

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

Кваліфікаційна робота бакалавра  
**ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЕМЕРДЖЕНТНОГО  
КОНФІГУРУВАННЯ РОЗУМНОГО ОФІСУ**

Здобувач освіти гр. ІН – 82

Пало САМСОНЕНКО

Науковий керівник,  
кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри комп'ютерних наук

Ігор ШЕЛЕХОВ

Завідувач кафедри  
доктор технічних наук, професор

Анатолій ДОВБИШ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

Затверджую \_\_\_\_\_  
Зав. кафедрою Анатолій ДОВБИШ  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**до кваліфікаційної роботи**

здобувача вищої освіти четвертого курсу, групи ІН-82 спеціальності «122 – Комп'ютерні науки» денної форми навчання Самсоненка Павла Євгеновича.

**Тема: «ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЕМЕРДЖЕНТНОГО  
КОНФІГУРУВАННЯ РОЗУМНОГО ОФІСУ»**

Затверджена наказом по СумДУ  
№ \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2022 р.

**Зміст пояснювальної записки:** 1) Аналітичний огляд сучасних складових розумного офісу; 2) Постановка задачі; 3) Опис абстрактної архітектури емерджентного конфігурування та відповідних сценаріїв; 4) Опис архітектури та дизайну менеджера цілей;

Дата видачі завдання « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Ігор ШЕЛЕХОВ

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Павло САМСОНЕНКО

## РЕФЕРАТ

**Записка:** 36 стор., 9 рис., 3 табл., 24 джерела.

**Об'єкт дослідження** — процес створення емерджентних конфігурувань в розумних офісах.

**Мета роботи** — створення архітектури у вигляді вимог та проектних артефактів менеджера емерджентних конфігурацій.

**Методи дослідження** — методи проектування емерджентних конфігурацій, методи інтеграції доповненою реальності в систему Інтернету речей.

**Результати** — у роботі було розроблено архітектуру у вигляді артефактів вимоги та дизайну для менеджера емерджентного конфігурування, який відповідає за формування емерджентного конфігурування, використовуючи інженерний підхід Інтернет речей. Було продемонстровано кілька сценаріїв, які відповідають динаміці контексту «розумне офісне середовище».

ЕМЕРДЖЕНТНЕ КОНФІГУРУВАННЯ, ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ,  
ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....</b>	<b>4</b>
<b>ВСТУП .....</b>	<b>5</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....</b>	<b>7</b>
1.1 Як виглядатимуть офіси після пандемії.....	7
1.2 Складові розумного офісу .....	8
1.2.1 Самоадаптивна система .....	8
1.2.2 Контекст.....	10
1.2.3 Доповнена реальність.....	13
1.2.4 Системи керованого обслуговування.....	14
1.3 Постановка задачі.....	16
<b>2 АНАЛІЗ ЕМЕРДЖЕНТНОГО КОНФІГУРУВАННЯ.....</b>	<b>17</b>
2.1 Сценарії на основі динамічного контексту.....	17
2.1.1 Сценарій з Аллою.....	17
2.1.2 Сценарій з Максимом.....	18
2.2 Абстрактна архітектура емерджентного конфігурування .....	19
2.2.1 Логічне представлення .....	19
2.2.2 Формування ЕК для досягнення цілей .....	21
2.2.3 Керування емерджентним конфігуруванням для досягнення цілей.....	23
2.2.4 Внутрішні компоненти МЕК .....	24
<b>3 КОНСТРУКЦІЯ МЕНЕДЖЕРА ЦІЛЕЙ .....</b>	<b>26</b>
3.1 Вплив контекстних змінних.....	26
3.2 Архітектура менеджера цілей.....	27
3.3 Методика інтерпретації цілей.....	29
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>32</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>33</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

МЕК - Менеджер емерджентного конфігурування

ЕК - Емерджентне конфігурування

ІР - Інтернет речей

СКК - Система керування контекстом

ДР - Доповнена реальність

МП - Менеджер пристроїв

## ВСТУП

Метою даного дослідження є демонстрація того, як ЕК можуть бути реалізовані та сформовані у середовищі розумного офісу, щоб мати можливість керувати та адаптуватися до контекстуальних змін з метою досягнення мети ремонту кавоварки. Досліджені та встановлені різні корисні способи, за допомогою яких ЕК можуть керувати різним контекстом в системі ІР, що застосовується до середовища розумного офісу, включаючи аспекти, що додають цінність як персоналу, обслуговуючого пристрою, так і офісного персоналу. Оскільки в середовищі розумного офісу існує контекст, що постійно змінюється, і за участю користувачів у циклі, змінні, які необхідно враховувати, стають складними. Для цього розроблені артефакти вимог та дизайну на основі підходу до проектування систем ІР в ЕК, а потім реалізовано компонент МЕК - «Менеджер цілей», застосований в вигаданій системі ІР розумного офісу, що включає кавоварку. Вимоги та проектні артефакти розробляються шляхом спочатку проведення огляду літератури з метою отримання уявлення та розуміння сучасного стану щодо обраного середовища розумного офісу, концепції ЕК та пов'язаних з нею областей.

Щоб вивчити, як можуть бути сформовані ЕК, які можуть впоратися з середовищем, що постійно змінюється, і, оскільки це новий підхід, реалізовано компонент «Менеджер цілей». Це компонент МЕК, який відповідає за отримання вхідних даних (даних від датчиків) різних контекстних змінних, включаючи речі та людей, а також інтерпретує ідентифіковану мету ЕК на етапі формування. Процес інтерпретації мети допоможе цільовому менеджеру вибрати найкращий підхід до досягнення мети якнайкраще. Для подальшого моделювання концепції ЕК та включення функцій менеджерів цілей у середовищі «розумного офісу» розроблені кейс-сценарії, а також удосконалена архітектура у вигляді вимог та проектних артефактів, заснованих на абстрактній архітектурі. Завдяки новим висновкам, отриманим в результаті цього дослідження, створена архітектура для підкомпонентів Менеджера цілей і метод інтерпретації цілей.

До сих пір більшість людей асоціює концепт «розумного» офісу з кадрами фільмів про далеке майбутнє, хоча в більшості розвинутих країн, особливо європейських, смарт технології в повсякденному та робочу житті вже стали абсолютною нормою. Не зважаючи на те, що поняття «розумного» простору досить невиразне, його можна описати наступним чином: це автоматизована система управління усіма можливими системами будівлі чи приміщення, задля покращення умов праці та комфорту працівників. Такі трендові технології як машинне навчання та Інтернет речей задали сильного поштовху стандартному баченню офісів. Більшості офісних працівників вже недостатньо такого звичного для них робочого місця. Дивлячись на інші індустрії, які використовують нові технології для поліпшення робочого місця, не дивно, що «розумні» офіси набувають такої популярності. З сучасними тенденціями розвитку робочого середовища, скоро нікого вже неможливо буде здивувати такими новомодними диковинками як автоматичне регулювання температури та світла на робочому місці, або можливістю дізнатися через телефон, скільки місць для паркування залишилося на офісній автостоянці.

Виникнення та популяризація «розумних» офісів є очікуваним результатом комбінації багатьох факторів, найголовнішим з них є підвищення продуктивності працівників за допомогою покращення їх комфорту [1].

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1 Як виглядатимуть офіси після пандемії

Коли пандемія коронавірусної хвороби (COVID-19) почала впливати на світ, більшість компаній змусили своїх співробітників переходити на віддалену роботу. З триваючою кризою пандемії концепція офісного простору змінилась. По всьому світу, люди почали облаштовувати свої міні-офіси у спальнях, на кухні, вітальні і навіть на балконах. Велика кількість компаній планує зберегти формат віддаленої роботи, або надати можливість скомбінувати гнучкий графік, так званий гібрид між працею з дому на протязі декількох днів та між працею з офісу.

Незалежно від того, які офісні тенденції будуть домінувати після пандемії, одне можна сказати напевно: гнучкі офісні приміщення та розумні офісні технології будуть забезпечувати безпеку, гнучкість, ефективність, та комфорт для усіх співробітників [3]. Щоб фізичні офісні будівлі залишалися актуальними, співробітники очікують набагато більше, ніж просто притулок. Тепер перед офісом буде стояти складна задача, схилити нових та старих працівників до праці не з дому, а саме з офісу. Адже тепер, попрацювавши більше року, або півтора з дому, більшість людей побач багато переваг, таких як економія часу та грошей на транспорті, можливість зекономити на їжі тощо.

Незважаючи на те, що пандемія принесла економічний стрес і невизначеність, вона також відкриває нову еру для технологій і робочого місця майбутнього. Є певні тренди, які можуть не зникнути після загрози коронавірусу:

- Офісні будівлі можуть стати меншими, тому що відсоток робочої сили працює віддалено.
- Виникати більше потреби в гнучких офісних приміщеннях, адаптованих до потреб гібридної робочої сили.
- Оскільки працівники більше підтримують індивідуальну роботу вдома, на робочих місцях знадобляться більше місць для зустрічі та співпраці.



