

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
-------	--------	------------	--------------	-------------------	----------

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ ТА ПРИСТРОЇВ**

До захисту допущено  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Юлія ЯМНЕНКО  
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

"\_\_" травня 2021 р.

## Дипломний проєкт

на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Спеціальність 171 Електроніка  
(код та назва спеціальності)

Спеціалізація \_\_\_\_\_

на тему: Веб-сервіс інтерактивного освітлення

Виконав: студент IV курсу, групи ДЕ-371  
Ігнатенко Сергій  
(ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Керівник доцент каф. ЕПС, к.т.н., доц. Юрій Хохлов  
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Консультант технічний розділ  
доцент каф. ЕПС, к.т.н., доц. Юрій Хохлов  
(назва розділу) (посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент доцент каф. АМЕС, к.т.н., доц. Кирило ТРАПЕЗОН  
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Консультант  
з нормоконтролю доцент каф. ЕПС, к.т.н., доц. Павло САФРОНОВ  
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 рік



**Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет електроніки  
(повна назва)

Кафедра електронних приладів та пристроїв  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 171 Електроніка  
(шифр і назва)

Спеціалізація Електронні компоненти і системи

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Юлія ЯМНЕНКО  
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

"20" травня 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Сергія Ігнатенко  
(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема проекту Веб сервіс інтерактивного освітлення

Керівник проекту доцент каф. ЕПС, к.т.н., доц. Юрій Хохлов,  
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

затверджені наказом по університету від « 24 » травня 2021 року № 1316-  
с

2. Термін подання студентом проекту 07.06.2021 року

3. Вихідні дані до проекту: мікрокомп'ютер Raspberry Pi 3B +, Arduino nano,  
Радіо-модулі nRF24L01, реле електричного струму, датчик освітленості,  
датчик руху

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Спроекувати систему інтерактивного освітлення, створити алгоритми  
автоматичного увімкнення та вимкнення освітлення, інтегрувати рішення до  
інтернету речей

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1. Схема електрична структурна; 2. Блок схема алгоритму прийняття рішень. 3. Блок схема алгоритму взаємодії модулів

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Ім'я ПРІЗВИЩЕ, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технічний	Юрій Хохлов, доцент кафедри ЕПС	20.05.2021	07.06.2021

7. Дата видачі

завдання 20.05.2021

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строки виконання етапів проекту	Примітка
1	Визначення проблематики та завдання дипломної роботи	12.04.21-18.04.21	
2	Опрацювання літератури за темою індивідуального завдання	12.04.21-18.04.21	
3	Розгляд існуючих методів прогнозування даних	19.04.21-25.04.21	
4	Підбор методу прогнозування даних, необхідного для поставленого завдання	26.04.21-09.05.21	
5	Дослідження підходящого методу прогнозування даних та підбор необхідних параметрів	26.04.21-09.05.21	
6	Розробка блок-схеми алгоритму	10.05.21-23.05.21	
7	Написання коду програми	10.05.21-23.05.21	
8	Оформлення пояснювальної записки	24.05.21-06.06.21	

Студент

(підпис)

Сергій Ігнатенко

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту

(підпис)

Юрій Хохлов

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

В дипломному проєкті було проведено детальний огляд систем розумного будинку та систем інтерактивного освітлення, їх можливості та недоліки. В роботі було створено алгоритм керування системою інтерактивного освітлення в залежності від отриманих даних з різних датчиків, та реалізовано алгоритми для різних потреб, таких як інтерактивне освітлення житлової площі та зовнішніх освітлень фасаду. Також було зібрано робочу модель, що має можливість інтеграції до інтернету речей. Створено алгоритм поведінки інтерактивного освітлення для створення комфортних умов перебування людини на основі досліджень про біоритми людини. Реалізований веб-сервіс за допомогою якого, користувач системи має можливість налаштувати систему індивідуально, має можливість керувати системою за допомогою смартфона, голосового асистента, та з будь якої точки світу.

**Ключові слова:** розумний будинок, інтерактивне освітлення, інтернет речей.

## ANNOTATION

The thesis consists of a detailed review of smart home systems and deals with interactive lighting systems, capabilities, and disadvantages. The algorithm of control of the interactive lighting system depending on the data received from different sensors was created in the work. Algorithms for different needs, such as interactive lighting of the living space, and external lighting of the facade were implemented. A working model that can be integrated into the Internet of Things was also assembled. An algorithm of interactive lighting behavior has been created to create comfortable living conditions for the user based on research on human biorhythms. Implemented web-service with which the system user can configure the system individually can control the system using a smartphone, voice assistant, and from anywhere in the world.

***Keywords:*** smart home, interactive lighting, internet of things.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОГЛЯД ІНТЕРАКТИВНИХ СИСТЕМ.....	10
1.1 Огляд наявних рішень.....	12
1.2 Основні задачі інтерактивного освітлення фасаду.....	17
1.3 Інтерактивне освітлення фасаду в приватних будинках.....	20
1.4 Інтернет речей та його можливості.....	22
2. <span style="float: right;">РОЗРОБКА</span> СИСТЕМИ.....	28
2.1 Порівняння методів радіо-зв'язку.....	28
2.2 Огляд можливих схем реалізації.....	31
2.3 Проектування та реалізація системи.....	36
2.4 Реалізація веб-сервісів.....	40
3. <span style="float: right;">НАЛАШТУВАННЯ</span> АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	44
3.1 Автоматизація освітлення в будинку.....	48
3.2 Алгоритм перевірки наявності люди в зоні обслуговування.....	49
3.3 Інтеграція до систем інших виробників.....	51
3.4 Адаптація освітлення для біоритмів користувача.....	53
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	59
ДОДАТОК А.....	

					<b>ДП.ДЕ-371.001 ПЗ</b>					
Змн	Арк А	№ докум	№	Підпис	П	Дата	<b>Веб сервіс інтерактивного освітлення</b>			
Розроб									Літ.	Літ.
Перевір									Арк.	Аркушів
Реценз.									6	69
Н.Контр. Н.									«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕЛ, ЕПП, гр. 371	
Затверд.										

## ВСТУП

В наш час важко уявити світ без автоматизованих систем для поліпшення життя людини. Щодня нас оточує безліч систем, які допомагають нам вирішувати певні задачі, та автоматизують деякі щоденні процедури. Одна з таких систем – це так званий “розумний будинок” із зручними варіантами керування освітлення.

Наразі існує багато різних рішень для реалізації даної задачі, але всі мають певні недоліки:

- Несумісність систем розумного будинку різних виробників
- Відсутність адаптації до різних платформ
- Висока ціна
- Неможлива інтеграція техніки інших виробників в систему
- Проблеми прийому/передавання інформації між модулями розумного будинку
- Відсутність аналізу поведінки користувача та адаптації автоматизації під кожного користувача

Серед плюсів використання систем розумного будинку можливо виділити наступні:

- Автоматизація певних процесів
- Безпека
- Економія електроенергії
- Дистанційне керування системами розумного будинку
- Підтримання комфортних умов (температура, вологість, освітлення)

Автоматизовані системи допомагають економити електроенергію, створити комфортні умови проживання в будинку, адаптуватися під кожного користувача індивідуально, віддалено контролювати показники із встановлених сенсорів, та керувати електромережею. [1]

Інтерактивне освітлення дозволить створити комфортне перебування в будинку, також може освітлювати фасад будинку та прибудинкову територію.

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Досить важливим аспектом використання інтерактивного освітлення є економія електроенергії.

Якщо на сенсор освітлення попадає достатня кількість світла, то освітлення не буде увімкнено, але якщо натурального освітлення не вистачає, то система буде вмикати штучне освітлення тим самим створювати комфортні умови перебування людини в приміщенні.

Також датчики руху можуть реєструвати переміщення людини по будинку. В залежності від того, де знаходиться людина вмикати та вимикати світло в приміщенні.

Інтерактивне освітлення фасаду та прибудинкової території може вмикати освітлення в залежності від поточного часу, та даних які отримує з мережі інтернет відносно тривалості світлового дня, датчиків освітлення, а також врахувати бажання користувача. Це дозволить створити комфортні умови для користувача, економити електроенергію та продовжити ресурс електроприладів що підсвічують фасад та прибудинкову територію. [2]

Система інтерактивного керування освітленням побудована по модульному принципу, завдяки якому можливо розширити систему шляхом додавання модулів, та замінити певні частини системи без необхідності внесення змін до інших частин системи. До системи можливо додати різноманітні сенсори, наприклад сенсори руху, присутності, освітлення, вологості та ін. Сенсори можуть розширити функціонал системи, та повністю розкрити потенціал системи інтерактивного освітлення. [3]

Керувати даною системою можливо із будь якої точки світу. Система під'єднується до мережі інтернет. Користувач за допомогою свого смартфона чи будь якого пристрою котрий має вихід до мережі інтернет може в режимі реального часу керувати та спостерігати за станом системи, змінювати налаштування, та контролювати витрати електроенергії.

Наразі кожен виробник обладнання для розумного будинку намагається створити власну екосистему. Але головна проблема створення власної екосистеми для кожного виробника полягає в тому, що маючи певні

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

модулі від "виробника А" неможливо під'єднати модуль від "виробника В", тим самим виробники змушують користувачів використовувати продукцію тільки їх виробництва.

У випадку якщо користувач все таки придбав прилад від "виробника В" замість зручного рішення і можливості керування всіма приладами з одної спільної консолі керування, він отримує додаткові незручності, так як не зможе керувати всім обладнанням з "одного місця" (мобільного додатку), так як буде змушений користуватися декількома консолями та мобільними додатками одночасно, так як відсутня уніфікація систем.

На виході користувач повинен завжди тримати в пам'яті в якому додатку він має можливість керувати певними модулями. Також через відсутність уніфікації неможливо розкрити повний потенціал даної системи.

[4]

У тому числі є проблема сумісності програмного забезпечення із приладами користувачів. Не всі додатки адаптовані під iOS або Android. Але головна з проблем користування такою системою це втрата можливості, або взагалі неможливість користування мобільним пристроєм. Відсутність веб сервісу для керування системою інтерактивного освітлення призводить до незручностей та втрати можливості керування системою з іншого приладу, отже повна втрата контролю над системою.

Також у випадку перебоїв на серверах виробника користувач буде втрачати можливість контролю над системою, навіть якщо користувач знаходиться в зоні обслуговування системи. Отже необхідно створити систему інтерактивного освітлення, що вирішить вищеописані проблеми

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# 1. ОГЛЯД ІНТЕРАКТИВНИХ СИСТЕМ

Наразі на ринку існує безліч готових рішень так званого "Розумного будинку", кожна з систем має свої переваги та недоліки. Кожен із виробників запевняє потенційних покупців, що його система найкраща, позиціонуючи свій продукт лише з позитивної сторони та розповідаючи тільки про сильні сторони його виробу. Але проігнорувавши маркетингові уловки кожної компанії виробника, не важко виявити, що системи які вони намагаються продати потенційному покупцю не позбавлені своїх проблем. Нажаль користувач, що придбав одну із систем розумного будинку або систем інтерактивного освітлення починає помічати недоліки вже після того, як продукт певної компанії було придбано, та встановлено в будинок, адже перед купівлею маркетинг, гарне оформлення пристрою, та навіть яскрава коробка в яку запаковано пристрій виконує свою головну задачу - продати пристрій, тим самим покупець очікував отримати продукт про який йому розповідали, а насправді отримав зовсім інше. Розглянувши найбільш популярні рішення представлені на ринку можливо виявити як сильні так і слабкі сторони кожного продукту, і вже в залежності від потреб підібрати рішення, яке потребує кожен клієнт індивідуально. [5]

Що наразі з себе уявляє "розумний будинок"? Під терміном "розумний будинок" мають на думці певну кількість приладів інтегрованих в спільну мережу в межах якої можливо здійснювати контроль над кожним інтегрованим приладом. Таким чином маючи декілька розумних пристроїв в під'єднаних в спільну мережу користувач буде мати змогу контролю та керування кожним пристроєм без необхідності безпосереднього доступу до нього, також ці пристрої будуть виконувати певні рутинні роботи, тим самим зменшивши час взаємодії користувача з ними. Не менш важливим аспектом використання розумного будинку є безпека та економія електроенергії. Впровадження автоматизації в систему розумного будинку дозволить

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						11
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

вимикати та вмикати електроприлади в залежності від необхідності, наприклад увімкнення освітлення при знаходженні людини в приміщенні та вимкнення освітлення після того, як людина покинула приміщення. Саме завдяки цьому буде економитися електроенергія, окрім того також збільшується ресурс електричного прибору. Також можливе автоматичне регулювання рівня освітленості в залежності від поточного часу, або від отриманих даних з під'єданого до системи датчику освітленості. Автоматизація керування освітленням особливо актуальна в прохідних приміщеннях, таких як коридори, санвузли, сходи. Окрім керування освітленням можливе керування кліматичними умовами будинку. В залежності від встановлених бажаних параметрів температури система може увімкнути кондиціонування або вентиляцію задля зниження температури в приміщенні, а у випадку необхідності збільшення температури вимкне всі прилади, які використовуються для охолодження приміщення і разом з тим увімкне прилади, що обігрівають приміщення, наприклад обігрівачі. [6]

Окрім того до системи розумного будинку можливо під'єднати системи безпеки. Датчики диму, витоку, або датчики відкриття вікон та дверей. У випадку спрацювання будь якого з вищеперелічених датчиків система буде інформувати користувача, що спрацював певний датчик, один із наступних методів: смс-повідомлення, телефонний виклик, або повідомлення на смартфон у мобільному додатку системи розумного будинку. Тим самим користувач в спромозі завжди стан в якому знаходиться його будинок, а у випадку небезпечної ситуації одразу буде проінформований про ситуацію. У випадку якщо користувач забув вимкнути первинний електричний прилад, він має змогу у мобільному додатку встановленому на його смартфоні віддалено вимкнути цей пристрій, і бути спокійним стосовно безпеки його приміщення.

