими сервісами Google Cloud, він уже оптимізує операції у виробництві, будівництві, енергетиці та інших секторах. Його транспортні рішення та рішення інтелектуального міста використовують переваги платформи Google Maps, що дозволяє візуалізувати географічні дані.

Google IoT Core містить два модулі. Device Manager дозволяє додавати, аутентифікувати, налаштувати та віддалено керувати окремими пристроями. Тоді як протокол Bridge, що працює з форматами MQTT та HTTP, відповідає за

підключення. Він публікує потоки даних у службі Cloud Pub / Sub, що робить можливим об'єднання повідомлень з різних джерел в єдину систему.

З Cloud Pub / Sub дані пересилаються в інші хмарні служби Google. Ви можете використовувати:

- Cloud Functions для створення незалежних функцій та інструктаж пристроїв щодо реагування на конкретні події;
- Cloud Dataflow для попередньої обробки даних у режимі реального часу;
- Cloud Bigtable для передачі та зберігання великих обсягів даних;
- BigQuery для аналізу даних у реальному часі, створення та навчання моделей машинного навчання;
- Data Studio для візуалізації статистичних даних, отриманих із BigQuery, за допомогою попередньо вбудованих шаблонів;
- Cloud Datalab для розробки власних практик аналітики та візуалізації.

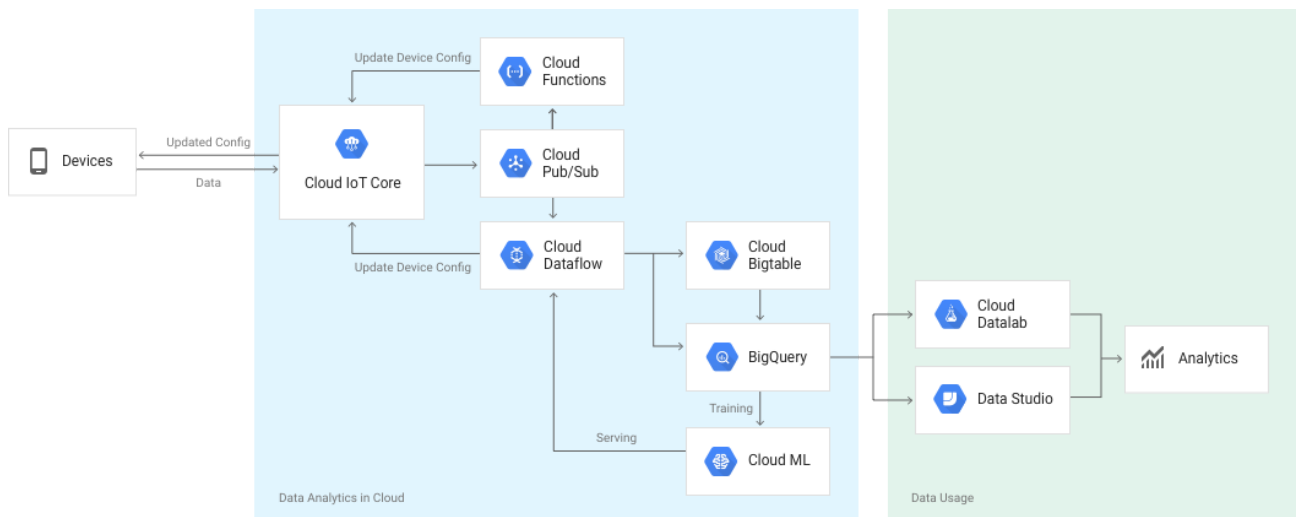


Рисунок 3.4. Інтеграції Cloud IoT Core

У березні 2020 року Google оголосив про партнерство з AT&T, найбільшою у світі телекомунікаційною компанією за доходами. Два гіганти спільно працюють над портфелем крайових обчислювальних рішень, які використовуватимуть можливості Google AI / ML та підтримуватимуть

підключення 5G. На даний момент туманні обчислення та штучний інтелект в екосистемі Google IoT здійснюються через фірмовий чіп Edge TPU.

### **3.3.4 IBM IoT suite**

Основні випадки використання: виробництво, сільське господарство, розумні будівлі, логістика та транспорт.

Основні сильні сторони: аналітичні дані в реальному часі та прогнозована аналітика за допомогою машинного навчання та штучного інтелекту.

IBM поєднує IoT з потужними когнітивними можливостями платформи Watson - лідера галузі в галузі штучного інтелекту та машинного навчання. Його асортимент продуктів IoT, керованих штучним інтелектом, включає Watson Decision Platform для сільського господарства, Watson Supply Chain Insights для пов'язаної логістики та транспорту, Watson Building Insights для аналізу використання енергії та активів, а також набір рішень для промислового обладнання.

Платформа IoT від IBM очолює пакет промислових рішень, що підтримують прогнозне обслуговування. Побудований за найвищими стандартами безпеки, він служить концентратором для налаштування та управління підключеними речами, які використовують обмін повідомленнями MQTT. Основна пропозиція включає:

- Служба управління пристроями для додавання та видалення пристроїв окремо або масово, перезавантаження, оновлення мікропрограми, отримання метаданих тощо.
- Безпечне з'єднання та зв'язок між пристроями на основі обміну повідомленнями за протоколом MQTT.
- Управління життєвим циклом даних, що дозволяє зберігати дані з пристроїв та отримувати доступ до даних у режимі реального часу та історії, коли вам це потрібно.

Але ви можете доповнити ці основні можливості за допомогою вдосконаленої аналітики, керованої штучним інтелектом, для отримання статистики в режимі реального часу та служби блокчейну, щоб додати вибрані дані IoT до книги та ділитися ними з конкретними клієнтами та партнерами.

Digital Twins IBM - це окрема пропозиція, яка охоплює віртуальні копії пристроїв, що постачаються AWS та Microsoft Azure. Працюючи з концепцією з часу космічної програми Apollo, IBM створює складні цифрові близнюки величезних систем та продуктів. Цей підхід дозволяє виконувати моделювання та проводити аналіз "що-якщо" фізичних об'єктів та приймати рішення щодо підвищення їх ефективності.

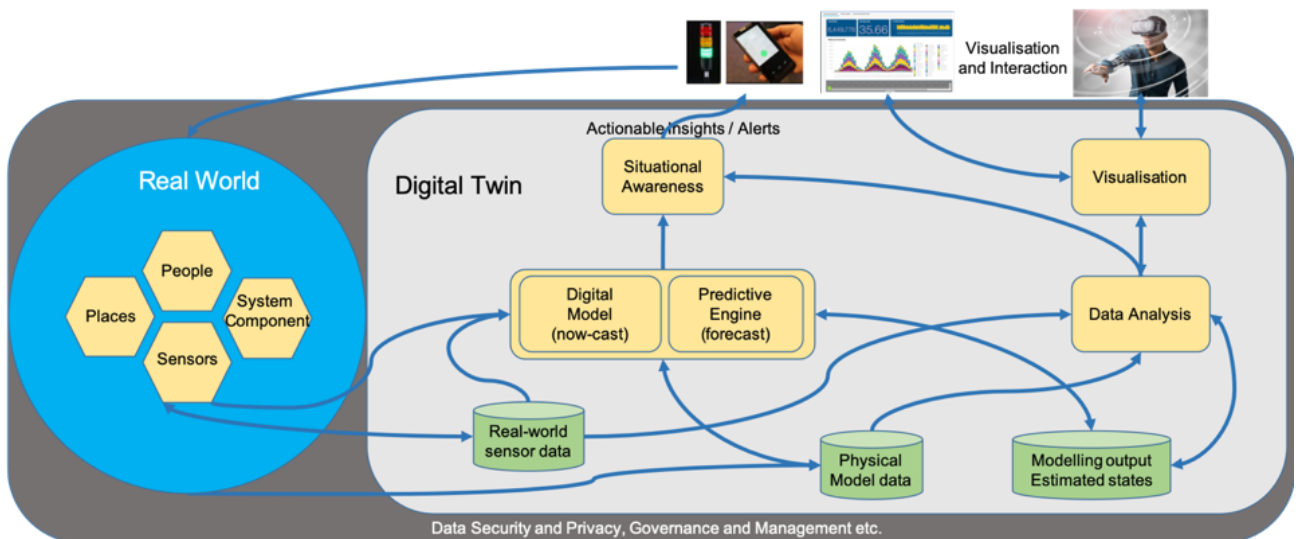


Рисунок 3.5. Компоненти Digital Twins

IBM має окрему платформу для створення додатків для аналітики, а потім розгортання, моніторинг, обслуговування та масштабування їх на тисячах пристроїв, шлюзів, серверів та інших крайових вузлів. IBM очікує, що можливості передових обчислень будуть повністю розкриті з переходом на 5G.

### 3.3.5 Microsoft Azure IoT

Microsoft Azure IoT: попереду в галузі охорони здоров'я та безпеки

Основні випадки використання: охорона здоров'я, роздрібна торгівля, виробництво, логістика та транспорт.

Основні сильні сторони: надійне ядро проміжного програмного забезпечення, посилений захист, Windows для IoT.

У 2018 році Microsoft заявила про свої наміри вкласти 5 мільярдів доларів у технології IoT протягом чотирьох років. Зараз, на півдорозі, його набір Azure IoT пропонує широкий спектр інструментів для всіляких пристроїв, і ще кілька додатків з'являться в найближчі два роки.

Azure має значний слід у галузі охорони здоров'я, роздрібною торгівлі, виробництва, енергетики, логістики та транспорту. Усі рішення забезпечуються найвищим рівнем безпеки, оскільки Microsoft щорічно витрачає понад 1 млрд доларів на технології кібербезпеки.

Присутність Microsoft в екосистемі IoT розширюється завдяки Windows 10 IoT. Версія Enterprise призначена для банкоматів, терміналів продажів, медичного обладнання. Ядро Windows 10 IoT працює на невеликих пристроях та носимих пристроях, з дисплеєм або без нього.

IoT Hub - основний продукт PaaS (платформа як послуга), що забезпечує підключення пристроїв, управління та зв'язок. Він поставляється у два рівні, базовий та стандартний, з різною кількістю підтримуваних функцій. Основний рівень забезпечує такі послуги, як:

- обмін повідомленнями між пристроями та хмарами;
- аутентифікація пристрою;
- підтримка протоколів HTTP, MQTT та AMQP;
- моніторинг та діагностика пристроїв.

Якщо вам потрібно дистанційно керувати пристроями IoT і розподіляти робочі навантаження по мережі, вам слід розглянути стандартний рівень, який додає

- обмін повідомленнями із хмари на пристрій;
- управління пристроєм;
- пристрої та модулі-близнюки або зберігання інформації про поточні та бажані властивості пристроїв та їх компонентів (модулів);
- IoT Edge для створення програмних модулів та їх розгортання на мережевих вузлах.

IoT Central - це масштабований SaaS (програмне забезпечення як послуга), що пропонує швидкий дизайн програмного забезпечення IoT із вбудованими функціями безпеки. Платформа постачається з інтегрованими функціями моніторингу та управління пристроями для підключення, переналаштування та оновлення пристроїв.

Модуль містить численні шаблони програм для різних галузей промисловості для прискорення швидкості розробки. У поєднанні з Azure IoT Hub це дозволяє створювати більш складні програми, здатні підтримувати мільйони пристроїв.

Колекція рішень, пов'язаних з IoT, доповнює основні платформи, розширюючи їх можливості.

Azure Digital Twins дозволяє створювати віртуальні моделі фізичного середовища на основі статистичних даних, отриманих із даних IoT. Ці моделі можуть бути використані для реорганізації інфраструктури для кращої ефективності.

Azure Sphere - це рішення безпеки для захисту пристроїв IoT, операційних систем та хмарних служб. Він додає кілька рівнів захисту, забезпечує безперервний моніторинг пристроїв та дозволяє повернути скомпрометовані апаратні компоненти у їх безпечний стан.

Time Series Insights витягує дані безпосередньо з IoT Hub, щоб дослідити їх, виявити тенденції, виявити аномалії та представити висновки у формі всебічної візуалізації. Рішення легко інтегрується з іншими службами аналітики Microsoft, такими як Azure Machine Learning та Azure Databricks.

### 3.3.6 Порівняння хмарних сервісів

Як бачите, функції платформ IoT в основному перекриваються, хоча вони упаковані по-різному. Поряд з багатою функціональністю, всі вони пропонують:

- високу масштабованість, що відповідає потребам будь-якого бізнесу, від стартапів до підприємств з мільйонами пристроїв;
- вбудований захист для кожного рівня системи IoT;
- технічна підтримка та детальна документація на їх продукцію.

Питання в тому, як вибрати найкращий варіант серед п'яти рівноцінних лідерів? Перед прийняттям остаточного рішення слід врахувати кілька речей.

Витрати на IoT часто важко передбачити, оскільки основне рішення, як правило, включає лише обмежений набір функцій. Кожна послуга, яку ви використовуєте на додаток до основних функцій, передбачає додаткові витрати.

Усі платформи дотримуються платної моделі, тому загальна ціна буде залежати від обсягу використання - або кількості обмінених повідомлень або мегабайт, підключених пристроїв, виконаних дій тощо. Крім того, ціни можуть відрізнятися в різних регіонах.

Для вирішення складності моделі ціноутворення Amazon, Google і Microsoft пропонують своїм клієнтам калькулятор цін, розміщений на їх офіційному веб-сайті. Але часто єдиний спосіб оцінити вартість вашого проекту IoT - це запустити його протягом місяця та сплатити рахунок. Багато оглядів показують, що AWS, як правило, є найдорожчим варіантом, за яким слідує Google і Microsoft Azure, як найдешевший з тріо. Що стосується IBM та Cisco, їх цінова інформація доступна за запитом.

Amazon, Google і Microsoft також дозволяють потенційним клієнтам довести концепцію, використовуючи свої безкоштовні плани. Отже, ви можете перевірити, чи відповідає платформа вашим вимогам, перш ніж починати інвестувати у певні послуги.

У таблиці 3.1 наведено публічно доступну інформацію щодо ціноутворення п'яти розглянутих хмарних продуктів станом на квітень 2021 року

Таблиця 3.1 - Порівняння цін на хмарні продукти для IoT рішень

| Платформа                | Інформація щодо цін   | Безкоштовний варіант   | Безкоштовний доступ до додаткових сервісів  |
|--------------------------|---|--|---|
| Amazon IoT Core          | <p>Підключення: \$0.08 за кожен мільйон хвилин підключення</p> <p>Повідомлення: \$0.7-1 за мільйон повідомлень (чим більше запитів, тим дешевше)</p> <p>Device Shadow: \$1.25 за кожен мільйон операцій</p> <p>Rules Engine: \$0.15 за кожен мільйон спрацювань правил “тригер - реакція”</p> | <p>Доступні на 12 місяців:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,250,000 хвилин підключення;</li> <li>• 500,000 повідомлень;</li> <li>• 225,000 зареєстрованих приладів або операцій Device Shadow;</li> <li>• 225,000 спрацювань правил “тригер - реакція”.</li> </ul> | <p>Доступні на 12 місяців:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Device Management: 50 віддалених операцій на місяць;</li> <li>• AWS Greengrass: 3 пристрої;</li> <li>• AWS IoT Events: 250,000 виконань за місяць;</li> <li>• AWS IoT Analytics: 100 MB оброблених даних, 10 GB хранилище даних.</li> </ul> |
| Cisco IoT Control Center | Інформація доступна за запитом  | Немає безкоштовного плану  | Немає безкоштовного плану   |
| Google Cloud IoT Core    | \$0.00045-0.0045 за мегабайт переданих даних (чим більше даних, тим дешевше)  | Перші 250MB безкоштовно  | <p>12 місяців безкоштовного використання з \$300 кредиту для використання на будь-які Google Cloud Services</p> <p>Великий набір ресурсів, що завжди безкоштовні</p>  |

| 1                       | 2  | 3   | 4  |
|-------------------------|--|---|--|
| IBM Watson IoT Platform | Починається з \$500 за одиницю/місяць  | Немає безкоштовного плану   | Немає безкоштовного плану  |
| Azure IoT Hub           | Базовий план: від \$10 до \$500 за одиницю/місяць<br><br>Стандартний план: від \$25 до \$2500 за одиницю/місяць<br><br>Ціна в одному плані залежить від кількості повідомлень за один день (до 400,000, 6 мільйонів або 300 мільйонів) | До 8,000 безкоштовних повідомлень в день та до 500 зареєстрованих пристроїв | 12 місяців безкоштовного використання популярних Azure сервісів<br><br>\$200 кредиту для ознайомлення з Azure на 30 днів<br><br>25+ завжди безкоштовних сервісів |

Інфраструктура IoT включає численні пристрої. Якщо ви вже використовуєте певне обладнання, мережеві вузли та інші компоненти, ви повинні перевірити, чи сумісне ваше існуюче обладнання з певною платформою. Наприклад, програмне забезпечення Cisco IoT розроблено для безперебійної роботи з обладнанням Cisco IoT.

З іншого боку, Amazon і Microsoft Azure розглядають себе як апаратні засоби, що підтримують апарат, і підтримують туман пристроїв IoT. У будь-якому випадку, щоб бути у безпеці, необхідно переглянути списки обладнання, затверджені постачальниками програм.

Хоча всі платформи працюють у декількох галузях, кожна з них може перевершити інші в певному домені. Наприклад, якщо ви керуєте великим підприємством зі складною інфраструктурою та мільйонами датчиків, вашим природним вибором буде IBM, який має ексклюзивний досвід управління промисловим обладнанням.

AWS добре підходить для реалізації сценарію розумного будинку, тоді як Cisco принесе найбільшу користь компаніям, що займаються підключеними транспортними засобами. Cisco також може забезпечити хороший старт для компаній, які будують свою інфраструктуру IoT з нуля, пропонуючи все необхідне обладнання, програмне забезпечення та послуги зв'язку. Microsoft довела свою ефективність в Інтернеті медичних речей (IoMT), і Google має переконливі приклади використання в енергетиці, транспорті та будівництві розумних парків.

Отже, для спроектованої системи Розумного Будинку розумним вибором буде використання сервісів Amazon IoT Core. Основними перевагами цього сервісу перед іншими саме для спроектованої системи Розумного Будинку є:

- можливість використовувати та платити тільки за необхідні сервіси всередині платформи, щоб не переплачувати за невикористовувані;
- можливість випробувати платформу на протязі безкоштовного періоду 12 місяців;
- велика кількість додаткових сервісів, що можна під'єднувати до системи з часом та відмовитися від їх використання, якщо вони не приносять переваг системі.

### **3.4 Комунікаційні технології та системи**

Оскільки однією з значних переваг спроектованої системи розумного будинку є гнучкість - можливість використовувати в системі пристрої будь-яких виробників - існує необхідність залишити за виробником можливість вибирати протокол зв'язку, що використаних в кожному конкретному приладі.

Більше того, для різних пристроїв доцільно використовувати різні технології зв'язку - спираючись на живлення приладу, обчислювальні можливості приладу, запас батареї приладу (адже більшість приладів Розумного Будинку є мобільними та не повинні мати постійного підключення до електромережі), розміру приладу, прогнозуємої дистанції передачі даних.

Так, для персональних приладів, що людина носить на собі (як розумний годинник, наприклад), та які передають дані на смартфон, що зазвичай знаходиться не далше за кілька метрів від людини - є розумним рішенням використовувати комунікаційні технології невеликої дистанції передачі даних (як Bluetooth або ZigBee).

Якщо ж підключений прилад передає дані до контролеру Розумного Будинку, що може знаходитися досить далеко від приладу, є можливість використати існуючу інфраструктуру будинку - локальну Wi-Fi мережу для передачі даних між приладом та контролером Розумного Будинку.

Тож, необхідно розвивитися доступні комунікаційні технології та доцільність їх використання у спроектованій системі Розумного Будинку клімат-контролю.

В даний час Bluetooth використовується в бездротовій персональній мережі (WPAN) і розробляється Bluetooth SIG. Технологія Bluetooth дозволить цифровим та аналоговим пристроям автоматично встановлювати бездротову мережу в невеликих межах. Bluetooth розроблений для стільникових телефонів, ноутбуків, планшетів та інших пристроїв, включаючи бездротові портативні пристрої, гарнітури та носні пристрої (такі як розумні годинники, розумне взуття) та пристрої голосового доступу до даних. Bluetooth також забезпечує допоміжні з'єднання для КПК, принтерів, факсів, джойстиків, персональних комп'ютерів, ноутбуків, радіопристроїв, клавіатур, мишей та інших цифрових пристроїв. Власне, будь-які пристрої, що мають знаходитись відносно близько один до одного при передачі даних - використовують цю технологію для зв'язку.

4-е покоління Bluetooth: відоме як BLE, було представлено в 2011 р. Різниця між четвертим поколінням Bluetooth та його старішими версіями полягає у спілкуванні з меншим споживанням енергії. З меншим використанням електроенергії у цьому поколінні Bluetooth тривалість життя приладу на одній зарядці (батареїці) значно збільшується. Звичайно, слід також зазначити, що це покоління Bluetooth призначене для обмеженого обміну даними та періодично, і

воно не підходить для таких програм, як телефонні розмови, адже потік даних є занадто великим для цієї технології.

IrDA відіграє важливу роль у бездротових персональних мережах. Його ключові характеристики (такі як дуже низький коефіцієнт помилок у бітах, пряма видимість, невеликий діапазон, динамічне спеціальне підключення, низька вартість, низька потужність, швидке налаштування з'єднання та висока швидкість передачі даних) роблять його ідеальною технологією для передачі. Інфраревоне світло використовується для передачі даних цими пристроями: модемами, портативними комп'ютерами, настільними комп'ютерами, ноутбуками, принтерами, пейджером, мобільними телефонами, камерами, пристроями доступу до локальної мережі, годинниками, телевізорами, промисловим та медичним обладнанням [8-9].

Zig-Bee розроблений відповідно до стандарту IEEE 802.15.4, який стосується проектування бездротових персональних мереж низької потужності. Ця технологія, яка працює в більшості країн в діапазоні частот 2,4 ГГц, може зв'язуватися з іншими пристроями на відстані до 100 метрів і може передавати дані до 250 кілобайт в секунду. Цю технологію можна використовувати в місцях, які потребують зв'язку з низькою вартістю та енергією. ZigBee схожий на Bluetooth і в основному використовується в промисловій галузі Інтернету Речей. Він має деякі суттєві переваги в складних системах, що забезпечують роботу з низьким енергоспоживанням, високий рівень безпеки, надійність та високу якість, і має хороші можливості для використання переваг бездротового управління та сенсорних мереж у програмах IoT. Останньою версією ZigBee є нещодавно запущена версія 3.0, яка, по суті, є об'єднанням різних бездротових стандартів ZigBee в єдиний стандарт.

Z-Wave - це технологія IoT з низьким рівнем потужності, яка в основному розроблена для домашньої автоматизації таких продуктів, як контролери ламп та датчики серед багатьох інших пристроїв. Ось чому він підходить для пристроїв з обмеженими енергетичними ресурсами. Z-Wave використовує для передачі даних частоту близько 900 мегагерц, а максимальна

швидкість передачі даних становить 100 кілобіт в секунду. Z-Wave може спілкуватися на відстані до 100 метрів. Z-Wave використовує простіший протокол, ніж деякі інші, що може забезпечити швидшу і простішу розробку приладу, але єдиним виробником таких чіпів є Sigma Designs, у той час як для інших технологій, як ZigBee, існує безліч виробників.

