

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“ ____ ” _____ 2025 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему
“Дослідження та програмна реалізація системи IoT з
використанням Bluetooth 6”

КБПЗ - 2025

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу, групи КІ-24М
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Норов А.О.
« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту
кандидат технічних наук, доцент
_____ Марченко К.М.
« ____ » _____ 2025 р.
Рецензент _____

АНОТАЦІЯ

Норов А.О. Дослідження та програмна реалізація системи IoT з використанням Bluetooth 6. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2025.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи IoT з використанням Bluetooth 6.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи IoT з використанням Bluetooth 6.

Об'єктом дослідження є процес IoT з використанням Bluetooth 6.

Предметом дослідження є методи IoT з використанням Bluetooth 6.

Методи дослідження базуються на методах Інтернету речей, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Результат роботи – програмна реалізація системи IoT з використанням Bluetooth 6.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Builder C++.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, IoT, Bluetooth 6

ABSTRACT

Norov A.O. Research and software implementation of the IoT system using Bluetooth 6. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2025.

In this final qualification work for the second (master's) level of higher education, software has been developed that is intended for the IoT system using Bluetooth 6.

The purpose of the development is the research and software implementation of the IoT system using Bluetooth 6.

The object of the research is the IoT process using Bluetooth 6.

The subject of the research is IoT methods using Bluetooth 6.

The research methods are based on the methods of the Internet of Things, methods of mathematical statistics, and methods of software development.

The result of the work is the software implementation of the IoT system using Bluetooth 6.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the developed software are fully described.

A convenient user interface has been developed. Instructions for working with software tools are provided.

The program can be used on PCs with Windows 10/11.

The program was developed in the Builder C++ environment.

Keywords: computer engineering, IoT, Bluetooth 6

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	3
ВСТУП.....	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	6
1.1 Призначення системи.....	6
1.2 Область застосування.....	7
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	9
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.....	9
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	14
2.3 Розгорнута постановка завдання	16
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	18
3.1 Опис функціонування системи	18
3.2 Розробка структурної схеми.....	22
3.3 Розробка функціональної схеми	27
3.4 Розробка діаграми процесів.....	30
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	32
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	32
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	46
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	51
6 НАУКОВА НОВИЗНА	58

						ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ		
Вим	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Норов А.О.				Дослідження та програмна реалізація системи IoT з використанням Bluetooth 6	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Марченко К.М.					М	1	83
Н.контр.	Коваленко А.С.				ЦНТУ КІ-24М			
Затв.	Смірнов О.А.							

7	МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ	59
7.1	Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту	59
7.2	Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок ...	60
7.3	Вибір методу оцінки вартості ПЗ	61
7.4	Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості.....	61
7.5	Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ	63
7.6	Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ	64
7.7	Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту.....	64
8	ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	66
8.1	Вступ.....	66
8.2	Аналіз умов праці програміста	66
8.3	Розробка заходів пожежної безпеки	70
8.4	Розробка заходів по електробезпеці для приміщень з ПЕОМ	71
8.5	Розрахунок запобіжного електричного занулення	72
9	ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	75
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77

КБПЗ-2025

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

АРМ	—	автоматизоване робоче місце
АСУ	—	автоматизована система управління
ДБЖ	—	джерело безперебійного живлення
ДКС	—	домашня кабельна мережа
ДУ	—	дистанційне управління
ЕОМ	—	електронно-обчислювальна машина
ЕФ	—	екранна форма
ЗТО	—	звукова трансляція й оповіщення
ІБ	—	інтелектуальний будинок
ІЧ	—	інфрачервоний
ОВК	—	управління опаленням, вентиляцією й кондиціонуванням
ОДС	—	оперативна диспетчерська система
ОПС	—	охоронно-пожежна сигналізація
ПДУ	—	пульти дистанційного управління
ПЗ	—	програмне забезпечення
ПЛК	—	програмувальні логічні контролери
ПМО	—	програмно-математичного забезпечення
РК	—	рідкокристалічний
СКК	—	система кабельних комунікацій
ТЗ	—	технічне завдання
ЕІВ	—	європейська інсталяційна шина

ВСТУП

Актуальність теми. Інтернет речей (IoT) зазнав значного зростання за останні роки, а Bluetooth Low Energy (BLE) став ключовим засобом забезпечення низькоенергетичного та недорогого бездротового зв'язку. У рамках даного проекту зробимо огляд еволюції технології Bluetooth, зосереджуючись на ролі BLE в екосистемі IoT. Розглянемо поточний стан BLE, включаючи його застосування, проблеми, обмеження та останні досягнення в таких галузях, як безпека, управління живленням та mesh-мережі. Нещодавній випуск Bluetooth Low Energy версії 6.0 від Bluetooth Special Interest Group (SIG) підкреслює постійну еволюцію технології та зростаючу важливість в IoT. Однак цей швидкий розвиток висвітлює прогалину в сучасній літературі, відсутність комплексних, актуальних оглядів, які б повністю відображали сучасний ландшафт BLE в додатках IoT. У роботі проаналізуємо нові тенденції та майбутні напрямки розвитку BLE, включаючи інтеграцію штучного інтелекту, машинного навчання та аудіоможливостей. В аналізі також розглянемо узгодженість функцій BLE з Цілями сталого розвитку Організації Об'єднаних Націй (ЦСР), зокрема енергоефективністю, сталими містами та діями щодо зміни клімату. Розглядаючи розробку та впровадження технології BLE, ця робота має на меті надати уявлення про можливості та проблеми, пов'язані з її впровадженням у різних застосуваннях Інтернету речей, від розумних будинків та міст до промислової автоматизації та охорони здоров'я. Дана робота підкреслює значення еволюції BLE у формуванні майбутнього бездротового зв'язку та Інтернету речей, а також забезпечує основу для подальших досліджень та інновацій у цій галузі.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи IoT з використанням Bluetooth 6.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

- Огляд існуючих систем IoT з використанням Bluetooth 6.
- Дослідження системи IoT з використанням Bluetooth 6.
- Програмна реалізація системи IoT з використанням Bluetooth 6.

Об'єктом дослідження є процес IoT з використанням Bluetooth 6.

Предметом дослідження є методи IoT з використанням Bluetooth 6.

Методи дослідження базуються на методах Інтернету речей, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

- Удосконалено метод IoT з використанням Bluetooth 6.
- Розроблено вітчизняний продукт IoT з використанням Bluetooth 6, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі IoT з використанням Bluetooth 6.

Достовірність наукових результатів підтверджена теоретичними викладеннями, даними комп'ютерного моделювання, коректними дослідженнями параметрів на функціонуючій обчислювальній мережі, а також відповідністю отриманих результатів окремим результатам, наведеним у науковій літературі.