Окрім того системи розумного будинку та інтерактивного освітлення буде корисно використовувати не тільки в квартирах, або будинках, а також і

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

в офісних приміщеннях. У випадку необхідності додавання певного функціоналу користувач має змогу придбати модуль, котрий вирішить завдання поставлене користувачем. Але є проблема в тому, що модуль повинен бути однакової марки виробника, адже у випадку використання модуля від іншого виробника, користувач буде в неспроможності об'єднати всі модулі в одну систему. Якщо у виробника відсутні модулі, що мають можливість вирішити поставлену задачу користувачем, отже вирішити дану проблему неможливо. Отже користувачу потрібно вибирати між відмовою від вирішення його задачі за допомогою системи розумного будинку і між втратою можливості користуватись одним додатком для всього обладнання, або придбати рішення від іншого виробника і втратити зручність керування всіма модулями в рамках одного мобільного додатку, так як кожен виробник намагається створити свою власну систему, де будуть працювати лише модулі його виробництва.

## 1.1 Огляд наявних рішень

Для порівняння готових рішень було обрано наступні продукти розумного будинку, що користуються популярністю у прихильників ідей про власний “розумний будинок”.

### 1. Xiaomi Smart Home (Рис 1.1)



					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Рис.1.1

Китайський виробник Xiaomi пропонує реалізацію розумного будинку за допомогою головного керуючого вузлу та додаткових модулів, що за необхідністю можливо придбати, тим самим розширивши функціонал розумного будинку. Початковим рівнем для налаштування розумного будинку являється набір Xiaomi Smart Home Kit котрий включає в себе шлюз, датчик руху, датчик відкриття дверей або вікон та універсальну кнопку. Вартість даного набору близько 2500 гривень, але на даний момент придбати такий комплект на території України не має можливості. Для вирішення проблеми інтерактивного освітлення потрібно буде додатково придбати датчики руху на кожен точку (приблизно 500 гривень), та розумний вимикач котрий також коштує приблизно 500 гривень. Отже для облаштування кожної точки де необхідно інтерактивно керувати освітленням необхідно буде сплатити 1000 гривень за точку, що не є економним рішенням. Данна система має наступні недоліки: мала зона покриття системи, недостатня кількість модулів, що буде обмежувати функціонал розумного будинку, тим самим зробить неможливим розкрити весь потенціал розумного будинку та систему інтерактивного освітлення. Також не менш важливим є проблема відсутності Української або Російської мови в мобільному додатку, тільки Китайська та Англійська.

## 2. Fibaro (Рис 1.2)



					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 14
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Рис.1.2

Fibaro - професійний інструмент для створення розумного будинку а також системи інтерактивного освітлення на його базі. Цей виробник має велику лінійку модулів, що можуть вирішити багато задач, в тому числі створити систему інтерактивного освітлення.

Однак встановлення та налаштування системи повинен виконувати спеціаліст, отже звичайний користувач не зможе легко під'єднати модулі і отразу почати користуватися всіма перевагами розумного будинку. Окрім того вартість цієї системи доволі висока, за початковий набір в котрий входить центральний керуючий вузол, датчик освітленості, пожежний датчик котрий реєструє наявність задимленості або аномально швидку зміну температури, розумна розетка, та датчик відкриття дверей та вікон. Отже для реалізації системи інтерактивного освітлення необхідно придбати розумне реле або розумний диммер від виробника, котрі коштують зовсім не дешево - 2000 гривень. Цю систему назвати економічною також неможливо у зв'язку з вартістю на модулі та на початковий набір, без якого система не буде функціонувати.

### 3. BroadLink (Рис 1.3)



					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 15
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Рис.1.3

Рішення від Китайського виробника обладнання для розумного будинку BroadLink не має в своїй системі центрального керуючого вузла, що робить його децентралізованим, завдяки цьому можливо придбати лише необхідні модулі і користуватися лише тим, що необхідно кожній людині індивідуально. Можливо створювати алгоритми поведінки модулів, але на жаль під час написання алгоритмів неможливо використовувати залежність від показників іншого модулю, та використовувати алгоритми в залежності від подій, а отже на базі цієї системи неможливо створити систему інтерактивного освітлення.

#### 4. AJAX



(Рис 1.4)

Рис.1.4

Вітчизняний виробник охоронного обладнання та систем реалізації розумного будинку існує на ринку з 2011 року. За час існування продукція компанії зарекомендувала себе як одне з найкращих рішень безпеки будинку. Наразі продукт продається більше ніж в 120 країнах світу, та позиціонує себе як охорона система з елементами розумного будинку. Для реалізації

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						16
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

інтерактивного освітлення можливо використовувати датчики руху та силові реле дистанційного керування. За допомогою додаткових модулів можливо під'єднати модулі виробництва AJAX до інших систем керування розумного будинку, і в зворотньому напрямку, тобто модулі сторонніх виробників до системи AJAX. Рішення від AJAX нажаль також не є досить економним. Для повноцінної реалізації системи інтерактивного освітлення не вистачає модулів освітленості, у випадку використання модулів сторонніх виробників інтегрованих в дану систему неможливо буде отримати систему інтерактивного освітлення так як програмне забезпечення системи не в змозі налаштувати автоматизацію в залежності від певної події, або отриманих результатів із стороннього датчику, так як виробник в першу чергу позиціонується як охорона система, а вже потім система розумного будинку, а отже функціонал розумного будинку та його інтерактивність відходить на другий план. Отже дану систему також неможливо розглядати як повноцінну систему інтерактивного освітлення.

## 5. Philips Hue

Корпорація Philips також не залишилась в стороні, і випустила на ринок власну систему інтерактивного освітлення. Система складається із головного керуючого вузла, котрий є шлюзом для всієї системи, різними лампами та світлодіодними стрічками, котрими можливо керувати за допомогою мобільного пристрою. Використовуючи цю систему інтерактивного освітлення можливо створити комфортні умови освітлення, що всередині приміщення, що на фасаді приміщення. Також є можливість створення певних алгоритмів автоматизації в залежності від часу. Системою можливо керувати через мобільний додаток, а також за допомогою голосових асистентів Siri, Google Assistant, та Alexa. Але в лінійці продуктів не представлено датчики освітленості, а отже ця система не може являтися повноцінною системою інтерактивного освітлення. Також система не вміє відслідковувати переміщення користувача в межах зони обслуговування

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

системи, отже не зможе увімкнути освітлення, коли користувач входить в кімнату, і також не зможе автоматично вимкнути освітлення коли користувач покидає межі кімнати. Маючи ці дані стає зрозуміло що неможливо використати систему як повноцінну систему інтерактивного освітлення, керування освітленням лише в ручному режимі.

Це були найбільш популярні системи внутрішнього освітлення, але також існують системи освітлення фасаду, які також можливо використовувати як системи інтерактивного освітлення, а отже ці рішення також потрібно розглянути, та вивчити наскільки вони підходять до поставленої задачі. Нажаль рішення інтерактивного освітлення фасаду для використання користувачем в межах свого будинку та прибудинкової території відсутнє, точніше всі рішення робляться під замовлення, отже готових стандартних рішень, що можуть підійти абсолютно до кожного будинку та його території на даний момент відсутні. Систему інтерактивного освітлення фасаду загалом використовують дизайнери, що хочуть додати певної унікальності будівлі, яку вони спроектували, тим самим виділити будівлю серед інших.

## 1.2 Основні задачі інтерактивного освітлення фасаду

Розглянемо основні задачі інтерактивного освітлення фасаду як зі сторони архітектури та із сторони функціонального рішення для економії електроенергії та створення зручних умов перебування біля будинку та на прибудинковій території, в межах якої працює дана система.

Почнемо з огляду системи інтерактивного освітлення для вирішення архітектурних задач.

Електроенергія - це технологія, яка стала джерелом глибокого подиву з першого моменту її визнання завдяки своїй здатності збільшувати ресурси та

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

придатності до використання міста та утримувати увагу людей протягом більш тривалого періоду . Однак освітлення вже не є виключно функціональним, але і також повинно радувати, щоб слідувати меті «прикраси міста», щоб зробити місто більш привабливим навіть після настання темряви. Тому важливість освітлення для міських просторів буде високо оцінена для того, щоб зберегти місто динамічним протягом більш тривалого періоду, а також покращити нічні пейзажі міста.

Фасад - це обличчя та образ будівлі для громадськості , який відіграє ключову роль у емоційному та раціональному спілкуванні між будівлею та громадськістю. Тому зовнішнє фасадне освітлення відіграє життєво важливу роль у міських просторах і переважно впливає на навколишнє середовище та спогади про місто вночі. Можливість програмування нової технології освітлення враховувала б потенціал для архітектури виходити за рамки стаціонарного процесу або повторюваного сценарію. Як результат, архітектура більше не вважається незмінною постійною зовнішністю, і, отже, статичне враження від будівель зникає. Динамічна поведінка та різноманітність естетичних можливостей поступово змінюють образ сучасної архітектури [7]

Одним із найбільш захоплюючим для людини є інтерактивне освітлення, котрим людина має можливість керувати, вмикати чи вимикати певні точки освітлення, змінювати кольори окремих елементів, або навіть малювати на своєму смартфоні, а система інтерактивного освітлення буде відображати на фасаді будівлі. Реалізація системи інтерактивного освітлення добре притягує увагу більшості людей котрі своїми очима побачили дану систему, а отже додає додатковий інтерес до будівлі. Окрім керування із власного смартфона інтерактивним освітленням можливо проектувати окремі сценарії поведінки освітлення, тим самим отримати автоматизацію в освітленні. Використовуючи інтерактивну систему освітлення в межах будівель, що знаходяться в межах міста можливо виводити на на них будь

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						19
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

яку інформацію, починаючи від звичайних назв бізнес-центрів, закінчуючи рекламними матеріалами, тим самим створити певну інформаційну платформу прямо на фасаді будівлі. Звичайно реалізуючи таку систему необхідно враховувати і архітектурні особливості будинку, правильно розмістити та налаштувати систему задля отримання "правильної" картинки без дефектів через певні нерівності фасаду будинку. При бажанні та маючи необхідні лампи освітлення можливо навіть змінити колір будинку, маючи вдень будинок білого кольору, можливо за допомогою освітлення в темний час доби увімкнути освітлення необхідного кольору, тим самим вдень та вночі будівля буде виглядати зовсім іншою. Один із прикладів, як можливо використати інтерактивну систему освітлення для бізнесу, полягає в тому, щоб на фасаді будівлі метеорологічної станції чи офісу виводити на фасад будівлі дані котрі отримують метеорологи, але вже в зрозумілому форматі для людини, такі як погода, та атмосферний тиск.

Можливо використання фасаду будівлі як великий екран для розваг, таких як проекція на фасад кінофільму, або проекція інтерактивної гри для людей, котрою вони керують за допомогою власних смартфонів. Тим самим можливо легко привернути увагу людини до будівлі. Один із таких прикладів реалізації гри на фасаді відображено на рис. 1.6.



Рис. 1.6

В 2017 році під час проведення Євробачення в місті Київ була

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

реалізована система інтерактивного освітлення на фасадах декількох будівель, а саме: Київська міська адміністрація, Національна опера України імені Т. Г. Шевченка. Під час виступу кожного виконавця глядачі мали змогу поставити оцінку виконавцю в своєму смартфоні, і в залежності від кількості набраних балів будівлі замінували кольори, загалом було доступно 12 кольорів, дана система мала мету звернути увагу гостей міста Києва на його красу, тим самим стимулювати туризм до нашої країни та столиці.

На рис. 1.7 зображена система інтерактивного освітлення в місті Києві



під час проведення Євробачення.

Рис.1.7

Також системи інтерактивного освітлення в місті Києві використовують декілька торгово-розважальних центрів, такі як: SkyMall, Guliver, OceanPlaza, RiverMall. На своїх фасадах торгово-розважальні центри, завдяки системі інтерактивного освітлення, транслюють рекламні матеріали, та різні світлові ефекти для збільшення інтересу до їх будівель зі сторони потенційних покупців та відвідувачів цих центрів. Використання інтерактивного освітлення фасаду підкреслює архітектурні рішення та індивідуальність будівлі на фоні інших, звичайно, якщо система була спроектована та налаштована спеціалістами. Не менш важливу роль освітлення фасаду відіграє і в безпеці перебування людей біля будівель, так

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i> 21
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

як інтерактивне освітлення фасаду також освітлює і територію навколо будівлі, тим самим створює комфортні умови освітлення для перебування людини в межах прилягаючої території до будівлі із інтерактивним освітленням.

### **1.3 Інтерактивне освітлення фасаду в приватних будинках**

Використання системи інтерактивного освітлення в межах власного будинку дозволить створити комфортне освітлення прилягаючої території до будинку, додасть індивідуальності зовнішньому вигляду будинка, а також дозволить зекономити електроенергію, так як інтерактивна система освітлення буде опиратися на показники з різних датчиків, та даних отриманих з інших джерел, таких як час світанку та заходу сонця, час початку та кінця цивільних сутінок, і спираючись на отримані дані з різних джерел приймати рішення стосовно необхідності увімкнення та вимкнення освітлення фасаду та прилягаючої території до будинку. Також можливо використовувати різні сценарії, що були завчасно запрограмовані в системі інтерактивного керування освітлення. Використовуючи вищеописані схеми керування можливо також продовжити ресурс обладнання, що використовується для інтерактивного освітлення. Також якщо немає необхідності використовувати освітлення завжди під час темного часу доби, можливо використати датчики руху, котрі будуть освітлювати пішохідні або автомобільні доріжки лише коли це потребується, тобто при реєстрації руху в межах роботи системи інтерактивного освітлення. При потребі керування кольором освітлення використовують світлодіодні стрічки, і в залежності від уподобань користувача, він зможе самостійно вибрати колір на свій смак, тим самим додати індивідуальності до освітлення фасаду та прилягаючої території його будинку власними силами за допомогою додатка встановленому на його смартфоні, або за допомогою голосових асистентів.