- Щоб забезпечити безпеку та здоров'я робочої сили, можливо, буде розділено більше уваги заходів з очищення та санітарії — можливо, навіть широко поширеним протоколам дезінфекції УФ-променем .
- Підприємствам потрібно буде збільшити зв'язок і покращити загальний досвід роботи в офісі. Для того, щоб офіс був корисним для віддалених співробітників, він повинен забезпечувати цінність за межами офісу [3].

## **1.2 Складові розумного офісу**

Розумний офіс - це просто категорія застосування IP. Розумний офіс відрізняється від звичайного офісного приміщення, де ви знайдете такі пристрої, як настільні комп'ютери та пристрої, такі як принтери, підключені кабелем до маршрутизатора для доступу в Інтернет. На відміну від цього, розумний офіс - це офісне середовище, в якому ви знайдете ноутбуки, принтери, розумні обігрівачі, розумні віконні жалюзі, кавоварки і т. д., які всі підключені до мережі, а потім, як правило, до Інтернету. Прикладом простого влаштування Інтернету речей, встановленого вже сьогодні в багатьох офісах, є інтелектуальний термостат, який може визначати, коли працівники знаходяться в певних приміщеннях, на основі датчиків та календарів співробітників, а потім відповідно змінювати рівні опалення, освітлення та інших функцій в офісі. [6].

Основними компонентами розумного офісу є розумні конференц-зали та розумні робочі простори. Це ті сфери, де працівники працюють найчастіше і можуть отримати вигоду від використання розумних технологій для покращення свого досвіду роботи[2].

### **1.2.1 Самоадаптивна система**

Самоадаптивна система - це здатність розподіленої системи коригувати і адаптувати свою поведінку у відповідь на сприйняття навколишнього контексту та самої системи для оптимального виконання поставлених цілей. Це легше сказати, ніж зробити, оскільки навколишній контекст систем IP надзвичайно динамічний і постійно змінюється. Самоадаптація необхідна через високий

попит у сучасних системах на гнучкість, можливість конфігурування, стійкість, енергоефективність, самооптимізацію шляхом адаптації до змін, які можуть статися у робочому контексті та системних вимог [19]. Щоб мати можливість адаптуватися до контексту, система має бути контекстно-залежною. Наприклад, пристрій, підключений до системи, стає недоступним через проблеми з підключенням або рівень заряду батареї і т. д., система, що самоадаптується, повинна мати можливість вирішувати цю проблему, використовуючи дані відповідних датчиків, щоб продовжувати забезпечувати бажаний результат. У крайньому випадку можна викликати ремонтну бригаду для ремонту пристрою.

### 1.2.1.1 Система управління адаптацією

Сценаріями, згаданими в попередньому розділі, можна керувати за допомогою контролера адаптації, який може бути реалізований за допомогою циклу МАРЕ-К [19]. Цикл МАРЕ-К складається з послідовності чотирьох дій: моніторинг, аналіз, планування та виконання, показані на рис. 1.1.

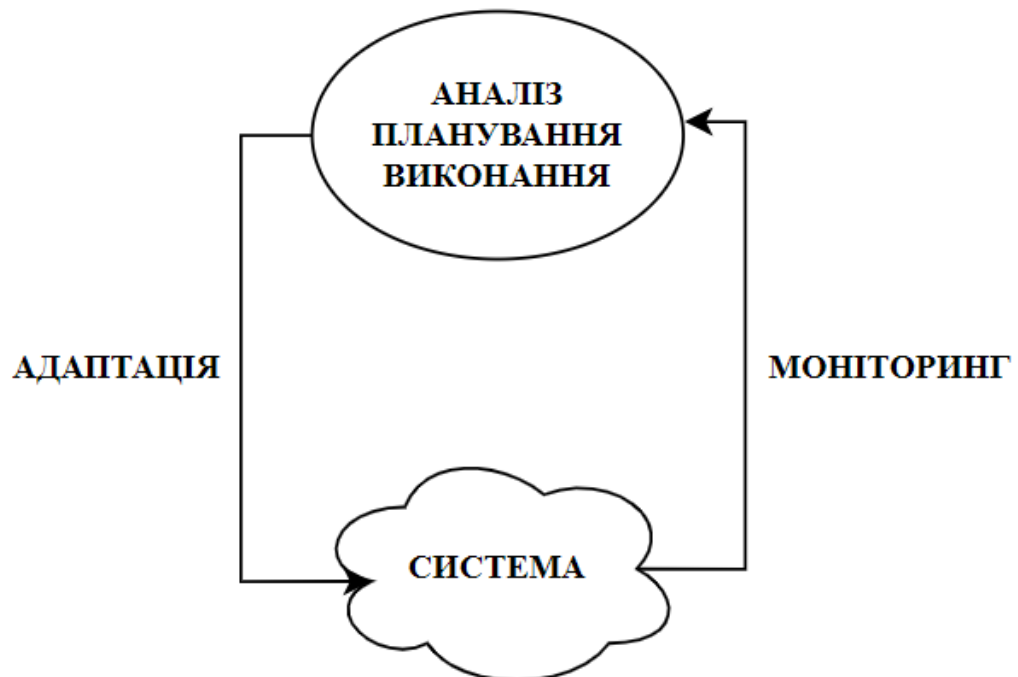


Рисунок 1.1 – Цикл МАРЕ-К

Використовуючи цикл МАРЕ-К у нашій системі ІР можливо наступне:

- Стежити за змінами в контексті. Зміни можуть бути як розповсюдженням цілей користувача, так і змінами, такими як щойно відкриті пристрої або втрата цих підключених пристроїв, поки системи працюють над досягненням мети.
- Планувати, як реагувати на виявлені зміни, щоб задовольнити ціль, або потенційно застосувати зміни до моделі підцілі ЕК.
- Виконувати план, передаючи інструкції потрібному компоненту системи.

### **1.2.2 Контекст**

Щоб краще зрозуміти, як працює контекстна поінформованість, спочатку потрібно визначити, що таке контекст. Шиліт і Таймер, які першими запровадили термін «контекстно-залежний», визначають контекст як місце розташування, ідентичність людей і об'єктів, що знаходяться поблизу, а також зміни, що відбуваються з цими об'єктами [20].

Визначення контексту, орієнтоване на розробників, у тому, що будь-яка інформація, яка може використовуватися для характеристики ситуації об'єкта, є контекстом. Де об'єкт – це місце, особа або об'єкт, які вважаються релевантними для взаємодії між користувачем та системою, включаючи самих користувача та систему [21].

#### **1.2.2.1 Контекстно-залежна система**

Щоб відповідати характеристикам самоадаптивної системи і бути в змозі досягти мети, яка, у свою чергу, формує ЕК, система також має бути контекстно-залежною. Система є контекстно-залежною, якщо вона може витягувати та інтерпретувати контекстну інформацію з контексту виконання та має можливість використовувати її та відповідним чином адаптувати свою функціональність. З точки зору користувача це контекстно-залежна людська служба з мінімальними зусиллями користувача для налаштування. Оскільки у людей різні переваги, системі може знадобитися обміркувати і відповідним чином адаптувати свою

поведінку до окремих користувачів. Надана контекстна інформація повинна бути надійною і, перш за все, доступною. Ця вимога є складною з багатьох причин у багатьох контекстах, оскільки інформація отримується з одного джерела, а саме датчиків. Вони можуть вийти з ладу, або їхній мережевий зв'язок може перерватися і відключитися і т. д. [4]. Щоб забезпечити цю надійність, загальний підхід полягає у використанні надмірності джерел контексту. З доступними надмірними джерелами контекстної інформації існує можливість протистояти відмовам деяких джерел контексту. Однак цей підхід не масштабуватиметься на більшу кількість датчиків, оскільки він може вимагати черезмірне використання ресурсів [4].

Одним із способів опису архітектури контекстно-залежних систем є багаторівнева концептуальна структура, показана на рис. 1.1 для контекстно-залежних систем Балдауфа [22]. Він називається багаторівневим, оскільки є п'ять рівнів архітектури. Перший рівень складається із різних датчиків. Тут він підкреслює, що слово «датчик» відноситься не тільки до датчиків як обладнання, але і до всіх джерел даних, які надають придатну для використання контекстну інформацію. Другий рівень пов'язаний із отриманням необроблених даних контексту. Він обробляє необхідні драйвери для фізичних датчиків та API для необхідних логічних датчиків. Рівень попередньої обробки відповідає за аналіз та інтерпретацію контекстної інформації з даних для передачі лише тих даних, які потрібні додатку. Крім того, якщо є кілька датчиків, які збирають інформацію, яку потрібно об'єднати, щоб використовувати її, вона обробляється на цьому рівні. Цей рівень не завжди потрібний, якщо ці речі не потрібні або можуть бути виконані на попередньому рівні. Четвертий рівень, Сховище/Управління, як впливає з назви, зберігає дані організованим чином та пропонує їх додатку через загальнодоступний інтерфейс. П'ятий рівень — це програма, з якою взаємодіє кінцевий користувач. Тут реалізовано логіку реакції та управління на різні контекстуальні події. Прикладом контекстної логіки в додатку є дисплей більшості смартфонів/фаблетів: коли датчик освітленості

виявляє зміна освітленості від навколишнього середовища, відповідно змінюється і яскравість дисплея.