Wi-Fi, який також відомий як стандарт IEEE 802.11, використовує смугу частот 2,4 ГГц та 5 ГГц. Цей стандарт може спілкуватися на відстані 100 метрів з максимальною швидкістю приблизно 100 мега біт в секунду, але цей метод має велике споживання енергії, і з'єднання Wi-Fi не можна використовувати для пристроїв, що використовують акумулятори, що не заряджаються. Wi-Fi має більш складний протокол, ніж Z-Wave та Zig-Bee.

Підключення Wi-Fi є одним з найпопулярніших протоколів зв'язку IoT, часто очевидним вибором для багатьох розробників, особливо з огляду на наявність WiFi в домашньому середовищі в локальних мережах. Існує широка існуюча інфраструктура, а також швидка передача даних та можливість обробки великої кількості даних. В даний час найпоширенішим стандартом WiFi, який використовується в будинках та на багатьох підприємствах, є 802.11n, який пропонує діапазон в сотні мегабіт в секунду, що чудово підходить для передачі файлів, але може бути занадто енергоємним для багатьох додатків IoT.

Будь-яка програма IoT, яка вимагає роботи на більшій відстані, може скористатися можливостями стільникового зв'язку GSM / 3G / 4G. Хоча стільниковий зв'язок явно здатний надсилати великі обсяги даних, особливо для 4G, вартість, а також споживання енергії будуть занадто високими для багатьох додатків. Але це може бути ідеальним рішенням для проектів з низькою пропускною здатністю на основі датчиків, які надсилатимуть дуже низькі обсяги даних через Інтернет.

Технологія NFC (Near Field Communication) - це нова технологія бездротового підключення короткого діапазону, розроблена спільно Sony та NXP Semiconductors. Технологія NFC заснована на ідентифікації радіочастот і в основному орієнтована на стільникові телефони. Стільникові телефони

оснащені зчитувачами NFC, а теги NFC розміщені в навколишньому середовищі. Теги NFC - це етикетки, що містять мікросхему зі записаною пам'яттю та вбудованою антеною. Коли користувач розміщує смартфон біля тегу NFC, смартфон зчитує дані, що зберігаються в тезі NFC, і обробляє їх. Телефонна програма може, наприклад, представити дані користувачеві, зберегти дані або виконати якусь іншу операцію. Технологія Near Field Communication використовується для передачі даних між двома пристроями на відстані від чотирьох до дев'яти сантиметрів один від одного. Технологія Near Field Communication працює в діапазоні 13,56 МГц і дозволяє передавати дані між 105 і 423 кбіт / с.

Технологія Near Field Communication підтримує три різні режими зв'язку, а саме: режим однорангового зв'язку (P2P), режим емуляції картки та режим зчитування-запису. У режимі P2P дозволяє двосторонній зв'язок між двома активними пристроями NFC (наприклад, зчитувачами). Цей режим NFC повністю схожий на Bluetooth. Режим емуляції картки дозволяє використовувати пристрій NFC як безконтактну картку (наприклад, кредитну картку). Цей режим дає змогу придбати квитки та оплатити покупки телефоном. Нарешті, у режимі читання / запису, зчитувач NFC може читати дані, що зберігаються в тезі NFC, і записувати дані в нього. Основним недоліком є нижча швидкість, тоді як головною перевагою перед Bluetooth є те, що процес ініціалізації набагато простіший і швидкий.

Sigfox: Першою технологією широкопasmової мережі з низьким енергоспоживанням, запропонованою на ринку Інтернету речей, є Sigfox, яка була заснована в 2009 році і з тих пір зростала дуже швидко. Поточне охоплення включає Іспанію, Великобританію та Францію. Мережа Sigfox використовує модуляцію вузькосмугового діапазону, тоді як протоколи мережевого рівня є «секретним соусом» мережі Sigfox, і, як така, фактично не існує загальнодоступної документації. Перші випуски технології підтримували лише односпрямований зв'язок, тобто від пристрою до агрегатора, однак зараз підтримується двонаправлений зв'язок. Кожна базова станція може обробляти

до мільйона підключених об'єктів, із зоною покриття 30–50 км у сільській місцевості та 3–10 км у міській місцевості. Отже, ця технологія здебільшого застосовується у випадках охоплення великої місцевості (поля у агропромисловості, наприклад), тобто не має застосування у системі Розумного Будинку.

LoRaWAN - це специфікація мережі WAN (LPWAN) низької потужності, яка забезпечує двонаправлений зв'язок і орієнтована на пристрої, що працюють від акумуляторів. Це одна з популярних технологій IoT, орієнтована на додатки широкопasmової мережі (WAN). Її підтримує LoRa Alliance, некомерційна організація, що складається з декількох компаній, які співпрацюють у розробці спільного протоколу. Дизайн LoRaWAN забезпечує глобальну мережу з низьким енергоспоживанням із функціями, спеціально необхідними для підтримки недорогого мобільного безпечного зв'язку в Інтернеті речей, розумному місті та промислових додатках. LoRaWAN є хорошим вибором для розробки додатків IoT із чудовим діапазоном та енергоспоживанням, а також пропонує безкоштовний доступ до вихідного коду. Конкретно відповідає вимогам щодо низького енергоспоживання та підтримує великі мережі з мільйонами і мільйонами пристроїв, швидкість передачі даних коливається від 0,3 кбіт / с до 50 кбіт / с. Очевидно, здебільшого використовується для з'єднання дуже великої кількості невеликих пристроїв Інтернету Речей (здебільшого датчиків) для збору великої кількості даних. Наприклад, актуально у Розумному місті та промисловій сфері (агро промисловість - збір даних щодо стану ґрунту).

Отже, можна зробити висновок, що найкращим рішенням у випадку спроектованої системи Розумного Будинку є підтримка якомога найбільшої кількості технологій зв'язку. Таким чином, кожен виробник кліматичних приладів для Розумного Будинку, вільний вибирати, яку технологію використовувати. Звичайно, не усі з розглянутих технологій мають будь-яке практично застосування у Розумного Будинку: з'ясувалось, що NFC не має жодного варіанту використання в системі. Тож рекомендовані для підтримання

системою технології зв'язку є: Bluetooth, BLE, ZigBee, Z-Wave, LoRaWAN, Wi-Fi.

### **3.5 Аналіз можливих шляхів розвитку системи у майбутньому**

Як потенціал для подальшого розвитку, запропоновано провести переговори з представниками найбільших виробників систем Розумного Будинку з пропозицією інтеграції системи клімат-контролю як підсистеми в їх продукт. Таким чином, буде задоволена одна з основних вимог користувача: управляти своєю домівкою з одного місця, навіть з одного додатку.

При інтеграції системи клімат-контролю в існуючу систему Розумного Будинку, можливо заощадити час, гроші та людські ресурси на розробку компонентів, що вже наявні в існуючій системі Розумного дому: такі як мікросервісів шифрування даних, авторизації користувачів, підключення приладів, захисту даних, та інші. Тож необхідно бути тільки додати мікросервіс клімат-контролю та розширити можливості системи щодо керування кліматичними приладами.

Однак, системи клімат-контролю все ж може бути реалізована як повністю новий продукт Розумного Будинку з окремим додатком, але це займе набагато більше часу та залучених фінансів для реалізації нового продукту. Також новий продукт має бути рекламований споживачам, щоб він зміг закріпитися на ринку.

### **3.6 Висновки**

У цьому розділі було описано архітектуру запропонованої системи Розумного Будинку та методи і засоби обробки даних. Було також розглянуто найбільш використовувані у IoT комунікаційні технології та зроблено висновок щодо доцільності використання кожної з них. Було обґрунтовано вибір хмарних сервісів для реалізації спроектованої системи. Було проаналізовано захищеність даних системи та способи її кіберзахисту. Було запропоновано два можливих шляхи розвитку системи у майбутньому.

## РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОТОТИПУ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ

У цьому розділі було створено прототип мобільного додатку, а саме: сторінка реєстрації нової системи та нового користувача, сторінка перегляду створених кімнат, сторінка перегляду приладів у кімнаті, сторінка налаштування кліматичних параметрів, сторінка налаштування конкретного кліматичного приладу. Подивимось на кожну з них більш детально.

На рис 4.1 зображено першу сторінку мобільного додатку, яка відображається кожному новому користувачеві після завантаження додатку з Google Play Market, App Store або з веб-сайту продукту.

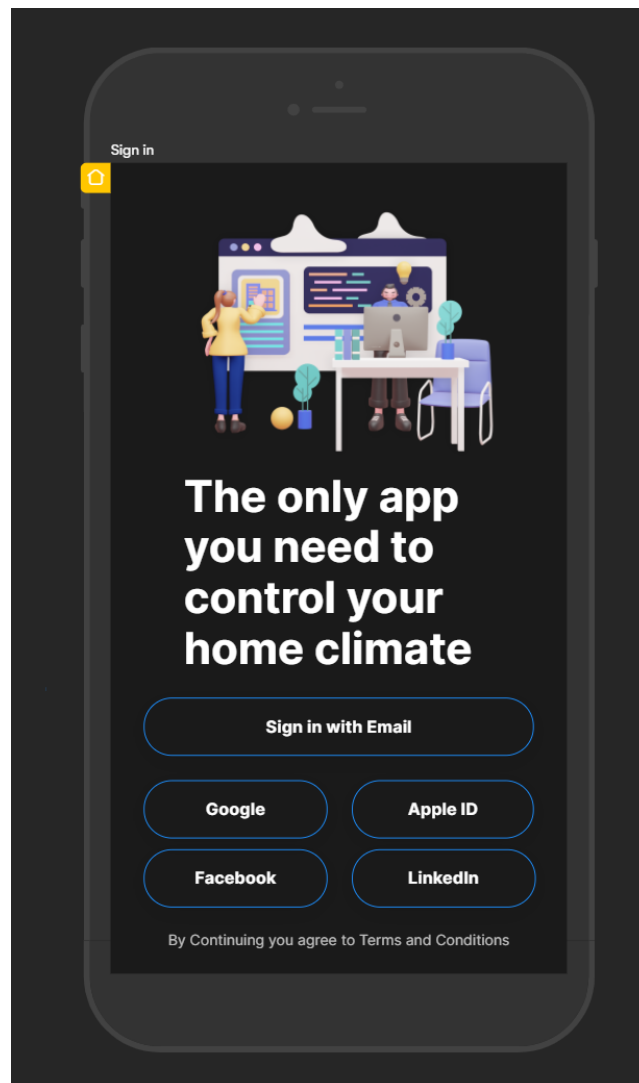
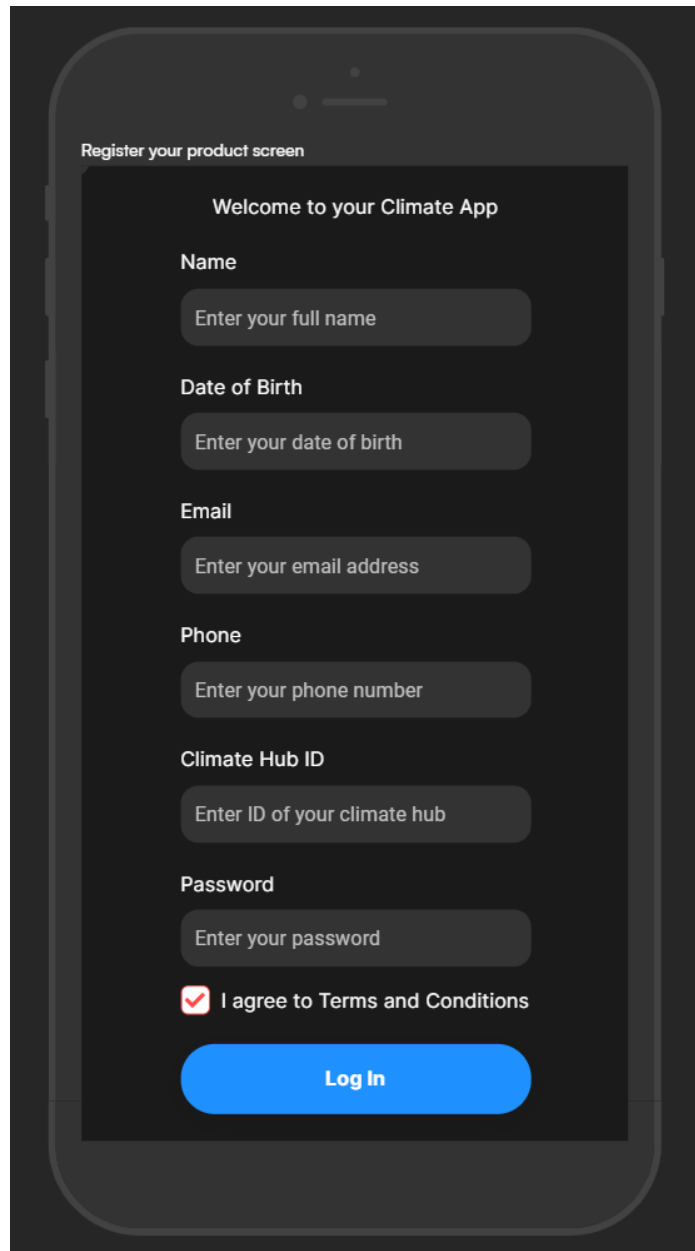


Рисунок 4.1. Перша сторінка додатку

На цій сторінці користувач може вибрати з декількох варіантів авторизації у додатку: з адресою електронної пошти, з аккаунтом Google або Apple ID, з аккаунтом Facebook або LinkedIn.

На рис 4.2 зображена наступна сторінка мобільного додатку: реєстрація нової локальної системи Розумного Будинку у хмарному сервісі.



The image shows a mobile application registration screen. At the top, it says "Register your product screen". Below that, it says "Welcome to your Climate App". The form contains several input fields: "Name" (with placeholder "Enter your full name"), "Date of Birth" (with placeholder "Enter your date of birth"), "Email" (with placeholder "Enter your email address"), "Phone" (with placeholder "Enter your phone number"), and "Climate Hub ID" (with placeholder "Enter ID of your climate hub"). There is also a "Password" field (with placeholder "Enter your password"). Below the password field, there is a checkbox labeled "I agree to Terms and Conditions" which is checked. At the bottom of the form, there is a blue button labeled "Log In".

Рисунок 4.2. Сторінка реєстрації нового продукту

В залежності від вибраного варіанту на попередній сторінці, ця форма матиме дещо інший вигляд. Запропонований прототип відповідає варіанту реєстрації за електронною адресою: користувач має ввести власне ім'я, дату

народження, електронну адресу, мобільний телефон, пароль користувача та індивідуальний ідентифікуючий номер свого локального контролеру, що зазначено на корпусі приладу.

У ситуації, коли користувач вибирає інший варіант реєстрації (Google або Apple ID або Facebook або LinkedIn), додаток перевіряє чи авторизований користувач на даному мобільному пристрої у вибраній системі. Якщо так, уся доступна публічна інформація про користувача надається додатку і зберігаються у хмарному сховищі даних. Якщо ні, користувачу буде запропоновано авторизуватися в обраній ним системі.

Але у будь-якому випадку користувач має ввести індивідуальний ідентифікуючий номер свого локального контролеру Розумного Будинку, щоб довести що його прилад не є підробкою та був придбаний законним шляхом. Також користувач має надати свою згоду з політикою конфіденційності, з якою він може ознайомитись за посиланням у мобільному додатку.

Сторінка реєстрації нового користувача в існуючій системі Розумного Будинку виглядає так само, але в цьому випадку ідентифікуючий ключ локального контролеру вже зареєстровано у хмарному сервісі, тож новий користувач буде під'єднаний до існуючої системи за цим ключем, замість реєстрації нової локальної системи Розумного Будинку.

Якщо ж користувач реєструється за запрошенням від адміністратора існуючої системи Розумного Будинку, для нього немає необхідності вводити індивідуальний ключ локального контролеру, адже він вже відомий системі з посилання, за яким реєструється користувач. Процес відбувається наступним чином: адміністратор системи натискає “Запросити користувача” у персональному кабінеті у мобільному додатку, вводить електронну адресу нового користувача та висилає запрошення. Лист надходить новому користувачу на електронну адресу, де є посилання на скачування додатку, у цьому посиланні вже є інформація щодо ідентифікуючого ключа системи Розумного Будинку. Тож коли користувач переходить за посиланням, йому вже не потрібно вводити ключ, він тільки вводить власну персональну інформацію.

На рис 4.3 зображено одну з головних сторінок додатку: сторінку управління кімнатами системи Розумного Будинку. Тут адміністратор або користувач (за умовою наявності дозволу від адміністратора) можуть додавати або змінювати параметри існуючих віртуальних кімнат системи.

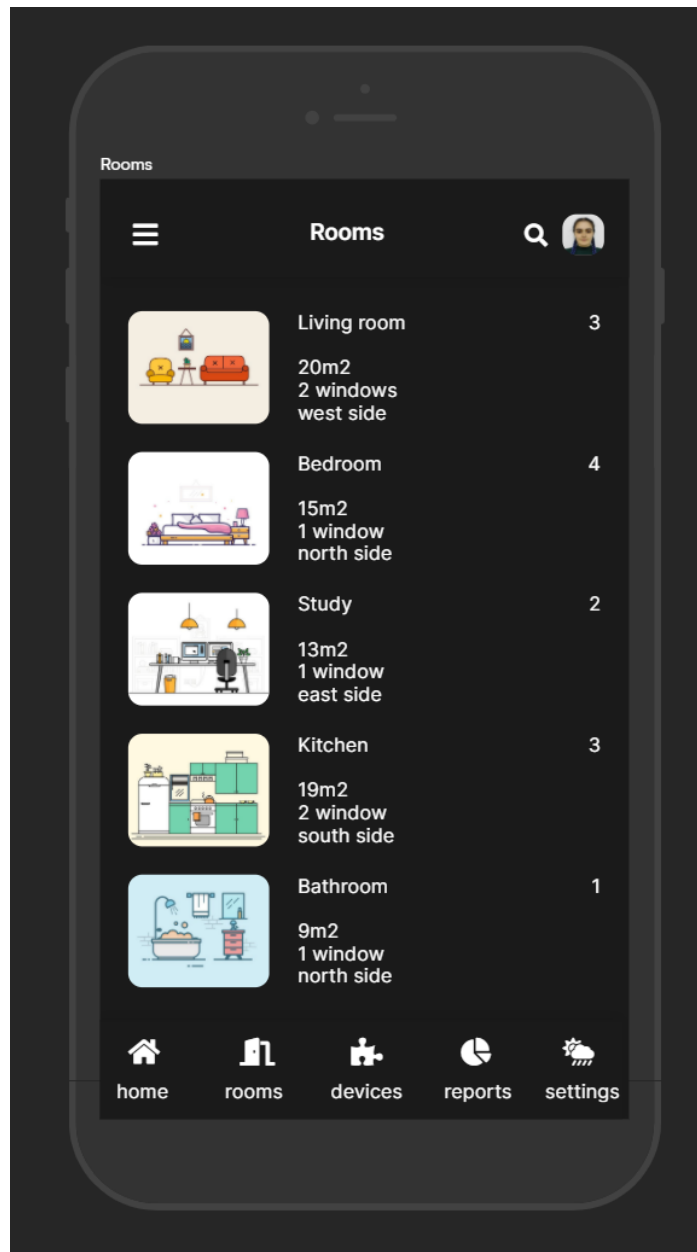


Рисунок 4.3. Сторінка управління кімнатами системи Розумного Будинку

За допомогою використання цієї функції, користувачі можуть встановлювати індивідуальні параметри мікроклімату у кожному приміщенні в залежності від уподобань мешканця цього приміщення.

Для кожної  $x$  додатних кімнат, користувачі можуть додати інформацію про площу приміщення, кількість вікон в приміщення, сторону будинку, в якому знаходиться приміщення (північна, південна, східна, західна, сонячна або не сонячна). За допомогою цієї додаткової інформації про приміщення, мікросервіс управління кліматичною технікою може приймати більш зважені рішення щодо керування наявними в приміщенні приладами.

Обмежень щодо кількості кімнат немає.

На рис 4.4 зображено сторінку конкретної кімнати всередині системи Розумного Будинку.

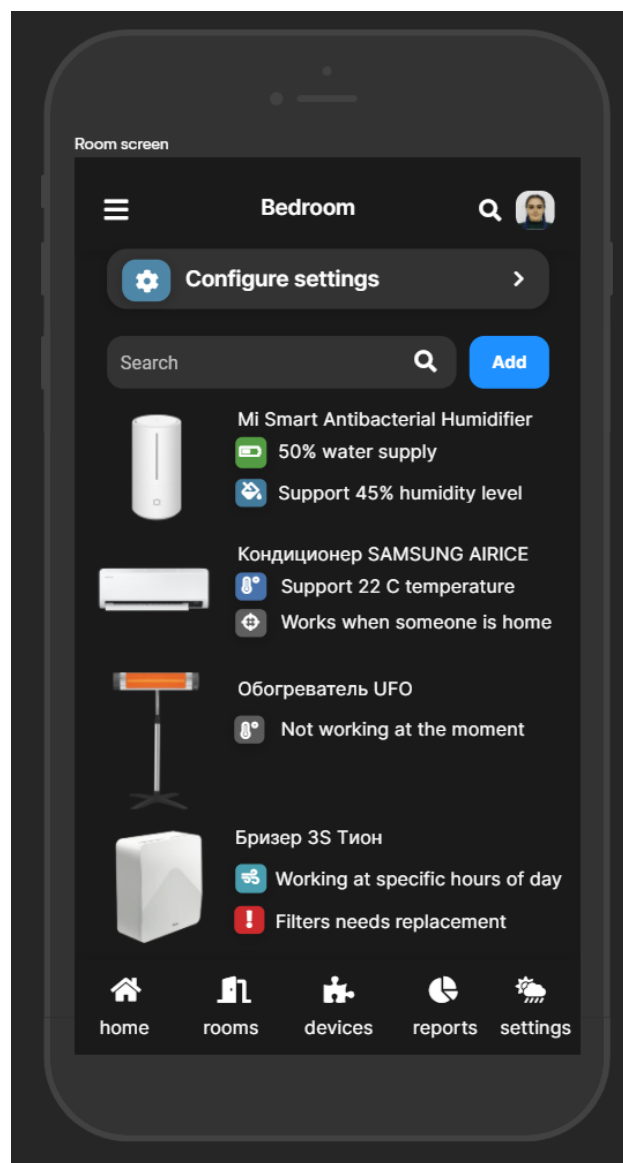


Рисунок 4.4. Сторінка управління приладами кімнати системи

Тут користувач має можливість переглянути прилади, що наявні в цій кімнаті, їх поточний статус роботи, рівень доступних ресурсів за необхідності. Також користувач може перейти на сторінку налаштування мікрокліматичних параметрів цієї кімнати, або на сторінки налаштування кожного конкретного підключеного приладу. Крім цього, адміністратор або користувач (за умовою наявності дозволу від адміністратора), можуть додавати нові прилади до віртуальної кімнати системи. Обмежень щодо кількості приладів у кімнаті немає. Бачимо, що кожен з підключених приладів має індивідуальні повідомлення щодо стану приладу.