Робота апробована на LVII Науково-технічній конференції здобувачів вищої освіти LV науково-технічної конференції «Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку» (2025 р.), основні положення випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти надруковані у статті збірника праць молодих науковців ЦНТУ, випуск №15.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи IoT з використанням Bluetooth 6, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Bluetooth здійснив революцію в бездротовому зв'язку, замінивши громіздкі дротові з'єднання та трансформуючи взаємодію пристроїв. З моменту своєї появи наприкінці 1990-х років Bluetooth постійно розвивався, стаючи універсальним стандартом, що забезпечує безперебійне підключення та ефективну передачу даних. У даній роботі розглядається еволюція Bluetooth та його вплив на майбутнє бездротового зв'язку. Хоча розробка Bluetooth вимагала командних зусиль, заслуга у винаході основної технології належить Якобусу Корнелісу Хартсену, голландському інженеру-електрику, який працював в Ericsson Mobile. Наприкінці 1990-х років шлях Bluetooth розпочався з версії 1.0, замінивши незграбні кабелі бездротовими з'єднаннями малої дальності для гарнітур та телефонів. На початку 2000-х років спостерігався сплеск використання Bluetooth з такими функціями, як передача даних. Впровадження Bluetooth Low Energy (BLE) у 2010 році стало важливою віхою в технології Bluetooth. Гомес та ін. надали ранній огляд та оцінку BLE, підкресливши його потенціал як нової бездротової технології з низьким енергоспоживанням [1]. Ця рання оцінка виявилася передбачливою, оскільки BLE згодом революційно змінив ландшафт завдяки своєму наднизькому енергоспоживанню, проклавши шлях для широкого використання Bluetooth у носимих пристроях, розумних будинках та постійно зростаючому Інтернеті речей (IoT). Технологія Bluetooth використовує радіохвилі короткого радіусу дії в діапазоні 2,4 ГГц для промислового, наукового та медичного (ISM) обладнання для бездротового підключення пристроїв. Ця технологія бездротової персональної мережі, що контролюється Групою спеціальних інтересів Bluetooth (Bluetooth SIG), буває двох основних типів: Bluetooth Classic та Bluetooth Low Energy. Bluetooth Classic

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

або Bluetooth Basic Rate/Enhanced Data Rate (BR/EDR) описаний у специфікаціях Bluetooth Core Specification версій 1.0–3.0. Значний зсув відбувся у 2010 році з появою Bluetooth версії 4.0, яка представила Bluetooth Low Energy. Цей абсолютно новий протокол працює значною мірою незалежно від Bluetooth Classic. Порівняно з Bluetooth Classic, BLE призначений для забезпечення значного зниження енергоспоживання та вартості, зберігаючи при цьому подібний діапазон зв'язку. BLE не залежить від BR/EDR і не має сумісності, але вони можуть співіснувати. Давно, ще у 2017 році, Михайлов та ін. [2] провели порівняльний аналіз BLE, IEEE 802.15.4 та SimpliciiTI, продемонструвавши вищу продуктивність BLE в енергоефективності, низькій затримці та теоретичній пропускній здатності, що зміцнює її позиції як провідної технології для застосувань Інтернету речей. Теоретична максимальна пропускна здатність BLE 320 кбіт/с та час обробки кадру менше 1 мс підкреслюють її швидкість реагування та придатність для сценаріїв з низьким енергоспоживанням. Хоча реальні реалізації стикаються з програмними обмеженнями, які знижують пропускну здатність, завдяки BLE значна економія енергії та оптимізований дизайн для зв'язку на коротких відстанях роблять його ідеальним для пристроїв Інтернету речей, які потребують тривалого часу автономної роботи та надійної роботи. Цей аналіз підкреслює практичність BLE та його перевагу в підтримці сучасних екосистем Інтернету речей.

1.2 Область застосування

По суті, екосистема Інтернету речей (IoT) – це взаємопов'язана мережа фізичних пристроїв, датчиків, програмного забезпечення та мереж, які збирають та обмінюються даними для створення розумніших та більш чуйних систем. В екосистемі Інтернету речей пристрої можуть включати будь-що: від портативних моніторів здоров'я та розумної побутової техніки до промислових машин та підключених транспортних засобів. Ці пристрої зазвичай оснащені датчиками, які

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

відстежують такі параметри, як температура, рух або місцезнаходження, та виконавчими механізмами, які дозволяють пристроям виконувати завдання у відповідь на зібрані дані. Підключення через бездротові протоколи, такі як BLE, Wi-Fi або стільниковий зв'язок, дозволяє цим пристроям взаємодіяти один з одним або передавати дані на периферійні або хмарні платформи для аналізу. Ці дані можуть потім запускати автоматизовані дії, інформувати про прийняття рішень людиною або візуалізуватись на інформаційних панелях. Безпека є важливою в цьому процесі, захищаючи як цілісність пристроїв, так і конфіденційність даних. Об'єднуючи пристрої, мережі та інтелектуальну обробку даних, екосистема Інтернету речей може підвищити ефективність, покращити взаємодію з користувачами та навіть створити абсолютно нові бізнес-моделі в різних секторах.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи IoT з використанням Bluetooth 6, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

Home Assistant

Переваги:

- Немає потреби купувати хаб.
- Швидкий час відгуку.
- Безпечніше, ніж хмара.

Недоліки:

- Не такий зручний для користувача, як інші
- Можливо, знадобиться придбати обладнання

Найкраща система домашньої автоматизації загалом.

Чому нам це подобається: Home Assistant – це платформа для розумного дому з відкритим кодом для підключених пристроїв. Вона працює локально, з мінімальною залежністю від хмари, тому може підтримувати підключення ваших пристроїв розумного дому навіть у разі збою інтернет-з'єднання. Вона працює з більш ніж тисячею інтеграцій, включаючи Matter, що робить її найуніверсальнішою системою автоматизації розумного дому.

Для кого: Домашній помічник (НА) раніше був доступний лише для технічно підкованих користувачів та тих, хто любить міняти техніку, але тепер він достатньо доступний для початківців, щоб інтегрувати його у свої домівки.

Якщо ви не технічний експерт, ви можете придбати Home Assistant Green – центр для платформи розумного дому, який спрощує її налаштування та використання. Якщо ви любите експериментувати з підключеними пристроями, ви можете запустити НА на Raspberry Pi, Odroid або машині x86-64. У будь-якому

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

конфіденційності Apple робить її однією з найбезпечніших систем розумного дому.

Кому варто шукати деінде: HomeKit працює лише з пристроями Matter та сертифікованими HomeKit. Якщо у вас багато пристроїв різних брендів, ваші можливості можуть бути обмежені. Такі платформи, як Amazon Alexa та Google Home, підтримують набагато більше пристроїв, ніж HomeKit, принаймні нативно.

Функції Apple HomeKit:

- Простий дизайн та зручні функції.
- Керування функціями розумного дому зі свого пристрою Apple.
- Підтримка Matter

Amazon Alexa

Переваги:

- Багато пристроїв працюють з Alexa.
- Alexa чуйна та розумніша за інших.
- Чудові оратори.

Недоліки:

- Додаток не такий зручний для користувача.
- Обмежений відеосервіс.