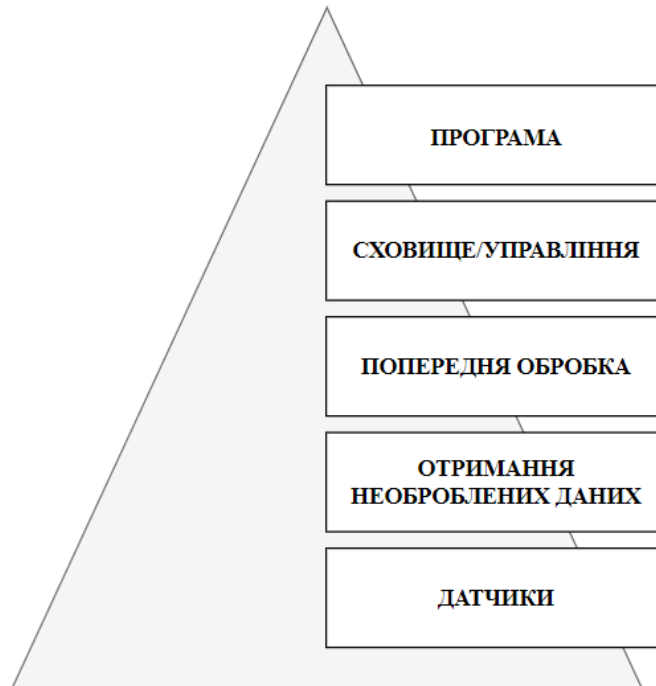


Рисунок 1.2 – Багаторівнева концептуальна структура для контекстно-залежних систем Балдауфа [22]

### 1.2.2.2 Система управління контекстом

Щоб краще вирішити проблему надійності та забезпечити ефективне керування ресурсами, необхідно забезпечити автономію систем. Автономія буде зосереджена на таких областях, як збирання, управління, попередня обробка та надання контекстної інформації. Такі системи зазвичай називають системами керування контекстом (СКК). Метою автономних обчислень є уявлення, що системи повинні мати можливість виконувати самоврядування, цього можна досягти, дозволивши співпрацю між системами. Самоврядування означає, що система може самостійно налаштовувати, самовідновлюватися, само захищатися та самооптимізуватися.

Плюси, що автономія принесе СКК:

- динамічне та автоматичне налаштування джерел контекстної інформації

- більш простий та кращий спосіб моніторингу системи для швидкої протидії збоям
- розширені можливості використання датчиків
- можливість відокремити саму контекстно залежну систему від контекстних даних.

Ці системи можуть бути реалізовані як окрема служба з датчиками або як проміжне програмне забезпечення між функціями програмного забезпечення основних систем та контекстом, в якому система використовується. СКК бере до уваги вхідні дані від апаратних датчиків, які постійно зчитують значення з контексту та зберігають їх у базі даних для зберігання та швидкого доступу. СКК також може приймати рішення на основі потенційних змін даних, які можуть ініціювати відповідні частини базової системи для досягнення бажаної мети. Оскільки СКК зберігає всі дані з контексту, вона також обробляє запити від користувачів та інших служб, щоб їм не доводилося самим керувати базою даних з усіма даними. СКК також обробляє відповідні привілеї доступу до даних контексту, щоб гарантувати цілісність та конфіденційність даних та власників даних [23].

### **1.2.3 Доповнена реальність**

Доповнена реальність стає все більш популярною як засобом уявлення, так і засобом взаємодії. Доповнення реального світу віртуальними об'єктами називається доповненою реальністю, на відміну віртуальної реальності, що полягає у створенні аж всього віртуального світу. В системі доповненої реальності віртуальна інформація додається поверх реального уявлення про світ. Можуть бути задіяні всі органи чуття людини, але віртуальна інформація та об'єкти зазвичай генеруються комп'ютером, а користувач переглядає комбіноване зображення. Змішуючи віртуальний вигляд із реальним життям, користувач може отримати додаткову візуальну контекстну інформацію.

Наприклад домен програми повинен відображати посібник зі складання або розбирання об'єкта разом з реальним світоглядом. Це гарантує, що користувачеві не потрібно перемикатися між паперовим технічним посібником і

безпосередньою працею, і тому він може зосередитись на обох одночасно. По суті, користувач може якимось взаємодіяти з віртуальним світом, наприклад, користувач може переміщатися і оглядатися у віртуальному світі. Також для маніпулювання віртуальними об'єктами, переміщуючи їх або будь-яким чином змінюючи їхній стан. Щоб взаємодія працювало і щоб користувачі відчували себе якомога природнішими, як правило, пристрій, що відповідає за доповнену реальність, має будь-який пристрій відстеження жестів. Це повинно мати можливість відстежувати жести рук користувача, пристрій стеження розпізнає попередньо запрограмовані жести та викликає різні функції залежно від жесту і того, куди користувач надсилає пристрій. У деяких випадках також використовується відстеження погляду, що робить процес взаємодії та навігації у віртуальному світі ще більш природним для користувача. Доповнена реальність - відмінний вибір для керівництва при обслуговуванні, оскільки він може дати чіткі інструкції новачкові без відволікання уваги.

#### **1.2.4 Системи керованого обслуговування**

##### **1.2.3.1 Автоматизований диспетчер ремонтів**

У статті [10] автори пропонують контекстно-залежний напівавтоматичний диспетчер завдань відновлення для систем IP. Диспетчер реалізований з метою керування несправностями у мережі розподілу електроенергії. Мотивація застосування полягає у вирішенні проблем, що виникають у наступному сценарії: диспетчер-людина призначає завдання ремонту конкретному ремонтнику, коли система повідомляє людину у вигляді сигналів тривоги. Людський фактор, що передбачає численні ручні дії, може спричинити затримки в процесі відправки ремонтних робіт майстру. Оскільки люди роблять помилки і не завжди мають всі факти, краще автоматизувати процес призначення завдання ремонту.

Реалізована система складається з наступних компонентів: Перший компонент - це приймач, який є людиною-оператором аварійної сигналізації, єдиним завданням якого є відправлення завдань з ремонту через інтерфейс користувача приймача в систему. Потім система обробляє завдання ремонту у

наступному компоненті. Наступним компонентом є механізм обробки, який оцінює задачу ремонту, щоб вибрати найбільш підходящих ремонтників для конкретного завдання ремонту. Процес оцінки містить контекстну інформацію. Це назва посади, у якому відділі працює ремонтник, поточне місцезнаходження та доступність ремонтника. Третій компонент називається фільтром зіставлення. Він використовується для подальшої фільтрації ремонтників, менш придатних для конкретного завдання ремонту, після завершення процесу оцінки попереднього компонента. Фільтр є ще однією ітерацією процесу оцінки, цього разу сфокусованою на: посаді та відділі ремонтника, доступності ремонтника і, нарешті, досвіді ремонтників, пов'язаному з конкретним ремонтним завданням. Четвертий компонент — Калькулятор найкоротшого шляху, цей компонент розраховує відстань між вибраними ремонтниками та розташуванням ремонтного завдання. П'ятий компонент - це мобільний додаток для Android, який вперше використовується в попередніх компонентах для отримання розташування ремонтника з GPS-приймача смартфона, а також статусу ремонтника. Ремонтник використовує програму як інтерфейс для прийняття призначених йому завдань ремонту, а також для навігації до місця ремонту за допомогою картки в додатку. Висновок тематичного дослідження, яке вони зробили в документі, показало, що їх реалізація в порівнянні з повністю ручним диспетчерським підходом дає поліпшення, що полягає у усуненні несправностей, скорочення тривалості виконання завдань з ремонту, підвищення задоволеності користувачів та зниження загальних витрат для компанії [10].

### **1.2.3.2 Microsoft HoloLens**

Microsoft HoloLens стають невід'ємною частиною розумного офісу. Це бездротовий комп'ютер доповненої реальності, що працює від акумулятора, який може показувати користувачеві тривимірні віртуальні об'єкти, як це представлено на рис. 1.1. Тривимірні віртуальні об'єкти закріплені в реальному світі. Користувач може ходити навколо цих об'єктів, розглядаючи їх під будь-яким кутом взаємодіючи з ними. Команди користувача до окулярів



здійснюються за допомогою жестів і голосових команд. Голосові команди є фіксується вбудованим або зовнішнім мікрофоном [7].