На рис 4.5 зображено сторінку кліматичних параметрів кімнати, де користувач може задати бажані значення для усіх доступних налаштувань.

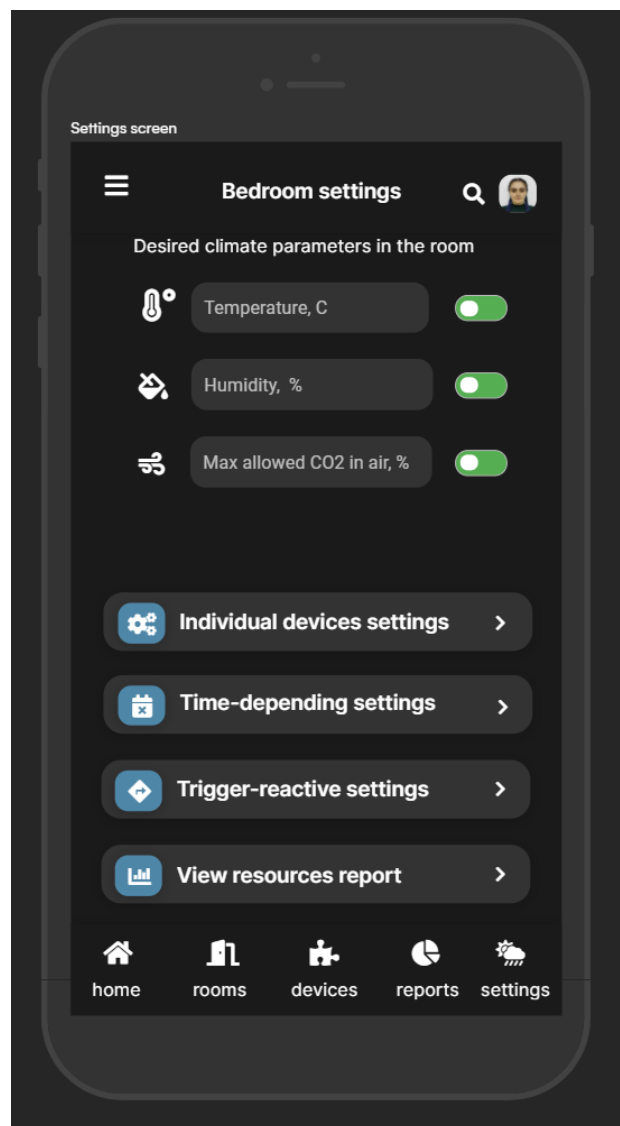


Рисунок 4.5. Сторінка налаштувань кліматичних параметрів кімнати

Список доступних для налаштувань кліматичних параметрів створюється динамічно для кожної кімнати при переході на цю сторінку використовуючи список підключених у кімнаті приладів. Наприклад, налаштування бажаної вологості повітря відображається для даної кімнати тільки якщо зволожувач повітря встановлений у цій кімнаті (або інша кліматична техніка, що має функцію зволоження повітря, як фільтри повітря, наприклад). Так само, налаштування температури повітря доступно тільки за умови наявності в кімнаті кліматичної техніки, що впливає на температуру повітря (кондиціонер, радіатор, електропідігрівач, тощо).

Крім цього, мінімальне та максимальне значення для кожного налаштування вираховується динамічно в залежності від максимального та мінімального значення цього параметру на підключеному приладі. Наприклад, якщо кондиціонер може охолоджувати повітря в кімнаті від 28 до 16 градусів по Цельсію, саме ці значення будуть встановлені як мінімальне і максимальне значення параметру при налаштуванні бажаної температури повітря у цій кімнаті.

Уся інформація, що використовується хмарним сервісом системи для створення цієї динамічної сторінки у мобільному додатку, надається кожним приладом від час його підключення до системи. Деякі з параметрів є обов'язковими для підключення приладу. Кожна одиниця підключеної кліматичної техніки має надати інформацію щодо функцій, яка вона виконує: на які параметри мікроклімату впливає прилад, якими є максимальне і мінімальне доступне значення параметру, умови використання приладу, додаткові функції приладу, тощо.

Крім цього, на цій сторінці мобільного додатку користувач може задати інші налаштування для кліматичних параметрів в залежності від часу: години дня, дня тижня, конкретної дати, тощо. Таким чином, користувач може налаштувати нижчу температуру повітря для ночі (за вподобанням конкретної людини), перевести прилади у більш економний режим роботи у робочі часи

тижня, коли нікого немає у кімнаті (для економії ресурсів), або вимкнути всі чи деякі з приладів на час відпустки.

На цій сторінці користувач може задати налаштування в залежності від певних подій, що можуть статися в приміщенні. Наприклад, вмикати кондиціонер коли людина знаходиться у приміщенні (вимикати коли нікого немає в приміщенні), закривати електронні жалюзі коли світить яскраве сонце, вимикати кондиціонер якщо відчинені двері у кімнату, тощо. Звичайно, список доступних “тригерів” події залежить від списку встановлених приладів (особливо датчиків у системі): якщо у кімнаті немає інфрачервоного датчика, система не може визначити, чи є людина в кімнаті чи ні; якщо у кімнаті немає датчика освітленості, система не може визначити, чи світить яскраве сонце у вікно чи ні, тощо. Так саме, список “реагуючих” подій залежить від встановлених виконавчих приладів у кімнаті: дія “закрити електричні жалюзі” доступна тільки коли жалюзі встановлені у кімнаті, тощо.

Не менш актуальною функцією на цій сторінці мобільного додатку є керування індивідуальними приладами, що встановлені у кімнаті. Адже можливості сучасної кліматичної техніки не обмежуються керуванням температурою або вологістю повітря, вони є набагато обширні. Наприклад, деякі моделі зволожувачів повітря підтримують функцію ароматизації повітря (але не всі). Саме для налаштування таких додаткових функцій, користувач може перейти до розділу керування приладами кімнати, де він може вибрати конкретний прилад, переглянути його можливості та вибрати режим роботи цього приладу вручну.

Крім цього, бувають випадки, коли користувач бажатиме вибрати режим роботи приладу вручну (наприклад, щоб охолодити повітря у кімнаті якнайшвидше, користувач вибере найпотужніший режим роботи свого кондиціонеру). Такі команди керування приладом матимуть вищий пріоритет ніж автоматичне керування приладом хмарним мікросервісом керування кліматичною технікою, тож вибраний користувачем режим роботи буде підтримуватися системою поки він не буде скасований самим користувачем.

На рис 4.6 зображено сторінка керування індивідуальним кліматичним приладом на прикладі зволожувача повітря.

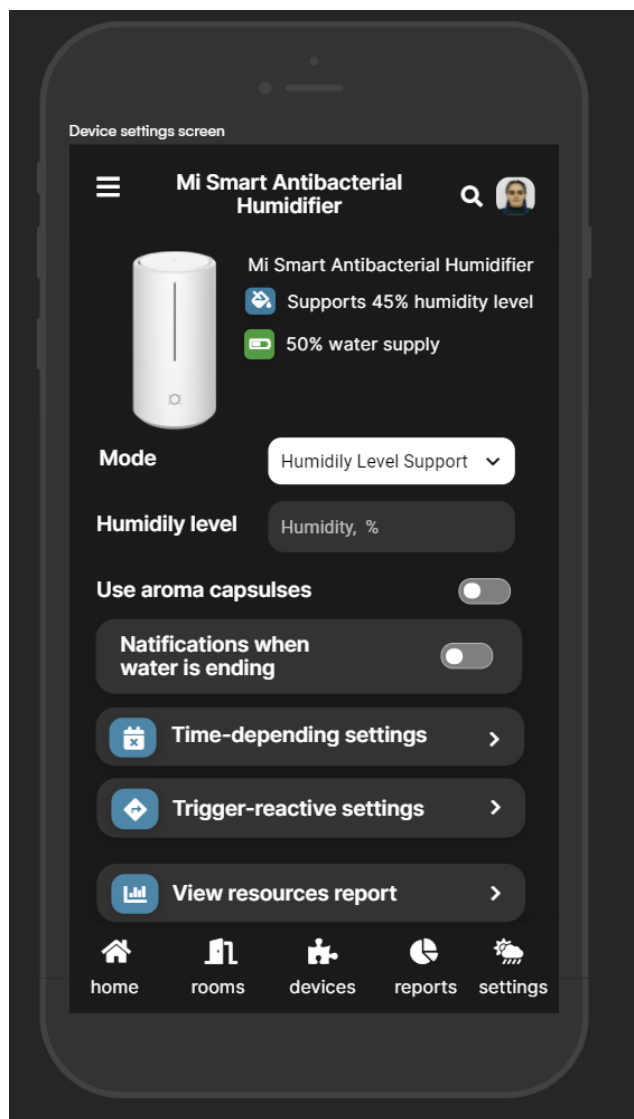


Рис 4.6. Сторінка індивідуального кліматичного приладу

Тут користувач може переглянути загальну інформацію про прилад: модель та виробник приладу, коли він був підключений до системи, який рівень доступних приладу ресурсів, які є доступні режими роботи приладу, які є додаткові режими роботи приладу, тощо.

Наприклад, зображений на прототипі кліматичний прилад - зволожувач повітря - має 50% рівень заповнюваності баку приладу водою. Зволожувач має 3 режими інтенсивності зволоження повітря, а також режим підтримання рівня

вологості повітря, саме він вибраний на даний момент. Для цього режиму внизу відображено форму вводу бажаного рівня вологості повітря (від 30% до 80% з шагом 5%). Крім цього, прилад має можливість ароматизувати повітря, якщо встановлено спеціальні арома капсули. На даний момент ця функція вимкнена, тож ми не бачимо стану цієї функції (чи встановлена капсула).

Для кожного приладу, що створює будь-які повідомлення користувачеві, існує можливість виключити ці повідомлення від конкретного приладу. Наприклад, зволожувач повітря може повідомляти коли він має менше ніж 10% заповненість баку водою, або коли закінчується арома капсула. Якщо користувач не бажає бачити ці повідомлення, він може вимкнути усі повідомлення від цього приладу, або деякі з видів повідомлень.

На цій сторінці користувач може налаштувати роботу цього конкретного приладу в залежності від часу: години дня, дня тижня, конкретної дати, тощо. Принцип налаштування такий самий, як налаштування кліматичним параметрів в залежності від часу, тільки тут для користувача доступні налаштування тільки цього конкретного приладу.

Так само, тут доступна функція налаштування роботи приладу в залежності від “тригер” подій у кімнаті. Наприклад, вимкнути зволожувач повітря коли нікого немає в кімнаті.

Також тут доступна функція перегляду репортів стосовно саме цього приладу: коли та у якому режимі працював прилад у конкретний період часу, скільки ресурсів (води, електроенергій, арома капсул, тощо) використав зволожувач повітря за конкретний проміжок часу, які керуючі команди, коли та від кого поступали на цей прилад, тощо.

Весь цей широкий вибір налаштувань робить проектовану систему Розумного Будинку дійсно гнучкою та функціональною в плані керування мікрокліматом та приладами.

За аналогією до більшості існуючих персональних систем, спроектована система Розумного Будинку має персональний кабінет користувача, де він може

змінити персональні дані та дані авторизації, внести зміни до налаштувань повідомлень від додатку (рис 4.7). Адміністратору можуть запросити нових користувачів до системи Розумного дому та змінити рівень доступу для існуючих користувачів.

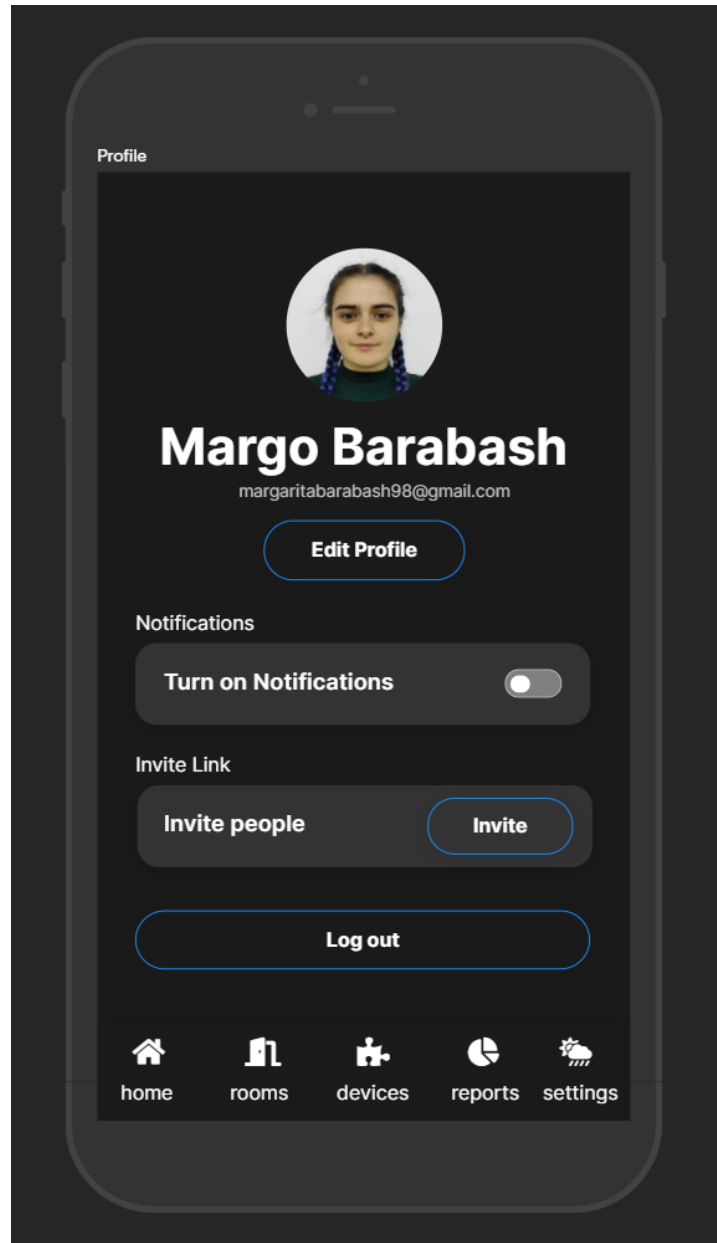


Рисунок 4.7. Сторінка налаштувань даних користувача

## ВИСНОВКИ

1. В ході виконання роботи було виконано аналіз та порівняння існуючих рішень щодо створення систем Розумного Будинку, які доступні на ринку, та їх функціонал.

2. Було запропоновано алгоритми роботи інформаційно-аналітичної IoT системи клімат-контролю для забезпечення повного циклу функціонування системи включаючи реєстрацію користувачів і пристроїв та автономне функціонування системи з метою підтримки заданих кліматичних умов у приміщеннях, а також функціонування системи у ручному режимі при віддаленому доступі користувачами.

3. Було розроблено архітектурну модель інформаційно-аналітичної IoT системи клімат-контролю в Smart House, що має наступні переваги над існуючими системами Smart House:

- можливість об'єднання в єдину систему сторонні кліматичні прилади будь-яких виробників;
- гнучкі налаштування роботи IoT системи з метою керування підключеними приладами для підтримання оптимальних умов мікроклімату приміщення;
- можливість збереження та перегляду даних щодо використаних приладами системи ресурсів, з метою оптимізації налаштувань і економії.

4. Створено прототип мобільного додатку для керування системою, що включає в себе керування користувачами, пристроями та віддалене керування кліматом у будинку.

5. Запропоновано декілька варіантів потенційних шляхів розвитку системи.

6. Написано та опубліковано тези на тему «Залежність інтенсивності вентиляції від вмісту вуглекислого газу в повітрі за допомогою IoT речей» в XV

міжнародній науково-технічній конференції Проблеми інформатизації 11 – 12 квітня 2020 року.

Було написано на опубліковану статтю на тему “Системи Розумного Будинку, засновані на IoT” у LXI міжнародній конференції «Розвиток науки в XXI столітті» 13 червня 2020 року.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барабаш М.О., М.В. Гладка, «Залежність інтенсивності вентиляції від вмісту вуглекислого газу в повітрі за допомогою IoT речей» // Матеріали XV міжнародній науково-технічній конференції Проблеми інформатизації 11 – 12 квітня 2020 року.
2. Барабаш М.О. “Системи Розумного Будинку, засновані на IoT” // Матеріали LXI міжнародної конференції «Розвиток науки в XXI столітті» 13 червня 2020 року
3. Stergioua C., Secure Integration of IoT and Cloud Computing. / Stergioua C, Psannis KE, Kimb B-G, Gupta B. // Elsevier, Future Generation Computer Systems. — 2018. Т. 78, No.3. — с 964 — 975.
4. Al-Kuwari M., Smart-Home Automation Using IoT-Based Sensing and Monitoring Platform, / Al-Kuwari M, Ramadan A, Ismael Y, Al-Sughair L, Gastli A, Benammar M. // IEEE. — 2018. — с. 12 — 14.
5. Datta T., Developer-friendly library for smart home IoT privacy-preserving traffic obfuscation, / Datta T, Apthorpe N, Feamster N. //Proceedings of the 2018 Workshop on IoT Security and Privacy. ACM. — 2018. — с. 43 — 48с.
6. Mao J., Application of Learning Algorithms in Smart Home IoT System Security. / Mao J, Lin Q , Bian J. // American Institute of Mathematical Sciences; — 2018. — с.26 — 30
7. Michael Miller, My Smart Home for Seniors — 2018 — с. 89-107
8. Saeed F., IoT-based intelligent modeling of smart home environment for fire prevention and safety. / Saeed F, Paul A, Rehman A, Hong WH, Seo H. // Journal of Sensor and Actuator Networks. — 2018. — с.44 — 48
9. Botta A., Integration of cloud computing and internet of things: A survey. / Botta A, de Donato W, Persico V. // Future Generation Computer Systems. — 2016. — с. 9—16

10. Soliman M., Smart home: Integrating internet of things with web services and cloud computing. / Soliman M, Abiodun T, Hamouda T, Zhou J, Lung C-H. // International Conference on Cloud Computing Technology and Science; IEEE. — 2013. — c.15—23
11. Aditi Agarwal, Emerging Technology Trends — 2018 — c. 22-41
12. Paschke A., RuleBased Event Processing and Reaction Rules. / Paschke A, Kozlenkov A. // London: Betfair Ltd; — 2009. — c. 26 — 32
13. Khan N.S., Realtime analysis of a sensor’s data for automated decision making in an IoT-based smart home. Sensors. / Khan NS, Ghani S, Haider S. // 18:1711. DOI: 10.3390/s18061711 — 2018. — c. 66 — 69
14. Malik R., Rule based event management systems. / Malik R, Parameswaran N, Ghose U. // Proceedings of the 25th International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference. Association for the Advancement of Artificial Intelligence; — 2012. — c.14 — 15
15. Selena Cole, 500 New Things to Ask Alexa — 2018 — c. 18-26
16. Vinodhan D., IOT based smart home. / Vinodhan D, Vinnarasi A. // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). — 2016. — c. 32 — 39
17. Jian MS, IOT Base Smart Home Appliances by Using Cloud Intelligent Tetris Switch / Jian MS, Wu JY, Chen JY, Li YJ, Wang YC, Xu HY. — ICACT, ISBN 978-89-968650-9-4, — 2017. — c. 11-14
18. Risteska Stojkoska BL, A review of internet of things for smart home: Challenges and solutions./ Risteska Stojkoska BL, Trivodaliev KV. // Journal of Cleaner Production. Ч 3. — 2017. — c. 23-28
19. Jeff Ward, 5 Easy Steps To A Smart Home — 2016 — c. 103-119
20. Li B, Research and application on the smart home based on component technologies and internet of things. / Li B, Yu J. // Elsevier, Procedia Engineering; Tom 15. — 2011. — c. 2-9

21. Abhishek Bhati, Energy conservation through smart homes in a smart city: A lesson for Singapore households / Abhishek Bhati, Michael Hansen, Ching Man Chan // *Energy Policy*, Выпуск 104 — Травень 2017 — с. 230-239
22. Eric Corzine, Achieve thermal control via the IoT / Eric Corzine, Rittal Corp // *Plant Services* — Травень 2017 — с. 1-10
23. Aigerim Bakatkaliyevna Altayeva, Intelligent Microclimate Control System Based on IoT / Aigerim Bakatkaliyevna Altayeva, Batyrkhan Sultanovich Omarov, and Young Im Cho // *Korean Institute of Intelligent Systems* — 25.12.2016 — с.1-15
24. S.Dhanalakshmi, IoT Based Indoor Air Quality and Smart Energy Management for HVAC System / S.Dhanalakshmi, M.Poongothai, Kaner Sharma // *Procedia Computer Science*, Выпуск 171 — 2020 — с. 1800-1809
25. Catalin Batrinu, ESP8266 Home Automation Projects — 2017 — с. 34-59
26. Min Li, Smart Home: Architecture, Technologies and Systems / Min Li, Wenbin Gu, Wei Chen, Wei Chen, Yannian Wu, Yiying Zhang // *Procedia Computer Science*, Выпуск 131 — 2018 — с. 393-400
27. Ashkan Haji Hosseinloo, Data-driven control of micro-climate in buildings: An event-triggered reinforcement learning approach / Ashkan Haji Hosseinloo, Alexander Ryzhov, Aldo Bischi, Henni Ouerdane, Konstantin Turitsyn, Munther A.Dahleh // *Applied Energy*, Выпуск 277 — 2020 — с. 115-129
28. Benjamin K.Sovacool, Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies / Benjamin K.Sovacool, Dylan D.Furszyfer Del Rio // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Выпуск 120 — 2020 — с. 109-118
29. Alexandra Schieweck, Smart homes and the control of indoor air quality / Alexandra Schieweck, Erik Uhde, Tunga Salthammer, Lea C.Salthammer, Lidia Morawska, Mandana Mazaheri, Prashant Kumar // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Выпуск 94 — 2018 — с. 705-718

30. Dylan D.Furszyfer Del Rio, Culture, energy and climate sustainability, and smart home technologies: A mixed methods comparison of four countries / Dylan D.Furszyfer Del Rio, Benjamin K.Sovacool, SteveGriffiths // Energy and Climate Change, Выпуск 2 — 2021 — с. 100-114

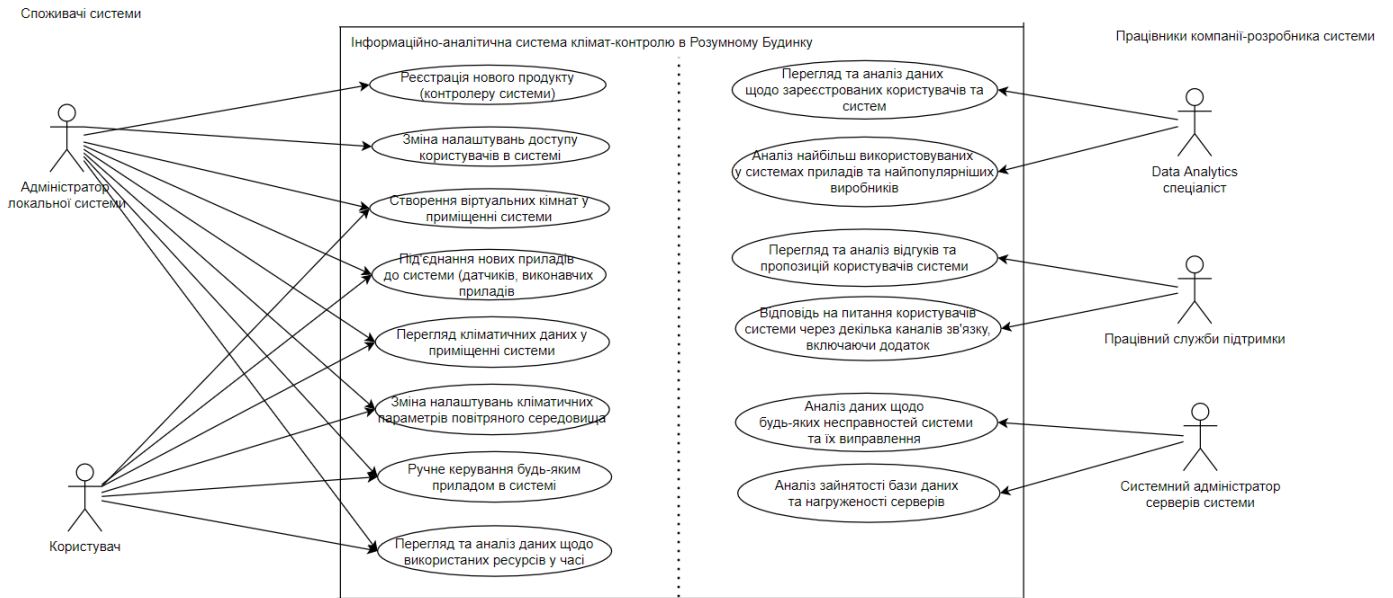
31. Brennan D.Less, Energy savings with outdoor temperature-based smart ventilation control strategies in advanced California homes / Brennan D.Less, Spencer M.Dutton, Iain S.Walker, Max H.Sherman, Jordan D.Clark // Energy and Buildings, Выпуск 194 — 2019 — с. 317-327

32. Zhihong Pang, How much HVAC energy could be saved from the occupant-centric smart home thermostat: A nationwide simulation study / Zhihong Pang, Yan Chen, Jian Zhang, Zheng O'Neill, Hwakong Cheng, Bing Dong // Applied Energy, Выпуск 283 — 2021 — с. 116-128

33. Zhe Hu, Emotional Design of Smart Home in Interior Decoration Based on The Internet of Things / Zhe Hu, Kexin Chen // Microprocessors and Microsystems — 2021 — с. 104-121

34.