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 22
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

При проектуванні необхідно враховувати не тільки функціональні бажання користувача, а також техніку безпеки, так як порушення техніки безпеки при встановленні або експлуатації може призвести до поганих наслідків, таких як пожежа через неякісні модулі, погано змонтовану проводку, що порушує правила пожежної безпеки, а також до ураження електричним струмом користувача. Окрім того потрібно повністю проаналізувати точки монтажу системи, та освітлювальних приладів, задля того, щоб створити максимально комфортні умови перебування людини в межах обслуговування системи інтерактивного освітлення. При правильному монтажі системи будуть освітлені всі доріжки, входи та виходи до приміщень, та вхід до території земельної ділянки користувача системи.

Провівши аналіз найбільш популярних рішень розумного будинку, які наразі присутні на ринку, ознайомившись з їхніми можливостями стало зрозуміло, що наразі відсутні системи інтерактивного освітлення, як готовий продукт котрий можливо придбати, та без проблем інтегрувати у власну оселю. Деякі продукти мають можливість створення алгоритмів освітлення та керування будинку, але не мають датчиків освітленості. Інші виробники які мають в лінійці своїх приладів датчики освітленості, не в спроможності програмно забезпечити повний функціонал системи інтерактивного освітлення. Також не менш важливу роль відіграє вартість кожної з систем, так як на жаль кожна з вищеписаних систем не є дешевим продуктом на ринку рішень розумного будинку, тим самим, на мою думку, цей факт заторможує розвиток систем розумних будинків, і також в рамках нашої країни не знаходить широке використання серед великої кількості людей.

Отримавши наступні результати було вирішено створити власну систему розумного будинку із функціоналом інтерактивного освітлення, так як реалізація інтерактивного освітлення не може бути повноцінною без реалізації системи розумного будинку. Також не менш важливим буде зменшення вартості кінцевого продукту, тим самим можливо буде вирішити

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						23
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

проблему популяризації систем розумного будинку в нашій країні, а результатом популяризації розумних будинків буде можливо простимулювати інших виробників до розвитку їх продуктів, тим самим отримати більш функціональні вироби.

#### 1.4 Інтернет речей та його можливості

Інтернет речей (Internet of Things - IoT) об'єднує в собі одразу декілька явищ. До інтернету речей входять розумні прилади, які мають підключення до мережі інтернет, та мають можливість спілкуватися між собою без участі людини, такими приладами можливо керувати з смартфона, не маючи необхідності фізичного знаходження біля приладу. Це також великі обсяги інформації, що генерують прилади та отримують з власних сенсорів. Такі дані можливо отримувати, аналізувати і зберігати. Маючи ці дані можливо використовувати їх для поліпшення умов життя людини, комфорту, та можливість передачі виконання рутинних процесів цим приладам, тим самим звільнивши людину від рутини, та зберегти її час для виконання більш важливих задач, а отже збільшити продуктивність людини. [8]

Інтернет речей можливо використовувати в будь-якій частині життя людини з приладами роботу яких можливо автоматизувати, неважливо чи буде це кавоварка, чи складний станок на виробництві. Як приклад у користувача в будинку існує розумна кавоварка, розумний холодильник та розумні лічильники на воду та електроенергію. Розумні лічильники будуть автоматично передавати свої значення на смартфон користувача в режимі реального часу, тим самим користувач може в будь який час отримати показники лічильників на своєму смартфоні вне залежності, в якій частині світу знаходиться користувач. Також дані з лічильників будуть автоматично

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 24
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

передавати свої значення до компаній постачальників електроенергії або компаній котрі займаються водопостачанням. Таким чином користувач позбавляється необхідності витратити свій час на внесення показників до систем обліку, та розрахунку вартості оплати комунальних платежів, так як замість нього всі розрахунки буде виконувати система. У випадку взаємодії розумної кавоварки та розумного холодильника, користувач через смартфон або розумну колонку віддав голосову команду, щоб кавоварка зробила каву, але в кавоварці закінчилася кава, кавоварка в свою чергу зі своїх сенсорів отримує дані, що кава закінчилася, а отже потрібно її замовити. Але перед тим як кавоварка сама замовить каву, вона звернеться до розумного холодильника і запитає яких продуктів в ньому не вистачає, та внесе їх в список замовлення, і потім передасть замовлення до магазину в якому користувач робить купівлі. Отже під час вищезгаданої ситуації маємо наступні результати, інтернет речі (кавоварка та холодильник) отримали дані одне від одного, прийняли рішення, та замовили необхідні продукти для користувача. Під час даної операції користувач не витратив ні секунди свого часу, замість цього інтернет речі виконали це за нього. На виході користувач отримав повідомлення на свій смартфон, що кава закінчилася, і що було виконано замовлення в магазині продуктів, було замовлено наступні позиції, і вартість замовлення. Для повної автономності системи користувач може під'єднати до системи свою банківську картку, і система автоматично зробить оплату по замовленню, або оплатить комунальні платежі, користувачу лише залишиться забрати замовлення від кур'єра. Під час цього простого прикладу наглядно видно скільки часу зекономив користувач системи, а отже свій вільний час від рутини він може витратити на більш корисні речі.

Інтернет речей можливо використовувати не тільки в межах будинку, його можливо використати в будь якій точці світу, де існує можливість підключення до інтернету. Після впровадження в маси систем розумного будинку, наступним кроком для розвитку даної технології стане система

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						25
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

розумного міста. В залежності від отриманих даних із безлічі сенсорів, які знаходяться в різноманітних точках міста, система буде в спроможності керувати освітленням, дорожнім рухом, та всіма системами комунікацій міста. В рамках міста Київ вже є перша реалізація інтернету речей, вона дозволяє використовувати смартфон користувача для відслідковування позиції громадського транспорту, і підраховувати приблизний час прибуття кожної одиниці громадського транспорту. Використовуючи інтернет речей для побудови розумного міста можливо вирішити проблеми високого електроспоживання, заторів, поліпшити екологію, створити безпеку за допомогою інтерактивних камер відеоспостереження, та багато інших проблем з якими зустрічаються жителі міста.

Проблему надлишкового електроспоживання можливо вирішити використовуючи алгоритми інтерактивного освітлення. На жаль наразі в темні години доби освітлення на вулицях працює весь час, незалежно від того, чи є це доцільним. Система інтерактивного освітлення буде аналізувати необхідність використання освітлення в поточному часі, і в залежності від того вмикати, вимикати або регулювати інтенсивність освітлення. Система може бути реалізована за допомогою штучного інтелекту, що буде аналізувати картинку, яка буде передаватися від камер відеоспостереження, тим самим якщо в зоні роботи системи немає автомобілів які на даний момент рухаються, або відсутні люди, тоді система вимкне освітлення тим самим не буде використовувати зайву електроенергію в якій на даний момент немає необхідності, а отже використовуючи цю систему можливо економити велику кількість електроенергії.

Вирішити проблему заторів також можливо використовуючи інтернет речей, проаналізувавши дані в поточний момент в на певному участку дороги, штучний інтелект буде динамічно змінювати режим та час роботи світлофорів, а також при наявності інформаційних табло система буде виводити на них рекомендації автомобілістам стосовно того, як краще буде

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 26
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

об'їхати затор, будуючи динамічні маршрути для автомобілістів. Отже інтернет речей допомагає зібрати дані для наступної обробки їх штучним інтелектом, допомагає в вирішенні проблем заторів. Також у випадку, якщо відбулась дорожньо-транспортна пригода, система автоматично викличе поліцію передавши координати, тим самим зекономить час людей, давши їм вирішити більш важливіші задачі на даний момент. У випадку, якщо в дорожньо-транспортній пригоді постраждали люди система також автоматично, без втручання людини, викличе швидку допомогу передавши координати та опис ситуації яка відбулась, що в свою чергу може допомогти врятувати людське життя, адже при таких випадках рахунок йде на секунди. Саме для цього і потрібно використовувати інтернет речей, саме він дозволить отримувати, передавати та оброблювати таку велику кількість даних. [16]

Для вирішення безпеки людей будуть використовуватися камери відеоспостереження, завдяки яким система інтернет речей зможе виконувати функцію розпізнавання облич. Завдяки цьому зловмиснику буде неможливо втікти з місця правопорушення, а також пошук людей котрі знаходяться в розшуку стане можливим за лічені секунди. Якщо при пошуку не вийшло знайти людину по обличчю, то система буде аналізувати раніше отримані дані, і при знаходженні збігу одразу повідомить про знаходження людини та останнє місцезнаходження людини. Наразі в Україні така система працює лише для оперативного розшуку автомобілів по номерним знакам, котрі були викрадені або використовувалися при вчиненні правопорушення.

Для вирішення екологічних проблем будуть використовуватися безліч сенсорів аналізуючих забруднення повітря, чистоту води, GPS датчики встановлених на випадковій кількості дерев для контролю незаконної вирубки лісів, датчики заповненості сміттєвих урн, що дозволить комунальним службам міста оперативно реагувати, і швидко вивезти сміття із заповнених урн, тим самим зменшити ймовірність того, що люди будуть

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 27
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

кидати сміття не до урн, а на підлогу. Датчики чистоти води, та чистоти повітря будуть не тільки повідомляти що сталася проблема, а також завчасно повідомляти, тим самим дозволяючи недопустити виникнення певної проблеми. Наразі в Києві існує проблема з поганою якістю води в водоймах, проблема настільки важка, що у більшості водоймах міста заборонено плавати. При використанні датчиків, та вчасного інформування, можливо автоматично запускати системи очистки водоймів, тим самим не призводити місто до екологічної катастрофи.[17]

Інтернет речей також стане у нагоді в аграрному секторі, допомагаючи фермерам контролювати та автоматизувати процеси, які необхідні для успішного вирощування врожаю. Встановлюючи датчики в ґрунті можливо отримати інформацію стосовно його вологості, і при необхідності поливу автоматично вмикають його, тим самим позбавляючи фермера від необхідності контролювати стан ґрунту, та дозволяючи продовжувати процес вирощування продукції без необхідності частого контролю стану грядок. Наразі головним користувачем та новатором інтернету речей в аграрному секторі є Голландія, що дозволяє країні бути одним із найбільших виробників продуктів у світі.

Досить важливим є використання інтернету речей в сфері медицини. Розумні датчики дозволяють відслідковувати стан здоров'я кожного пацієнта в режимі поточного часу, отримувати показання з датчиків на відстані. Також інтернет речей контролює процеси, що перебігають в організмі пацієнта, тим самим у випадку ускладнення перебігу хвороби, лікарі мають можливість побачити історію змін процесів в організмі пацієнта, тим самим дізнатися чим саме було спричинено погіршення стану здоров'я. Але окрім аналізу даних після погіршення здоров'я, маючи достатні дані, лікар зможе завчасно попередити хворобу, тим самим врятувати людське життя. Після отримання аналізів пацієнтом, вони будуть автоматично дублюватися та відправлятися до його лікаря, тим самим можливо буде максимально швидко проводити

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						28
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

лікування кожного пацієнта.

Наразі можливо спостерігати як інтернет речей увійшов до автомобільного світу, автомобілі збирають дані, відправляють їх до виробника задля поліпшення якості та функціоналу продукції виробника, що буде випускатися у найближчому майбутньому. Одним із прикладів, що використовують інтернет речей це автомобілі компанії Tesla, дані автомобілі збирають інформацію майже з кожної частини автомобіля, задля того, щоб зробити комфортним користування їх продукту, одним із таких саме є автопілот, він розвивається відносно зібраних даних з автомобілів, якими зараз користуються люди, і завдяки цим даним інженери компанії в спроможі швидко вирішувати програмні помилки, та поліпшувати свій продукт оновленнями програмного забезпечення. Тим самим отримуючи, щоразу після оновлення програмного забезпечення, кращий продукт, незалежно від того, яким він був під час його придбання.

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						29
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ

### 2.1 Порівняння методів радіо-зв'язку

Реалізувати систему передачі даних між модулями керування інтерактивною системою освітлення можливо за допомогою наступних, найбільш поширених, протоколів зв'язку:

#### 1. X-10

Стандарт X-10 було розроблено у 1975 році, наразі пік його популярності вже позаду, але дана технологія досі користується попитом при проектуванні систем розумного будинку. Цей стандарт використовує електричну проводку для передачі даних, аналогом його є адаптери PowerLine, які також використовують технологію передачі даних через електричну проводку. Протокол зв'язку X-10 отримав популярність завдяки своїй низькій вартості, та можливості об'єднувати різні модулі розумного будинку до спільної мережі без необхідності додаткової прокладки ліній зв'язку, тим самим легко інтегрується до будь якого приміщення, без додаткових монтажних робіт. Головною проблемою алгоритму X-10 являється низька швидкість передачі даних, через яку швидкість відклику модулів розумного будинку є доволі довгою. Так як команди котрі передаються до модулів йдуть послідовно, стає неможливим використовувати цей протокол, для реалізації системи інтерактивного освітлення. Також при використанні протоколу зв'язку X-10 можливо буде потребуватися модернізація проводки.