Оптика HoloLens влаштована дуже складно (якщо порівнювати, наприклад, із пристроями віртуальної реальності), що зумовлено необхідністю не просто виводити зображення на екран, але ще й правильно поєднувати його з об'єктами реального світу[8].



Рисунок 1.3 - Візуалізація компонентів у доповненій реальності [9]

### 1.3 Постановка задачі

На основі розглянутої інформації буде розроблено архітектуру у вигляді артефактів вимоги та дизайну для менеджера емерджентного конфігурування, який відповідає за формування емерджентного конфігурування, використовуючи інженерний підхід Інтернет речей. Щоб продемонструвати здатність реалізації буде реалізовано кілька сценаріїв, які відповідають динаміці контексту «розумне офісне середовище».

## **2 АНАЛІЗ ЕМЕРДЖЕНТНОГО КОНФІГУРУВАННЯ**

Основна мета цього дослідження полягає в тому, щоб вивчити та дізнатися, як можуть бути сформоване емерджентне конфігурування у випадок виникнення помилки в пристрої розумного офісу.

### **2.1 Сценарії на основі динамічного контексту**

Сценарії досліджують випадок поломки кавоварки. Задача ЕК - доручити завдання відповідному ремонтнику на основі місця розташування, знань та рівня досвіду. Сценарій дозволяють показати, як ЕК визначає пристрій на основі розташування, який тип інструкцій найкраще підходить для вибраного ремонтника. Змінні, що відповідають сценарію, відображаються в таблиці 1 і 2.

#### **2.1.1 Сценарій з Аллою**

Алла під час обіденної перерви вирішила відправитися до кімнати відпочинку, щоб випити кави. У цьому сценарії в кімнаті є кавоварка, розумні окуляри доповненої реальності HoloLens і планшет які Алла принесла із собою. Всі ці девайси підключені до мережі. МЕК виявив помилку в кавоварці, одразу ж в мережі вказана мета - виправити помилку, і МЕК автоматично діагностував апарат, щоб визначити серйозність помилки, і на екрані дисплею кавоварки з'явиться повідомлення про помилку. Коли Алла приходить до кімнати відпочинку, менеджер впізнає її рівень знань за допомогою зчитувача тегів NFC. У цьому випадку МЕК вирішує запитати її за допомоги в ремонті машини, оскільки її рівень кваліфікації визнаний як «початківець» і це відповідає вимогам поточного ремонтного завдання. Вона приймає завдання на ремонт машини, використовуючи її тег із зчитувачем тегів поблизу кавоварки. Як тільки контекст визначено, підсвічуються дисплей кавоварки, що пояснює що саме цей пристрій потребує ремонту. Алла отримує повідомлення через дисплей кавоварки, що потрібно вдягнути HoloLens. Було прийнято рішення використовувати окуляри доповненої реальності, оскільки послідовно виконувати інструкції за допомогою доповненої реальності найпростіше в HoloLens, оскільки вони кріпляться на

голові, та надає можливість використати обидві руки для виконання задачі. Першою вказівкою буде відсканувати QR-код на дисплеї кавоварки. QR код забезпечує одноразовий вхід із посиланням на інструкції, які підібрані під необхідний рівень кваліфікації користувача. Потім як тільки інструкції з обслуговування AR отримано, Алла виконайте кроки відображені на HoloLens, щоб відремонтувати кавоварку.

Таблиця 2.1 – Змінні першого сценарію

Категорії контексту	Змінні контексту
Мета	Виправити помилку кавоварки за допомогою доповненої реальності
Розташування	Всередині кімнати відпочинку (поблизу приладу з помилкою)
Рівень досвіду ремонтників	Рівень досвіду - новачок
Пристрої	Зламаний девайс - кавоварка, ресурси - Зчитувач тегів(NFC), пристрій - HoloLens або планшет

### 2.1.2 Сценарій з Максимом

Увечері в офісі тихо, у будівлі майже нікого не залишилося. В одній із кімнат для відпочинку сталася помилка кавоварки. МЕК отримує сповіщення про помилку і оброблює її, формуючи ЕС. Помилка аналізується і робиться висновок, що вона настільки серйозна, що необхідний рівень досвіду ремонтника повинен бути експертним. Оскільки помилка відбулася після робочого дня зв'язується з постачальником технічних ремонтних послуг у нічну зміну, і МЕК подає квиток на технічне обслуговування. Коли Максим приходить до кімнати відпочинку та ідентифікує себе через пристрій для зчитування тегів NFC, ЕСМ визнає його рівень досвіду як «експертний» і наявні в кімнаті відпочинку в даний момент пристрої за допомогою яких можливі усунути помилку. Пристроями є планшет і ПК. МЕК продовжує показувати інформацію про помилку на дисплеї кавоварки, а також надсилає текстові інструкції з обслуговування на ПК, який ремонтник вибрав для вирішення даної задачі. Таке рішення було прийнято,

оскільки Максим є експертом з ремонту, а найчастішим вибирає для вирішення такого роду проблеми ПК. Максим дотримується інструкцій отриманих від МЕК, оскільки ПК під'єднаних до мережі та успішно ремонтує кавоварку.

Таблиця 2.2 – Змінні другого сценарію

Категорії контексту	Змінні контексту
Мета	Виправити помилку кавоварки за допомогою коду
Розташування	Всередині кімнати відпочинку (поблизу приладу з помилкою)
Рівень досвіду ремонтників	Рівень досвіду - експерт
Пристрої	Зламаний девайс - кавоварка, ресурси - Зчитувач тегів(NFC), пристрій – ПК або планшет

## 2.2 Абстрактна архітектура емерджентного конфігурування

У цьому розділі логічне представлення емерджентного конфігурування, процес його формування та керування ним пояснюються з використанням випадків несправності кавоварки, описаних в минулих сценаріях. Наступні розділи – це три частини ЕК в розумному офісі зі сценарієм помилки кавоварки, де перша - логічне представлення ЕК, що описує логіку ЕК на високому абстрактному рівні. Друга описує, як формуються ЕК, пов'язані з нашими сценаріями, коли пристрій повідомляє про помилку. Третій стосується процесу того, як ЕК керує системою Інтернету речей з метою досягнення мети ремонту пристрою з помилкою.

### 2.2.1 Логічне представлення

З метою логічного представлення ЕК цей опис є простим (ЕК може бути реалізований як централізовано, так і децентралізовано). Конфігурування можна розбити на три компоненти на логічному рівні, також показано на рис. 2.1, які співпрацюють, взаємодіють і координують, щоб дозволити сформувати та керувати емерджентною конфігурацією. Компонентами є: (I) Агент Користувач

(АК), який використовується користувачем системи для взаємодії з МЕК під час виконання його/її цілей. (II) Менеджер Емерджентного Конфігурування(МЕК, основним завданням якого є задоволення цілей користувача шляхом формування, експлуатації та керування ЕК. Останнім є (III) Менеджер Пристроїв (МП), завдання якого відстежувати підключені пристрої, речі та об'єкти Інтернету речей, описати їх функціональні можливості в середовищі системи Інтернету речей. МП постійно відстежує та оновлює МЕК про стан пристроїв, якщо вони нещодавно виявлені або якщо вони стають недоступними через втрату з'єднання або подібні зміни під час виконання. (IV) Набір пристроїв у системі Інтернету речей, які підключаються та співпрацюють за командою МЕК з метою реалізації конфігурування. Це фізичний рівень, показаний на рис 2.1. Задля досягнення мети за допомогою більш якісних зовнішніх сервісів та девайсів, також доступні інтеграції з системою.