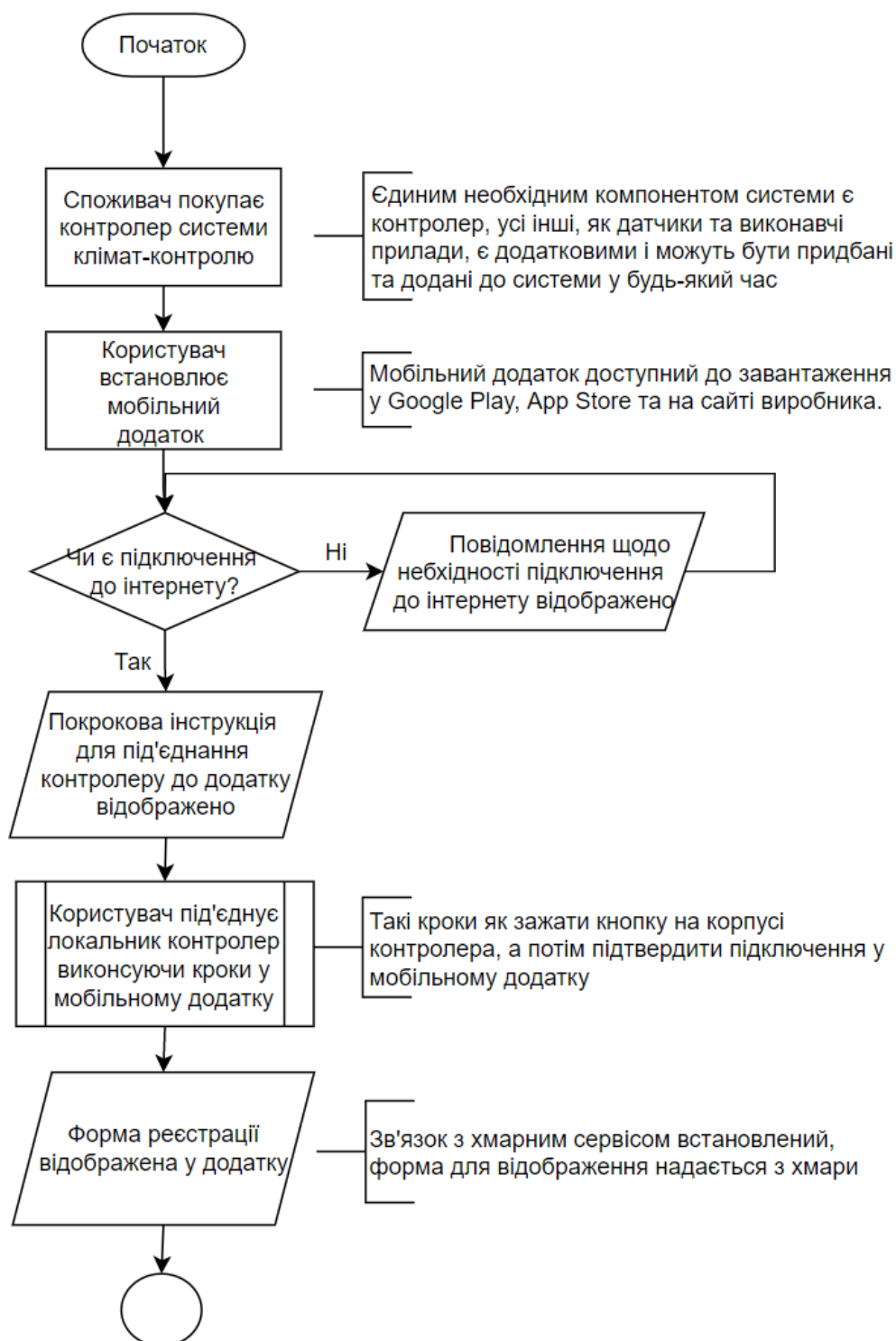
### Діаграма використання

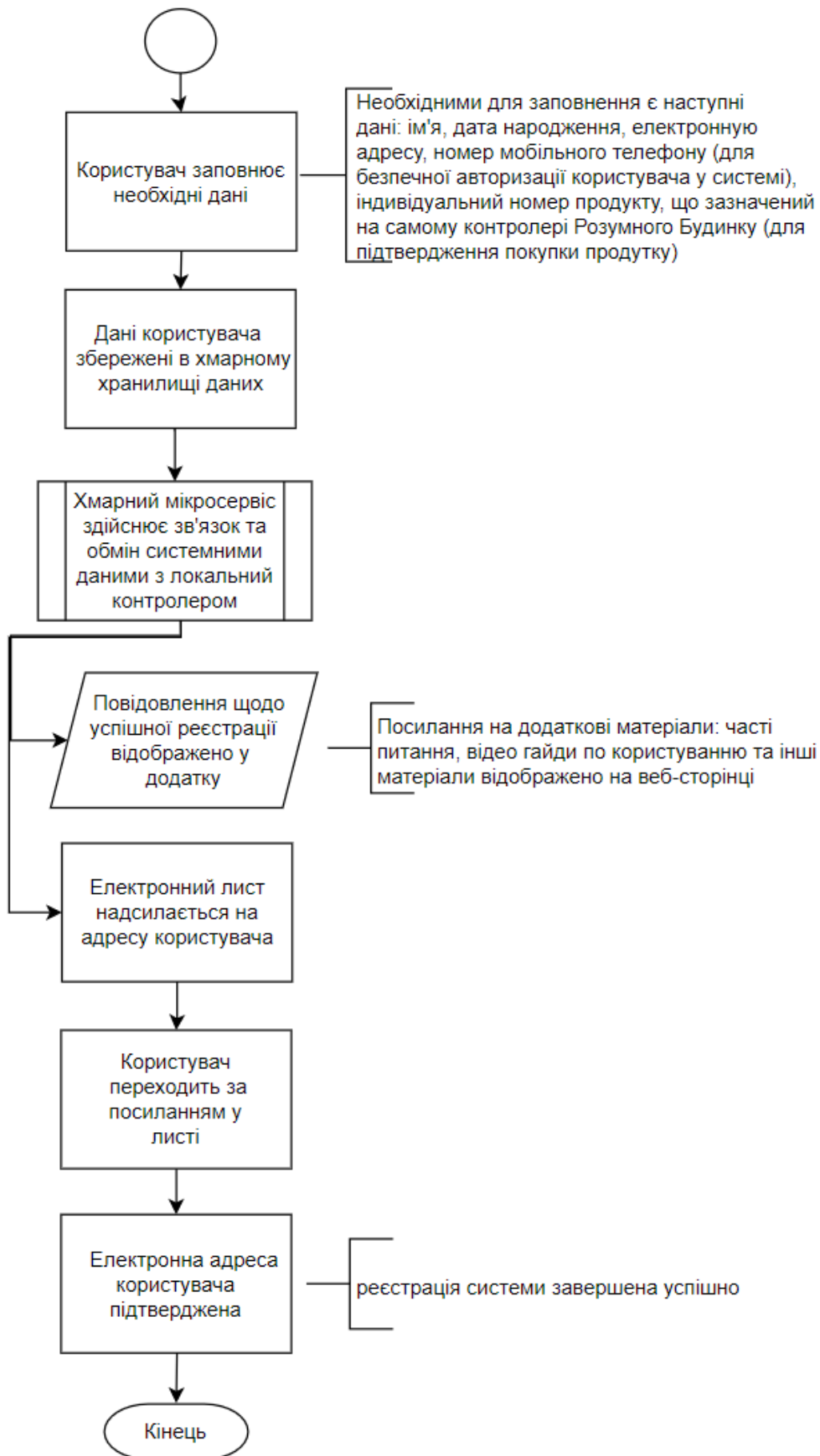


## Блок-схеми алгоритмів процесів системи

## Блок-схема алгоритму процесу реєстрації нового продукту в хмарному середовищі

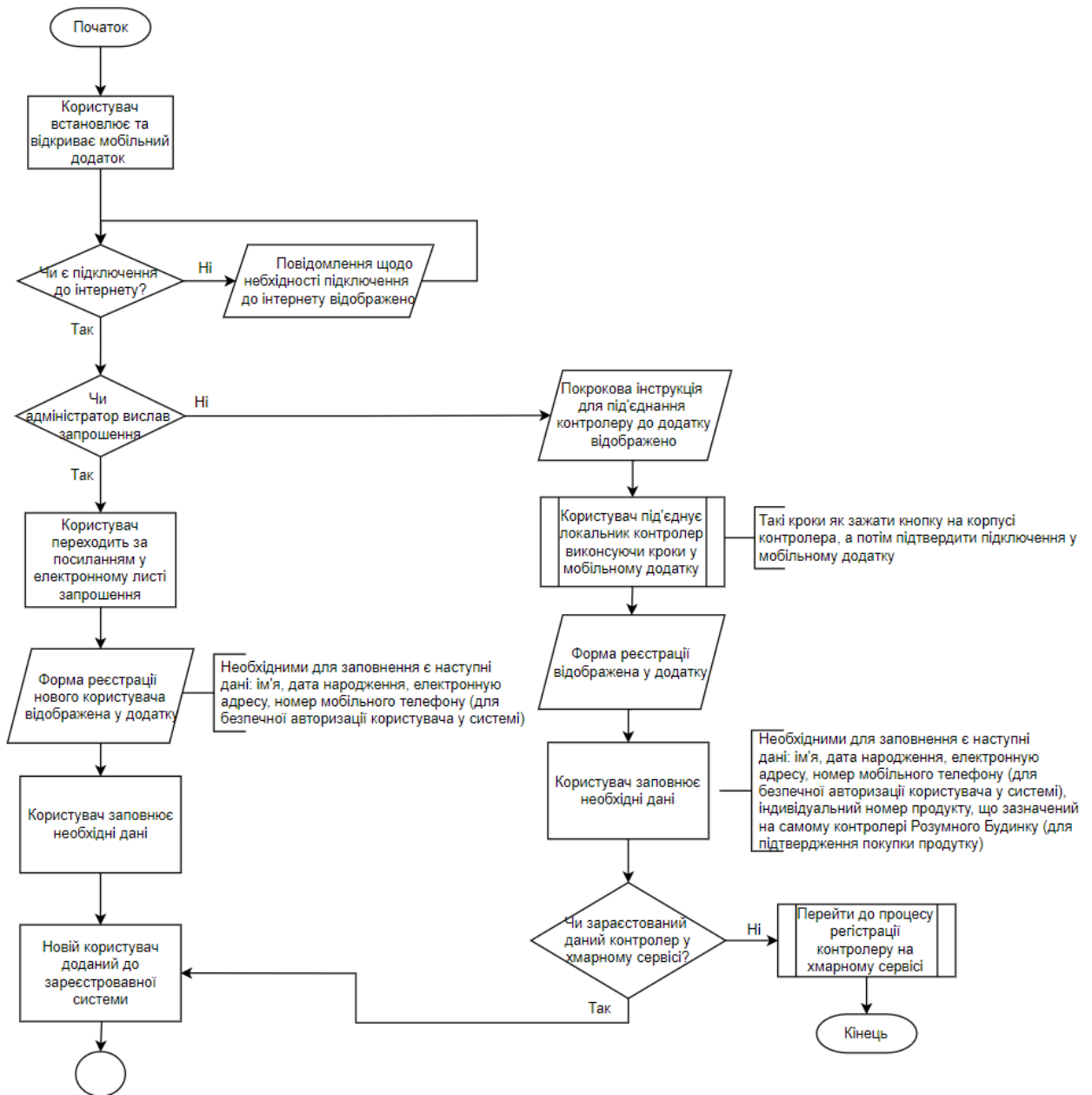
Реєстрація нового продукту в хмарному середовищі

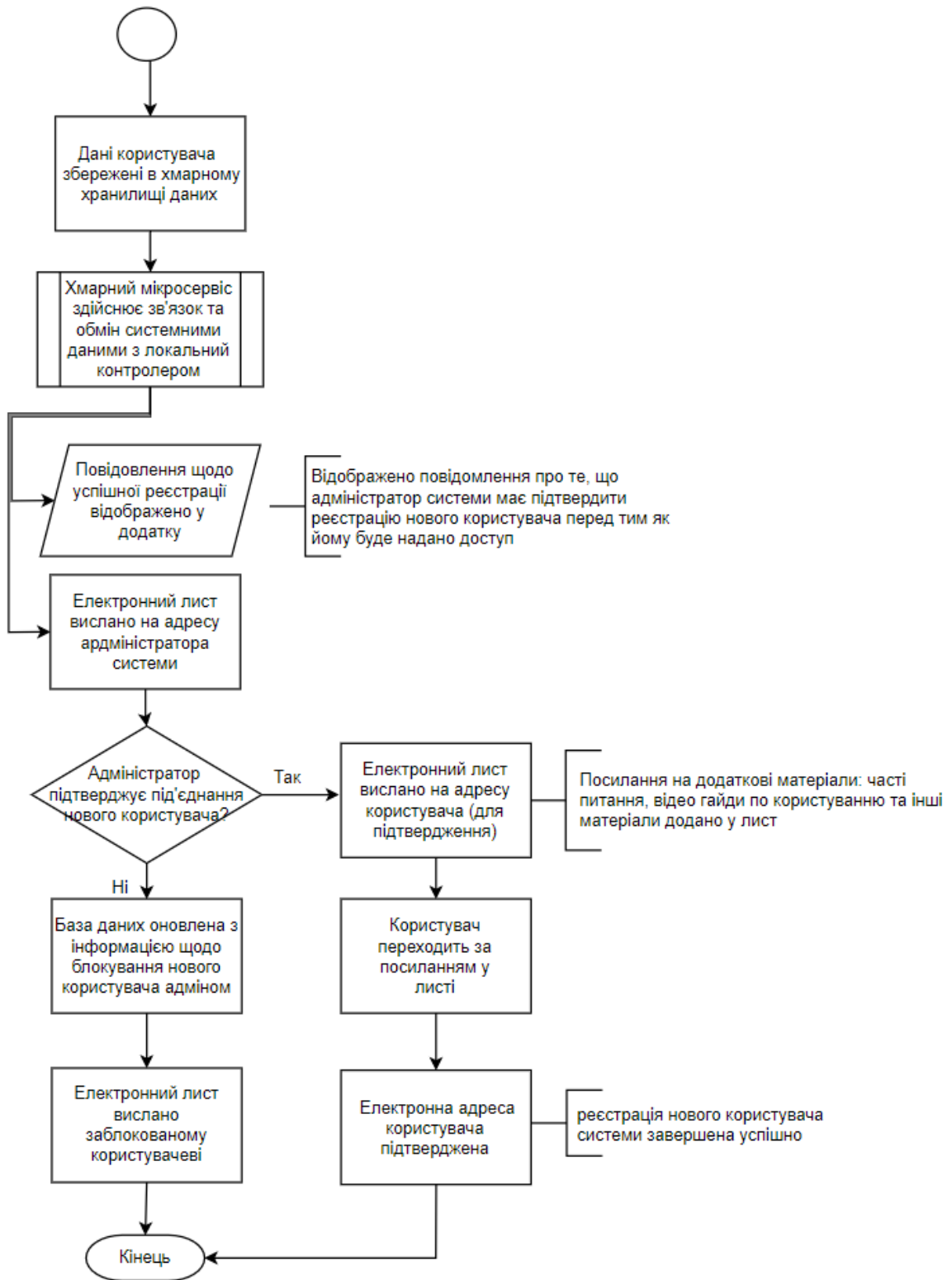




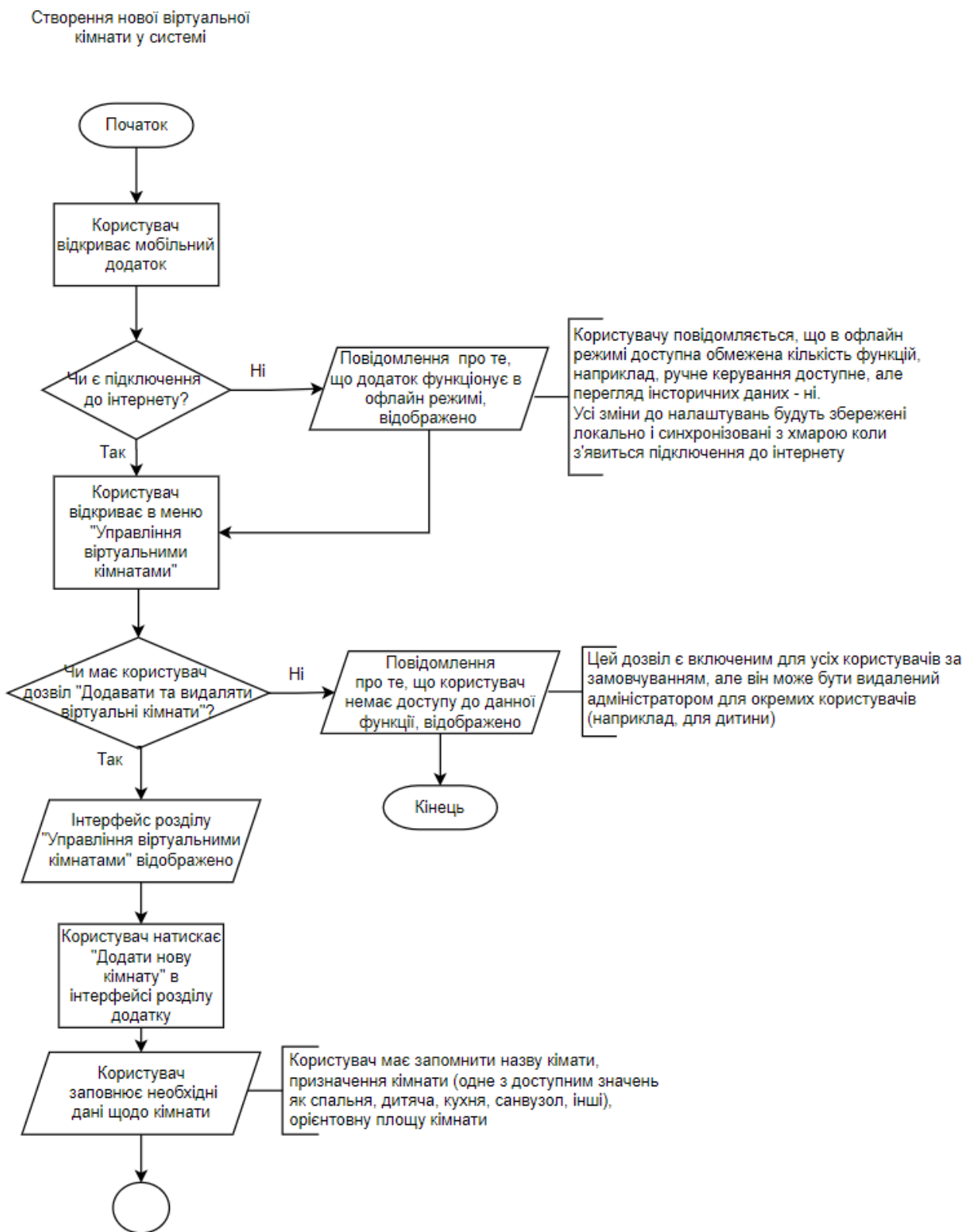
# Блок-схема алгоритму процесу реєстрації нового користувача у системі