#### 2. Z-Wave

Протокол бездротового зв'язку Z-Wave було розроблено для реалізації систем розумного будинку, та систем інтерактивного освітлення. За допомогою протоколу Z-Wave можливо під'єднувати безліч модулів до однієї спільної мережі для наступного керування модулями, або отриманням інформації з них. Також важливим фактором використання протоколу бездротового зв'язку Z-Wave є те, що кожна точка, що під'єднана до мережі з

									Арк. 30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.ДЕ-371.000 ПЗ				

використанням вищезгаданого протоколу має можливість виступати, як ретранслятор сигналу, тим самим не буде проблемою розширювати систему інтерактивного освітлення або розумного будинку на великі відстані. Головною проблемою протоколу бездротового зв'язку Z-Wave є його велика вартість, та відсутність великої кількості програмного забезпечення для роботи з цим протоколом. [9]

### 3. ZigBee

Протокол бездротового зв'язку з використанням радіозв'язку ZigBee має низькі енерговитрати, так як при відсутності необхідності передачі даних між модулями переходить в режим сну, коли необхідно модулю перейти в робочий режим, він швидко реагує, лише за 15 мс. . Також за допомогою технології ZigBee можливо використовувати модулі, як посередники, задля розширення зони обслуговування розумного будинку, або системи інтерактивного освітлення. Для побудування системи на базі ZigBee потрібно використовувати, як мінімум, один модуль котрий буде брати на себе функції керування мережею. Вартість ZigBee неможливо назвати великою, але і також не мала. Головна проблема ZigBee в тому, що прилади різних виробників побудовані на базі ZigBee найчастіше несумісні між собою, тим самим маємо обмеження модулів, що можуть бути використані. [10]

### 4. Bluetooth

Технологія бездротової передачі даних Bluetooth була розроблена у 1994 році, з того часу технологія розвивалася при кожному оновленні стандарту, додаючи до своїх можливостей більш швидку передачу даних, поліпшену енергоефективність, можливість використання технології Bluetooth в різних частинах життя людини, та майже у всіх електричних приладах. Головною проблемою, котра досі не була вирішена, це мала дальність зв'язку, що становить до 10 м., таким чином неможливо повноцінно використовувати технологію Bluetooth для реалізації системи інтерактивного освітлення, та систем розумного будинку. [11]

### 5. Wi-Fi

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 31
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Технологія бездротової передачі даних Wi-Fi глибоко проникла до життя сучасної людини. Наразі кожен виробник намагається інтегрувати підтримку Wi-Fi до його приладів, задля можливості віддаленого керування електричними приладами. Зараз вже неможливо здивувати нікого, якщо чайник, тостер, або мультиварка будуть обладнані Wi-Fi, тим самим створюючи можливість керувати приладами за допомогою смартфона. Технологія Wi-Fi також використовують для побудування систем розумного будинку, та інтерактивних систем керування освітлення. Завдяки швидкості передачі даних, та можливості посилити сигнал за допомогою зовнішніх антен, можливо отримати велику зону покриття Wi-Fi сигналу, при цьому маючи велику швидкість передачі даних. Система ідеально підходить для реалізації розумного будинку, котрий буде інтегровано до інтернет речей, дозволить оперативно отримувати великий потік даних із датчиків, для наступної передачі їх до систем обробки інформації.

Отримавши вищеописані дані стосовно сумісності систем, протоколів передачі даних, швидкості передачі даних, та максимальної дистанції роботи стало можливим порівняння технологій зв'язку між модулями розумного будинку та системи інтерактивного освітлення. А отже обрати технологію бездротового зв'язку, на базі якої буде реалізована передача даних в приладі.

Головним критерієм вибору технології бездротової передачі даних в системі розумного будинку, та інтерактивного освітлення можливо виділити: Швидкість передачі даних, можливість передачі великої кількості даних за короткий проміжок часу, максимально велика відстань між радіо-модулями. Для порівняння використаємо таблицю №2.1

Проаналізувавши отримані дані, та порівнявши різні реалізації бездротової передачі даних було вирішено використовувати технологію Wi-Fi, так як вона має певні переваги, що мають велике значення в системі інтерактивного освітлення та розумного будинку. А саме максимальна відстань передачі радіосигналу, швидкість передачі даних, та відносно не велику вартість радіомодулів. Також важливим є наявність бібліотек для

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						32
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

роботи з Wi-Fi радіо модулями.

Технології	Стандарт зв'язку	Швидкість передачі даних	Максимальна відстань	Енергоспоживання	Частотний діапазон	Підтримка IP-технологій
Wi-Fi	IEEE 802.11	300+ Мбіт/с	1000 м.	Висока	2,4ГГц	+
Bluetooth	IEEE 802.15.4	До 3 Мбіт/с	10 м.	Низьке	2,4ГГц	-
ZigBee	IEEE 802.15.4	250Кбіт/с	100 м.	Низьке	2,4ГГц	-
X-10	X-10	Залежить від стану електричної проводки	Залежить від електромережі	Низьке	120 кГц	-
Z-Wave	IEEE 802.15.4	250Кбіт/с	50 м.	Низьке	2,4ГГц	-

Таблиця №2.1

## 2.2 Огляд можливих схем реалізації

Для вирішення поставленої задачі було розглянуто декілька схем реалізації системи інтерактивного освітлення, що також можуть використовуватись як реалізація розумного будинку:

1. Система на платформі Arduino
2. Використання мікроконтролерів ESP
3. Система на платформі Raspberry Pi та Arduino

Розглянемо кожен із варіантів реалізації, його переваги та недоліки:

1. Система на платформі Arduino:

Для реалізації даної системи використовуються плати Arduino, реле керування напругою, модуль бездротового зв'язку, датчик освітленості.

Для керування увімкненням та вимкненням освітлення будуть використовуватись релейні модулі котрі будуть вмикати або вимикати освітлення в залежності від поданого керуючого сигналу на реле. Реле було вибрано з наступними характеристиками: Максимальний струм напруги 250V, максимальна сила струму 10A, отже при таких характеристиках будемо мати

					<i>ДП.ДЕ-з71.000 ПЗ</i>	Арк.
						33
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



передавати

дані напряму до керуючої Arduino.

Але при такій взаємодії між керуючим модулем і смартфоном є проблема безпеки, так як немає жодного налаштування безпеки та системи аутентифікації між приладами. Вирішити цю проблему можливо завдяки використанню рішення від Google - "Firebase". Завдяки цьому користувач може бути спокійним за безпеку і бути впевненим що до його мережі інтерактивного освітлення ніхто крім нього не буде мати доступ. [18]

Недоліки такого рішення:

1. Неможливість використання даної схеми інтерактивного освітлення на великих відстанях, так як маємо обмеження сили сигналу Wi-Fi мережі

2. Відсутність можливості оновлення програмного забезпечення без демонтажу плати і прямого підключення до персонального комп'ютеру, ноутбуку тощо.

3. Складність монтажу

4. Великий час реакції на дію клієнта, так як керуюча Arduino буде потребувати багато часу на опитування бази даних і порівняння значень записаних в базу.

5. Неможливість під'єднання додаткової точки керування без внесення змін в програмну частину керуючої плати.

6. У випадку зникнення інтернет мережі втрачається можливість керування даною системою

Переваги:

1. Низька вартість компонентів

2. Відсутність необхідності прокладки кабелів зв'язку між керуючою платою та кінцевою точкою керування

3. Завдяки використанню датчику освітлення можливо створити комфортні умови перебування та автоматичного керування в залежності від освітлення в приміщенні

Отже, дана схема не підходить для використання в системі

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						35
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

інтерактивного освітлення так як має вищеперечислені недоліки. Але якщо немає необхідності керувати системою віддалено, то її можливо використовувати в локальній мережі а також змінивши певні налаштування можливо використовувати в ручному режимі. При керуванні в ручному режимі неможливо буде розкрити весь потенціал системи інтерактивного освітлення.

## 2. Реалізація на базі модулів ESP.

Для порівняння варіантів реалізації було обрано мікроконтролер ESP32 - це система на кристалі, в яку інтегровані радіомодулі для роботи з Wi-Fi та Bluetooth стандартами. Перевагою над Arduino є низьке енергоспоживання, вбудований радіомодуль та малі розміри. Скетчі пишуться на мові C++ та записуються до пам'яті ESP32 за допомогою Arduino IDE. Отже маючи навички програмування на Ардуіно розробнику не відчуває жодного дискомфорту при зміні платформи на ESP32. Єдине, що необхідно буде зробити розробнику, так це додати до менеджера плат в Arduino IDE підтримку ESP32.

Під'єднувати модулі до ESP32 будемо наступні модулі: реле струму, датчик руху, датчик освітленості. Під'єднувати додатковий модуль радіозв'язку не потрібно, так як на платі вже він існує. У випадку коли потрібно інтегрувати рішення на базі ESP32 до системи, що побудована на базі Ардуіно все таки необхідно буде під'єднати радіомодуль NRF24L01, задля можливості спілкування модулів між собою. Також однією із доволі важливих можливостей даного рішення є можливість оновлювати програмне забезпечення на платі по повітрю (over-the-air/OTA), без необхідності демонтажу та фізичного підключення до комп'ютеру. Прописавши в коді автоматизацію та залежність дій від отриманих даних із різних датчиків можливо отримати повноцінну систему інтерактивного освітлення. Можливе ручне керування модулями та платою із додатку встановленого на смартфон користувача. Також можливо об'єднати всі модулі до системи інтернету

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						36
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

речей за допомогою рішення від компанії Google та їх продуктом Cloud IoT Core. Плата також є доволі дешевою. [12]

Здається, що плата ідеальна для використання в системі інтерактивного освітлення, але це не так. Головний недолік плати, це відсутність центрального керуючого вузла, і також відсутня можливість створення алгоритмів та сценаріїв керування інтерактивним освітленням, без зміни програмної частини на платі. Отже система буде не зручна для кінцевого користувача, так як він не зможе легко розширювати її функціонал в залежності від його потреб, або схиляючись на наукові дослідження. Зважаючи на цей фактор, було зроблено висновок, що дана система реалізації на платі ESP32, не підходить для вирішення поставленої задачі.

### 3. Система на платформі Raspberry Pi та Arduino

Підключимо до Ардуіно наступні датчики: датчик освітленості, реле керування електричним струмом, радіо-модуль, та датчик руху в кожній кінцевій точці. В центральній точці під'єднаємо Arduino до Raspberry Pi за допомогою USB-шнуру. На Ардуіно, що підключена до Raspberry, під'єднано тільки радіомодуль NRF24L01 для отримання можливості використання цієї Ардуіно як шлюзу для спілкування з іншими Ардуіно по радіомережі. Після об'єднання всіх Ардуіно до однієї мережі, налаштуємо Raspberry для керування і отримання даних із центральної Ардуіно за допомогою USB-шнура. Отримаємо вже систему, що може керувати, отримувати та відправляти команди в залежності від побажань користувача. Виконавши додаткові налаштування на Raspberry Pi стане можливим керувати кінцевими точками за допомогою автоматичних сценаріїв, а також об'єднати всі модулі до системи інтернет речей. Завдяки використанню мікрокомп'ютера Raspberry Pi є можливість створити власний веб-сервіс керування модулями розумного будинку та системами інтерактивного освітлення, збирати та аналізувати дані отримані з датчиків на Ардуіно, створювати власні сценарії

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 37
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

керування системою та модулями, передавати дані до рішень інтернет речей від Google а саме Cloud IoT Core. [13] Інтегрувати рішення до голосових асистентів на смартфоні користувача, ця реалізація з певними програмними доопрацюваннями може використовуватися для вирішення поставленої задачі.

### 2.3 Проектування та реалізація системи

Для реалізації поставленої задачі було обрано схему з використанням наступних модулів:

- Raspberry Pi 3 B+ - як центральний керуючий вузол
- Arduino nano - керуючий вузол в кінцевій точці де необхідно керувати освітленням та отримувати дані з сенсорів
- Реле струму або диммер - керування подачі струму, у випадку використання диммеру також контроль подачі сили струму
- Модуль освітлення на чіпі LM393 - Контроль рівня освітлення
- Бездротовий модуль NRF24L01 - бездротова передача даних між керуючою Arduino та головним керуючим вузлом (Raspberry Pi 3B+)

Raspberry Pi 3B+ було обрано в ролі центрального керуючого вузла так як цей мікрокомп'ютер має можливість одночасно отримувати дані з Arduino, аналізувати їх, та в залежності від прийнятих значень вирішувати які точки потрібно увімкнути, а які вимкнути. Також він може передавати значення та стан системи в мережу записуючи їх в базу даних, і зокрема дану точку можливо використати як автономний веб сервіс керування всією системою.

Arduino nano буде керуючим вузлом в кінцевих точках де необхідно контролювати освітлення, отримувати показники з сенсорів, та передавати їх на керуючий вузол.

До Arduino буде приєднано датчик освітлення, що буде вимірювати

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						38
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

рівень освітлення в приміщеннях і потім передавати значення на Arduino, яка вже буде передавати дані на керуючий вузол. Реле струму або диммер будуть вмикати або вимикати, а у випадку використання диммеру буде регулювати рівень подачі електричного струму на освітлення задля створення комфортних умов перебування людини. Бездротовий модуль під'єднаний до ардуіно буде виконувати функцію прийому/передачі між центральним керуючим вузлом та Ардуіно, у випадку якщо керуючий вузол в кінцевій точці не може під'єднатися напряму до центрального вузла то бездротовий модуль буде виступати посередником між ними, таким чином проблема поганого покриття Wi-Fi сигналу буде вирішена.