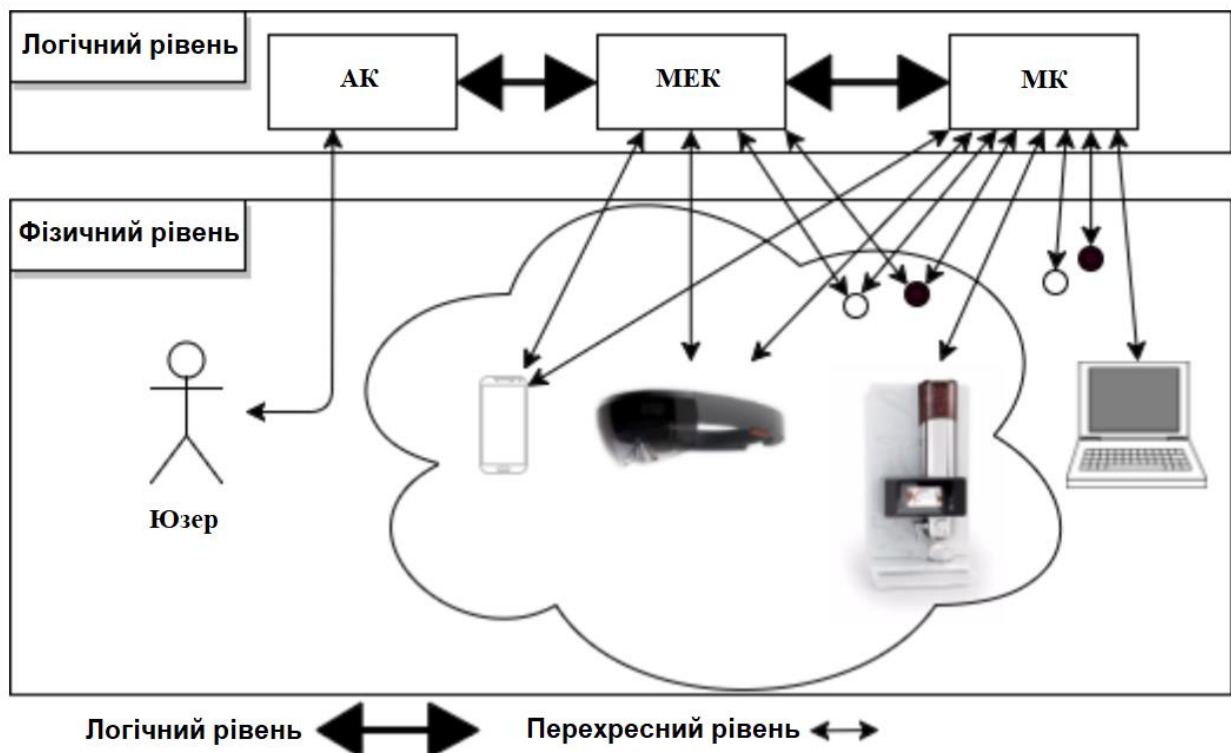


Рисунок 2.1 – Логічний і фізичний рівні ЕК

### 2.2.2 Формування ЕК для досягнення цілей

Першим процесом є формування ЕК. Як тільки в приладі виявляється зламана частина, вона автоматично виявляється, а код помилки завантажується на МЕК. Менеджер конфігурування визнає помилку і починає процес формування ЕК. Потім код помилки аналізується в МЕК, щоб визначити найнижчий необхідний рівень досвіду для ремонтника. Ця вимога є ключовою в роботі ЕК. Якщо помилка проста, про помилку буде повідомлено офісному персоналу для швидкого усунення за місцем розташування приладу. Офісному персоналу, який має попередній досвід обслуговування приладу, буде надано перевагу при виборі. Якщо завдання помилки є занадто складним для початківця ремонтника (офісного персоналу), воно буде передане постачальнику послуг, а в ідеалі також безпосередньо найближчому досвідченому ремонтнику, щоб якомога швидше обслуговувати прилад.

Як перший крок, завдання на ремонт створюється для кожного прийняттого рівня досвіду з необхідними кроками для ремонту пристрою та зберігається в базі знань МЕК. Важливою задачею є визначення доступних об'єктів/сервісів Інтернету речей, які вписуються в контекст мети, а цілі відповідають наданим функціональним можливостям. Постачальники послуг зобов'язані надавати АРІ, щоб ЕК могла використовувати ці функції. МЕК шукає зовнішні служби та пропонує відповідні.

Інформацію про придатні пристрої поблизу надає в менеджер пристроїв, після цього МЕК виводить задачі в ЕК. Наступна частина має на меті створення атомарних цілей шляхом декомпозиції головної мети ЕК і цілей, введених користувачем, на підцілі (показано на рис. 2.2). Наприклад, щоб визначити, хто підходить для завдання обслуговування, які пристрої здатні запускати програми з доповненою реальністю, а також пов'язані з контекстом мети. Коли атомарні цілі встановлені, необхідно визначити порядок виконання підцілей. Для цього МЕК пов'язує аналізи функціональних можливостей доступних об'єктів/речей/послуг, щоб визначити, як вони можуть допомогти досягти цілей. Наприклад, розклад ремонтників перевіряється перед відправкою повідомлень

найближчим потенційним з них. Цей тип дій не наближає ЕК до досягнення основної мети безпосередньо, але є хорошим прикладом підцілей, які сприяють підвищенню якості основної мети «Відремонтувати кавоварку».

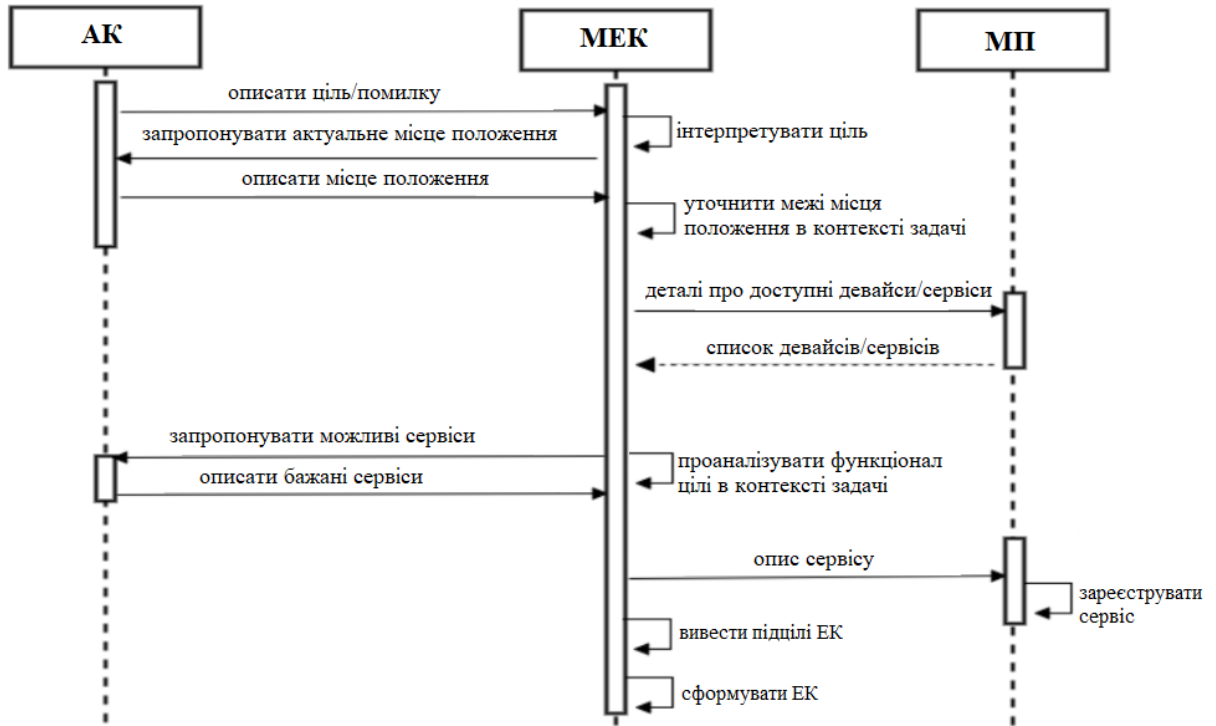


Рисунок 2.2 – Діаграма формування ЕК

Під час виконання альтернативні засоби досягнення основної мети постійно оновлюються, що показано на рис. 2.3.

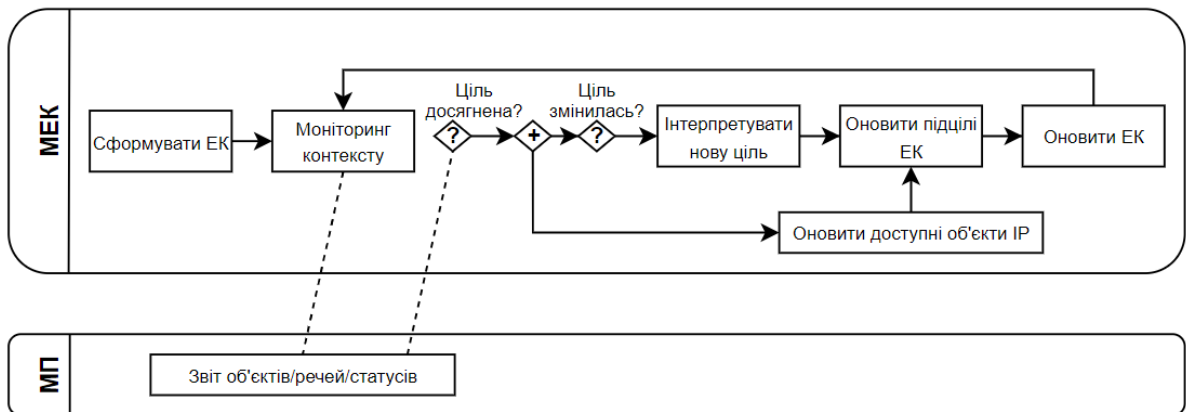


Рисунок 2.3 – Процес керування ЕК

Якщо ціль незрозуміла чи немає доступних об'єктів/речей для досягнення всіх необхідних атомарних цілей, користувач агент просто інформується про те, що ціль недосяжна в поточному контексті. Але якщо основна мета досяжна, МЕК формує ЕК, як пояснювалося раніше, за допомогою похідної моделі підцілі та починає фазу управління ЕК, щоб дати вказівки речам працювати. Наприклад, підходящі придатні пристрої з ДР автоматично виділяються ремонтнику за допомогою МЕК. Дизайн ЕК повинен вміти адаптуватися під час виконання до змін контексту та бути стійким, оскільки він працює у динамічному та невизначеному середовищі [19].