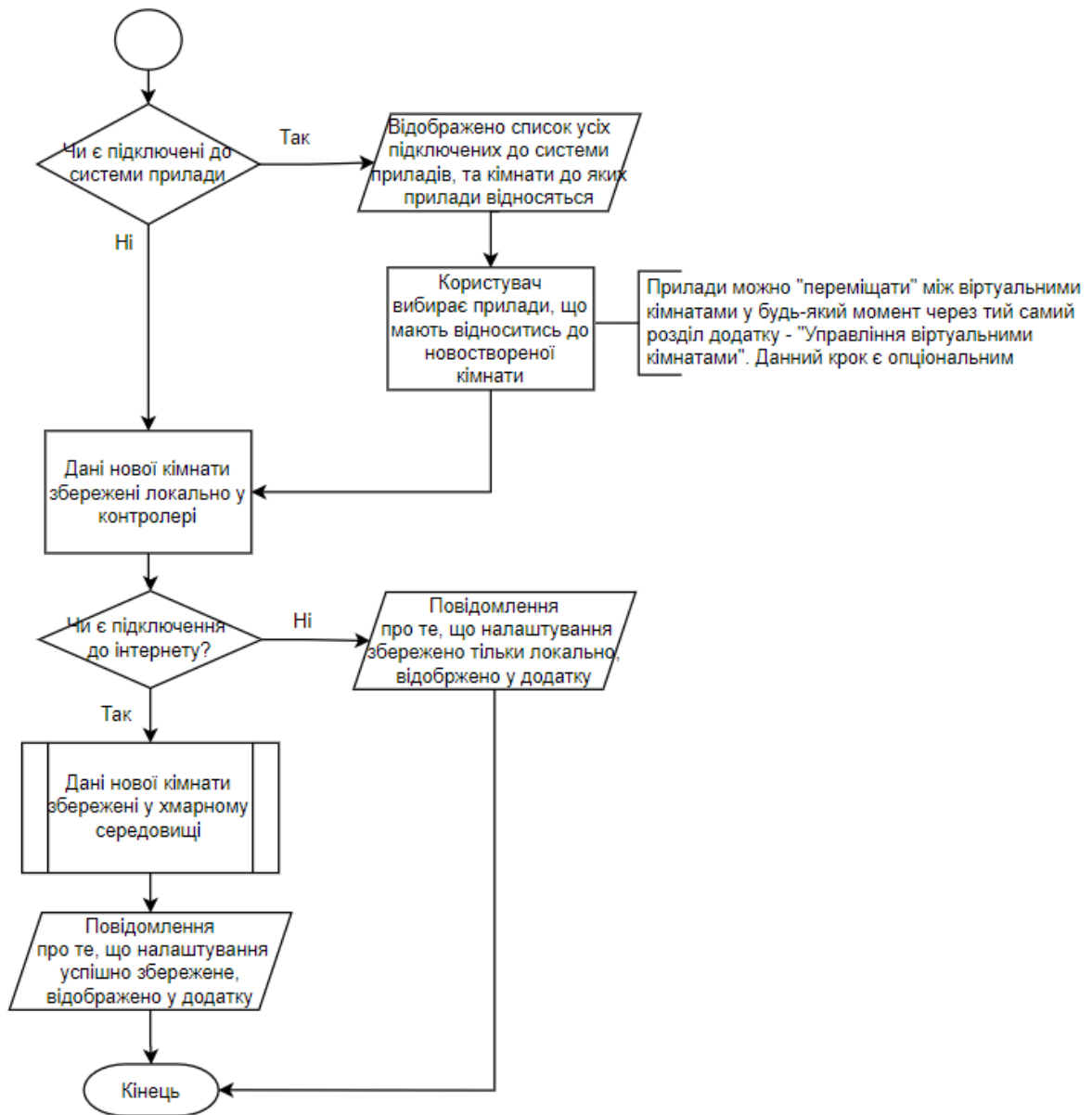
Реєстрація нового користувача існуючої системи



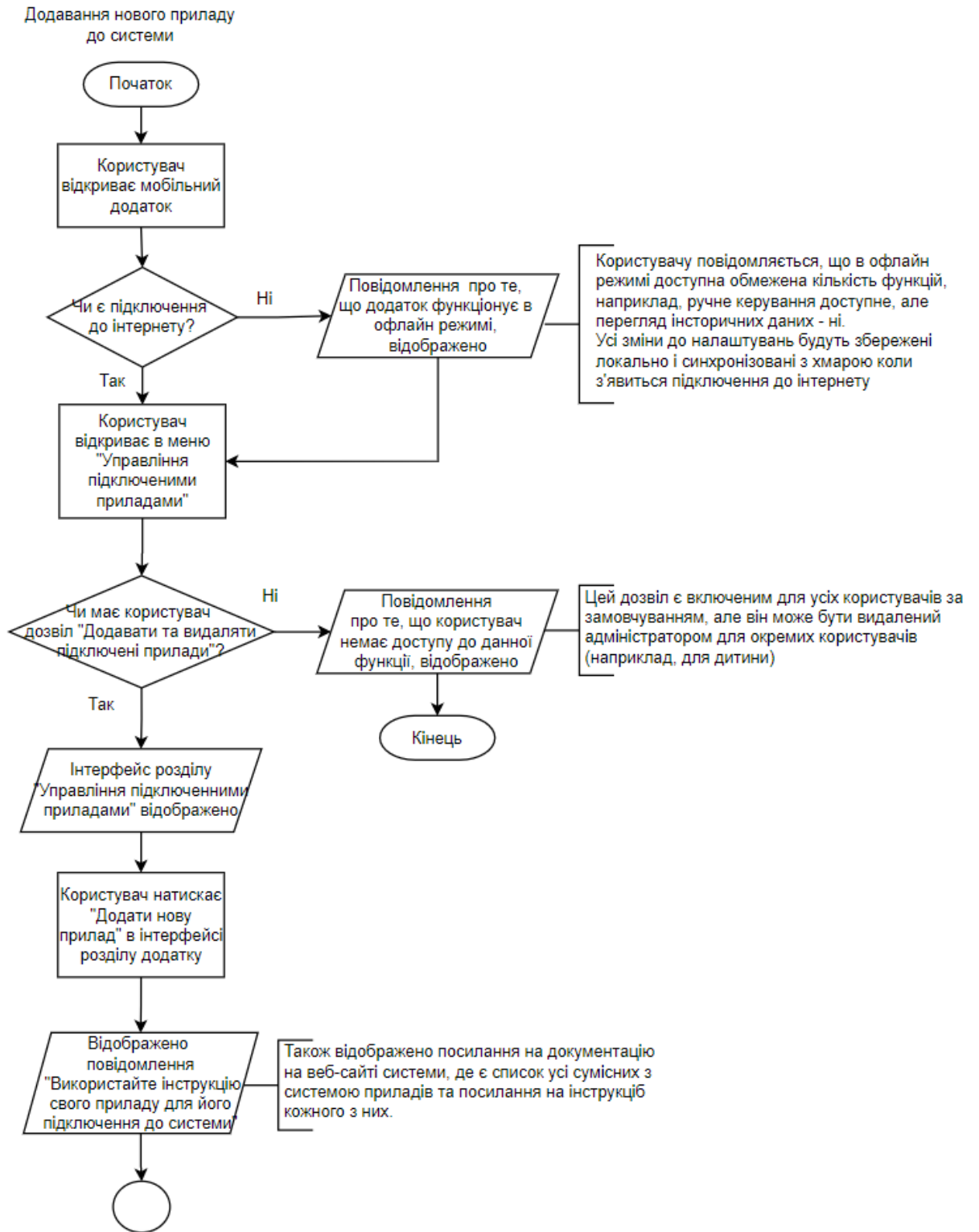


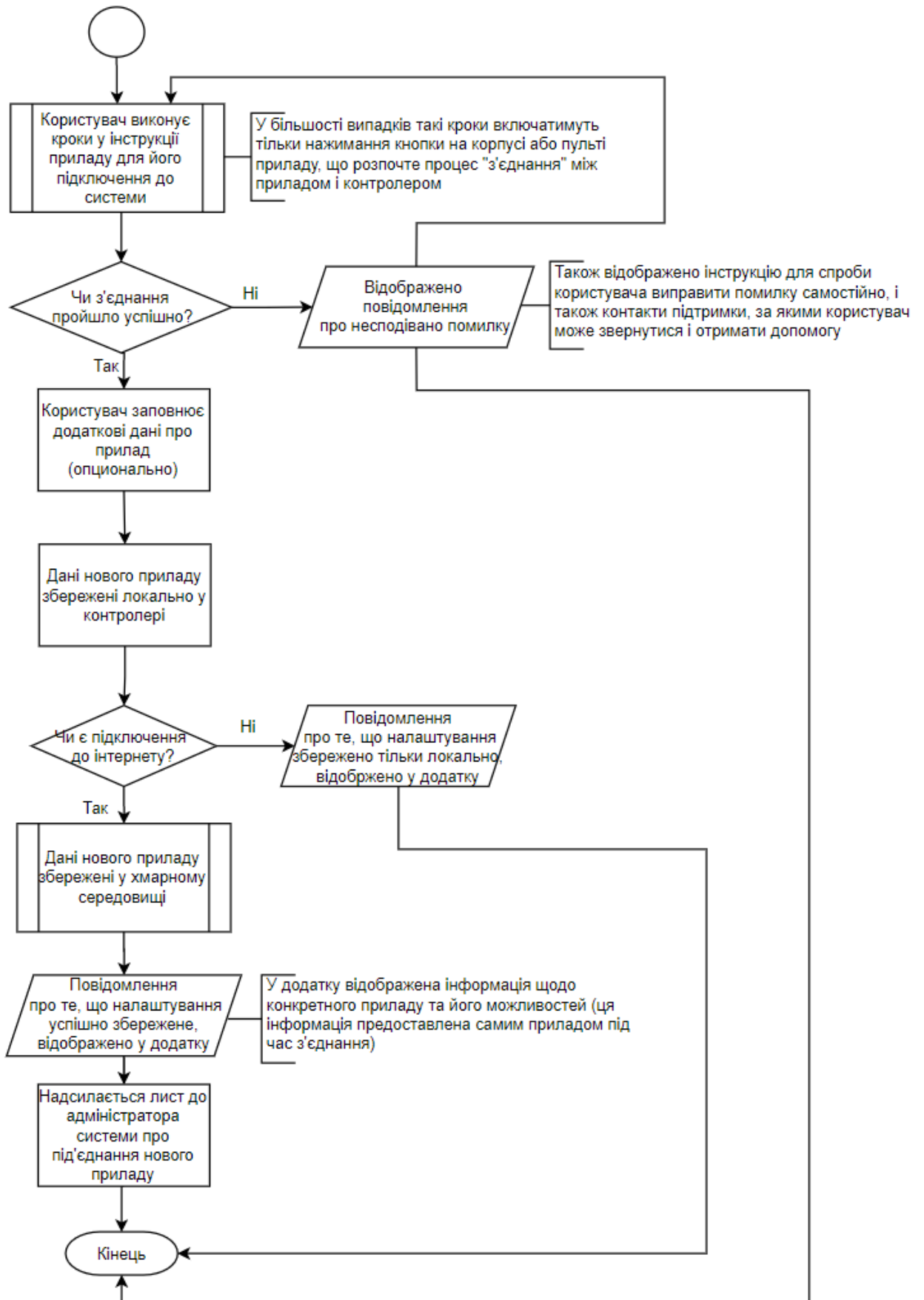
## Блок-схема алгоритму процесу створення нової віртуальної кімнати у системі



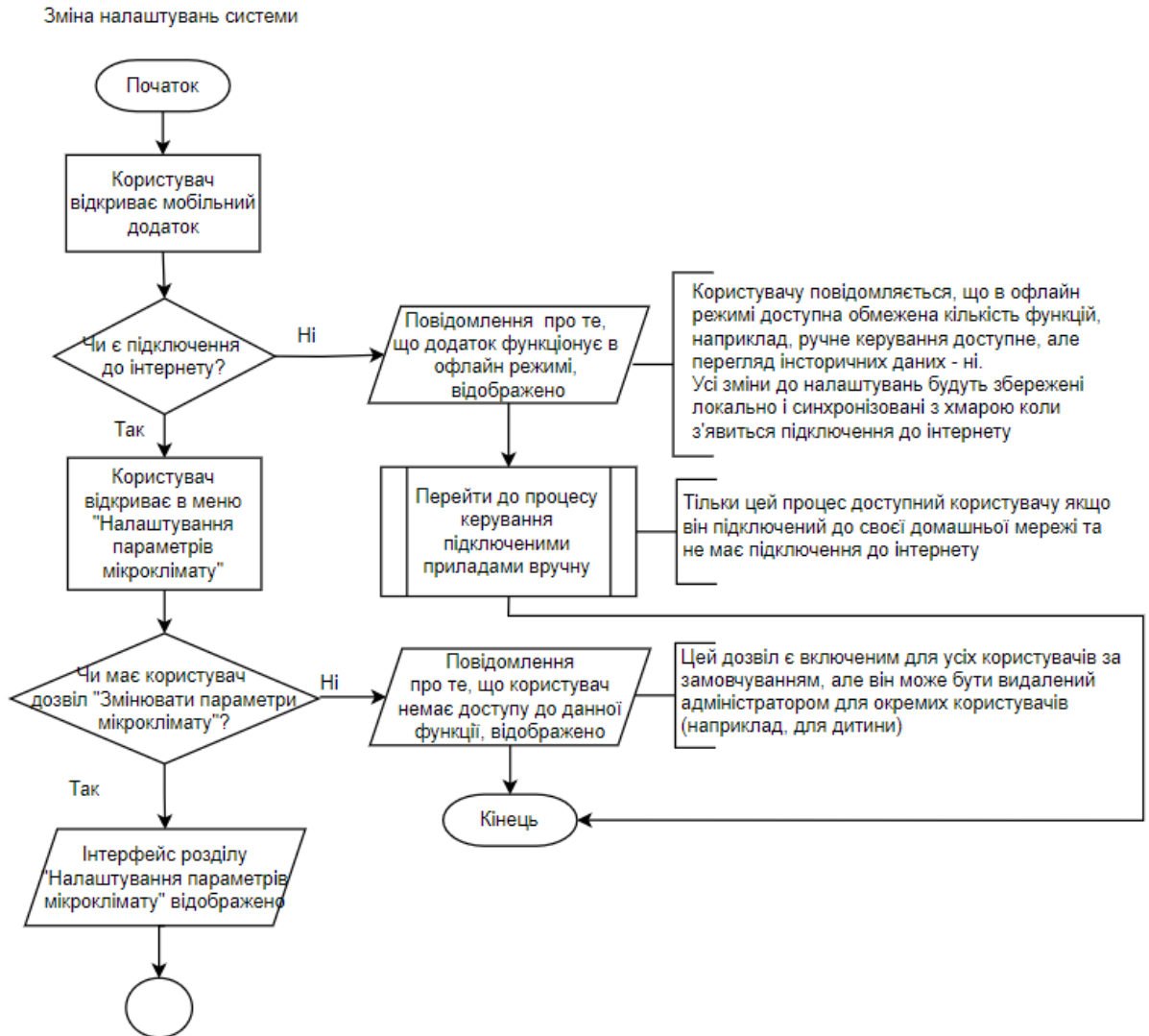


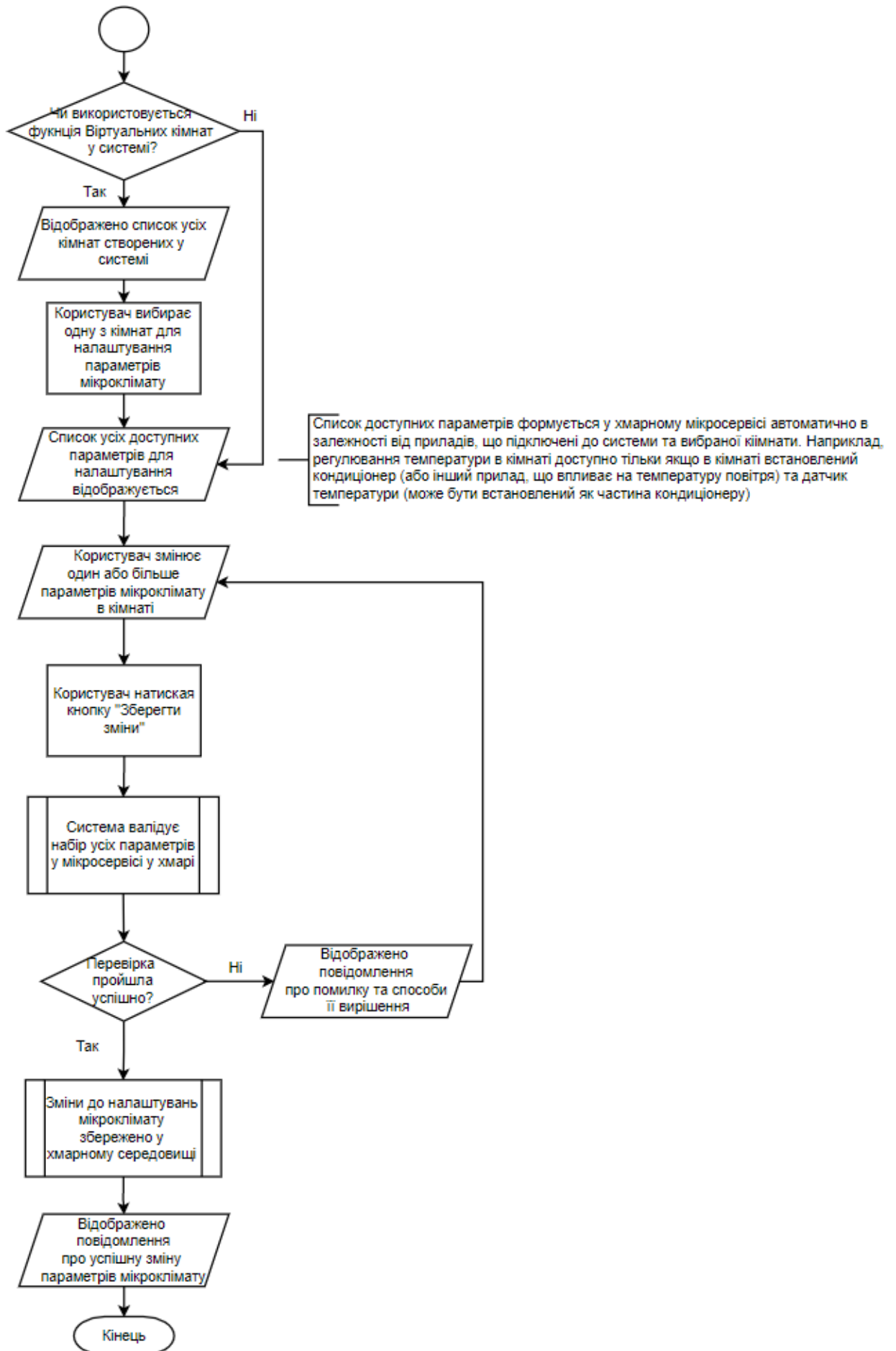
## Блок-схема алгоритму процесу додавання нового приладу до системи Розумного Будинку



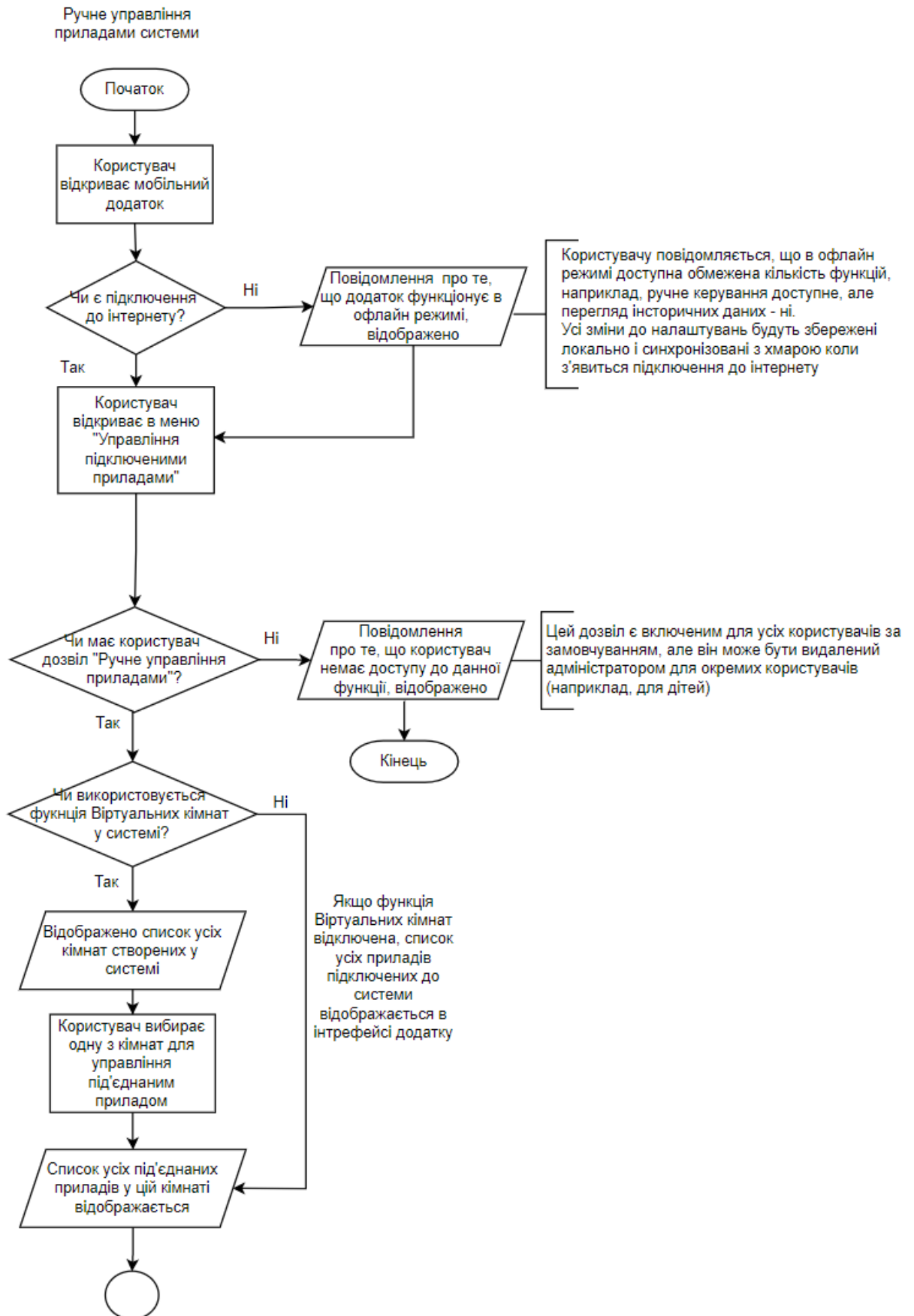


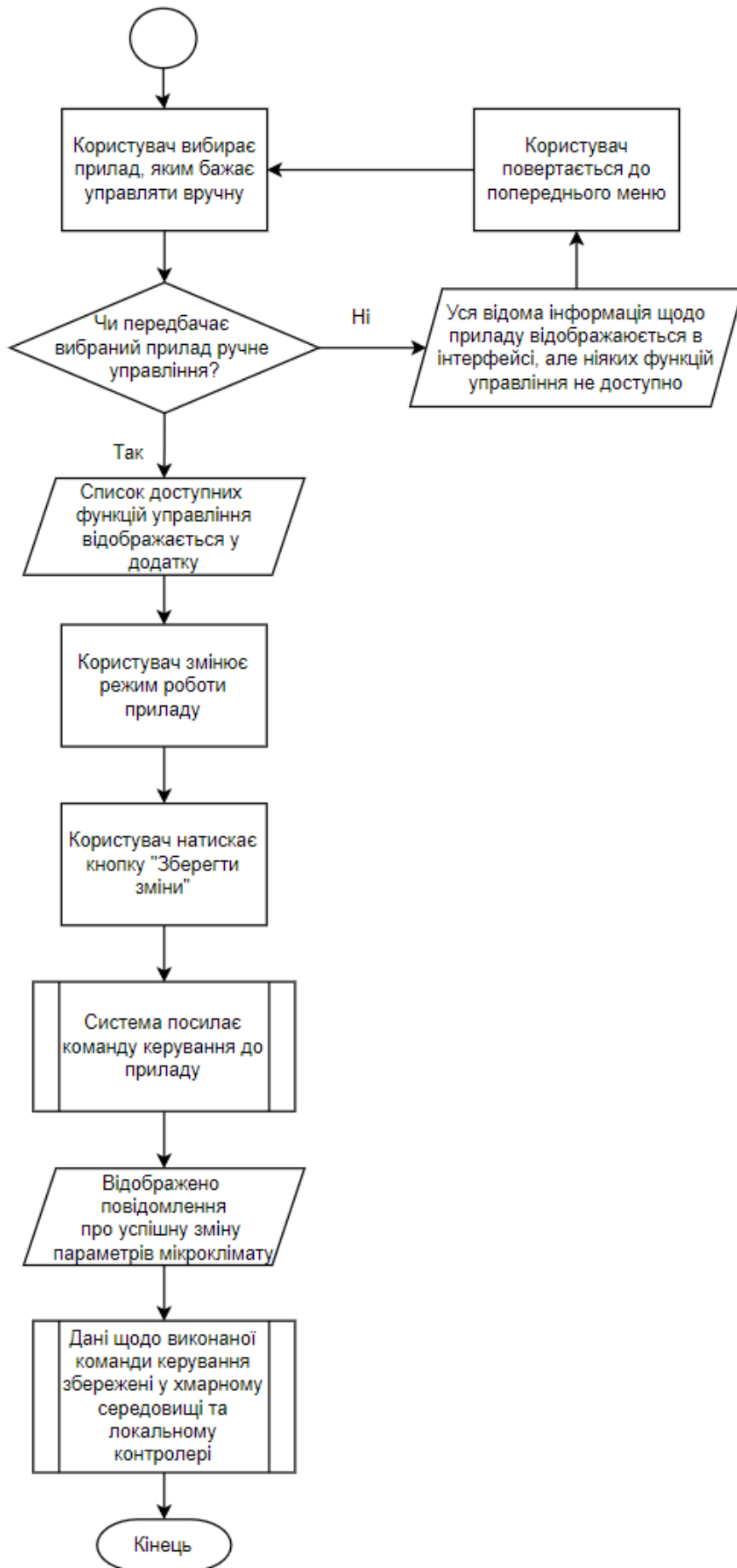
## Блок-схема алгоритму процесу налаштування кліматичних параметрів системи