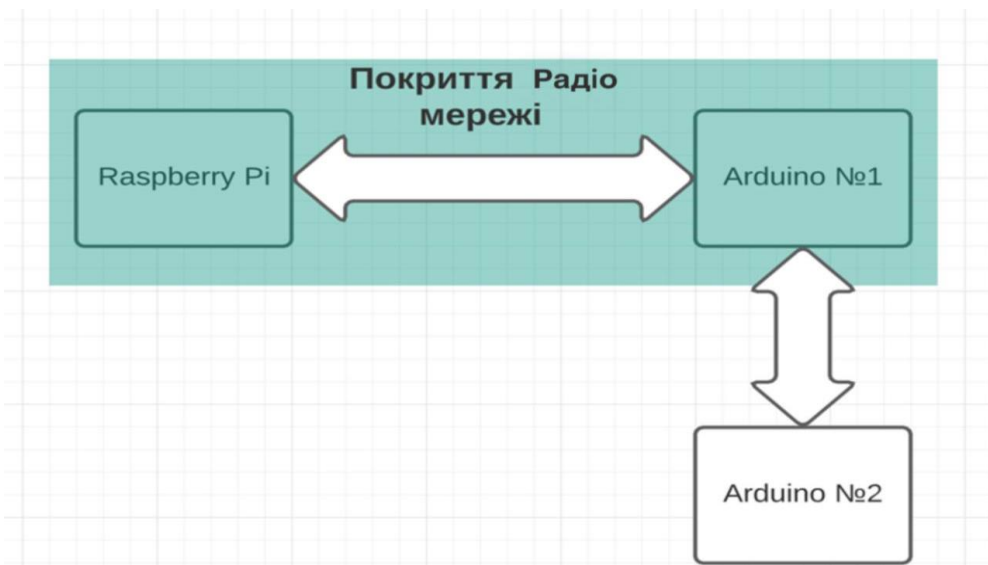


Рис. 2.1

На Рис. 2.1 показана схема зв'язку між модулями, зеленим кольором вказана зона покриття радіо сигналу. Система має можливість будувати маршрути зв'язку між радіо модулями і у випадку відсутності прямого сигналу буде використовувати найбільш оптимальний маршрут до кінцевої точки за допомогою проміжних точок. Маршрути будуть будуватися з нуля при кожному запуску центрального керуючого вузла, також у випадку якщо модулі змінили своє місцезнаходження відпадає необхідність ручної зміни маршрутів, а отже система може без проблем змінювати свою конфігурацію

без втручання людини. Додавання нових модулів також не буде проблемою, так як при побудованні маршрутів буде скануватися вся мережа та всі модулі, що знаходяться в зоні покриття будь якого модулю, тобто отримуємо необмежені можливості для розширення системи інтерактивного керування освітленням.

У випадку виходу з ладу одного з проміжних модулів система буде автоматично запускати нове сканування мережі та буде виконано перебудову маршрутів, задля того щоб мати доступ до кожної точки незалежно від працездатності інших модулів, таким чином ми позбавимось проблеми відсутності керування модулями, якщо вони знаходяться поза зоною прямого доступу.

Візьмемо систему котра має три кінцевих вузла керування.

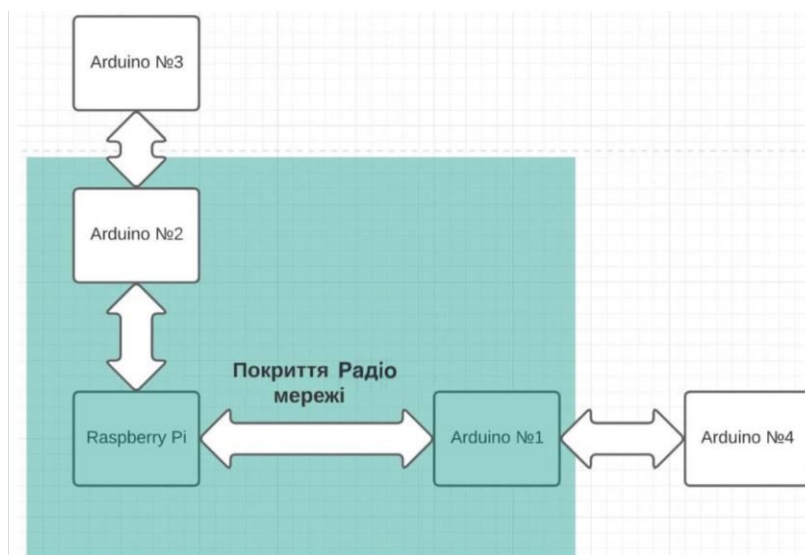


Рис.2.2 Топологія мережі

До кожного кінцевого вузла керування під'єднані наступні модулі: модуль реле котрий буде вмикати та вимикати освітлення, датчик освітлення - буде отримувати значення рівня освітленості і передавати їх до ардуіно, та модуль бездротового зв'язку котрий буде одночасно виконувати роль прийому та передачі даних, а також у випадку знаходження іншого модуля, що не має прямого зв'язку з керуючим вузлом, цей модуль буде виконувати функцію посередника між керуючим вузлом та кінцевою точкою керування для легкості розширення меж системи незалежно від рівня покриття мережі.

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



необхідності збільшення потужності радіо-сигналу на головному керуючому вузлі можливо використати зовнішню антену з підсилювачем сигналу, котру можливо під'єднати як до USB виходу так і безпосередньо до плати виконавши певні паяльні роботи на платі.

Вхід Ethernet на мікрокомп'ютері Raspberry Pi 3B+ буде використовуватися для передачі інформації на головний сервер, котрий буде збирати та обробляти отриману інформацію і також виконувати керування системою відправляючи команди до головного вузла.

Однією із головних задач при виконанні дипломного проекту є можливість керувати системою інтерактивного освітлення з будь якої точки світу, також вирішити проблему відмовостійкості у випадку зникнення зв'язку між веб сервером та головним керуючим вузлом, незалежно від типу проблеми: зникнення інтернет підключення до керуючого вузла, чи перебоїв на веб сервері.

Для вирішення цієї проблеми було вирішено використовувати додатковий веб сервіс котрий буде знаходитися на Raspberry Pi. Отже у випадку перебоїв на інтернет лінії клієнт не буде втрачати керування над системою, та буде в спромозі надалі використовувати систему інтерактивного освітлення.

## 2.4 Реалізація веб-сервісів

Під час вивчення матеріалів та їх аналізу була вибрана наступна система реалізації веб сервісів:

- До Raspberry Pi 3 B+ буде під'єднано Arduino nano на котрий встановлено програмне забезпечення MySensors для використання його як шлюз, Raspberry Pi буде використовуватись як локальний веб сервіс для керування системою, а також як посередник між модулями керування та клієнтом. [19]

- Для дистанційного керування системою інтерактивного освітлення

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						42
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

буде виконана інтеграція модулів до рішень від Google, Apple та Amazon, тим самим системою можливо буде керувати за допомогою голосових асистентів на смартфоні.

Для початку потрібно скомутувати головний керуючий вузол котрий буде складатися із Raspberry Pi 3B+ та Arduino nano до котрого буде під'єднано модуль бездротового зв'язку NRF24L01. З початку під'єднаємо модуль бездротового зв'язку до Arduino і перевіримо його працездатність, для перевірки було написано короткий код котрий в залежності від відправленої команди на плату через консоль Arduino IDE буде виконувати функцію прийому або передачі радіо сигналу, в даному випадку я запустив 2 ардуіно з однаковими налаштуваннями, одна з ардуіно була приєднана до комп'ютеру по usb для можливості керування нею через консоль. Друга ардуіно використовувалась як пара до першої. В консолі першого Ардуіно відправимо команду, що передат на другий ардуіно дані через безпроводний модуль, якщо все під'єднано правильно на першій ардуіно в виводі консолі отримаємо відповідь від другої. Отже бездротові модулі під'єднано та вони комунікують між собою. На всіх точках під'єднуємо бездротові модулі по однаковій схемі підключення, тепер можливо продовжувати налаштування головного вузла.

Для того щоб була можливість об'єднати всі Arduino до однієї мережі використаємо рішення MySensors, завантажити програмне забезпечення розробника MySensors із репозиторію розробника на github. Перша Arduino буде використовуватись як шлюз, між іншими Arduino під'єднаними до мережі. Так як під'єднувати першу Arduino будемо до Raspberry Pi за допомогою USB-шнура буде використовуватись реалізація serial-gateway через USB-шнур. Для правильного налаштування мережі необхідно прописати статичну ір-адресу модуля, адресу мережевого маршрутизатора, супутні налаштування мережі до якої буде під'єднано Arduino котра буде використовуватись як шлюз. Тепер можливо перейти до комутації та налаштування кінцевих точок керування роль яких будуть виконувати інші

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						43
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Arduino nano. До кожної Arduino буде під'єднано наступні модулі: датчик освітлення, датчик руху, модуль бездротового зв'язку, та реле електричного струму для керування увімкнення та вимкнення освітлення. Після закінчення комутації вузлу необхідно налаштувати кожну точку, написати для неї скетч та завантижити його на Arduino. В скетчі потрібно вказати які модулі використовуються, до яких виводів вони під'єднані та провести налаштування модулів для правильного функціонування кожного під'єданого модуля. Після написання скетчів для кожного модуля окремо, завантажимо скетч на Arduino, та перевіримо працездатність всіх модулів. Після запуску модулів на головному керуючому модулі повинно бути видно всі дані які відправляють модулі, також необхідно перевірити зворотній зв'язок між модулями. Спробуємо в ручному режимі через консоль відправити команду на модуль "А" що необхідно увімкнути освітлення, якщо все було правильно під'єднано та налаштовано увімкнеться освітлення саме на тому модулі котрий був вказаний у відправленій команді. Отже, після комутації, налаштуванні, та під'єднанні всіх модулів в одну мережу настав час налаштування Raspberry Pi.

Для реалізації веб сервісу було обрано програмне забезпечення OpenHAB, так як дане рішення має легку інтеграцію з MySensors, GoogleHome, та Apple HomeKit, що в свою чергу для розробника системи дозволить створити потужну мережу розумних рішень, додати свій функціонал так як цей проект являється open source, а отже не стане перешкодою для додавання свого функціоналу. Завдяки даному програмному забезпеченню розробник також зможе створювати інтелектуальні сценарії керування модулями в залежності від його потреб, та на базі наукових досліджень, що дозволить дозволить мати безмежні можливості розширення функціоналу. Окрім того для користувача система надає можливість керувати системою інтерактивного освітлення із будь якого зручного додатка для клієнта. Також не менш важливою функцією являється можливість користувача керувати системою за допомогою голосу, використовуючи

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 44
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

розумні асистенти на своєму смартфоні, або іншому приладі з голосовим асистентом, наприклад: Siri від Apple, Assistant від Google, Alexa від Amazon, та інші. Окрім цього користувач має можливість створювати власні алгоритми керування системою, тим самим не має функціональних обмежень. Можлива перевірка стану системи, наприклад при встановленні систем контролю відкриття/закриття дверей, вікон, ролетів, користувач системи може відслідковувати в якому стані знаходиться кожна точка, та за власним бажанням може змінити її стан, наприклад закрити роletи, чи зашторити вікно. Можливо розширювати систему додаванням додаткових модулів, або точок керування, система автоматично додасть їх, тим самим користувачу не потрібно кожного разу, коли він захоче розширити чи змінити конфігурацію системи викликати майстра, що йому це налаштує. У випадку зникнення інтернет підключення до головного керуючого вузла, користувач котрий знаходиться в межі обслуговування системи зможе без проблем продовжити керувати системою інтерактивного освітлення, не втрачаючи контроль над системою, що наразі в інших рішеннях розумного будинку та інтерактивних систем освітлення не вирішено. Можливо створювати різні варіанти налаштування в залежності від потреби клієнта, тобто якщо користувач вирішив працювати, і для цього йому необхідне максимальне освітлення, він зможе увімкнути даний режим, і система автоматично переведе модулі в попередньо налаштовані значення, або у випадку якщо користувач вирішив відпочити, система перейде в режим відпочинку, тим самим створюючи комфортні умови для користувача в залежності від його потреб.

Також не менш важливим буде інтегрувати систему інтерактивного освітлення та систему розумного будинку в систему інтернету речей. Так як система інтернет речей передає великі масиви інформації, і дану інформацію необхідно зберігати та обробляти, потрібні великі потужності для обробки та зберігання. Для вирішення даної задачі було обрано сервіс від Google під назвою Clout IoT Core, дана система використовується для отримання, та

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						45
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

обробки інформації, керуванням модулів, має можливість безпечно підключатись до неї, не хвилюючись за те, що треті особи зможуть отримати доступ до переданих даних, а також мати можливість керувати системою. Ця платформа пропонує безліч комплексних рішень для збору, обробки, аналізу інформації, побудування графіків в залежності від отриманих даних в режимі поточного часу. Cloud IoT Core може отримувати дані від безлічі пристроїв і об'єднувати їх до спільної системи, для подальшого аналізу, використання даних для машинного навчання, допомогти поліпшити ефективність роботи системи, передбачити певні проблеми. Маючи легку інтеграцію та доволі зрозумілу документацію можливо за короткий час створити власну мережу інтернет речей, та швидко їх налаштувати на роботу разом з Cloud IoT Core.

[20]

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						46
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 3. НАЛАШТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Після налаштування веб сервісів потрібно налаштувати автоматизацію, тим самим зробити систему інтерактивною. Головною задачею автоматизації є інтерактивність освітлення, саме вона виступає головним функціоналом даної системи.

Почнемо з автоматизації освітлення фасаду будинку та прибудинкової території. Для керування необхідно знати поточний час та отримати дані з мережі інтернет, котрі будуть містити в собі час початку та кінця наступні значення:

Громадянські сутінки (вечірні та ранкові)

Для отримання цих значень будемо використовувати сервіс "Sunrise Sunset". Для отримання значень потрібно знати координати місця в якому знаходиться система інтерактивного освітлення. Маючи координати та виконавши GET запит до сервісу керуючий вузол отримує дані з точним часом початку та кінцем громадянських або навігаційних сутінок у вигляді JSON. Спираючись на отримані дані система матиме можливість вмикати та вимикати освітлення фасаду та прибудинкової території в залежності від отриманих даних та поточного часу.