Найкраща система домашньої автоматизації для голосового керування

Чому нам це подобається: Amazon Alexa пропонує першокласне голосове керування, оскільки цей популярний віртуальний помічник вважається найточнішим і найшвидшим у реагуванні. Він працює з тисячами пристроїв розумного дому з різними вимогами до підключення, включаючи Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee та Matter. Він також забезпечує розширену автоматизацію за допомогою процедур і навичок.

Для кого: Alexa ідеально підходить для користувачів розумного дому, які в першу чергу використовують голосові команди, людей, які будують широкий розумний дім з пристроями різних брендів, та зайнятих домогосподарств з дітьми. Рутини Alexa можуть допомогти спростити повсякденне життя, від

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

автоматизації часу сну до створення списків покупок. Вона також підтримує цікаві та корисні команди, такі як дитячі профілі для пристроїв Echo та вимкнення світла, коли виявляється хропіння.

Кому варто шукати деінде: Хоча Alexa є найпопулярнішим помічником для розумного дому, мобільний додаток є захарашеним та неінтуїтивно зрозумілим. Користувачів, які орієнтовані на конфіденційність, часто відлякує голосовий помічник Amazon через функцію постійного прослуховування Alexa та використання даних. Додаток та пристрої Echo, особливо ті, що мають дисплей, часто нав'язують функції, пропозиції та навички, що може дратувати деяких користувачів.

Функції Amazon Alexa:

- Інтуїтивне голосове керування.
- Фантастична потужність автоматизації завдяки додатку Alexa.
- Простий у використанні інтерфейс

Google Home

Переваги:

- Чудовий інтерфейс користувача.
- Надійний голосовий помічник.
- Потужна автоматизація.

Недоліки:

- Поки що немає великої підтримки з боку інших брендів.
- Функції досить прості.

Найкраща система домашньої автоматизації для користувачів Android

Чому нам це подобається: Google Home пропонує чудовий досвід роботи з додатками, подібний до Apple Home. Це один з найпростіших та інтуїтивно зрозумілих додатків для навігації. Автоматизацію легко налаштувати, а голосове керування майже на рівні з Alexa. Google Home також є однією з найбільш сумісних систем, тисячі пристроїв пропонують інтеграцію нативно, але він також підтримує Matter.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Яка найкраща система домашньої автоматизації?

Home Assistant посідає перше місце як найкраща система автоматизації. Це повноцінна, високосумісна система, яка допоможе вам інтуїтивно керувати вашим розумним будинком на повну потужність. Це чудова система для користувачів, які хочуть мати можливість вибрати свої розумні пристрої та побутову техніку з мінімальними обмеженнями.

Яка система домашньої автоматизації підійде саме вам?

Вибір ідеальної системи домашньої автоматизації, безумовно, залежатиме від ваших потреб у сфері розумного дому та від того, як ви бачите його в майбутньому. Наприклад, якщо ви вважаєте себе дещо технічно підкованим або маєте Raspberry Pi, спроба Home Assistant може бути чудовим початком.

Або якщо у вас вже є екосистема Amazon, яка працює з Echo Dot тут чи там, ви можете продовжити в тому ж дусі. Ви не проти сплатити підписку? Купити хаб? Все це впливає на ваш вибір у системах автоматизації.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Оскільки потрібно розробити просту та легку у користуванні програму, яка б виконувалась під операційною системою Windows, то для її реалізації я обрав Builder C++. Існує велике число бібліотек написаних під Builder C++ , тому це одна з важливих причин вибору мови програмування. Середовище Builder C++ досить просте в користуванні, його вихідний код значно менше по об'єму в порівнянні з Delphi чи деякими іншими програмами такого типу. Досить легко організувати взаємодію між модулями програм, об'єктно-орієнтований підхід дає можливість значно скоротити код програми, а отже і час його виконання.

На заміну старого розробленого набору елементів управління у Builder C++ інтегрована бібліотека візуальних компонентів VCL, представлених на палітрі компонентів. Після переносу на форму методом перетягування (drag-and-

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

drop) компоненти відразу становляться діючими об'єктами вашої програми. Окрім типізованих інтерфейсних елементів Windows (кнопки, смуги прокручування, редагуємі текстові області, прості та комбіновані списки, та інше) у бібліотеку включені елементи підтримки діалогових вікон, обслуговування баз даних та багато іншого. Можливо не тільки модифікувати поведінку існуючих компонентів, але і будувати нові.

Builder C++ підтримує останні розширення стандарту мови C++ та забезпечує швидку компіляцію та складання 32-розрядних програм для Windows. Результуючі програми оптимізовані з точки зору швидкості виконання програм та затрат пам'яті. Зручний відлагоджувальник (з асемблерним вікном, можливістю крокового виконання, завдання точок зупинки, трасування та інше) повністю інтегрований у систему проектування. Дизайнер форм, редактор коду, інспектор об'єктів та інші інструменти зостаються доступними під час виконання програми, саме через це вносити зміни до коду можна прямо у процесі відлагодження.

Дизайнер форм, Інспектор об'єктів і інші засоби залишаються доступними під час роботи програми, тому вносити зміни можна в процесі відлагодження.

Builder C++ поставляється в трьох варіантах: Standard (стандартний), Professional (для професіоналів розробників, орієнтованих на мережеву архітектуру) і Client/Server Suite (для розробки систем в архітектурі клієнт/сервер). Останні два варіанти доповнюють стандартний початковими текстами візуальних компонентів, різномасштабним словником даних, новими функціями мови запитів SQL для бази даних, пакетом підтримки систем Internet, службою моніторингу програм, а також рядом інших засобів.

Builder C++ підтримує зв'язок з різними базами даних 3-х видів: dBASE і Paradox; Sybase, Oracle, InterBase і Informix; Excel, Access, FoxPro і Vtrieve. Механізм BDE (Borland Database Engine) додає обслуговуванню зв'язків з базами даних дивовижну простоту і прозорість. Провідник Database Explorer дозволяє зображати зв'язки і об'єкти баз даних графічно. Використовуючи компоненти баз

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

даних, я побудував електронний записник згідно таблиці dBASE за півгодини роботи на комп'ютері. Спадкоємство готових форм і їх "підгонка" під специфічні вимоги помітно скорочують тимчасові витрати на вирішення подібних завдань.

Довідкова служба Builder C++ надавала мені допомогу в цій і багатьох інших подібних ситуаціях. Є повний опис кожного управляемого компонента, включаючи списки властивостей і методів, а також численні приклади. Виклад матеріалу в книзі був значно покращуваний і систематизований завдяки відомостям, почерпнутим мною з довідкової служби.

Завдяки засобам управління проектами, двосторонній інтеграції додатку і синхронізації між засобами візуального і текстового редагування, а також вбудованому відладнику (з асемблерним вікном прокрутки, покрокового виконання, точок останову, трасуванням і тому подібне) – Builder C++ корпорації Borland надає собою вражаюче середовище розробки, яка, мабуть, витримає конкурентну боротьбу з такими модними продуктами як Developer Studio фірми Microsoft.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускню кваліфікаційну роботу за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи IoT з використанням Bluetooth 6.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методика побудови системи контролю роботи технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

КБПЗ-2023

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Можливо, Bluetooth Low Energy – це технологія, яка «запустила» Інтернет речей. Проблема «класичного» Bluetooth полягала в тому, що він потребував постійного з'єднання, що, своєю чергою, означало досить обмежений час роботи від акумулятора, а отже, пристрої з живленням від акумулятора потребували частішої підзарядки. Це також обмежувало випадки використання, для яких його можна було легко розгорнути.