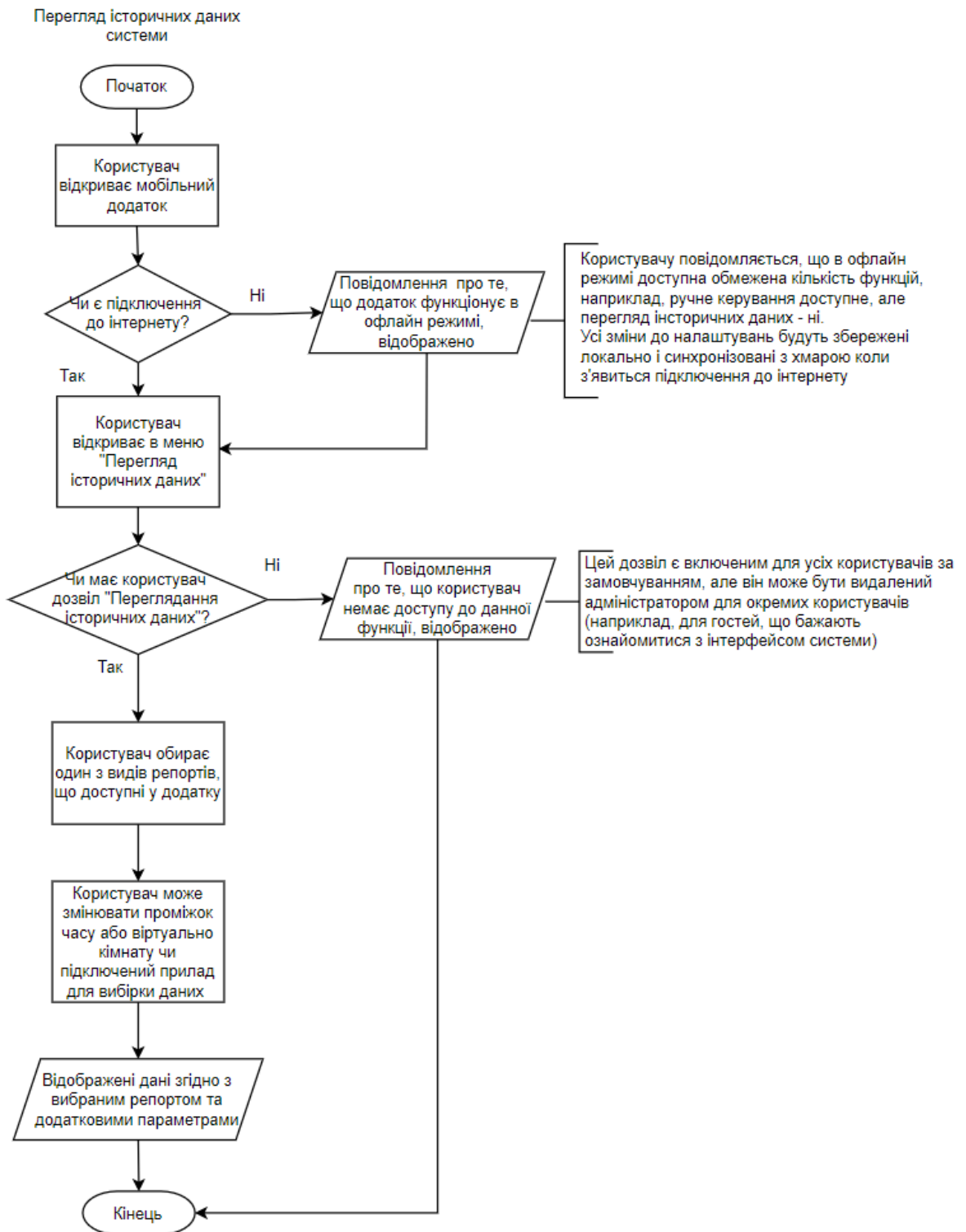


## Блок-схема алгоритму процесу ручного управління приладами системи

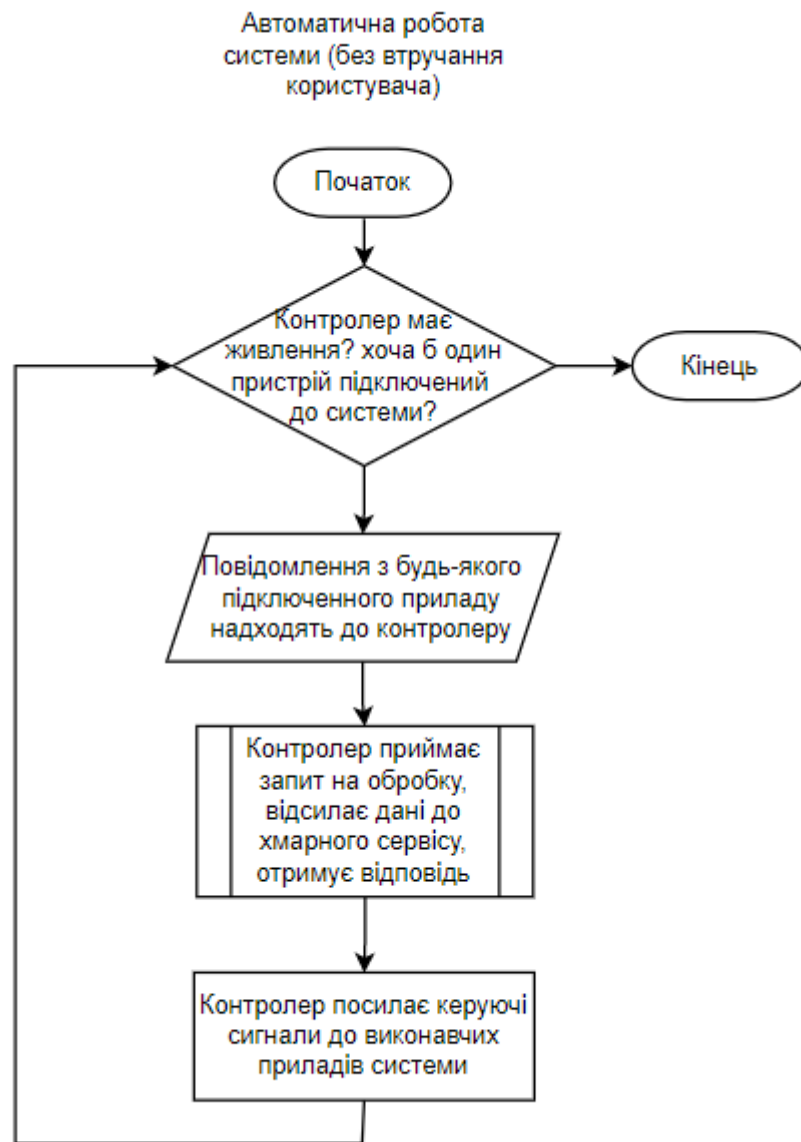




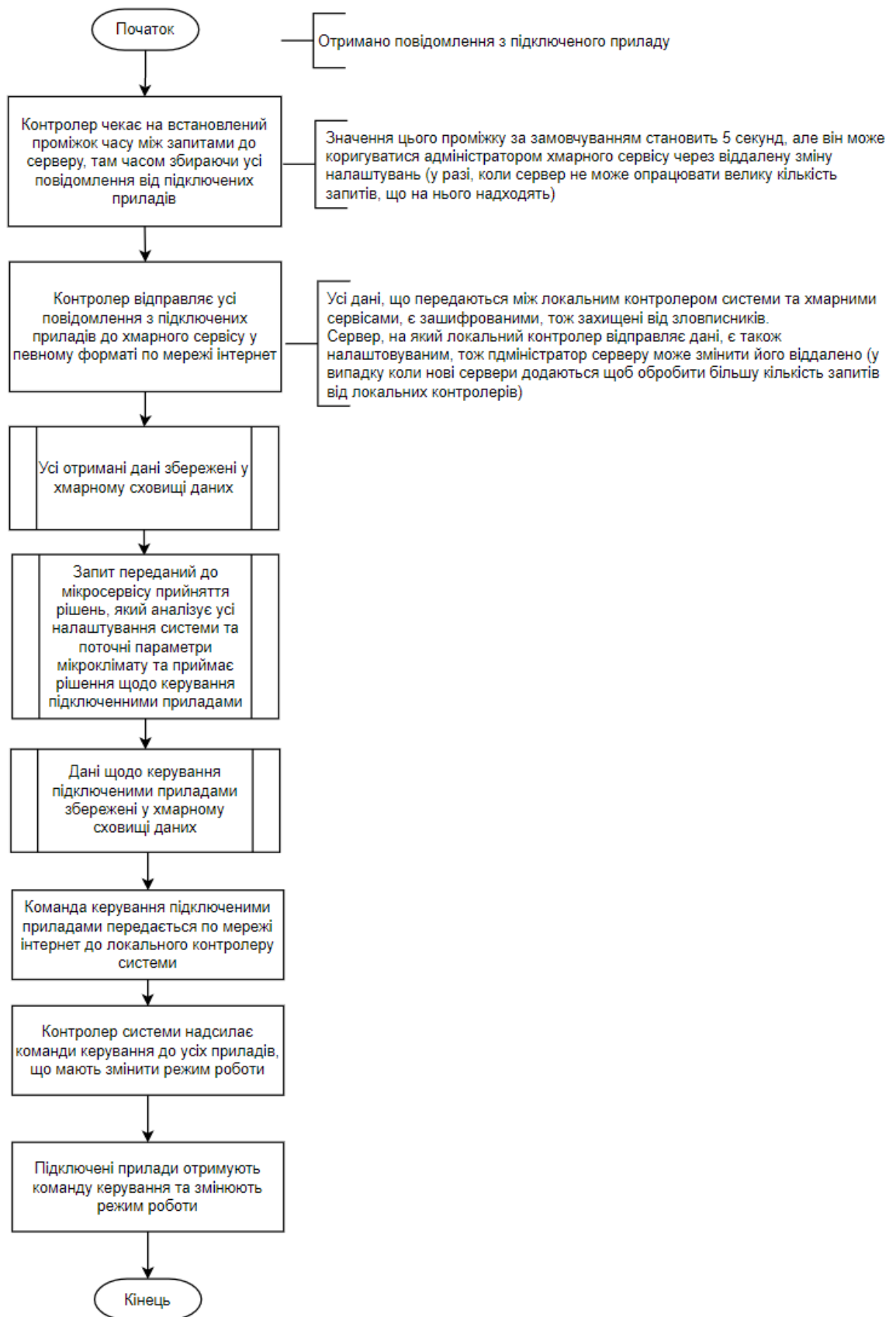
# Блок-схема алгоритму процесу перегляду історичних даних системи



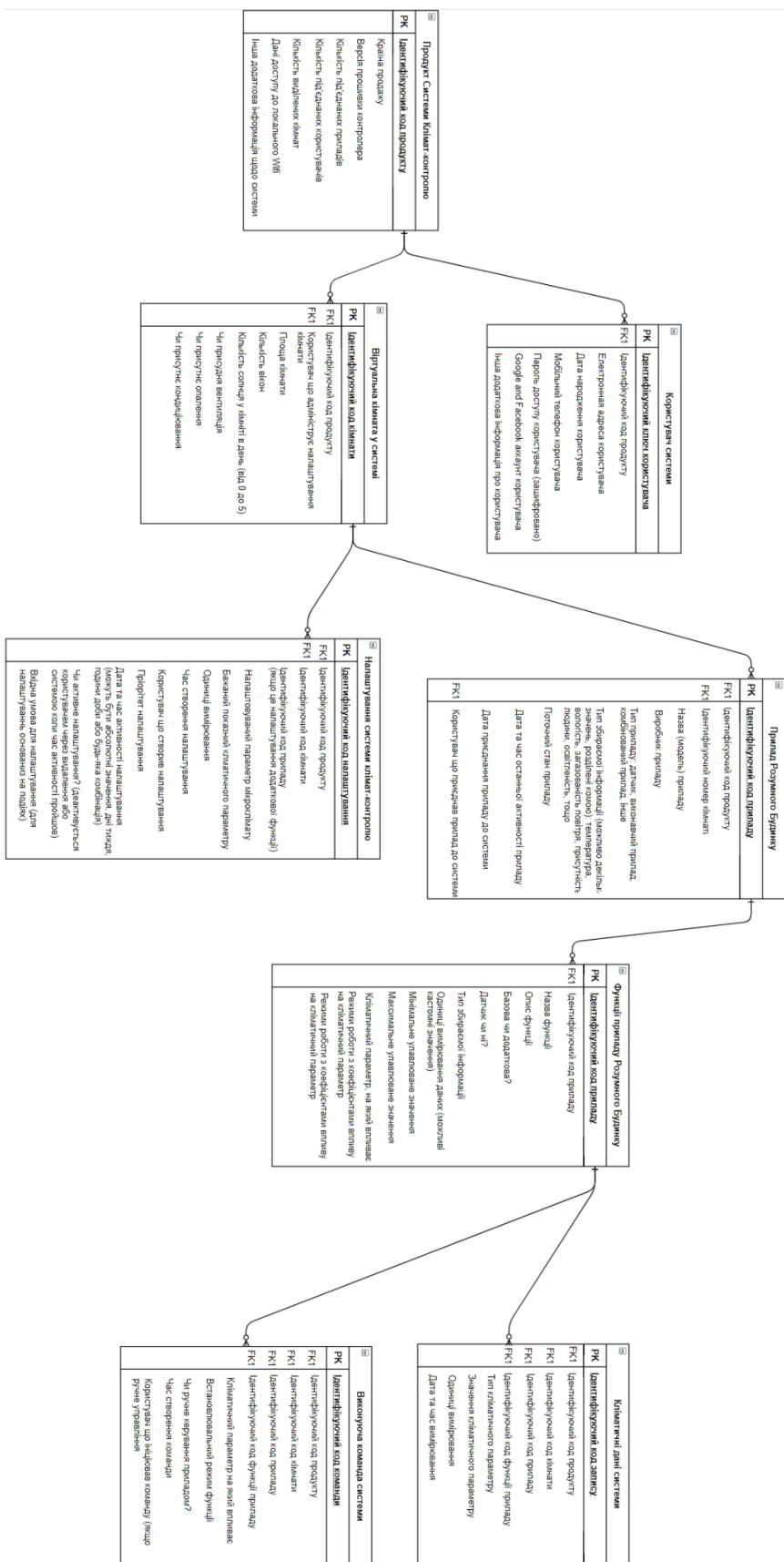
## Блок-схема алгоритму автоматичної роботи системи



## Блок-схема алгоритму обробки контролером системи повідомлення від підключеного приладу



## Діаграма об'єктів



Тези доповіді Маргарити БАРАБАШ на тему “Залежність інтенсивності вентиляції від вмісту вуглекислого газу в повітрі за допомогою IoT речей” на XV міжнародній науково-технічній конференції Проблеми інформатизації 11 – 12 квітня 2020 року

**Залежність інтенсивності вентиляції від вмісту вуглекислого газу в повітрі за допомогою IoT речей**

Барабаш Маргарита

*Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна*

**Вступ.** Інтенсивність воздухообміну (вентиляції) у приміщенні може регулюватися більш економічно та ефективно при наявності датчиків, що вимірюють вміст вуглекислого газу та наявності людей у приміщенні.

**Матеріали та методи.** Експериментальні дослідження були проведені на контролері AUTOMIX 100E, який виконував функцію пункту керування системи клімат-контролю, до якого були підключенні датчик DT802 газоаналізатор CO<sub>2</sub> та інфрачервоний датчик руху HC-SR501. Контролер виконував керування системою вентиляції з рекуперацією тепла Vaillant recoVAIR VAR360 / 4 за використанням даних, отриманих з датчиків.

**Результати.** Визначено можливу економію електроенергії за рахунок зменшення інтенсивності вентиляції приміщення вночі та в періоди часу, коли в приміщенні немає людей або відносно чистий воздух - за рахунок відкритих вікон, зовнішніх погодних умов, тощо. Вважаючи, що на чистоту повітря у приміщення впливають багато факторів, як кількість людей у приміщенні та їх активність, інтенсивність опалення, сухість повітря, наявність пасивної вентиляції, кожне приміщення потребує індивідуального підходу до вентиляції, тож система вентиляції має бути гнучкою та адаптивною до умов конкретного приміщення.

Система автоматичного регулювання вентиляцією надає деякі чуттєві переваги її власникам: економія електроенергії за рахунок відключення вентиляції коли в ній немає необхідності, отже заощадження коштів; також краще самопочуття людей, що знаходяться у приміщенні та підвищення продуктивності їх роботи. Якщо розглядати звичайний офіс, робочий день триває в середньому 8 годин та 1 година перерви на обід. Тож 15 годин офіс пустий, тож не потребує ретельного вентиляції, доцільно вимкнути систему воздухообміну на ніч, та ввімкнути вранці приблизно за годину до початку робочого дня. Крім цього, більшість працівників залишають офіс на обідню перерву в приблизно один й той самий час (з 13:00 до 14:00), тож для цього проміжку часу доцільно знизити інтенсивність провітрювання до середнього або мінімального режиму (в залежності від загазованості повітря, що визначається за допомогою датчиків вуглекислого газу, встановлених у приміщенні). Таким чином, власник офісу має можливість заощадити до 30% електроенергії.

**Висновки.** Автоматичне регулювання інтенсивності вентиляції приміщення має позитивний вплив на людей, що в ньому знаходяться, а також пропонує суттєву економію електроенергії.

Стаття Маргарити БАРАБАШ на тему “Системи Розумного Будинку, засновані на IoT” у LXI міжнародній конференції «Розвиток науки в XXI столітті» 13 червня 2020 року

## СИСТЕМИ РОЗУМНОГО ДОМУ, ЗАСНОВАНІ НА IOT

**Барабаш Маргарита Олександрівна**

*студентка Факультету Інформаційних Технологій*

*Київського національного університету імені Тараса Шевченка*

*Україна, м. Київ*

## SMART HOME SYSTEMS BASED ON INTERNET OF THING

**Barabash Marharyta**

*student of Faculty Of Informational Technologies*

*Taras Shevchenko National University of Kyiv*

*Kyiv, Ukraine*

### **Анотація**

Системи розумних будинків набирають популярність в останні роки і стають все більш розповсюдженими, оскільки вони підвищують комфорт та якість життя, заощаджують ресурси та кошти. Більшість систем розумного дому керуються за допомогою мобільних додатків на смартфон та мікроконтролерами в автоматичному режимі. Додаток для смартфонів використовується для контролю та моніторингу параметрів та функцій розумного дому за допомогою технологій бездротового зв'язку.

Було досліджено концепцію розумного дому з інтеграцією сервісів IoT та хмарних обчислень для легкого доступу до даних та керування функціями розумного будинку в будь-якому місці за наявності доступу в інтернет. Вбудовуючи інтелектуальну обробку даних у сенсори та виконавчі пристрої було досягнуто збільшення обчислювальної потужності через зменшення навантаження на процесор мікроконтролера системи, а також зменшення трафіку обміну даними між датчиками і виконавчими пристроями та мікроконтролером.

У цій статті представлено композицію з трьох компонентів, необхідних для побудови та впровадження надійної вдосконаленої концепції розумного будинку.

## Abstract

Smart home systems have gained popularity in recent years and are becoming more common as they increase comfort and quality of life, saving resources and money. Most smart home systems are controlled by mobile applications on a smartphone and microcontrollers in automatic mode. The smartphone app is used to control and monitor the settings and functions of a smart home using wireless technology.

The concept of a smart home with the integration of IoT services and cloud computing for easy access to data and control of smart home functions anywhere with Internet access was explored. By incorporating intelligent data processing into sensors and actuators, an increase in computing power has been achieved by reducing the CPU load on the system microcontroller, as well as reducing data traffic between sensors and actuators and the microcontroller.

This article presents a composition of three components needed to build and implement a robust advanced smart home concept.

**Ключові слова:** розумний дім, IoT, хмарні обчислення, туманні обчислення, обробка подій, побутова техніка, обробка подій на основі правил.

**Keywords:** smart home, IoT, cloud computing, event processing, for computing, home appliances, rule-based event processing

### 1. Вступ

Класична концепція розумного дому, Інтернет речей, хмарні обчислення та обробка подій на основі правил - це складові запропонованого вдосконаленого інтегрованого комплексу інтелектуального будинку. Кожен компонент вносить свої основні атрибути та технології до запропонованої композиції.

IoT передбачає підключення до Інтернету та віддалене керування мобільними пристроями, вбудованими у різноманітні датчики. Датчики можуть бути прикріплені до побутових приладів, таких як кондиціонер, світильники та інші пристрої навколишнього середовища. Таким чином, він вбудовує комп'ютерну розвідку в домашні пристрої, щоб забезпечити спосіб вимірювання домашніх умов та моніторинг функціональності побутових приладів.

Хмарні обчислення забезпечують масштабовану обчислювальну потужність, простір для зберігання даних та додатків для розробки, обслуговування, запуску домашніх служб та доступу до домашніх пристроїв у будь-який час у будь-якому місці.

Система обробки подій, заснована на правилах, забезпечує контроль і оркестрування всієї вдосконаленої композиції розумного будинку.