Схема роботи буде наступна:

Допустимо отримали наступні дані від сервісу "Sunrise Sunset"

{

- "results":{
  - "sunrise": "1:47:30 AM",
  - "sunset": "6:06:19 PM",
  - "solar\_noon": "9:56:54 AM",
  - "day\_length": "16:18:49",

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						47
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- "civil\_twilight\_begin": "1:03:00 AM",
- "civil\_twilight\_end": "6:50:49 PM",
- "nautical\_twilight\_begin": "11:57:43 PM",
- "nautical\_twilight\_end": "7:56:05 PM",
- "astronomical\_twilight\_begin": "12:00:01 AM",
- "astronomical\_twilight\_end": "12:00:01 AM"
- },
- "status": "OK"

}

Так як сервіс повернув нам значення в часовому поясі UTC потрібно перевести дані до нашого часового поясу, наразі в Україні часовий пояс UTC+3, також необхідно перевести дані до 24 часового формату.

Отже, з отриманих результатів маємо наступні дані:

- Схід сонця 04:06:19
- Початок цивільних сутінок 04:03:00
- Кінець цивільних сутінок 21:50:49

Всі дані вказані у 24 часовому форматі та з урахуванням часового поясу (UTC+3)

Перетворення часу до необхідного часового поясу буде відбуватися в залежності від того в якому часовому поясі знаходиться користувач, система також буде автоматично переходити на літній або зимовий час без участі користувача системи.

Маючи отримані дані система буде знати в який час вмикати, а коли вимикати освітлення фасаду та прибудинкових територій. Було вирішено опиратися саме на час цивільних сутінок, так як саме із їх початком рівень освітлення стає достатнім для комфортної діяльності людини, та не потребує додаткового освітлення. Після закінчення громадянських сутінок для комфорту людини необхідне додаткове освітлення.

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						48
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Отже, маючи такі результати система буде вмикати фасадне та прибудинкове світло коли локальній час перейде через значення кінця цивільних сутінок, та буде вимикати освітлення коли час перейде через значення початку цивільних сутінок. Таким чином система буде створювати комфортні умови освітлення для перебування людини на прибудинковій території.

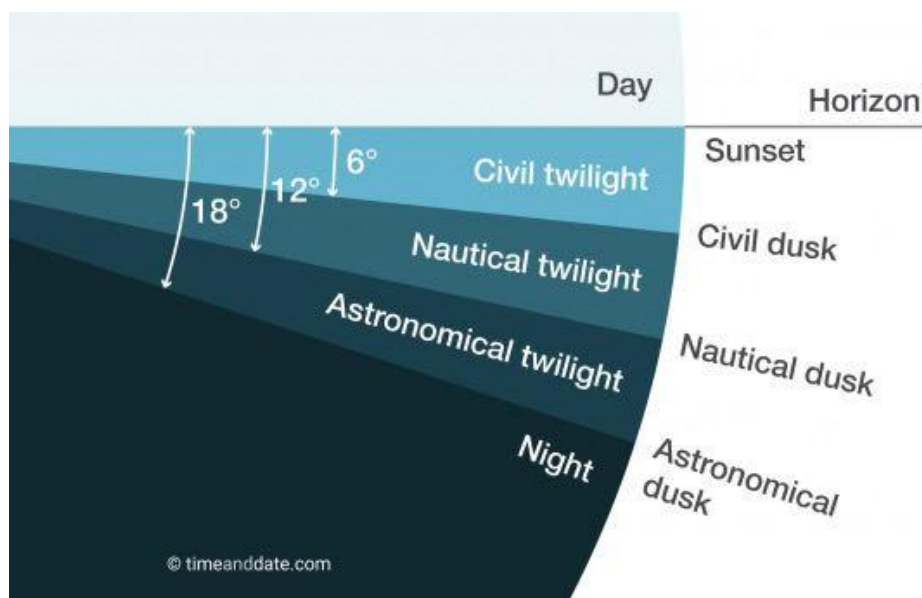


Рис. 2.4

Маючи такий алгоритм користувач даної системи використовує штучне освітлення лише коли це необхідно, тим самим зберігаючи ресурс освітлюючого обладнання та економить електроенергію, так як освітлення не працює коли в цьому немає необхідності. В будь якому випадку користувач може дистанційно примусово вимкнути цю систему, якщо відпала необхідність такого рішення, допустимо якщо користувач поїхав у командування або відпустку.

Також користувач має можливість сам налаштовувати розклад роботи освітлення по годинам та дням, створюючи власні правила керування системою інтерактивного освітлення в залежності від його побажань.

Крім того можливе керування освітленням в залежності від даних отриманих від датчику освітленості встановленому біля кінцевої системи керування. Зчитуючі дані датчик буде передавати їх до Ардуїно яка в свою

									Арк. 49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.ДЕ-371.000 ПЗ				

чергу буде відправляти їх до головного керуючого вузла на RaspberryPi, що в залежності від налаштувань та побажань користувача буде аналізувати показники та вирішувати чи є необхідність увімкнути чи вимкнути освітлення фасаду. Отримані дані від датчику освітлення будуть вноситися в базу даних де будуть зберігатися, задля можливості будувати графіки і аналізувати їх.

### 3.1 Автоматизація освітлення в будинку

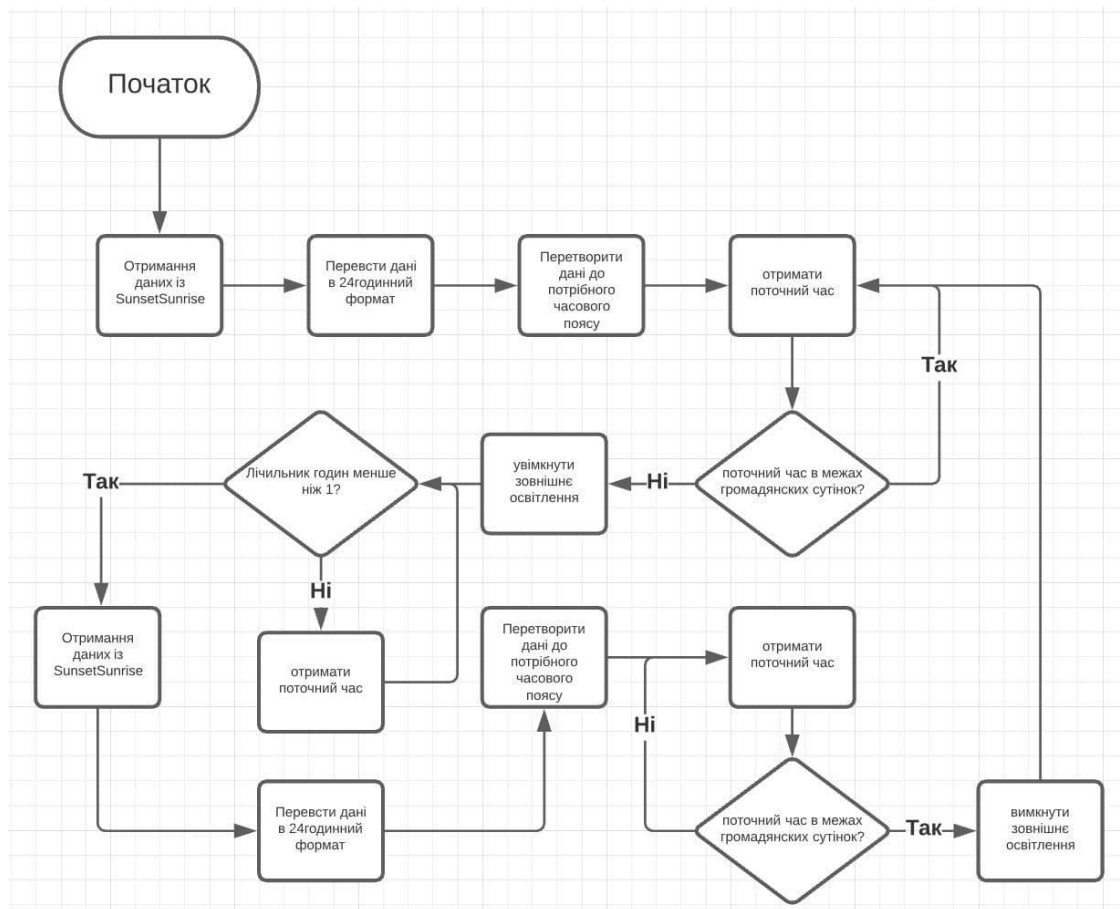


Рис. 3.1 Блок схема алгоритму роботи системи освітлення фасаду

Для реалізації інтерактивного освітлення в приміщенні додамо до схеми датчик руху HC-SR501 задля того, щоб відслідковувати наявність руху у кімнаті і не вмикати освітлення, якщо в приміщенні відсутня людина.

Алгоритм увімкнення системи буде полягати в наступному, якщо датчик руху зафіксував рух у кімнаті, система починає зчитувати дані з

датчиків освітленості. В залежності від отриманих даних з датчику освітлення та границь спрацювання буде прийматися рішення стосовно необхідності увімкнення освітлення. При результатах отриманих з датчику освітлення котрі

виходять за границі спрацювання буде відправлена команда на ардуіно що необхідно увімкнути освітлення. Освітлення у приміщенні буде увімкнено до того часу, поки датчик руху буде реєструвати наявність користувача системи у кімнаті. Після покидання користувачем кімнати датчик руху зафіксує відсутність людини, передасть дані на головний керуючий вузол, він в свою чергу передасть команду на ардуіно що необхідно вимкнути світло. Після цього система перейде в початковий стан, і буде очікувати реєстрацію сигналу від датчику руху, що користувач знову з'явився у кімнаті. У випадку реєстрації руху, і реєстрації даних з датчиків освітленості що будуть знаходитися в рамках комфортного освітлення система не буде віддавати команду на увімкнення освітлення до того часу поки рівень освітлення не вийде за границі котрі заздалегідь прописані в системі комфортного рівня освітлення для людини. В цій схемі датчик руху виступає перемикачем для увімкнення та вимкнення системи інтерактивного освітлення у приміщенні.

### **3.2 Алгоритм перевірки наявності людини в зоні обслуговування**

Досить важливим аспектом автоматизації інтерактивного освітлення являється контроль наявності користувача в зоні обслуговування даної системи. Для реалізації контролю наявності користувача використовується протокол Address Resolution Protocol за допомогою якої можливо перевірити які пристрої під'єднані до домашньої Wi-Fi мережі. В наш час всі смартфони при знаходженні збереженої Wi-Fi мережі автоматично під'єднуються до неї, отже цей фактор можливо використати як показник того, що користувач з'явився в зоні обслуговування інтерактивної системи освітлення, тим самим

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 51
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

перевести систему в робочий режим.

При першому під'єднанні смартфона до системи інтерактивного освітлення буде записана MAC адреса пристрою користувача, саме за допомогою неї система буде виконувати сканування та перевірку наявності смартфона користувача в мережі. Використовуючи команду `arp -a` можливо отримати список клієнтів Wi-Fi мережі, але головному керуючому вузлу для виконання контролю наявності користувача в зоні обслуговування немає необхідності знати абсолютно всі прилади котрі під'єднані до мережі. Отже змінивши команду на `arp -a | grep <mac>` (де `<mac>` - це MAC адреса смартфона користувача) система буде мати вивід лише необхідних даних.

Вивід виглядає наступним чином

```
client (192.168.1.101) at 1a:d0:b2:df:f8:22 on en0 ifscope [ethernet]
```

Де (192.168.1.101) - IP-адреса користувача, а 1a:d0:b2:df:f8:22 - це його MAC-адреса

Якщо вивід команди буде мати пусту строку, це буде означати що користувач не знаходиться в межах обслуговування системи, у випадку якщо вивід видав не пусту строку - це означає що користувач в межах обслуговування. Однак перед кожним скануванням потрібно чистити `arp` таблицю, так як якщо перед повторним виконанням команди не зробити цього, то навіть після відключення смартфона користувача вивід команди не буде повертати пусту строку. Отже коли користувач приєднався до мережі та вивід команди не був пустий, потрібно отримати його IP адресу. Для цього використаємо регулярне вираження (Regex) яке буде виглядати наступним чином `"(?<=\\().*(?=\\))"`, результат виконаної дії запишемо у змінну `ip_client`. Для перевірки що користувач продовжує знаходитися в зоні обслуговування системи головний керуючий вузол з періодичністю в 1-5 хвилин, в залежності від налаштувань, буде виконувати команду `"ping <ip_client> -c 4 | grep "packets" "`, вивід команди буде мати наступний вигляд:

```
4 packets transmitted, 4 packets received, 0.0% packet loss
```

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 52
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вивід показує кількість відправлених, отриманих та процент загублених пакетів. Знову використаємо регулярне вираження котре буде виглядати " \d", результатом виконання даної дії отримаємо кількість отриманих пакетів від користувача, результат порівняємо з нулем, якщо результат більше 0 отже користувач присутній в мережі, якщо результат дорівнює 0 це означає що користувач покинув зону обслуговування системи. Отже якщо користувач покинув зону обслуговування система переходить в режим очікування, і не вмикає освітлення в приміщеннях де встановлені датчики руху. Після цього перед кожною перевіркою буде виконуватися команда `arp -d <ip_client>`, для того щоб очистити дані клієнта з `arp` таблиці, так як якщо не видалити клієнта з `arp` таблиці, то навіть після відключення смартфона вивід команди `arp -a | grep <mac>` не буде мати порожню стрічку.