### **2.2.3 Керування емерджентним конфігуруванням для досягнення цілей**

Цей процес спрямований на керування ЕК після його формування для підтримки досягнення мети. Як показано на рис. 2.3, процес починається з моніторингу змін контексту та об'єктів/сервісів. Потім інформація переміщується на наступний крок, де визначається, які підцілі були досягнуті та чи змінилися деякі цілі. Якщо є зміни, але цілі ті самі, виконується оновлення списку речей/послуг. Якщо цілі змінилися, ЕСМ має інтерпретувати нові цілі. Наприклад, при зміні часу доби датчики підказують, що в кімнаті занадто темно і потрібно ввімкнути лампочку. Ця інформація використовується для оновлення підцілей ЕК, а потім для оновлення всієї ЕК. Коли відбувається оновлення ЕК, воно запускає цикл “МАРЕ-К” (пояснено в розділі 1.2.1.1 і показано на рис. 1.1), щоб забезпечити безперервні ітерації процесу керування ЕК. Цикл “МАРЕ-К” підтримує адаптації в ЕК, і архітектура повинна бути самоадаптивною, щоб мати можливість реагувати на зміни в контексті, які впливають на цілі тощо. Коли ЕСМ виявляє потенційного ремонтника, він визначає рівень технічного досвіду ремонтника, і надані інструкції будуть відрізнятися. Якщо ремонтник буде виявлено як початківець, він буде керуватися ДР. Якщо це досвідчений ремонтник, він буде керуватися текстовою інструкцією у вигляді електронного посібника з взаємодії з кавоваркою. Якщо пристрій виходить з ладу під час виконання, ЕК повинен мати можливість самостійно адаптуватися до цих змін



під час виконання та перенаправити користувача на інший сусідній пристрій, який відповідає тим самим вимогам, щоб ремонтник продовжив роботу з того місця, де він зупинився.

#### **2.2.4 Внутрішні компоненти МЕК**

Передбачається сім компонентів, у яких чотири є менеджерами, а інші три - окремі бази даних всередині ЕСМ, проілюстрованих на рис. 2.4. Ця архітектура є удосконаленням рівня управління процесами ІР [24].

Починаючи з баз даних, онтологія домену — це контейнер для каталогізації семантичних даних про домен, в якому живе система, наприклад, як у цьому випадку, коли це «розумний офіс». Ця база даних використовується, наприклад, для отримання підцілей ЕК і зв'язків між цілями, а також інформації про послуги та об'єкти з їх доступними функціями. База знань системи — це сховище для всіх значень з контексту ЕК. База даних бізнес-правил містить правила, пов'язані з доменом, а також правила, які застосовуються на основі змін контексту.

Мета Менеджера цілей — виконувати цілі в ЕК. Він інтерпретує основну мету користувача, а потім створює уявлення мети, щоб вилучити з неї контекстну інформацію, зберегти її в базі знань системи. Він також використовує контекст мети для аналізу доступних поблизу об'єктів і сторонніх служб через АРІ, щоб знову вилучити інформацію про функції, які можуть надавати ці сусідні об'єкти та сторонні служби. Щоб успішно виконати цей крок, Менеджер цілей повинен отримати дані, визначені в базі знань системи, а також в онтології домену. З цими нещодавно отриманими знаннями він може пропонувати послуги через МП для користувача та використовувати об'єкти для досягнення мети. Якщо користувач вирішує вибрати послугу, Менеджер цілей надішле опис послуги до МП, щоб користувач додатково з'ясував, чи може вона бути корисною. Для подальшої обробки основної мети користувача Менеджер цілей розбиває її на підцілі (атомарні цілі). Потім з даними з попереднього кроку Менеджер цілей з'єднає об'єкти з відповідними підцілями, зіставляючи їх за допомогою семантики з функціональними можливостями об'єктів. Менеджер адаптації відповідає за

виконання циклу “МАРЕ-К”. Менеджер відстежує та аналізує вплив виявлених змін у контексті системи. Зміни контексту можуть передбачати виявлення пристроїв або втрату підключених пристроїв, а також розвиток мети користувача для досягнення основної мети. На основі змін у контексті модель підцілей ЕК оновлюється, а інструкції щодо того, як виконати новий план для системи, передаються в механізм «введення в дію». Цей механізм відповідає за початок роботи ЕК. По суті, це менеджер для речей ІР в системі, він піклується про координацію та співпрацю діяльності речей ІР для виконання плану досягнення основної мети користувача. Менеджери контексту служать для підтримки контекст ЕК. По суті, він оновлює базу знань системи за допомогою даних, отриманих від виявлення динамічних подій у середовищі за допомогою доступних датчиків/сервісів. Також на основі контексту він відповідає за визначення нових бізнес-правил.

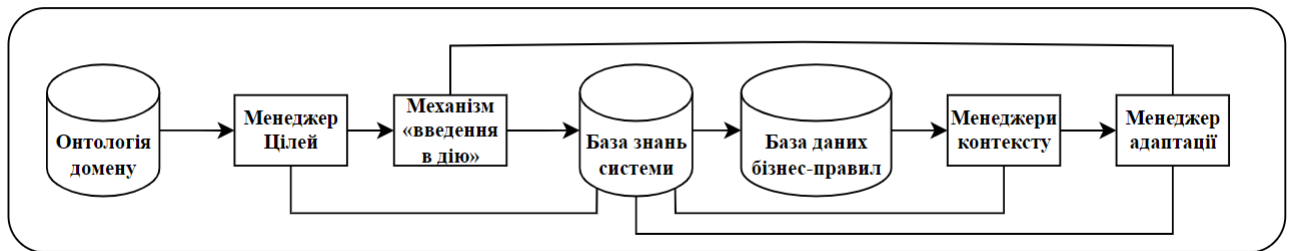


Рисунок 2.4 – Архітектура ЕК, яка вдосконалює рівень управління процесами ІР

### 3 КОНСТРУКЦІЯ МЕНЕДЖЕРА ЦІЛЕЙ

У цьому розділі новий підхід, ЕК інженерних систем ІР у поєднанні з розробленою ЕК архітектурою для розумного офісу, використовується для реалізації компонента Менеджер цілей в МЕК, у вигляді уявної системи з діаграмами послідовності та класів, а також рисунками призначеними для кращого розуміння реалізації та кращого огляду системи. Мета реалізації полягає в тому, щоб мати можливість справлятися зі складнощами та контекстними варіаціями розроблених сценаріїв.

#### 3.1 Контекстні змінні

Попередньо визначені сценарії, які реалізовані в фіктивній системі ІР, навіть якщо вони цілком звичайні, мають складний характер для системи. В основному це пов'язано з різним контекстом. Контекст у сценаріях можна розбити на категорії з різними змінними, наведеними в таблиці 3.

Таблиця 3.1 - Контекстні змінні в системі

Категорії контексту	Змінні контексту
Ціль	Код помилки цілі – інструкції (AR, текст, відео)
Розташування	Розташування - Контекстні межі цілі (Близько до ап-дотримання помилки)
Ремонтники	Рівень досвіду ремонтників - (початківець, експерт), досвід роботи - (початківець, Середній, Вмілий)
Об'єкти	Тип речей - прилад (кавоварка), ресурс (тег NFC, Зчитувач тегів NFC), пристрій (HoloLens, ПК, фаблет)

Усі різні категорії контексту дійсно впливають на результат системного логічного процесу, що означає, що результатом буде формування ЕК шляхом нашої реалізації на основі значень змінних контексту. Наприклад, у першому сценарії з Аллою сталася помилка в приладі кавоварки, і помилка

інтерпретується системою, щоб дізнатися, який рівень досвіду ремонтника потрібен відповідно до рівня складності помилки, в цьому випадку допускається відвідування ремонтника рівня новачка. Алла стає ремонтником у ЕК, оскільки вона ідентифікує себе в системі за допомогою своєї мітки NFC через пристрій для зчитування міток NFC, коли вона приходить до кімнати для відпочинку, де розташована кавоварка, і вона є єдиним доступним ремонтником. Система також дізнається додаткову інформацію про Аллу (її рівень досвіду - новачок, що вона не має жодного відомого пов'язаного досвіду та її місцезнаходження). Оскільки рівень складності помилки (цілі) відповідає рівню експертизи Алли, і її графік передбачає час, необхідний для виконання процедури технічного обслуговування. На дисплеї кавоварки її сповіщають, що вона може відремонтувати кавоварку. Вона погоджується виправити помилку через пристрій для зчитування міток біля пристрою з помилкою. Система зіставляє рівень досвіду з відповідним типом інструкції (ДР в даному випадку). Потім шукає підгонку та доступні пристрої в контекстних межах (близько до приладу з помилкою), в яких підтримується тип інструкції (у цьому випадку знайдено HoloLens. На дисплеї кавоварки відображається інструкція щодо використання вибраного пристрою з QR-кодом, який вона може відсканувати, щоб отримати вибраний тип інструкцій щодо ремонту з сервера.