Технологія Bluetooth Low Energy вирішила ці проблеми, переводячи пристрої в режим сну між передачами, зберігаючи при цьому їхнє з'єднання. Вона також дозволяє легко здійснювати ad-hoc сполучення. Поряд з різними іншими технічними вдосконаленнями, це дозволило розгорнути велику кількість пристроїв з низьким енергоспоживанням, які обмінюються відносно невеликими обсягами даних, але водночас значно розширюють широке підключення.

Досі тенденція розвитку Wi-Fi була в іншому напрямку – в основному зосереджена на дедалі вищих швидкостях передачі даних, що дозволяють потокову передачу контенту високої чіткості та задоволення потреб «хмарних» обчислень. Споживання енергії не було головним фактором, як і питання спектру, які також не були головним занепокоєнням. Цільовим ринком була відносно невелика кількість великих потужних пристроїв, що передають багато даних.

Можна сказати, що Wi-Fi був як кувалда, а Bluetooth Low Energy – як скальпель – різні інструменти для різних завдань.

Нові розробки Bluetooth

Однак, нові розробки в обох технологіях починають спрямовувати їх у збіжних напрямках. Що стосується Bluetooth, швидкість передачі даних збільшилася з версією 4.2, а версія 5.2 представила можливості потокової передачі аудіо разом із новим кодеком. Це не зовсім відео високої чіткості, але це

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

віддаляє Bluetooth Low Energy від його коріння, заснованого на даних Інтернету речей.

Wi-Fi 6 пропонує нові можливості

Що стосується Wi-Fi, то Wi-Fi 6 – це розробка, спрямована безпосередньо на покращення можливостей Wi-Fi для рішень Інтернету речей. Як згадувалося вище, попередні версії Wi-Fi були зосереджені на швидкості. Цього було досягнуто завдяки широкосмуговим каналам. Зворотний бік полягає в тому, що їх не може бути багато в обмеженому спектрі, виділеному для вільного використання. Це не має великого значення, якщо один чи два користувачі транслюють потокове відео з домашнього маршрутизатора, але, як знає кожен, хто користувався публічним Wi-Fi у жвавому районі, мережі можуть легко перенасичуватися.

Таким чином, Wi-Fi 6 запозичує кілька хитрощів зі світу стільникового зв'язку та розділяє спектр на піднесучі, що дозволяє більшій кількості користувачів передавати дані одночасно, хоча й з нижчою швидкістю передачі даних. Їх можна використовувати досить гнучко, тому різним користувачам може бути виділена різна кількість одиниць ресурсів протягом одного періоду часу, залежно від потреби.

Подальшим удосконаленням є реалізація «Цільового часу пробудження», завдяки якому пристрої можуть запитувати повторне пробудження після певного інтервалу часу та переходити в режим сну між ними. Це значною мірою спрямовано на зниження мінімального рівня споживання енергії, необхідного для пристрою Wi-Fi.

Для подальшого розширення можливостей Wi-Fi в щільних середовищах, антени MIMO включені на обох кінцях з'єднання, що дозволяє спільний доступ до мережі в просторі. Додаткові функції дозволяють ігнорувати мережі, що перекриваються, зі слабким сигналом.

Кросовер

Усе це міцно просуває Wi-Fi у сферу Інтернету речей – щільні мережі, гнучке використання даних, можливість використання обмежених обсягів даних

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

пристроями з живленням від батарей – все це дуже схоже на заяву, яку Bluetooth Low Energy зробив 10 років тому.

Bluetooth Low Energy та WiFi 6 – конкуренти?

Тож що ж це все разом дає? Чи є ці технології тепер «конкурентами», де одна «переможе», а інша «програє».

Не зовсім, я думаю. Очевидно, що є певний рух разом. Обидва більш чітко, ніж будь-коли, спрямовані на різноманітні програми Інтернету речей. Однак залишаються суттєві відмінності – Bluetooth Low Energy все ще пропонує набагато кращі характеристики низького енергоспоживання, ніж WiFi 6, а можливості швидкості передачі даних WiFi все ще значно перевершують Bluetooth. Технологія перебудови частоти Bluetooth все ще виявиться більш стійкою в шумному середовищі, а ad-hoc підключення все ще буде простішим за допомогою Bluetooth.

Можливо, краще було б сказати, що це конвергенція. Програми Інтернету речей стають все більш складними, і часто однієї радіотехнології недостатньо. Зворотним боком досягнень WiFi 6 є те, що маршрутизатор має стати ще складнішим пристроєм, ніж будь-коли, керуючи більшою кількістю з'єднань з різними вимогами. Стандарт домашньої автоматизації MATTER є гарним прикладом спроби керувати різними радіостандартами під одним дахом. Цей стандарт може передбачати використання WiFi для обміну великими обсягами даних та Bluetooth для локального налаштування пристроїв.

Примітно, що Nordic Semiconductor, лідер ринку Bluetooth Low energy, нещодавно випустив свій перший WiFi-пристрій. Тож можна очікувати, що незабаром з'явиться кілька пристроїв з подвійним радіозв'язком, які підтримуватимуть останнє покоління обох технологій.

Вибір для системних розробників

Для розробників систем, ймовірно, це буде не стільки питання вибору одного чи іншого, скільки в багатьох випадках питання того, які системні функції повинні використовувати яку бездротову технологію.

Можна провести аналогію з еволюцією мобільних телефонів – спочатку

						ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			20

вони мали лише підключення до стільникової мережі, а з часом перетворилися на мультирадіопристрої, які ми носимо з собою сьогодні. Інтернет речей (IoT) розвивається тим самим шляхом, починаючи, як правило, з простого точка-точка з'єднання від пристрою до чогось, що діє як шлюз. Зараз у нас є багато різних архітектур рішень, включаючи мультирадіо, mesh-мережі, мережі для великих і малих відстаней та різні інші варіанти.

Суть у тому, що обидві технології додають можливості, і це просто робить більше речей можливими. Жодна з них навряд чи зникне в найближчому майбутньому.