Використовуючи датчики руху також можливо повідомляти користувача про несанкціонований доступ до його приміщення. У випадку спрацювання датчику руху, дані будуть відправлені на головний керуючий вузол, але головний вузол до цього не зафіксував присутність користувача в зоні обслуговування системи. Отже система бачить невідповідність отриманих даних. Таким чином система робить висновок, що в будівлі існує неавторизований користувач, тобто відбулось несанкціонований доступ до будівлі. Інформування користувача можливо виконати через мобільний додаток, або через месенджер, наприклад telegram. При отриманні повідомлення користувач буде одразу проінформований щодо даної ситуації, у вирішити, що робити далі: викликати поліцію чи проігнорувати це повідомлення. У випадку використання мобільного додатку користувач може в ручному режимі дистанційно увімкнути систему, якщо впевнений що на території його приміщення знаходиться довірена людина. При дистанційній активації системи інтерактивного освітлення головний керуючий вузол не буде перевіряти наявність користувача у зоні обслуговування, для того щоб активувати цю функцію потрібно буде вимкнути гостьовий доступ до приміщення, після цього система автоматичного відслідковування наявності

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						53
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

користувача в зоні обслуговування буде знову активована. Можливо додати камери відеоспостереження котрі будуть активуватись під час спрацювання системи безпеки, і записувати з камер відео та аудіо на жорсткий диск котрий підключено до Raspberry Pi.

При втраті зв'язку з одним із модулів користувач також буде отримувати сповіщення заздалегіть вибраним ним способом. Також можлива реалізацію gsm шлюзу для інформування користувача, дана функція буде корисна для інформування користувача у випадку втрати зв'язку між центральним керуючим вузлом та мережею інтернет котра під'єднана через інтернет шнур.

### **3.3 Інтеграція до систем інших виробників**

Для керування інтерактивною системою освітлення пристроями виробника Apple та пристроями із операційною системою Android, використаємо програмну систему OpenHab. Система буде встановлена на головний вузол керування тобто на Raspberry Pi. OpenHab - це система автоматичного керування розумним будинком, котра може керувати, контролювати, та налаштовувати різні модулі розумного будинку в одну систему. Завдяки їй можливо інтегрувати систему інтерактивного освітлення до пристроїв на базі iOS та Android, тим самим отримуємо можливість голосового керування системою із власного смартфона. OpenHab має можливість відправляти інформаційні повідомлення до смартфона, також при бажанні користувач може поділитися доступом до системи інтерактивного керування з іншим користувачем. Завдяки їй можливо створювати автоматизовані схеми керування модулями, в залежності від побажань користувача.

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						54
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



зادля того, щоб у майбутньому можливо було отримати всі логи спрацювання даної системи, та завчасно відслідкувати стан модулю, діагностувати його помилки, і у випадку необхідності замінити його на новий.

Також до системи можливо додати розумні лічильники, тим самим розвинути систему інтерактивного освітлення до повноцінного розумного дому, тим самим створити повноцінну систему інтернет речей, котра буде виконувати рутинні задачі замість користувача. А отже на виході отримати додаткову автоматизацію, котра буде автоматично передавати значення щодо кількості використаних ресурсів до постачальників, та самостійно підраховувати затрати на ці ресурси в залежності від типу використаних ресурсів та тарифів на споживання.

Планується реалізація системи оновлення програмного забезпечення по повітрю (over-the-air OTA), це дозволить розширити функціонал модулів, без потреби демонтажу, фізичного під'єднання їх до комп'ютера, та виклику майстра, що професійно займається обслуговуванням систем розумного будинку та інтерактивного освітлення, що створює максимально дружелюбну та легку у використанні систему для користувача.

### **3.4 Адаптація освітлення для біоритмів користувача**

Дуже важливим в роботі системи інтерактивного освітлення являється створення комфортних умов освітлення для користувача даної системи, задля того щоб користувач в залежності від поточного часу отримував правильне освітлення котре буде позитивно впливати на його біологічні ритми.

Для розуміння правильних значень котрі системі необхідно використовувати задля вірних налаштувань освітлення звернемось до наукових досліджень Лінна Лемберга. В своїй книзі "Ритми тіла" автор

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

приводить наступні фізіологічні проблеми, що пов'язані з порушенням біологічних функцій людини:

- Зменшення часу сну, тим самим зменшення долі відпочинку, що отримує організм людини. Це призводить до зниження продуктивності людини із порушеним біологічним ритмом життя. Експериментально було доведено, що відпочинок вдень, замість нічного, гірше відновлює енергію людини, навіть якщо денний відпочинок відбувався в ідеальних зовнішніх умовах, тобто при наявності повної звукоізоляції та повністю темному приміщенні.

- Збільшується ризик та кількість серцево-судинних патологій, так як не співпадає ритм активності людини з природним ритмом роботи серцево-судинної системи.

- Збільшується кількість нещасних випадків, та збільшується травматизм, у зв'язку з порушенням концентрації людини.

- Збільшується кількість спожитих медикаментів, особливо снодійних, серцево-судинних ліків, та транквілізаторів.

- Відбувається погіршення емоційного стану людини, що в результаті призводить до погіршення відносин та виникненням конфліктних ситуацій між членами сім'ї, та співробітниками на робочому місці.

- Ймовірно зменшується тривалість життя людини, наразі таких досліджень з людьми не проводилось, але в дослідженнях на тваринах цей тезис було доведено. [14]

Науковці провівши багато досліджень дійшли до висновку, що в пори року коли зменшується тривалість світлового дня, тим самим зменшується рівень освітлення, організм людини менше виробляє мелатонін, який необхідний для правильного функціонування організму та дотримання правильних біоритмів людини. При використанні ламп освітлення білого кольору, насправді це лампи з довжиною хвилі 450-500 нанометрів, тобто синього кольору, в організми людини буде погіршуватись синтез мелатоніну.

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк. 57
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Отже використовувати лампи освітлення із вищезгаданою довжиною хвилі незважаючи на поточний час, буде шкідливо впливати на біоритми людини, а отже і порушувати комфорт перебування людини у приміщенні.[15]

Для реалізації системи інтерактивного освітлення у спальні, що буде створювати комфортне освітлення для людини, тим самим позитивно впливати на його біоритми використаємо LED смужку із світлодіодами, що можуть змінювати колір освітлення. Тим самим в залежності від поточного часу будуть змінювати спектр випромінювання, для створення комфортних умов.

Алгоритм керування буде наступним, при первинному налаштуванні системи інтерактивного освітлення користувач буде вказувати години своєї активності, та проміжок часу його сна. За 2 години до початку сна користувача, головний керуючий вузол буде віддавати команду на кінцевий вузол, що керує LED-смужою, що потрібно перейти в режим підготовки до сну, тим самим потрібно змінити колір випромінювання світлодіодів із білого світла, до жовтого. Для того, щоб користувач при перемиканні не відчував себе дискомфортно система буде плавно змінювати колір. Тим самим користувач буде знати, що через дві години необхідно перейти до сну. За пів години до відходу людини до сну система буде зменшувати інтенсивність освітлення, тим самим за останні пів години буде зменшуватися навантаження на очі користувача, що буде позитивно впливати на його біоритми. Під час цих тридцяти хвилин система буде зменшувати інтенсивність освітлення до нуля, тим самим сповіщати користувача, що вже настав час коли йому потрібно перейти до сну. Вранці після пробудження користувача, у випадку недостатнього рівня освітлення у кімнаті система інтерактивного освітлення буде вмикати освітлення вже білого кольору, так як освітлення білого кольору вранці допомагає легше прокинутися, та налаштувати організм на продуктивність.

Також не менш важливим в даній системі є можливість використання

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						58
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

кожного датчику як частини інтернету речей. Отже отриману систему було налаштовано для роботи з Google Cloud IoT Core, для повноцінної роботи кожного модуля як частину інтернет речей. [19]



Рис 3.3 Блок схема алгоритму збору інформації до бази даних

## ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломної роботи, було розроблено систему інтерактивного освітлення приміщення, фасаду та прибудинкової території. Проведено аналіз доступних рішень на ринку, порівняння їх, перевірку можливості створення інтерактивної системи освітлення на базі цих рішень. Було проведено аналіз актуальності інтерактивної системи освітлення, та доведено, що дана система наразі актуальна. Було описано ідею інтернету речей, що с себе уявляє ця система, які функції виконує, та які проблеми можливо вирішити за допомогою інтернету речей.

Під час розробки інтерактивної системи освітлення було порівняно різні варіанти реалізації даної системи, серед варіантів реалізації було обрано найбільш потенційно функціональний. На базі обраного варіанту виготовлено систему інтерактивного освітлення. Також були розроблені алгоритми керування інтерактивним освітленням, використовуючи різні наукові дослідження, а саме вплив різного кольору освітлення на біоритми людини, та визначені границі мінімального освітлення на вулиці, при якому людське око має спромогу без напруження бачити всі предмети, а також при якому мінімальному освітленні людський організм може повноцінно функціонувати без необхідності увімкнення додаткових джерел освітлення. До спроектованої та побудованої системи інтерактивного освітлення було також під'єднано різні програмні модулі автоматизації. Одна з них - відносно астрономічного часу та на базі цього налаштована система автоматичного увімкнення та вимкнення інтерактивного освітлення. Під час вивчення матеріалу для розробки, також було виявлено, що інтерактивна система освітлення може використовуватися не лише, як функціональний прилад, а також і як медіапростір, активно використовується в архітектурі, та навіть для звертання уваги людей до певних будівель.

Вважаю що тема інтерактивного освітлення фасаду будівлі та прибудинкових територій для пересічного користувача наразі є доволі

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						60
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

актуальною, так як для реалізації даної системи, на ринку відсутні бюджетні, та універсальні рішення. При виведені на ринок універсальної та бюджетної системи інтерактивного освітлення, можливо вирішити проблему популяризації даної системи, тим самим запропонувати потенційним користувачам недорогу та досить функціональну систему для вирішення їх проблем із реалізацією інтерактивного освітлення. Окрім того, популяризація систем інтерактивного освітлення дозволить прискорити процес реалізації систем інтернету речей, котра в свою чергу дозволить прискорити побудування розумних міст, що позитивно вплине на життя кожної людини, зробить її життя легше, позбавить від рутинних справ, тим самим звільнить додатковий час, який можливо використати продуктивніше, направити цей вільний час для рішення більш важливіших проблем.

Планується і далі продовжити дослідження можливостей інтернету речей та систем інтерактивного освітлення задля виготовлення ідеального продукту, який в свій час поліпшить життя та безпеку людей. Продовжити дослідження планую під керівництвом дипломного керівника Хохлова Юрія Віталійовича.

В майбутньому планується покращити характеристики системи виконавши такі кроки: відмовитися від рішення побудови на базі плат Ардуіно на користь власного виготовлення плат; додати до керуючого центру сенсорну панель для керування без використання смартфона; написати власне програмне забезпечення, тим самим поліпшити безпеку та гнучкість системи інтерактивного освітлення та розумного будинку; розробити дизайн для модулів; розширити та поліпшити функціонал системи.

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						61
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bruce Sinclair, IoT Inc: How Your Company Can Use the Internet of Things to Win in the Outcome Economy – 2017
2. Marlon Buchanan, The Smart Home Manual: How to Automate Your Home to Keep Your Family Entertained, Comfortable, and Safe – 2020
3. Robert Chin , A DIY Smart Home Guide: Tools for Automating Your Home Monitoring and Security Using Arduino, ESP8266, and Android – 2020
4. Saurav Vats, Prof. Neha Bansal, Prof. Garima Gurjar, Saurabh Kamat, Rishabh Rai, PLC based Home Automation System - International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) – 2017
5. Cuno Pfister, Getting Started with the Internet of Things: Connecting Sensors and Microcontrollers to the Cloud (Make: Projects) 1st Edition – 2011
6. Cathy Young, Smart Home: Digital Assistants, Home Automation, and the Internet of Things (Our Internet of Things) - 2019Christian Paetz, Z-Wave Essentials - 2017
7. Iyas Vahedi Moghaddam and Rahinah Ibrahim, People's evaluation towards media façade as new urban landmarks at night – International Journal of Architecture Research 2016
8. Bayrem Gharsellaoui, Internet of Things prototyping with Firebase: how to do more with less – 2019 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.freecodecamp.org/news/iot-prototyping-with-firebase-doing-more-with-less-2f5c746dac8b/>
9. Drew Gislason Zigbee Wireless Networking - 2008

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						62
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

10. Christian Paetz, Z-Wave Essentials - 2017
11. Robin Heydon, Bluetooth Low Energy: The Developer's Handbook - 2012
12. Argus Kurniawan, Internet of Things Projects with ESP32: Build exciting and powerful IoT projects using the all-new Espressif ESP32 - 2019
13. Colin Dow, Internet of Things Programming Projects: Build modern IoT solutions with the Raspberry Pi 3 and Python - Packt P
14. Лінн Лемберг, Ритми тіла. Здоров'я людини та його біологічний годинник – Вече, 1998
15. Гласс Л., Мэки М. От часов к хаосу: Ритмы жизни. — М.: Мир, 1991
16. Jennifer Clark, Uneven Innovation: The Work of Smart Cities - 2020
17. Yoshiki Yamagata, Urban Systems Design: Creating Sustainable Smart Cities in the Internet of Things Era – 2020
18. Bayrem Gharsellaoui, Internet of Things prototyping with Firebase: how to do more with less
19. MySensors Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://www.mysensors.org/download/sensor\\_api\\_20](https://www.mysensors.org/download/sensor_api_20)
20. Google Cloud IoT Core - [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cloud.google.com/iot-core>

					<i>ДП.ДЕ-371.000 ПЗ</i>	Арк.
						63
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## SUMMARY

### Web-service of interactive lightning system

The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization ELECTRONIC DEVICES AND EQUIPMENT National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Faculty of Electronics, Department of Electronic Devices and Equipment. Academic group DE-z71 - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021. - 53p., tables 1. Web-service of interactive lightning system. Interactive lightning system designed for control different types of lightning equipment, from personal device such as smartphone or notebook.