### **3.2 Архітектура менеджера цілей**

Компонент Менеджер цілей у МЕК (показаний на рисунку 7) складається з трьох основних підкомпонентів, які співпрацюють для виконання обов'язків Менеджера цілей, показаних на рисунку 10.

Перший підкомпонент – це *Інтерпретатор цілей*, він відповідає за початок процесу формування ЕК шляхом перетворення головної мети користувача в конкретне представлення для розуміння системи. Пропонована методика інтерпретації цілей наведена в розділі 3.3. Коли отримано представлення головної мети, розташування цілі використовується для отримання пов'язаної інформації про навколишній контекст у місці, де була виявлена мета. Для цього

використовується база знань системи (компонент МЕК), а також відповідна інформація про домен (наприклад, «розумний офіс») з бази даних онтології домену. Коли інформація успішно отримана, вона використовується для визначення підцілей, які система розглядає критичними для досягнення головної мети.

Другим підкомпонентом є *Аналізатор контексту*, який відповідає за аналіз раніше отриманого контексту, а також об'єктів, речей, пристроїв і людей, доступних в контексті.

Останнім підкомпонентом є *Менеджер плану*, який відповідає за створення плану, що складається з таксономії підцілей і залежностей. Щоб мати можливість виконати це завдання, підкомпонент повинен вирішити, які підцілі дійсно є критичними для досягнення головної мети. Потім вирішить, які з виявлених пристроїв, об'єктів, служб і людей мають належні функціональні можливості для досягнення підцілей, а потім відобразить їх як залежності до відповідних підцілей, у яких вони залежать.

Менеджер цілей комунікує із зовнішніми компонентами в МЕК у такому порядку:

1. База даних онтології домену, яка містить схему семантичних знань про домени, такі як «розумний офіс».
2. Системна база знань, яка містить контекст системи, і бізнес-правила, які містять правила та правила, пов'язані з доменом, які необхідно вивести, якщо контекст змінюється.
3. Механізм «введення в дію», для виконання плану, створеного Менеджером цілей для ЕК.

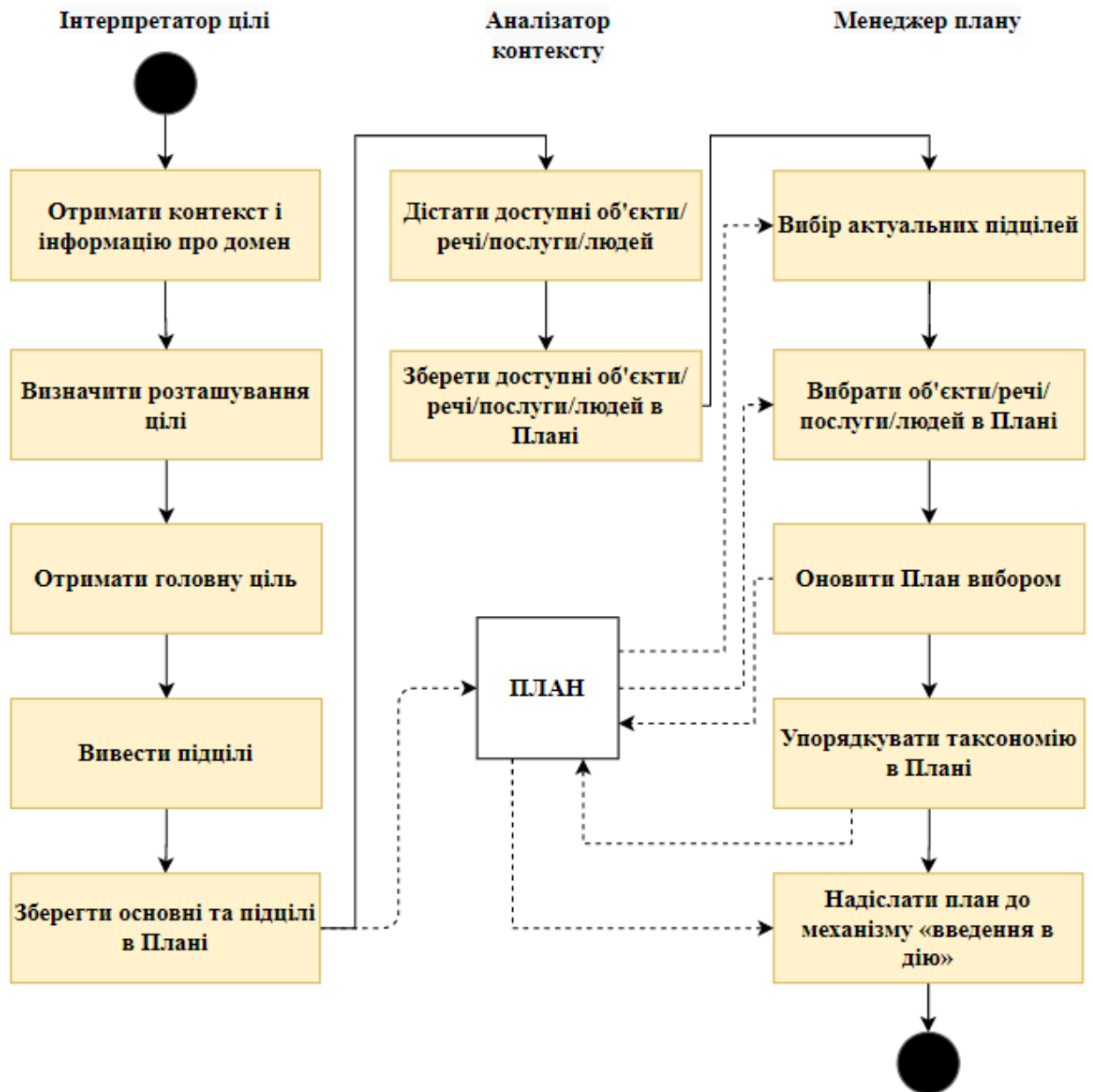


Рисунок 3.1 - Структура Менеджера цілей

### 3.3 Методика інтерпретації цілей

Процес інтерпретації цілей здійснюється під час формування ЕК (показано на рисунку 2.3), а також коли виявляється підціль або нова головна ціль. Компонент Менеджера цілей в МЕК відповідає за інтерпретацію цілі. Метою цієї фази є інтерпретація мети користувача шляхом міркування та перетворення її в конкретне уявлення, яке ЕК може використовувати для досягнення мети. Компонент бази даних онтології домену МЕК (описаний у розділі 2.2.4 і

показаний на рисунку 2.4) використовується для отримання семантичних даних про домен, пов'язаний з цією метою. Метою може бути ціль користувача, головна мета ЕК і похідні підцілі залучені до системи ІР.