Основна мета цього розділу – надати комплексний огляд еволюції технології Bluetooth, з особливим акцентом на BLE та її ключову роль в екосистемі Інтернету речей. Це включає відстеження розвитку технології Bluetooth від її зародження до сучасного стану, висвітлюючи ключові віхи та технологічні досягнення. Воно має на меті запропонувати детальний аналіз технічних характеристик, функцій та вдосконалень BLE порівняно з традиційною технологією Bluetooth. Крім того, воно визначає технічні проблеми, пов'язані з впровадженням BLE в Інтернеті речей, та досліджує рішення, розроблені для вирішення цих проблем. Нарешті, в опитуванні обговорюються нові тенденції та потенційні майбутні досягнення в технології BLE та її вплив на Інтернет речей. Дарруді та Гомес надали ранній огляд мереж BLE mesh, технології, яка з того часу стала вирішальною для масштабного розгортання Інтернету речей [3]. Зовсім недавно Натгуанатан та ін. дослідили сучасний стан BLE mesh, її застосування та міркування щодо впровадження [4]. Розуміння еволюції BLE в екосистемі Інтернету речей є критично важливим з кількох причин. Воно надає уявлення про те, як розвивалися технології бездротового зв'язку, що призвело до появи більш ефективних рішень з низьким енергоспоживанням, необхідних для пристроїв Інтернету речей. Роль BLE в Інтернеті речей підкреслює його значення у забезпеченні безперебійного, надійного та енергоефективного підключення між широким спектром пристроїв, від носимих технологій до систем розумного дому. Комплексне опитування служить цінним ресурсом для дослідників, розробників

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

та фахівців галузі, надаючи консолідовану базу знань, тим самим сприяючи прийняттю обґрунтованих рішень та стратегічному плануванню. Розуміння сучасних тенденцій та потенційних майбутніх напрямків BLE та Інтернету речей допомагає передбачити майбутні ринкові потреби та технологічні зрушення, гарантуючи, що поточні та майбутні рішення залишатимуться актуальними та ефективними. Висновки, отримані в результаті цього опитування, можуть бути корисними для багатьох дисциплін, окрім Інтернету речей, таких як охорона здоров'я, автомобільна промисловість та промислова автоматизація, де технологія BLE все частіше впроваджується. Хоча BLE стала домінуючою технологією в малопотужному зв'язку з низьким енергоспоживанням, важливо розглядати її в рамках ширшої екосистеми технологій, що забезпечують Інтернет речей. Раза та ін. [5] надали огляд малопотужних мереж широкого радіусу дії (LPWAN), які доповнюють BLE у сценаріях, що вимагають зв'язку на великі відстані. Оскільки BLE продовжує розвиватися та глибше інтегруватися в екосистеми Інтернету речей, виникатимуть нові виклики, особливо в сферах безпеки та конфіденційності. Цуй та ін. [6] висвітлили ці виклики в контексті розумних міст, області, де пристрої Інтернету речей з підтримкою BLE стають дедалі поширенішими. Вирішення цих проблем безпеки та конфіденційності матиме вирішальне значення для подальшого зростання та прийняття BLE в критичних додатках Інтернету речей.

3.2 Розробка структурної схеми

На питання, яка система розумного дому вам підходить, не можна відповісти універсально, оскільки багато що залежить від вашої індивідуальної життєвої ситуації та потреб. Тому перше питання має бути таким: чи хочете ви модернізувати або модернізувати існуючу нерухомість, чи побудувати нову?

Існуючі будівлі можна легко та економічно ефективно модернізувати за допомогою систем голосового керування або бездротових рішень, що дозволяє розумно керувати окремими пристроями, такими як термостати опалення. Однак

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

важливо зазначити, що витрати можуть швидко зростати при використанні різних окремих рішень, які можуть мати обмежений зв'язок один з одним. Бездротові системи використовують такі технології, як Wi-Fi або Bluetooth, або протоколи, такі як ZigBee або Z-Wave, для підключення різних зон або пристроїв у будинку. Модернізація існуючої нерухомості до шинного стандарту, такого як KNX, може стати складним проектом, що включає модифікацію стін та прокладання кабелів, але вона пропонує різні переваги, які ми розглянемо детальніше пізніше. Як варіант, для старих будівель є варіантом KNX-RF – бездротовий варіант шинної системи KNX, де керування розумними пристроями відбувається бездротово через діапазон частот 868 МГц, без необхідності структурних змін.

Перш ніж розпочинати проект модернізації, важливо з'ясувати, чи існують якісь нормативні обмеження, такі як вимоги щодо охорони спадщини, або чи потрібно консультиватися з орендодавцями для отримання дозволів на орендовану нерухомість.

Під час планування нового будівництва може бути доцільним прокласти кабелі, готові до шинної системи, з самого початку. Це дозволяє створити розгалужену мережу для сприяння інтелектуальному зв'язку між пристроями. Зазвичай ці кабелі прокладаються під час будівництва будівлі, що усуває необхідність подальшої модифікації стін.

Ролети, освітлення, побутова техніка, розваги чи системи безпеки – усе це можна взаємопов'язати, керувати індивідуально та налаштувати відповідно до ваших потреб. Сервер служить центральним вузлом, обмінюючись даними з елементами керування, такими як планшети, смартфони, сенсорні панелі або голосові помічники. Можливості різноманітні, і ви вирішуєте, які аспекти вашого дому ви хочете зробити розумними або інтелектуальними.

Якщо ви хочете лише автоматично вмикати або вимикати світло або опалення регулювати його самостійно, вам може не знадобитися повноцінна система домашньої автоматизації спочатку. Розумних розеток або вимикачів з дистанційним керуванням або без нього, або розумного термостата з дистанційним керуванням чи додатком може бути достатньо, щоб позначити ваш

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

житловий простір як «розумний». Пристрої в розумних будинках або квартирах зазвичай контролюються за допомогою інтернет-технологій, таких як мобільний додаток або голосові системи, такі як Amazon Alexa або Google Assistant. Однак побоювання щодо безпеки даних є поширеними.

Щойно пристрої або групи пристроїв об'єднані для забезпечення більшого комфорту, безпеки та енергоефективності вдома, і ви створюєте складніші розпорядки дня, ваше житлове середовище справді стає розумним. Наприклад, розумний будинок може автоматично знижувати температуру, коли нікого немає вдома, або піднімати сонцезахисні жалюзі та зовнішні віконниці, коли датчики виявляють сильний вітер. Управління енергією також стало важливим питанням, оскільки розумні будівлі, підключені до шинної системи, забезпечують самозабезпечення шляхом інтеграції опалення, фотоелектричних систем та настінних коробок з власноруч генерованою енергією для зниження витрат на енергію. Мережеве об'єднання та керування в інтелектуальних будівлях зазвичай здійснюється через сервер, а для візуалізації можна використовувати планшети або панелі керування. Однак є також постачальники, такі як REAKnx, які поєднують сервери та панелі, причому панель керування діє як незалежний центр розумного дому.

Порівняння систем розумного дому

Багато систем розумного дому, представлених на ринку, мають схожий обсяг та роботу, а також підтримують деякі поширені пристрої. Однак є й помітні відмінності. Щоб допомогти вам зорієнтуватися на шляху до розумного дому, ми склали короткий огляд деяких систем розумного дому.

У процесі планування задайте собі такі питання:

1. Які пристрої та зони будуть підключені до системи розумного дому?
2. Які функції він повинен мати, і як вони повинні контролюватися?
3. Ви хочете створити логіку та процедури?
4. Наскільки ви хочете взяти на себе зобов'язання чи залишатися гнучкими? Чи повинна система бути розширюваною в майбутньому?