У цій статті проаналізовано концепцію інтеграції класичного розумного будинку, IoT та хмарних обчислень. Починаючи з аналізу основ розумного будинку, IoT, хмарних обчислень та систем обробки подій. Обговорено їх взаємодоповнюваність та синергію, детально описуючи те, що зараз сприяє їх інтеграції.

## 2. Огляд класичного розумного будинку

Розумний дім - це розширення концепції автоматизації будівлі і включає контроль та автоматизацію всіх вбудованих технологій. Він визначається приміщенням (або групою приміщень), яке має прилади, освітлення, опалення, кондиціонування, телевізори, комп'ютери, розважальні системи, великі побутові прилади, такі як пральні машини, сушарки, холодильники, морозильні камери, охоронні системи та системи камер, що здатні спілкуватися один з одним та контролюватися дистанційно за допомогою графіку, мобільного додатку на смартфон або через Інтернет. Ці системи складаються з комутаторів та датчиків, підключених до центрального концентратора, контрольованого домашнім мешканцем за допомогою настінного терміналу або мобільного додатку, підключеного до хмарних сервісів Інтернету.

Розумний дім забезпечує безпеку, енергоефективність, низькі експлуатаційні витрати та зручність. Установка розумних продуктів забезпечує зручність та економію часу, грошей та енергії. Такі системи є адаптивними та регульованими для задоволення постійних змін потреб мешканців будинку. У більшості випадків її інфраструктура є досить гнучкою для інтеграції з широким спектром пристроїв різних постачальників та стандартів.

Основна архітектура дозволяє вимірювати домашні умови, використовуючи датчики з підтримкою мікроконтролера, та виконавчі пристрої для управління вбудованими пристроями удома.

Популярність та розповсюдження технології розумного будинку зростають хорошими темпами, оскільки вона стала частиною тенденцій модернізації та зменшення витрат.

### 2.1 Послуги розумного дому

#### 2.1.1 Моніторинг параметрів середовища

Типовий розумний будинок оснащений набором датчиків для вимірювання параметрів середовища, таких як: температура, вологість, освіченість та близькість до предметів. Кожен датчик призначений для зйомки одного або декількох вимірювань. Температуру і вологість можна виміряти одним датчиком, інші датчики обчислюють коефіцієнт світла для даної ділянки та відстань від нього до кожного предмета, що піддається впливу. Усі датчики дозволяють зберігати дані та візуалізувати їх, щоб користувач міг їх переглядати в будь-якому місці та в будь-який час. Для виконання цих вимог, система включає процесор сигналів, інтерфейс зв'язку та хост на хмарній інфраструктурі.

### 2.1.2 Керування побутовою технікою

Хмарний сервіс для управління побутовою технікою, який розміщуватиметься на хмарній інфраструктурі, дозволяє користувачеві керувати виходами розумних пристроїв, пов'язаних з побутовою технікою, наприклад, лампами та вентиляторами. Розумні пристрої - це пристрої, такі як клапани та вимикачі, які виконують такі дії, як включення чи вимкнення або налаштування режимів роботи в залежності від надходження відповідного сигналу керування. Щоб активувати прилад, йому надсилається цифрова команда запису.

### 2.1.3 Контроль доступу до приміщення

Технології доступу до будинку зазвичай застосовуються до приміщень загального доступу з метою перешкоджання входу сторонніх осіб. Загальна система використовує базу даних з ідентифікаційними атрибутами уповноважених людей. Коли людина наближається до системи управління доступом, її ідентифікаційні атрибути збираються миттєво та порівнюються з базою даних. Якщо вони відповідають даним бази даних, доступ дозволений, інакше доступ заборонено. Є можливість використовувати хмарні сервіси для централізованого збору даних осіб та їх обробки. Одні використовують магнітні картки або картки ідентифікації близькості, інші використовують системи розпізнавання облич, відбитків пальців та RFID.

## 2.2 Основні компоненти

Щоб задовольнити всі описані вище вимоги до функцій системи розумного будинку, система складається з таких компонентів (Рис 1).

а. Датчики для збору даних щодо внутрішнього та зовнішнього середовища та вимірювання параметрів. Ці датчики підключені до самого будинку та до вбудованих пристроїв. Дані датчиків збираються та постійно передаються через локальну мережу на сервер розумного будинку.

б. Процесор для виконання локальних та інтегрованих дій. Він також може бути підключений до хмари для додатків, які потребують додаткових обчислювальних ресурсів.

с. Колекція програмних компонентів, оформлених як API, що дозволяє зовнішнім програмам використовувати їх, якщо вони відповідають заздалегідь визначеному формату параметрів. Такий API може обробляти дані датчиків або керувати необхідними функціями.

г. Виконавчі прилади для виконання команд, надісланих з серверу чи інших пристроїв управління. Вбудований процесор переводить надісланий сигнал у синтаксис команд, що пристрій може виконати. Під час обробки даних отриманих з датчиків, він перевіряє, чи якесь правило стало істинним. У такому випадку система може запустити команду на належний пристрій.

е. База даних для зберігання оброблених даних, зібраних з датчиків [та хмарних сервісів]. Вона також буде використовуватися для аналізу даних, представлення даних та візуалізації. Оброблені дані зберігаються у доданій базі даних для подальшого використання.

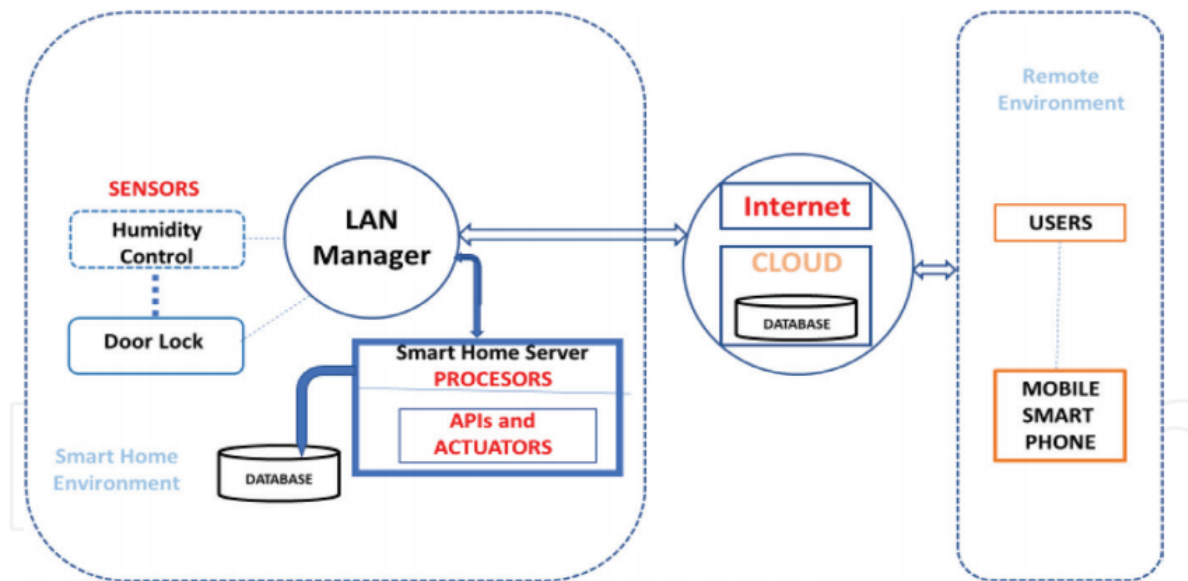


Рис 1. Парадигма розумного дому з додатковим хмарним підключенням.

### 3. Огляд Інтернету речей [IoT]

Парадигма Інтернет речей (IoT) передбачає пристрої, підключені до Інтернету. Пристрої - це об'єкти, такі як датчики та виконавчі пристрої, оснащені телекомунікаційним інтерфейсом, процесорним блоком, обмеженими програмами зберігання та програмним забезпеченням. Це дозволяє інтегрувати об'єкти в Інтернет, встановлюючи взаємодію між людьми та пристроями.

Ключова технологія IoT включає радіочастотну ідентифікацію (RFID), сенсорну технологію та інтелектуальну технологію.

RFID - це фундамент та мережеве ядро побудови IoT. Можливості обробки та зв'язку разом з унікальними алгоритмами дозволяють інтегрувати різноманітні елементи для роботи як інтегрованого підрозділу, але в той же час дозволяють легко додавати та видаляти компоненти з мінімальним впливом, роблячи IoT надійним, але гнучким до поглинання змін у навколишньому середовищі та налаштування користувачів. Для мінімізації використання пропускну здатності використовується JSON, легка версія XML, для внутрішніх компонентів та зовнішніх повідомлень.

### 4. Хмарні обчислення та його внесок у IoT та розумний дім

Хмарні обчислення - це набір спільних обчислювальних ресурсів, готових надавати різноманітні обчислювальні послуги на різних рівнях, від базової інфраструктури до найскладніших прикладних служб, легко розподіляються та звільняються з мінімальними

зусиллями або взаємодією з постачальником послуг[6,7]. На практиці він управляє ресурсами обчислювальної техніки, зберігання та зв'язку, якими спільно користуються декілька користувачів у віртуалізованому та ізольованому середовищі.

IoT та розумний дім можуть скористатися широким вибором ресурсів та функціоналів хмари, щоб компенсувати його обмеження у зберіганні, обробці, спілкуванні, резервного копіювання та відновлення. Наприклад, хмара може підтримувати управління послугами IoT та виконувати додаткові операції, використовуючи дані, надані IoT пристроями. Розумний дім можна стиснути та зосередитись лише на основних та найважливіших функціях, і таким чином мінімізувати місцеві домашні ресурси та покладатися на хмарні можливості та ресурси. Розумний дім та IoT будуть зосереджені на зборі даних, базовій обробці та передачі в хмару для подальшої обробки. Щоб вирішити проблеми безпеки, хмара може бути приватною для високозахищених даних та загальнодоступною для решти.

IoT, розумний дім та хмарні обчислення - це не просто злиття технологій. Але, швидше, баланс між локальними та центральними обчисленнями разом з оптимізацією споживання ресурсів. Обчислювальне завдання може бути виконано на локальних пристроях IoT та розумного дому або передано в хмару. Потрійна обчислювальна модель, що включає хмару, IoT та розумний дім, повинна мінімізувати всю вартість системи.

#### 5. Централізована обробка подій, система на основі правил

Розумний дім та IoT багаті сенсорами, які генерують масивні потоки даних у вигляді повідомлень чи подій. Обробка цих даних вище можливостей людини.[8-10] Отже, системи обробки подій були розроблені та використовуються для більш швидкого реагування на класифіковані події. Це системи управління з застосуванням правил, які можуть сприймати та оцінювати події для реагування на зміни значень параметрів або переривання. Користувач може визначити правило, викликане деякими подіями, і контролювати належне забезпечення послугами. Правило складається з умов події, структури подій та інформації, пов'язаної з кореляцією, яка може поєднуватися для моделювання складних ситуацій.

Система може обробляти велику кількість подій, виконувати функції моніторингу, навігації та оптимізації процесів у режимі реального часу. Вона виявляє та аналізує аномалії чи виняткові ситуації та створює реактивні/активні реакції, такі як попереджувальні дії для запобігання пошкодженню. Правила створюються за допомогою зручного для користувача інтерфейсом моделювання правил. За потреби ці правила розбиваються на більш прості, зрозумілі елементи.

#### 6. Вдосконалений розумний дім

У цьому розділі зупинимось на інтеграції інтелектуального будинку, IoT та хмарних обчислень, щоб визначити нову обчислювальну парадигму. Розглядаємо синергію цих трьох

концепції і шукаємо шляхи їх інтеграції в нову комплексну парадигму, використовуючи їх основні поняття, а також їх унікальні атрибути, щоб дозволити виконання нових процесів, які не могли бути оброблені іншими засобами.

На Рис. 2 зображено вдосконалені основні компоненти розумного дому та їх взаємопов'язаність. У лівому блоці, в середовищі розумного будинку, ми бачимо типові пристрої, підключені до локальної мережі [LAN]. Це дає змогу спілкуватися пристроям між собою та з сервером. Підключений до локальної мережі - це сервер та його база даних. Сервер контролює пристрої, реєструє їх діяльність, надає звіти, відповідає на запити та виконує відповідні команди. Для більш всебічних завдань сервер розумного дому передає дані в хмару та віддалено активує завдання в ньому за допомогою API. Крім того, побутова техніка IoT підключена до Інтернету та до локальної мережі, і таким чином розширює розумний будинок, включаючи IoT. Підключення до Інтернету дозволяє кінцевому користувачеві, резиденту, спілкуватися з розумним будинком, щоб отримувати поточну інформацію та віддалено активувати завдання.

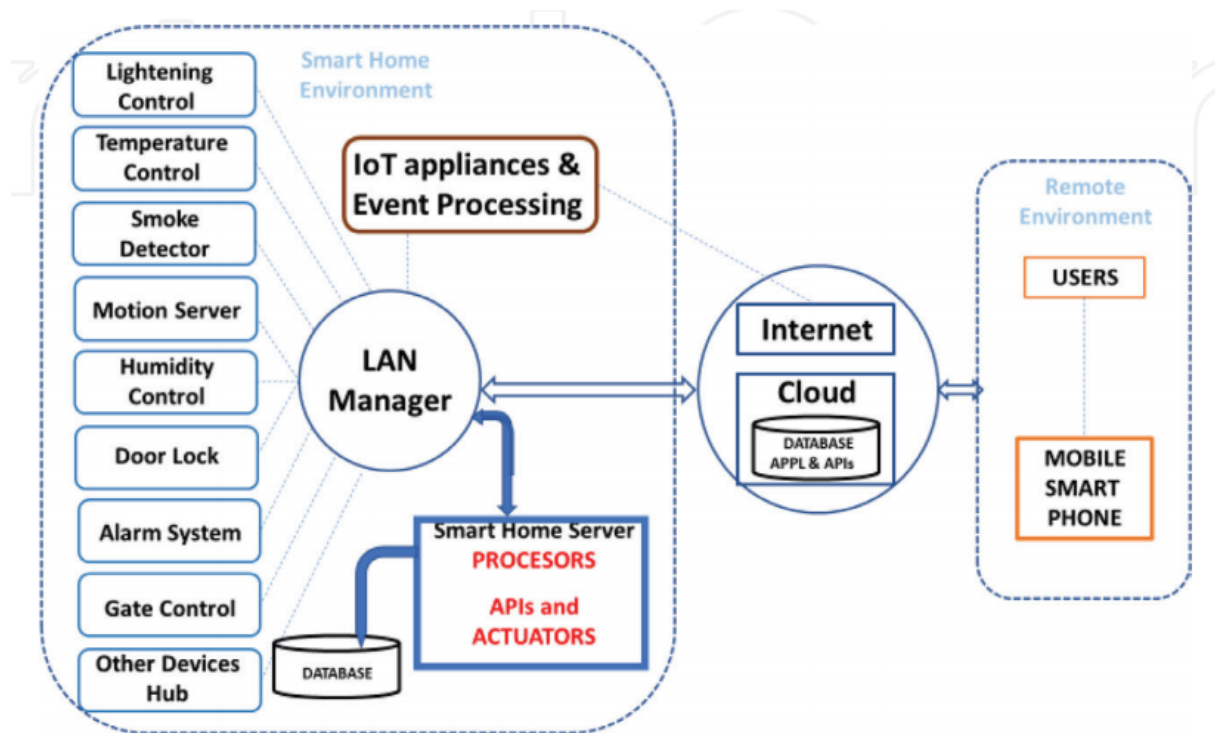


Рис 2. Розширений розумний дім - інтеграція розумного дому, IoT та хмарних обчислень

Щоб продемонструвати переваги розширеного розумного будинку, ми використовуємо RSA, надійний асиметричний алгоритм криптографії, який генерує відкритий та приватний ключ та шифрує / розшифровує повідомлення. За допомогою відкритого ключа кожен може зашифрувати повідомлення, але лише ті, хто має приватний ключ, можуть розшифрувати надіслане повідомлення. Генерування ключів та шифрування / розшифрування повідомлень

включає в себе обширні обчислення, що потребують значного простору пам'яті та потужності для обробки. Тому його зазвичай обробляють на потужних комп'ютерах, побудованих для впорядкування необхідних ресурсів. Однак, через обмежені ресурси, запускати RSA на пристрої IoT майже неможливо, і, таким чином, це відкриває розрив у безпеці в Інтернеті, який зловмисники можуть легко використовувати. Щоб впоратися з цим, ми поєднуємо в собі потужність локальних процесорів розумного будинку для виконання деяких обчислень RSA та передачі складніших обчислювальних завдань для обробки в хмарі. Потім результати будуть передані назад на IoT-датчик, який буде складено і зібрано разом, щоб генерувати код шифрування / дешифрування RSA і таким закрити згаданий проміжок безпеки IoT. Підводячи підсумок, сценарії RSA зображують використання потужностей хмарних обчислень, розумний будинок, захищений обчислювальними можливостями, і в кінці обмеженою потужністю пристрою IoT. Це доводить, що без цього автоматичного співробітництва RSA не було б можливо виконати на рівні IoT.

#### 7. Практичні аспекти впровадження IoT та розумного будинку

Розумний дім має три компоненти: апаратне, програмне забезпечення та протоколи зв'язку. Він має широкий спектр застосувань для цифрового споживача. Деякі з областей домашньої автоматизації керували підключенням IoT, наприклад: контроль освітлення, садівництво, безпека, якість повітря, моніторинг якості води, голосові помічники, вимикачі, замки, лічильники енергії та води.

До вдосконалених компонентів розумного дому належать: IoT-датчики, шлюзи, протоколи, мікропрограмне забезпечення, хмарні обчислення, бази даних, проміжне програмне забезпечення та шлюзи. Хмару IoT можна розділити на платформу як послуга (PaaS) та інфраструктуру як послугу (IaaS). На Рис. 3 показані основні компоненти запропонованого розширеного розумного будинку, їх з'єднання та потік даних між його компонентами.

Додаток розумного дому оновлює базу даних у хмарі, щоб віддалені люди мали доступ до неї та отримували найновіший статус будинку.

Датчики IoT для домашньої автоматизації відомі своїми можливостями зондування, такими як: температура, люкс, рівень води, склад повітря, відеокамери для спостереження, голос / звук, тиск, вологість, акселерометри, інфрачервоні, вібрації та ультразвукові. Деякі з найбільш часто використовуваних датчиків розумного будинку - це датчики температури, більшість - цифрові датчики, але деякі є аналоговими і можуть бути надзвичайно точними. Датчики Люкс вимірюють світність. Ультразвукові датчики - рівень води.

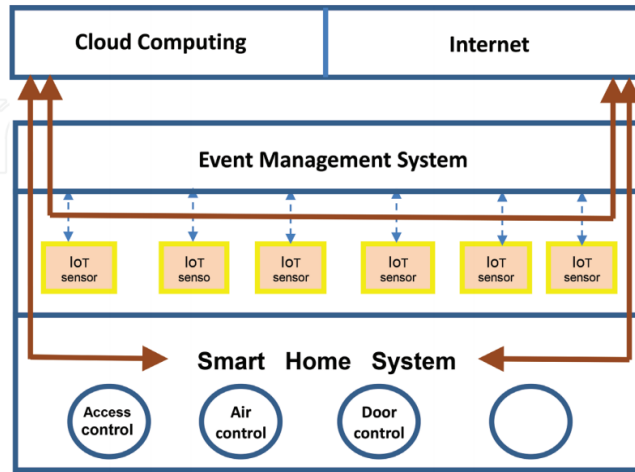


Рис 3. Розширений склад розумного будинку.

### 8. Приклади розумного дому та IoT

У цьому розділі описано три реалізації, які наочно демонструють потребу та переваги взаємозв'язку чи інтеграції всіх трьох компонентів, як показано на Рис 4. Кожен компонент має нумерацію, 1–6. У лівій частині описано для кожної реалізації послідовність повідомлень/команд серед компонентів, зліва направо та знизу вгору. Візьмемо для прикладу третю реалізацію, завдання управління, яке постійно працює на домашньому сервері (2), виявляє той факт, що всі мешканці виїхали з дому і автоматично, ініціює виконавчі механізми, щоб вимкнути всі пристрої IoT (3), після чого він видає повідомлення відповідним користувачам / мешканцям, інформуючи їх про ситуацію та застосовані дії, які вона вжила (6).

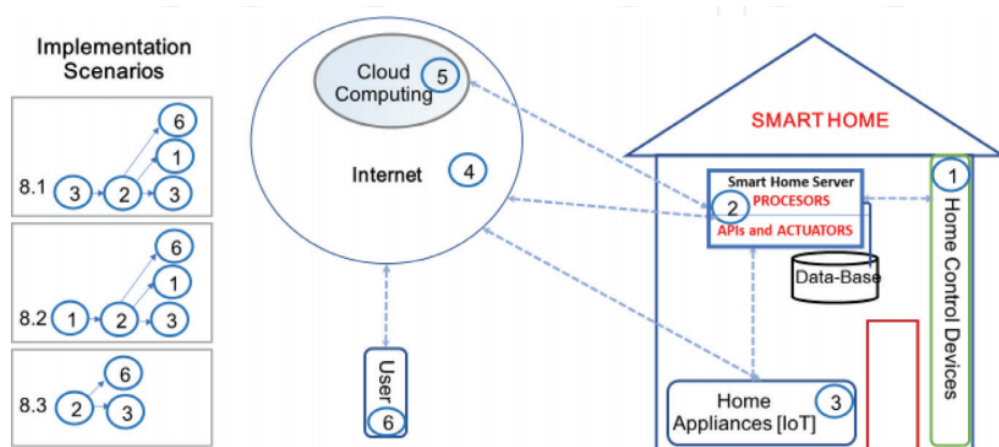


Рис 4. Діаграма вдосконалених інтелектуальних домів

#### 8.1 Виявлення витоків води та її запобігання

Перший крок - розгортання датчиків води під кожним потенційним джерелом витoku та автоматизованого водного клапана для всього будинку, що означає, що будинок вважається

IoT. Якщо датчик води виявить витік води (3), він надсилає подію на концентратор (2), який запускає додаток «вимикаючий клапан». Потім програма управління будинком надсилає команду «вимкнути» всім пристроям IoT (3), визначеним як чутливі до зупинки води, а потім надсилає команду «вимкнути» на головний клапан води (1). Повідомлення для інформування надсилається через систему обміну повідомленнями, які відображаються у списку сповіщень (6). Ця установка допомагає захищатись від сценаріїв, де джерело води -це водопровід будинку. Основна конфігурація передбачає інтеграцію через повідомлення та команди між розумним домом та системою керування IoT. Це демонструє залежність та отримані переваги від поєднання розумного будинку та IoT.

## 8.2 Димові детектори

У більшості будинків вже є типова колекція детекторів диму (1), але немає мосту для передачі даних від датчика до адаптеру. Підключення цих датчиків до розумного домашнього додатка (2) дає можливість комплексної системи виявлення диму в будинку. Він також розширений, щоб повідомити датчик ліфта, щоб заблокувати його використання через стан пожежі (1), і, таким чином, він ще більше поширюється на будь-який датчик IoT (3), який може бути активований через виявлене сповіщення про дим.