Nowadays, it is difficult to imagine a world without automated systems to improve human life. Every day we are surrounded by many systems that help us solve certain problems and automate some daily procedures. One such system is the so-called "smart home" with convenient lighting control options.

Nowadays, it is difficult to imagine a world without automated systems to improve human life. Every day we are surrounded by many systems that help us solve certain problems and automate some daily procedures. One such system is the so-called "smart home" with convenient lighting control options.

Currently, there are many different solutions for this task, but all have certain disadvantages: Incompatibility of smart home systems from different manufacturers.

Lack of adaptation to different platforms:

The high price, it is impossible to integrate equipment from other manufacturers into the system, problems of receiving / transmitting information between smart home modules, lack of analysis of user behavior and adaptation of automation for each user.

Among the advantages of using smart home systems are the following: Automation of certain processes, security, energy saving, remote control of smart home systems, maintaining comfortable conditions (temperature, humidity, lighting).

Automated systems help to save electricity, create comfortable living conditions in the house, adapt to each user individually, remotely monitor the performance of the installed sensors, and manage the grid. Interactive lighting will create a comfortable stay in the house, can also illuminate the facade of the house and the yard.

A very important aspect of using interactive lighting is saving electricity. If the light sensor gets enough light, the lighting will not be turned on, but if there is not enough natural light, the system will turn on artificial lighting, thus creating a comfortable environment for people in the room. Motion sensors can also detect the movement of a person around the house. Depending on where the person is, turn the lights on and off in the room.

Interactive lighting of the facade and the adjacent territory can turn on the lighting depending on the current time and the data received from the Internet regarding the length of daylight, light sensors, as well as take into account the wishes of the user. This will create comfortable conditions for the user, save electricity and extend the life of electrical appliances that illuminate the facade and the adjacent territory.

The interactive lighting control system is built on a modular principle, which allows you to expand the system by adding modules, and replace certain parts of the system without the need to make changes to other parts of the system. It is possible to add various sensors to the system, such as motion sensors, presence, lighting, humidity sensors, etc. Sensors can expand the functionality of the system, and fully unleash the potential of the interactive lighting system.

This system can be controlled from anywhere in the world. The system connects to the Internet. With the help of his smartphone or any device that has

access to the Internet, the user can control and monitor the state of the system in real time, change settings, and control electricity consumption.

Currently, every smart home equipment manufacturer is trying to create its own ecosystem. But the main problem with creating a different ecosystem for each manufacturer is that having certain modules from "manufacturer A" cannot connect a module from "manufacturer B", thus forcing users to use only their products.

This includes the problem of software compatibility with user devices. Not all applications are adapted for iOS or Android. But the main problem with using such a system is the loss of opportunity, or even the inability to use a mobile device. The lack of a web service to control the interactive lighting system leads to inconvenience and loss of the ability to control the system from another device, resulting in a complete loss of control over the system.

Currently, there are many ready-made solutions on the market of the so-called "Smart Home", each of the systems has its advantages and disadvantages. Each of the manufacturers assures potential buyers that its system is the best, positioning its product only on the positive side and talking only about the strengths of its product. But ignoring the marketing tricks of each manufacturer's company, it is not difficult to find that the systems they are trying to sell to a potential buyer are not without their problems. Unfortunately, a user who has purchased one of the smart home systems or interactive lighting systems begins to notice the shortcomings after the product of a particular company was purchased and installed in the house, because before buying marketing, good design of the device, and even a bright box in which it is packed. The device performs its main task - to sell the device, thus the buyer expected to receive the product about which he was told, but in fact received something else. Considering the most popular solutions on the market, it is possible to identify both strengths and weaknesses of each product, and depending on the needs to choose the solution that each customer needs individually.

What is a "smart home" now? The term "smart home" refers to a number of devices integrated into a common network within which it is possible to control each integrated device. Thus, having several smart devices connected to a common network, the user will be able to control and manage each device without the need for direct access to it, and these devices will perform certain routine tasks, thereby reducing the time the user interacts with them. An equally important aspect of using a smart home is security and energy savings. The introduction of automation in the smart home system will allow you to turn electrical appliances on and off as needed, such as turning on the lights when a person is in the room and turning off the lights after the person has left the room. This will save electricity and increase the life of the appliance. It is also possible to automatically adjust the brightness level depending on the current time, or on the data received from the light sensor connected to the system. Automation of lighting control is especially relevant in passageways, such as corridors, bathrooms, stairs. In addition to lighting control, it is possible to control the climatic conditions of the house. Depending on the set desired temperature parameters, the system can turn on air conditioning or ventilation to reduce the temperature in the room, and if necessary increase the temperature, turn off all appliances used to cool the room and at the same time turn on appliances that heat the room, such as heaters.

Consider the main tasks of interactive lighting of the facade both from the architectural side and from the functional solution to save electricity and create comfortable living conditions near the house and in the yard, within which the system operates. Let's start with a review of the interactive lighting system for solving architectural problems. The facade is the face and image of the building for the public, which plays a key role in the emotional and rational communication between the building and the public. Therefore, external facade lighting plays a vital role in urban spaces and mainly affects the environment and memories of the city at night. The ability to program new lighting technology would take into account the potential for architecture to go beyond a stationary process or a repetitive scenario. As a result, architecture is no longer considered a permanent

permanent appearance, and therefore the static impression of buildings disappears. Dynamic behavior and a variety of aesthetic possibilities are gradually changing the image of modern architecture [PDF Architecture]. It is possible to use the facade of the building as a large screen for entertainment, such as a projection on the facade of a movie, or a projection of an interactive game for people, which they control with their own smartphones. Thus, it is possible to easily draw a person's attention to the building.

Using an interactive lighting system within your own home will create a comfortable lighting of the surrounding area, add personality to the appearance of the house, as well as save energy, as the interactive lighting system will rely on indicators from various sensors and data from other sources. as the time of dawn and sunset, the beginning and end of civil twilight, and based on data from various sources to decide on the need to turn on and off the lighting of the facade and the surrounding area to the house. It is also possible to use different scenarios that have been pre-programmed in the interactive lighting control system. Using the control schemes described above, it is also possible to extend the life of the equipment used for interactive lighting. Also, if it is not necessary to always use lighting during the dark hours of the day, it is possible to use motion sensors that will illuminate pedestrian or car paths only when necessary, ie when registering traffic within the interactive lighting system. If you need to control the color of lighting using LED strips, and depending on the user's preferences, he will be able to choose the color to your liking, thus adding personality to the lighting of the facade and the surrounding area by his own application using his smartphone or voice assistants. The design must take into account not only the functional wishes of the user, but also safety, as safety violations during installation or operation can lead to bad consequences, such as fire due to poor quality modules, poorly installed wiring that violates fire safety rules, as well as electric shock to the user. In addition, it is necessary to fully analyze the mounting points of the system and lighting fixtures, in order to create the most comfortable living conditions within the service of the interactive lighting system. With the correct installation of the

system, all paths, entrances and exits to the premises, and the entrance to the territory of the land user of the system will be illuminated.

To implement this task, the scheme was selected using the following modules:

- Raspberry Pi 3 B + - as a central control unit
- Arduino nano - control unit at the end point where you want to control the lighting and receive data from sensors
- Current relay or dimmer - control of current supply, in case of use of the dimmer also control of supply of current force
- Lighting module on the LM393 chip - Light level control
- Wireless module NRF24L01 - wireless data transfer between Arduino control unit and main control unit (Raspberry Pi 3B +)

OpenHAB software was chosen to implement the web service, as this solution has easy integration with MySensors, GoogleHome, and Apple HomeKit, which in turn will allow the system developer to create a powerful network of smart solutions, add its functionality as this project is open source , and therefore will not be an obstacle to adding its functionality. Thanks to this software, the developer will also be able to create intelligent control scripts for modules depending on his needs, and on the basis of research, which will allow you to have endless possibilities to expand the functionality. In addition, for the user, the system provides the ability to control the interactive lighting system from any convenient application for the client. Also no less important is the ability of the user to control the system by voice, using smart assistants on your smartphone or other device with a voice assistant, such as: Siri from Apple, Assistant from Google, Alexa from Amazon, and others. In addition, the user has the opportunity to create their own system control algorithms, thus there are no functional limitations.

It will also be equally important to integrate an interactive lighting system and a smart home system into the Internet of Things. Since the Internet of Things system transmits large arrays of information, and this information needs to be

stored and processed, large capacities are required for processing and storage. To solve this problem, a service from Google called Cloud IoT Core was chosen, this system is used to receive and process information, control modules, has the ability to securely connect to it without worrying that third parties will be able to access the transmitted data. and be able to manage the system

Algorithms for automatic control of the smart lighting system have also been developed. Let's start with the automation of lighting the facade of the house and the adjacent territory. To manage, you need to know the current time and get data from the Internet, which will include the time of the beginning and end of civil twilight. Having the received data the system will know at what time to include, and when to switch off illumination of a facade and adjacent territories. It was decided to rely on the time of civil twilight, as it is with their beginning that the level of lighting becomes sufficient for comfortable human activity, and does not require additional lighting. After the civil twilight, additional lighting is needed for human comfort. Thus, having such results, the system will turn on the facade and house lights when the local time passes through the value of the end of civil twilight, and will turn off the lighting when time passes through the value of the beginning of civil twilight. Thus, the system will create comfortable lighting conditions for a person to stay in the yard.

The algorithm for turning on the system will be as follows, if the motion sensor detects movement in the room, the system begins to read data from light sensors. Depending on the data received from the light sensor and the limits of operation, a decision will be made as to whether the lighting should be switched on. When the results are obtained from the light sensor that go beyond the limits of operation, a command will be sent to the Arduino that it is necessary to turn on the lights. Indoor lighting will be on as long as the motion sensor detects the presence of a system user in the room. After the user leaves the room, the motion sensor detects the absence of a person, transmits data to the main control unit, he in turn transmits a command to the Arduino that you need to turn off the light. After that system will reset and wait for the motion sensor to signal that the user has

reappeared in the room. In the case of motion registration, and registration of data from light sensors that will be within the comfort of lighting, the system will not give the command to turn on the lighting until the light level exceeds the limits specified in advance in the comfort system for humans. In this scheme, the motion sensor acts as a switch to turn on and off the interactive lighting system in the room.

A very important aspect of the automation of interactive lighting is to control the presence of the user in the service area of the system. Address Resolution Protocol is used to control user availability, which allows you to check which devices are connected to your home Wi-Fi network. Nowadays, all smartphones automatically connect to it when they find a saved Wi-Fi network, so this factor can be used as an indicator that the user has appeared in the service area of the interactive lighting system, thus putting the system into operation.

Using motion sensors, it is also possible to notify the user of unauthorized access to his premises. If the motion sensor is triggered, the data will be sent to the main control node, but the main node has not yet recorded the presence of the user in the service area of the system. So the system sees a discrepancy between the data obtained. Thus, the system concludes that there is an unauthorized user in the building, ie there was unauthorized access to the building. Informing the user can be done through a mobile application, or through a messenger, such as telegram. Upon receipt of the message, the user will be immediately informed about the situation, and decide what to do next: call the police or ignore this message. In the case of using a mobile application, the user can manually turn on the system remotely, if he is sure that a trusted person is on his premises. When activating the interactive lighting system remotely, the main control unit will not check the presence of the user in the service area, in order to activate this feature you will need to disable guest access to the room, then the system automatically monitors the user in the service area will be activated again. It is possible to add CCTV cameras that will be activated when the security system is activated, and record video and audio cameras to the hard drive that is connected to the Raspberry Pi.

To control the interactive lighting system with Apple devices and devices with the Android operating system, we use the OpenHab software system. The system will be installed on the main control unit, ie on the Raspberry Pi. OpenHab is an automatic smart home management system that can manage, control, and configure different smart home modules into one system. Thanks to it, it is possible to integrate the interactive lighting system to devices based on iOS and Android, thus giving us the ability to voice control the system from your own smartphone. OpenHab has the ability to send information messages to the smartphone, and if desired, the user can share access to the interactive management system with another user. Thanks to it it is possible to create automated control schemes of modules, depending on wishes of the user.

To implement a system of interactive lighting in the bedroom, which will create comfortable lighting for a person, thereby positively influencing his biorhythms, we use an LED strip with LEDs that can change the color of the lighting. Thus, depending on the current time will change the radiation spectrum to create a comfortable environment.

The control algorithm will be as follows, during the initial setup of the interactive lighting system, the user will specify the hours of his activity and the period of his sleep. 2 hours before the start of the user's sleep, the main control unit will give a command to the final node that controls the LED strip, which should go into sleep mode, thus changing the color of the LEDs from white to yellow. In order for the user not to feel uncomfortable when switching, the system will gradually change color. This way the user will know that in two hours it is necessary to go to sleep. Half an hour before a person goes to sleep, the system will reduce the intensity of light, thus the last half hour will reduce the load on the user's eyes, which will have a positive effect on his biorhythms. During these thirty minutes, the system will reduce the light intensity to zero, thus notifying the user that it is time to go to sleep. In the morning after waking up the user, in case of insufficient lighting in the room This interactive lighting system will turn on the

already white lighting, as white lighting in the morning helps to wake up easier and adjust the body to productivity.

Also no less important in this system is the ability to use each sensor as part of the Internet of Things. So the resulting system was configured to work with Google Cloud IoT Core, for the full operation of each module as part of the Internet of Things.