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Також пам'ятайте, що в процесі планування у вас є вибір між:

- закриті системи з продукцією від одного виробника;
- частково відкриті системи для використання сумісних продуктів сторонніх виробників;
- відкриті системи, які можна вільно комбінувати як з продуктами певних виробників, так і з продуктами сторонніх виробників.

Якщо ви прагнете мати складну розумну будівлю з передовою домашньою автоматизацією, варто використовувати систему шин розумного дому. Шина являє собою лінію передачі даних, через яку інформація передається між взаємопов'язаними пристроями. Система шин забезпечує інтелектуальне з'єднання в межах кімнати або по всій будівлі.

Незалежно від того, яку систему шини розумного дому ви зрештою оберете, планування має бути комплексним та добре продуманим. Ви також можете прочитати нашу публікацію в блозі про те, як спланувати розумний будинок. Для початкового встановлення системи вам зазвичай потрібен системний інтегратор. Цей експерт знайомий зі специфічними методами встановлення кабелів, може виконати встановлення та налаштування системи, а також створити план встановлення, який включає всі компоненти, їх розміщення та місця розташування трубопроводів.

Вартість розумного дому не може бути універсально визначеною. Інформація станом на жовтень 2025 року показала, що витрати на систему розумного дому залежать від описаних систем та їхнього обсягу, дизайну та матеріалів, а також від використовуваних компонентів та їх функцій.

Залежно від розміру житлового простору, типу та обсягу обладнання, вартість «розумного будинку» може коливатися від двозначних сум у євро за окремі продукти, через пакети початкового рівня з кількома компонентами в тризначному діапазоні, до п'ятизначних сум у євро за повністю автоматизований та професійно встановлений «розумного будинку», включаючи сенсорні панелі. Верхньої межі немає, а ціна зростає разом із комфортом, можливостями енергозбереження та функціями безпеки, які забезпечує система.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

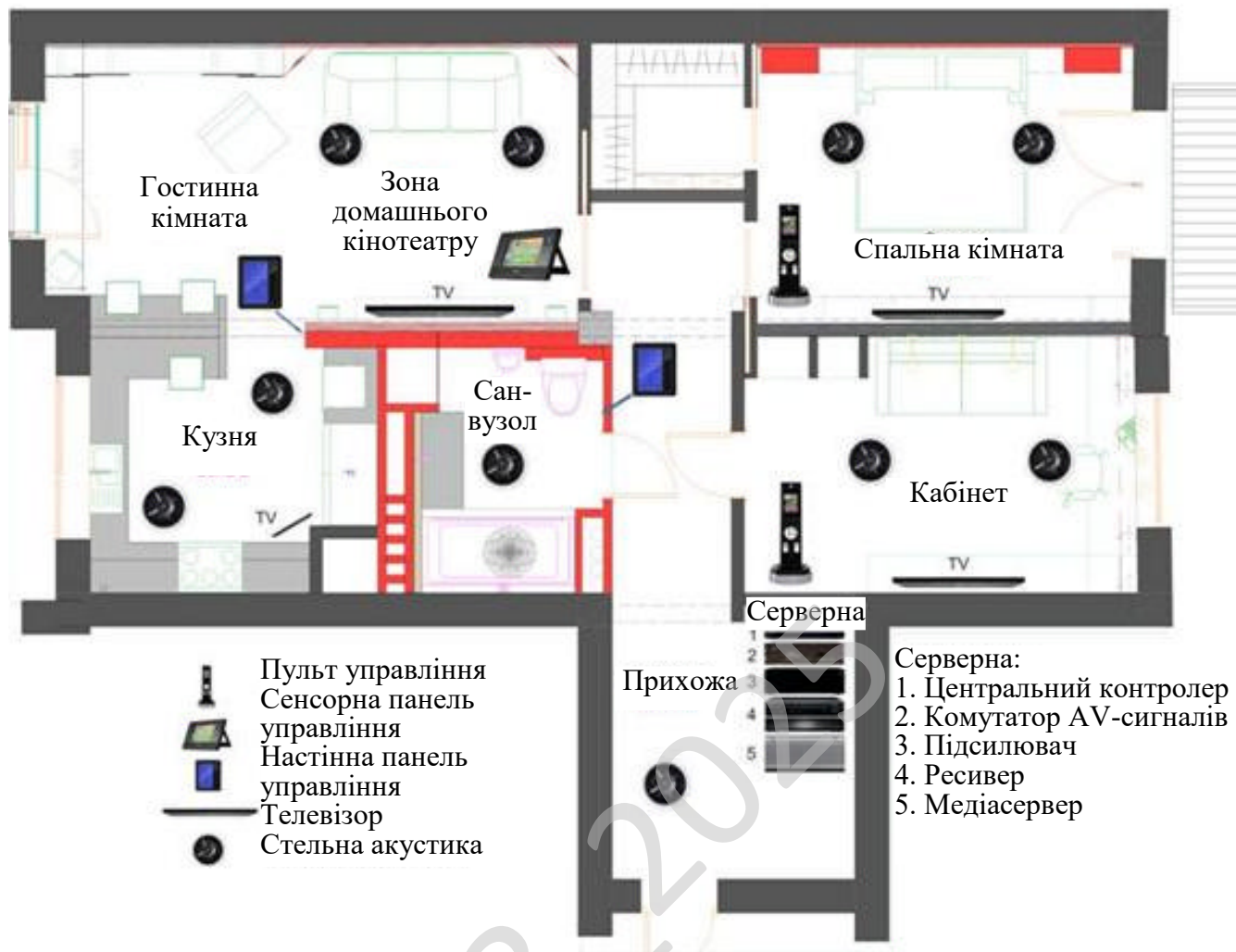


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Бажано мати бюджетний план, заздалегідь зібрати інформацію про варіанти та провести порівняння витрат і вигод.

Системи розумного дому пропонують численні варіанти для безпечного, енергоефективного дому та комфортного повсякденного життя. Завдяки ретельному плануванню та врахуванню згаданих питань ви можете бути добре підготовлені до майбутнього розумного життя. Однак, не існує універсальної «найкращої» системи розумного дому; остаточне рішення залежить від індивідуальних життєвих ситуацій, потреб та бюджету.

Для деяких може бути доцільним використання індивідуальних або бездротових рішень. Серед систем розумного дому, запатентовані закриті

- за сухим контактом;
- за часом доби.

Блок функцій, які відповідають за роботу з мультимедіа, включає в себе наступні функціональні блоки:

- бездротове аудіо/відео;
- універсальні навчаємі пульти ІЧ ДУ;
- радіотрансляція ІЧ ДУ;
- бездротове аудіо/відео спостереження;
- радіоуправління ПЗ ЕОМ.

Блок функцій, які відповідають за безпеку, включає в себе наступні функціональні блоки:

- звукова тривожна сигналізація;
- охоронна сигналізація;
- світлова тривожна сигналізація;
- тривожне оповіщення по телефону;
- світлова імітація наявності людей;
- функція «Паніка».