## 8.3 Управління інцидентами для контролю побутової техніки

Розгляньте сценарій, коли ви виходите з дому, поки частина приладів все ще увімкнена. Якщо ваша відсутність буде досить довгою, частина приладів може перегріватися і ось-ось вибухне. Щоб уникнути подібних ситуацій, ми підключаємо всі датчики пристроїв IoT до домашнього додатку (2), щоб, коли всі виїжджають з дому, автоматично контролювати всі датчики приладу (3), щоб уникнути пошкоджень. Зауважте, що індикація порожнього будинку генерується програмою Smart Home, тоді як індикація "увімкнено" приладу генерується IoT. Отже, такий сценарій можливий завдяки інтеграції між системами розумного дому та IoT.

## 9. Висновки та резюме

У цій статті було описано інтеграцію трьох слабко пов'язаних компонентів: розумного дому, IoT та хмарних обчислень. Щоб організувати та своєчасно керувати великим потоком даних ефективно та збалансовано, використовуючи сильні сторони кожного компонента, запропоновано централізований додаток для обробки подій у реальному часі.

Було описано переваги та переваги кожного окремого компонента та його можливі доповнення, які можна досягти, інтегруючи його з іншими компонентами, що забезпечує нові переваги, отримані від усієї складеної системи. Оскільки ці компоненти все ще знаходяться на стадії свого розвитку, інтеграція між ними може змінитися і забезпечити надійну парадигму, яка створює інфраструктуру та додатки нового покоління.

### Список використаної літератури:

1. Stergioua C., Secure Integration of IoT and Cloud Computing. / Stergioua C, Psannis KE, Kimb B-G, Gupta B. // Elsevier, Future Generation Computer Systems. — 2018. Т. 78, No.3. — с 964 — 975.
2. Al-Kuwari M., Smart-Home Automation Using IoT-Based Sensing and Monitoring Platform, / Al-Kuwari M, Ramadan A, Ismael Y, Al-Sughair L, Gastli A, Benammar M. // IEEE. — 2018. — с. 12 — 14.
3. Datta T., Developer-friendly library for smart home IoT privacy-preserving traffic obfuscation, / Datta T, Apthorpe N, Feamster N. //Proceedings of the 2018 Workshop on IoT Security and Privacy. ACM. — 2018. — с. 43 — 48с.
4. Mao J., Application of Learning Algorithms in Smart Home IoT System Security. / Mao J, Lin Q, Bian J. // American Institute of Mathematical Sciences; — 2018. — с.26 — 30
5. Saeed F., IoT-based intelligent modeling of smart home environment for fire prevention and safety. / Saeed F, Paul A, Rehman A, Hong WH, Seo H. // Journal of Sensor and Actuator Networks. — 2018. — с.44 — 48
6. Botta A., Integration of cloud computing and internet of things: A survey. / Botta A, de Donato W, Persico V. // Future Generation Computer Systems. — 2016. — с. 9—16
7. Soliman M., Smart home: Integrating internet of things with web services and cloud computing. / Soliman M, Abiodun T, Hamouda T, Zhou J, Lung C-H. // International Conference on Cloud Computing Technology and Science; IEEE. — 2013. — с.15—23
8. Paschke A., RuleBased Event Processing and Reaction Rules. / Paschke A, Kozlenkov A. // London: Betfair Ltd; — 2009. — с. 26 — 32
9. Khan N.S., Realtime analysis of a sensor's data for automated decision making in an IoT-based smart home. Sensors. / Khan NS, Ghani S, Haider S. // 18:1711. DOI: 10.3390/s18061711 — 2018. — с. 66 — 69
10. Malik R., Rule based event management systems. / Malik R, Parameswaran N, Ghose U. // Proceedings of the 25th International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference. Association for the Advancement of Artificial Intelligence; — 2012. — с.14-15
11. Vinodhan D., IOT based smart home. / Vinodhan D, Vinnarasi A. // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). — 2016. — с. 32 — 39

## Презентація



Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка



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

### Кваліфікаційна робота магістра

Підготувала студентка 2-го курсу, групи ІРМ-21

*Барабаш Маргарита Олександрівна*

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор, Степанов Михайло Миколайович  
Київ - 2021

[www.knu.ua](http://www.knu.ua)



Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка

### План

1. Вступ
2. Аналіз існуючих рішень
3. Сценарії використання системи
4. Структурна модель системи
5. Модель даних системи
6. Алгоритм роботи системи
7. Програмна реалізація компонентів IoT рішення
8. Висновки

[www.knu.ua](http://www.knu.ua)



## Вступ

*Тема дипломної роботи:* Інформаційно-аналітична IoT система клімат-контролю в Smart House

*Об'єктом дослідження* є методи підтримання оптимальних кліматичних параметрів середовища у будь-якому приміщенні.

*Предметом розробки* є система автоматичного керування доступною кліматичною технікою в межах системи Розумного будинку

Тема є *актуальною* тому що збереження природних ресурсів та підтримання комфортних умов в приміщення є особливо актуальними в умовах карантину

*Завданням кваліфікаційної роботи:*

1. Проаналізувати системи Розумного Будинку, що доступні на ринку, та їх функції
2. Спроекувати інформаційно-аналітичну IoT систему клімат-контролю в Smart House, що матиме можливість об'єднання в єдину систему сторонні кліматичні прилади будь-яких виробників, та їх керування для підтримання оптимальних умов мікроклімату приміщення.



## Аналіз існуючих рішень

Проаналізувавши деякі з доступних на ринку систем Розумного будинку, було виявлено, що вони мають деякі суттєві недоліки:

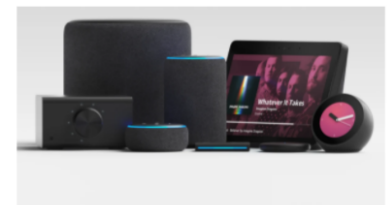
1. Деякі системи мають широкий функціонал налаштування параметрів мікроклімату, але вони дозволяють підключення тільки приладів власного виробництва.
2. Інші системи дозволяють підключення сторонніх приладів, але мають досить обмежений функціонал налаштувань (зазвичай тільки віддалене керування приладом, інколи налаштування часу роботи приладу).

Тож завданням роботи є спроекувати таку систему, що об'єднувала б переваги проаналізованих існуючих систем: дозволяла підключення приладів сторонніх виробників, і мала широкий вибір налаштувань параметрів мікроклімату.

Google Home



Google Home



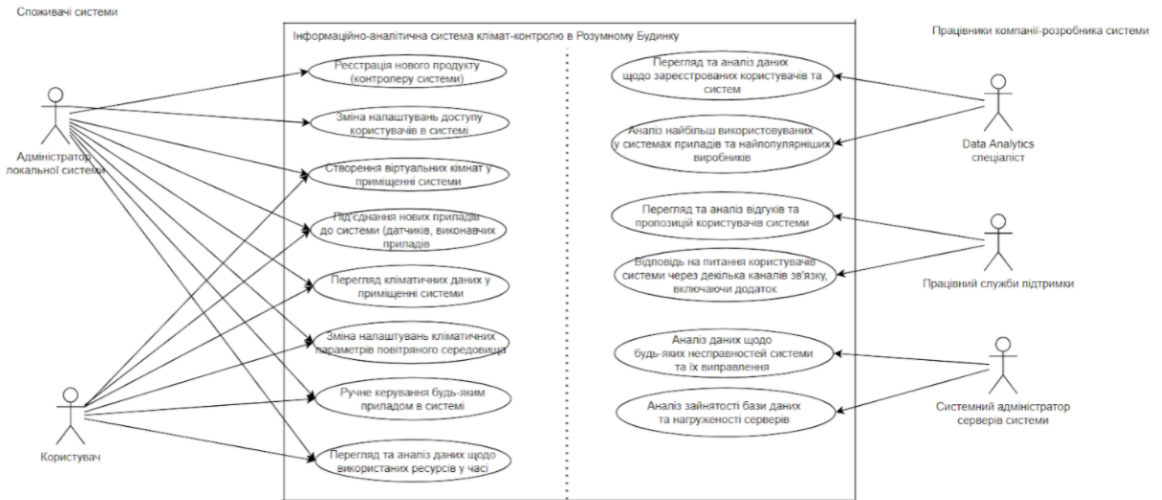
Amazon Alexa



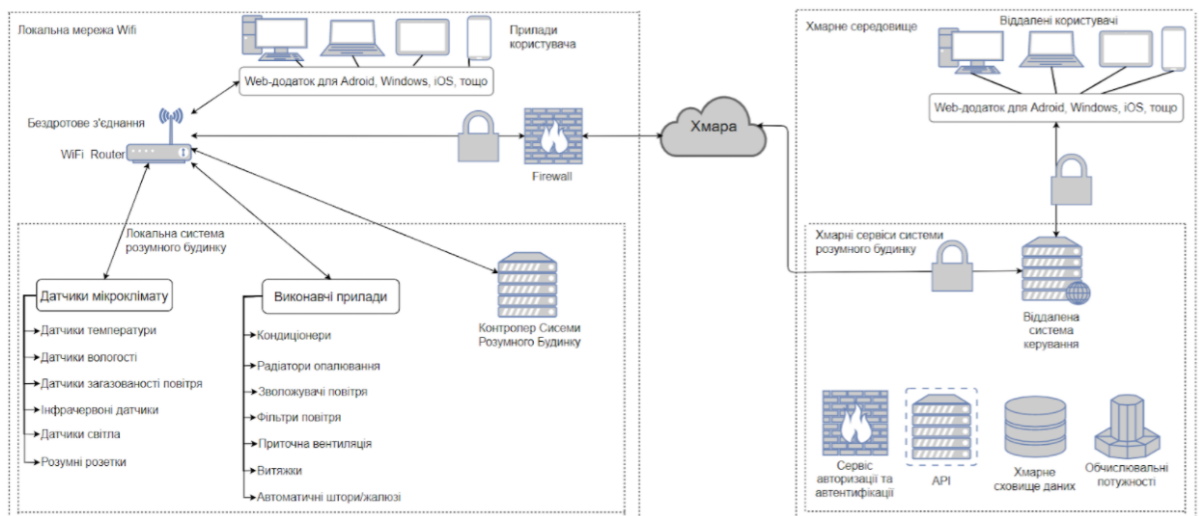
Xiaomi Smart Home



## Сцвикористання системи

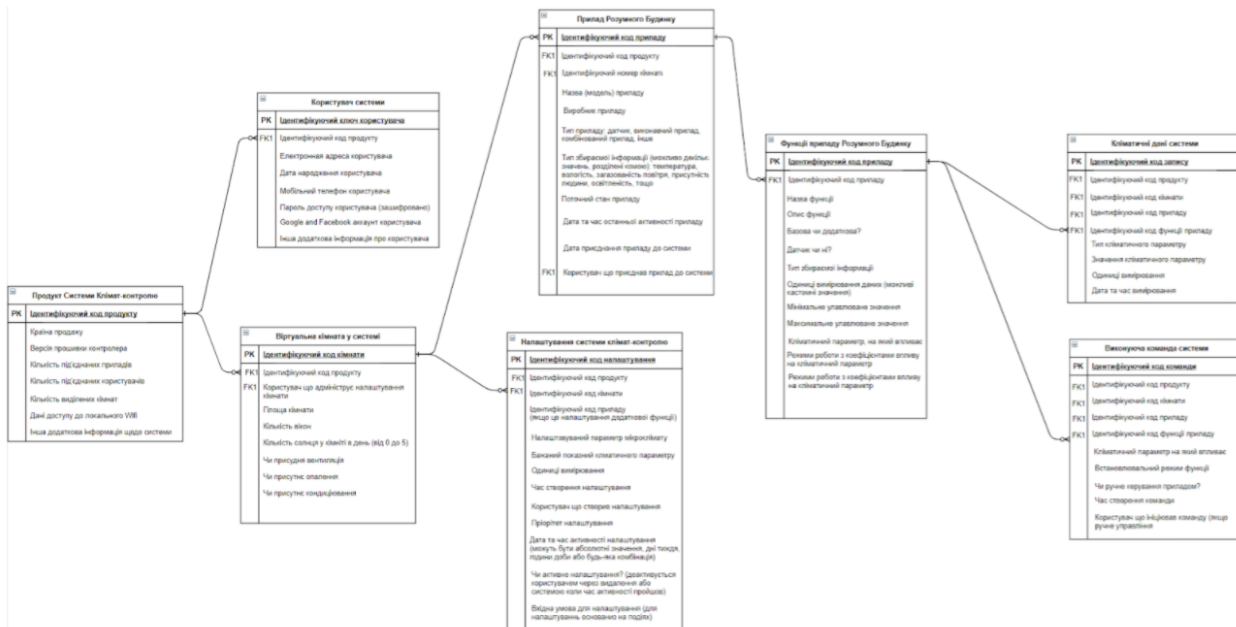


## Структурна модель системи

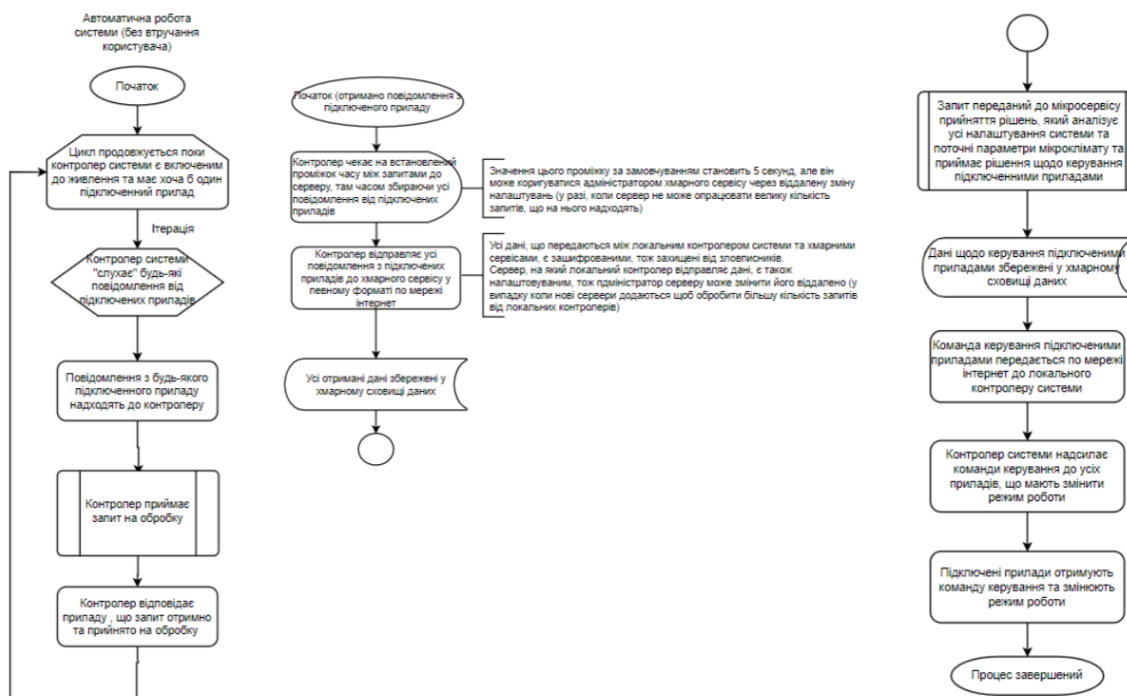




## Модель даних

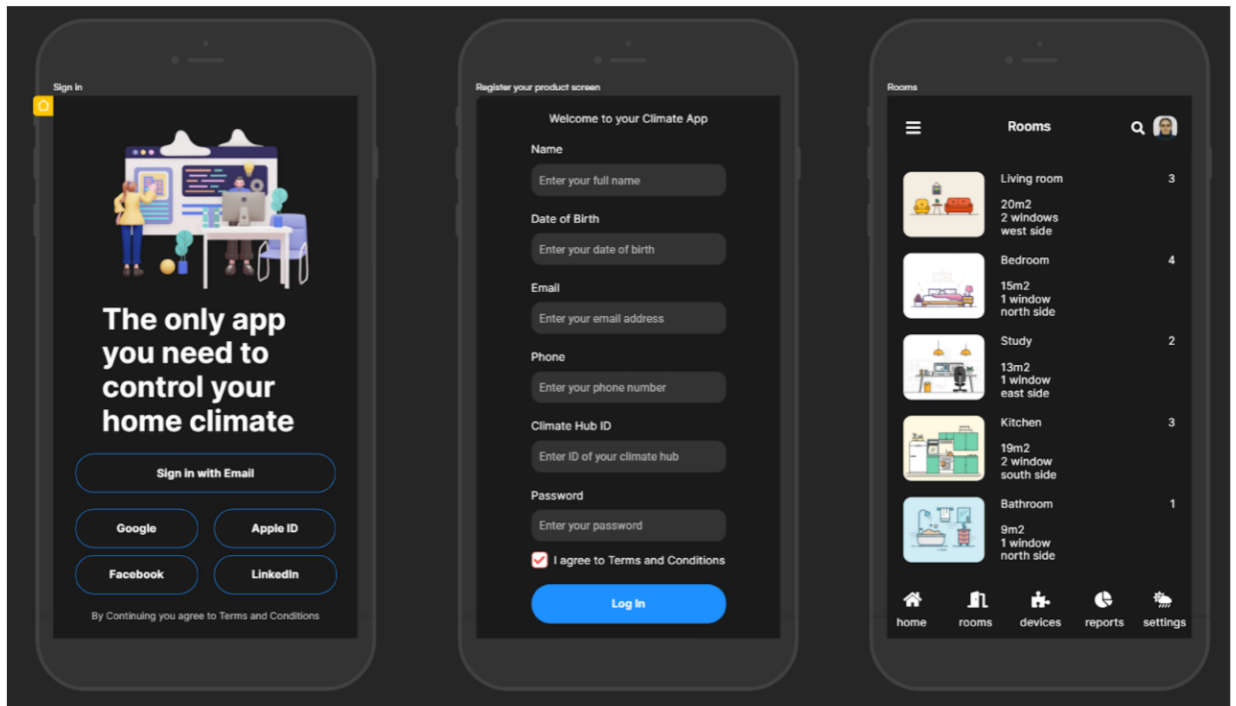


## Алгоритм роботи IoT системи

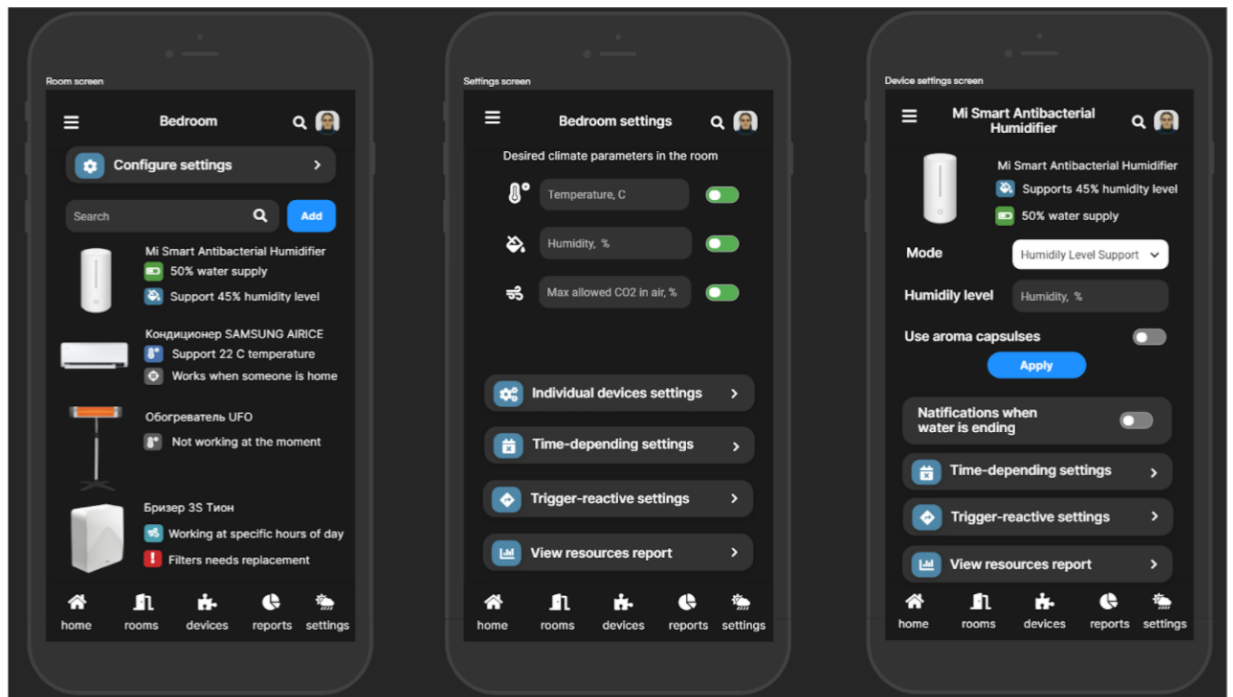




## Прототип інтерфейсу мобільного додатку



## Прототип інтерфейсу мобільного додатку





## Потенціал розвитку IoT системи

Як потенціал для подальшого розвитку, запропоновано провести переговори з представниками найбільших виробників систем Розумного будинку з пропозицією *інтеграції* системи клімат-контролю як підсистеми в їх продукт. Таким чином, буде задоволена одна з основних вимог користувача: управляти своєю домівкою з одного місця, навіть з одного додатку.

При *інтеграції* системи клімат-контролю в існуючу систему Розумного Будинку, можливо заощадити час, гроші та людські ресурси на розробку компонентів, що вже наявні в існуючій системі Розумного дому: такі як мікросервісів шифрування даних, авторизації користувачів, підключення приладів, захисту даних, та інші. Тож необхідно бути тільки додати мікросервіс клімат-контролю та розширити можливості системи щодо керування кліматичними приладами.

Однак, системи клімат-контролю все ж може бути реалізована як повністю *новий продукт* Розумного Будинку з окремим додатком, але це займе набагато більше часу та залучених фінансів для реалізації нового продукту. Також новий продукт має бути рекламований споживачам, щоб він зміг закріпитися на ринку.



## Висновки

Завдання кваліфікаційної роботи було виконано:

1. Проаналізовано системи Розумного Будинку, що доступні на ринку, та їх функції
2. Спроектовано інформаційно-аналітичну IoT систему клімат-контролю в Smart House, що матиме наступні переваги над існуючими системами Smart House:

- можливість об'єднання в єдину систему сторонні кліматичні прилади будь-яких виробників
- гнучкі налаштування роботи IoT системи з метою керування підключеними приладами для підтримання оптимальних умов мікроклімату приміщення
- можливість збереження та перегляду даних щодо використаних приладами системи ресурсів, з метою оптимізації налаштувань і економії

3. Створено прототип мобільного додатку для керування системою користувачами

Також, було запропоновано декілька варіантів потенційних шляхів розвитку системи

Тези на тему «Залежність інтенсивності вентиляції від вмісту вуглекислого газу в повітрі за допомогою IoT речей» в XV міжнародній науково-технічній конференції Проблеми інформатизації 11 – 12 квітня 2020 року.

Стаття на тему «Системи Розумного Будинку, засновані на IoT» у LXI міжнародній конференції «Розвиток науки в XXI столітті» 13 червня 2020 року.

Дякую за увагу



Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка, 2021