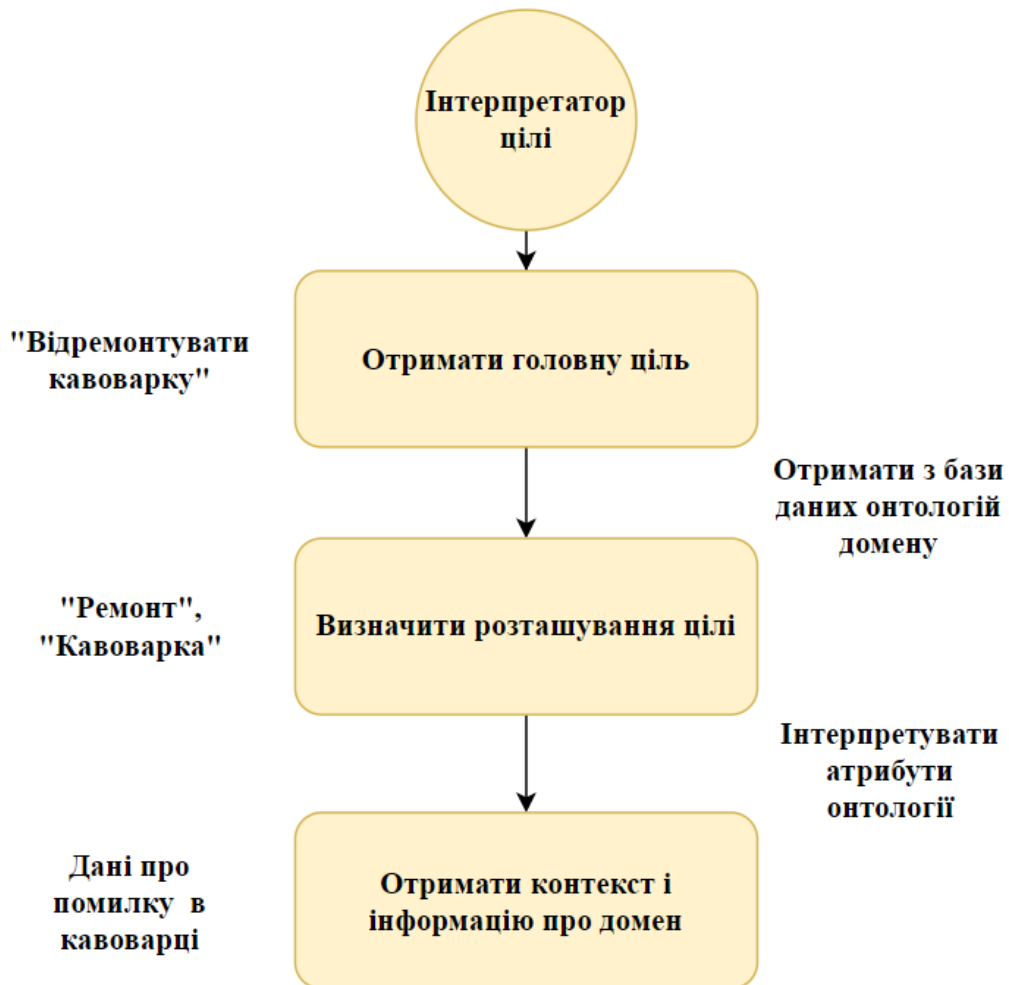


Рисунок 3.2 - Методика інтерпретації цілей

Для того, щоб інтерпретувати ціль, застосовуються семантичні технології для вилучення онтології цілі. Онтологія витягується та перетворюється на список змінних, що містять конкретні атрибути для цієї конкретної онтології. Описовий приклад процесу проілюстрований на рисунку 3.2. Наприклад, у випадку несправності кавоварки метою було "Відремонтувати кавоварку", вилучені змінні онтології то "Ремонт" і "Кавоварка". Змінна "Ремонт" інтерпретується як атрибут завдання. Змінна "Кавовий автомат" інтерпретується як цільовий об'єкт мети, атрибут онтології змінна полягає в тому, що це об'єкт. Потім у об'єкта запитуються конкретні дані щодо онтологічної змінної «Ремонт», яка має

атрибут завдання цілі. Повертаються дані, що містять код помилки та ідентифікатор об'єкта. Потім ці дані використовуються для отримання відповідних семантичних даних із бази даних онтології домену. Код помилки дозволить отримати інформацію про поточну помилку: терміновість, рівень складності та ідентифікатор об'єкта. Ця дані потім використовуються для отримання інформації про об'єкт, у якому є помилка: виробник, серійний номер, модель, місце розташування тощо (докладніше описано в розділі 3.1). Потім отримані дані представляються системі у вигляді об'єкта JSON, що містить усі необхідні метадані щодо мети, і тепер вони знаходяться у формі конкретного уявлення. Формат JSON є прикладом і був запропонований, оскільки це широко використовуваний формат, який використовується для передачі даних між системами.



## ВИСНОВКИ

У цій роботі досліджується, як формується емерджентне конфігурування розумного офісу для керування речами та допомоги людям досягти мети користувача ремонтувати кавоварку в динамічному середовищі розумного офісу. Була розроблена архітектура у вигляді артефактів вимог і дизайну, а також описана логіка Менеджера Емерджентного Конфігурування, який відповідає за формування конфігурування. Задля цього був використаний інженерний підхід Інтернету речей, зростаючої тенденції, яка прагне об'єднати все, що може бути корисно підключення до Інтернету шляхом надання нових послуг та підвищення ефективності ті речі.

Щоб продемонструвати можливості реалізації, розроблено кілька сценаріїв, які відповідають динаміці контексту середовища розумного офісу. Результати цього дослідження представляють архітектуру компонента Менеджера цілей і демонструють, що новий інженерний підхід, Емерджентного Конфігурування, є можливим способом керування системами Інтернету речей у категорії розумних офісів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. “Розумний” офіс. Технології, що змінюють бізнес [Електронний ресурс]  
Режим доступу до ресурсу: <https://shen.ua/tendantsii-rynka/rozumnyj-ofis-tehnologiyi-shho-zminyuyut-biznes/>
2. What Is a Smart Office? Here's What You Need to Know [Електронний ресурс]  
Режим доступу до ресурсу: <https://resources.owllabs.com/blog/smart-office>
3. How Smart Office Buildings Will Transform the Post-Covid Workplace [Електронний ресурс]  
Режим доступу до ресурсу: <https://www.igor-tech.com/news-and-insights/articles/how-smart-office-buildings-will-transform-the-post-covid-workplace>
4. Hu P. An autonomic context management system for pervasive computing / P. Hu, J. Indulska, and R. Robinson. // In Pervasive Computing and Communications, 2008. PerCom 2008. Sixth Annual IEEE International Conference on, pages 213–223. IEEE, 2008.
5. What is a Smart Office? [Електронний ресурс] <https://senion.com/what-is-a-smart-office/>
6. Forming Emergent Configurations in Smart Office IoT Systems - Irengård Gullstrand, Simon Wahlfrid, Jonas
7. Taylor A. G. Develop microsoft hololens apps now. 2016
8. Microsoft HoloLens [Електронний ресурс] <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>
9. Microsoft HoloLens: ThyssenKrupp Brings Holographic Technology to the World of Elevators [Електронний ресурс]  
<https://architizer.com/blog/practice/materials/microsoft-hololens-thyssenkrupp-brings-holographic-technology-to-the-world-of-elevator-repair/>
10. Amin S. A. A context-aware dispatcher for the internet of things: The case of electric power distribution systems / S. A. Amin, A. Ali-Eldin, H. A. Ali // Computers & Electrical Engineering, 52:183–198, 2016.
11. Ashton K. That ‘internet of things’ thing. RFIJ Journal, 22(7):97–114, 2009.

12. Atzori L. The internet of things: A survey / L. Atzori, A. Iera, G. Morabito // *Computer networks*, 54(15):2787–2805, 2010.
13. Kruchten P. B. The 4+ 1 view model of architecture. *IEEE software*, 12(6):42–50, 1995.
14. Ma H.-D. Internet of things: Objectives and scientific challenges. *Journal of Computer science and Technology*, 26(6):919–924, 2011.
15. March S. T. Design and natural science research on information technology / S. T. March, G. F. Smith // *Decision support systems*, 15(4):251–266, 1995.
16. Milgram P. A taxonomy of mixed reality visual displays / P. Milgram, F. Kishino // *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12):1321–1329, 1994.
17. Miorandi D. Internet of things: Vision, applications and research challenges / D. Miorandi, S. Sicari, F. De Pellegrini, I. Chlamtac // *Ad Hoc Networks*, 10(7):1497–1516, 2012.
18. Rouvoy R. Music: Middleware support for self-adaptation in ubiquitous and service-oriented environments / R. Rouvoy, P. Barone, Y. Ding, F. Eliassen, S. Hallsteinsen, J. Lorenzo, A. Mamelli, U. Scholz // *In Software engineering for self-adaptive systems*, pages 164–182. Springer, 2009.
19. Lemos R. Software engineering for self-adaptive systems: A second research roadmap / R. De Lemos, H. Giese, H. A. Müller, M. Shaw, J. Andersson, M. Litoiu, B. Schmerl, G. Tamura, N. M. Villegas, T. Vogel, et al. // *In Software Engineering for Self-Adaptive Systems II*, pages 1–32. Springer, 2013
20. Schilit B. N. Disseminating active map information to mobile hosts / B. N. Schilit, M. M. Theimer // *IEEE network*, 8(5):22–32, 1994.
21. Abowd G. D. Towards a better understanding of context and context-awareness / G. D. Abowd, A. K. Dey, P. J. Brown, N. Davies, M. Smith, P. Steggles // *In International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, pages 304–307. Springer, 1999.
22. Baldauf M. A survey on context-aware systems / M. Baldauf, S. Dustdar, F. Rosenberg // *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*,

2(4):263–277, 2007.

23. Xynogalas S. A. Context management for the provision of adaptive services to roaming users / S. A. Xynogalas, M. K. Chantzara, I. C. Sygkouna, S. P. Vrontis, I. G. Roussaki, M. E. Anagnostou // *IEEE Wireless Communications*, 11(2):40–47, 2004.
24. Alkhabbas F. Architecting emergent configurations in the internet of things / F. Alkhabbas, R. Spalazzese, P. Davidsson // In *Software Architecture (ICSA)*, 2017 IEEE International Conference on, pages 221–224. IEEE, 2017.