Блок функцій, які відповідають за ручне управління інтелектуальним домом включає в себе наступні функціональні блоки:

- управління з екрану ЕОМ;
- релейне управління;
- диммування;
- «проходні» схеми вимикання;
- бездротове управління електрикою;
- для аудіо/відео та світла один пульт ДУ;
- віддалене управління за телефоном.

Розглянувши усі блоки функціональної схеми перейдемо до розгляду діаграми взаємодії процесів, які відбуваються у системі.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

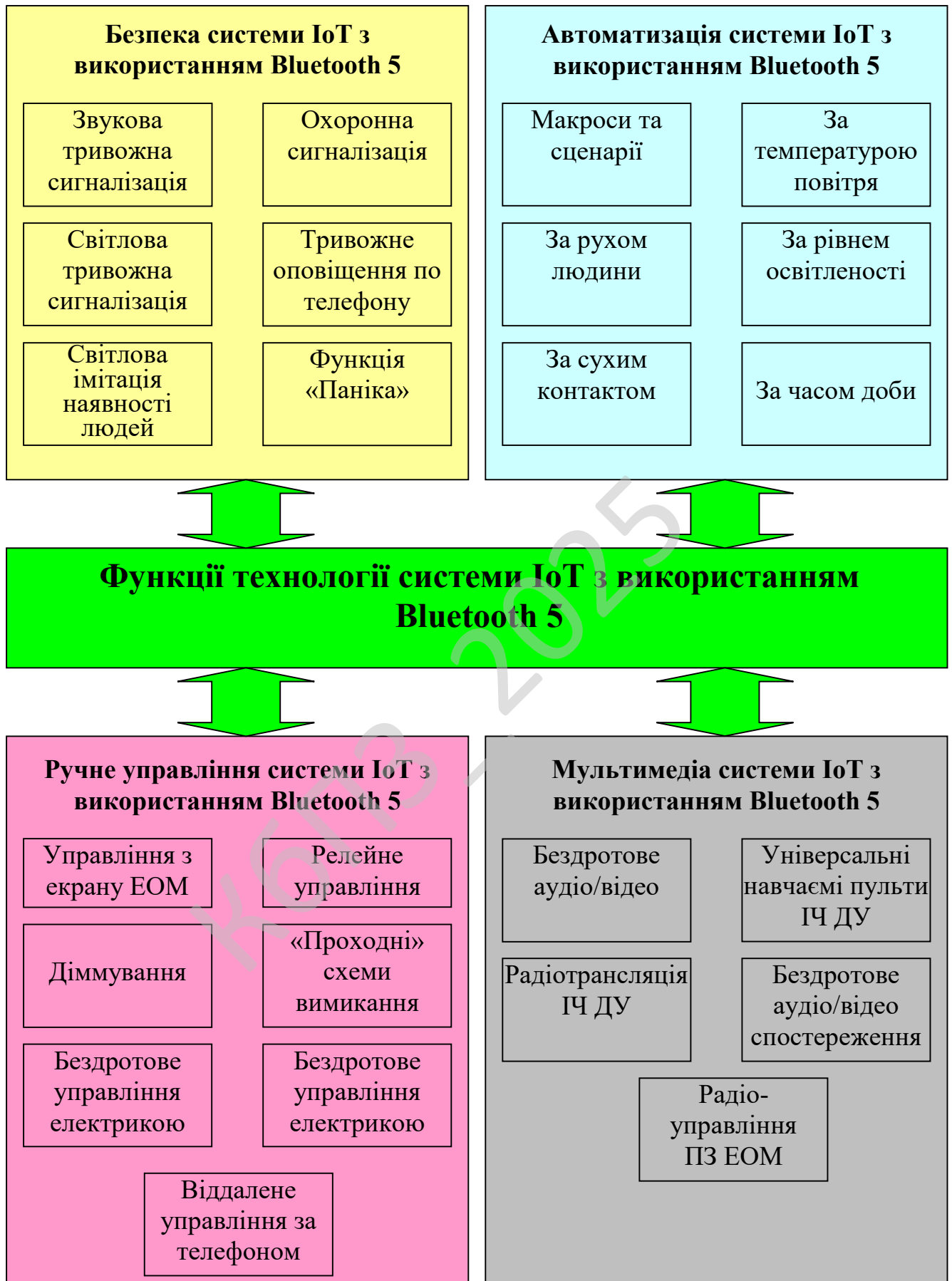


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма процесів розробленої системи зображена на рисунку 3.3. При детальному її розгляді можна побачити як саме проходить взаємодія у розробленій системі. Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі.

Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних (структурне проектування). Для розробника вважається звичним спочатку креслити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи.

Ця діаграма в подальшому підлягає уточненню шляхом деталізації процесів та потоків даних з метою показати систему що розробляється.

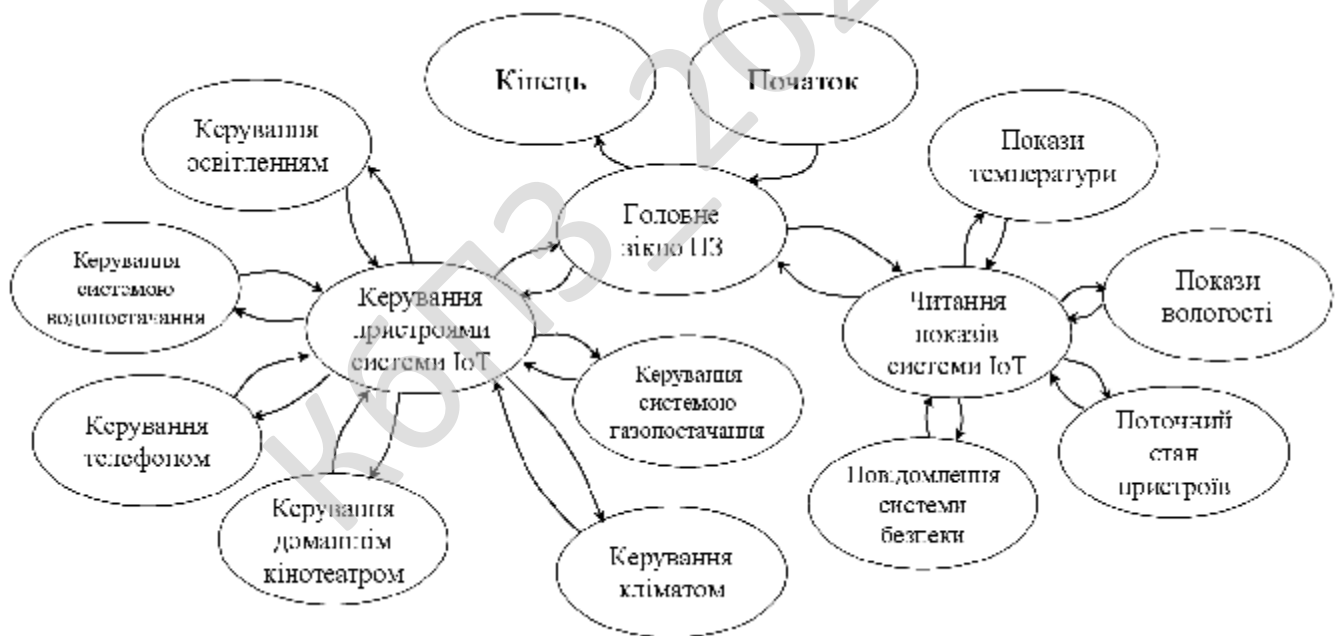


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Діаграми потоків даних містять чотири типи елементів:

– Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.

- Сховища даних (репозиторії).
- Зовнішні по відношенню до системи сутності.
- Потоки даних між елементами трьох попередніх типів.

Таким чином, розглянувши опис системи, структурну, функціональну схеми системи, та діаграму взаємодії процесів перейдемо до опису блок-схем основної програми, та підпрограм, які використовуються, для реалізації системи.

КБПЗ – 2025

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Блок-схеми є першоджерелами стратегії розвитку ПЗ. Тому від точності і детальної блок-схеми залежить результат всієї програми.

При виборі початкової точки відліку при побудові схем було враховано, що виходячи з вибору мови програмування і інших технічних засобів, програма буде об'єктно-орієнтована що вимагає оптимізації програми високого рівня, також те, що при розробці програми слід надати особливу увагу модулю системи IoT з використанням Bluetooth 5.

На рисунку 4.1 зображена основна блок-схема програми, на рисунку 4.2 зображено роботу підпрограми.

З яких видно що робота основної програми складається з початкових етапів ініціалізації ПЗ, перевірки наявності ресурсів системи, блоку початку основного циклу з чеканням запиту від користувача в якому відбувається виклик підпрограми та останньої стадії – перевірка поточного стану з завершенням роботи розробленого ПЗ. При роботі підпрограми виконується основний функціонал системи з циклічними послідовностями, перевіркою поточного стану та поверненням в основну програму прапорів стану виконання.

Під час роботи над магістерською дипломною роботою було створено блок-схеми. Перед їх розглядом необхідно провести роз'яснення який саме тип блок-схем використовується.

Блок-схема це представлення задачі для її аналізу або розв'язування за допомогою спеціальних символів (геометричних образів), які позначають такі елементи, як операції, потік, дані тощо. Блок вхідних та вихідних даних прийнято

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

позначати паралелограмом, блок обчислень (обробки) даних – прямокутником, блок прийняття рішень – ромбом, еліпсом – початок та кінець алгоритму.

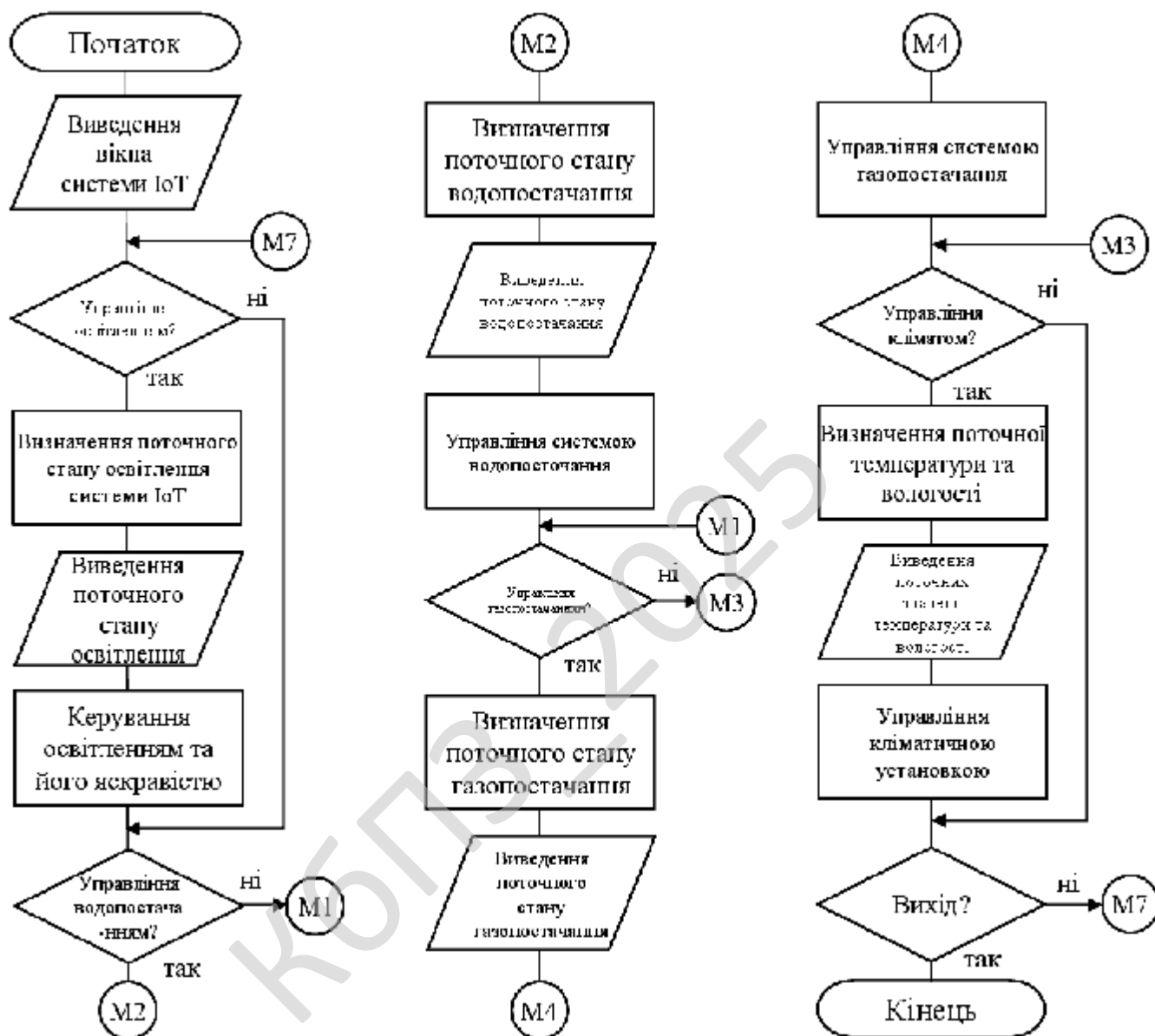


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

У інформаційних технологіях функціональна схема складається з функціональних блоків, які являють собою конструктивно відособлені частини (елементи або пристрої) автоматичних систем, які виконують певні функції. Функціональні блоки на схемі позначають прямокутниками, всередині яких надписують їх найменування відповідно до функцій, що виконуються. Зв'язки між

функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються лініями зі стрілками, які вказують напрям впливів.

Функціональні схеми можуть виконуватися в укрупненому і розгорненому вигляді. У першому випадку на схемі зображають найважливіші блоки системи і зв'язки між ними.

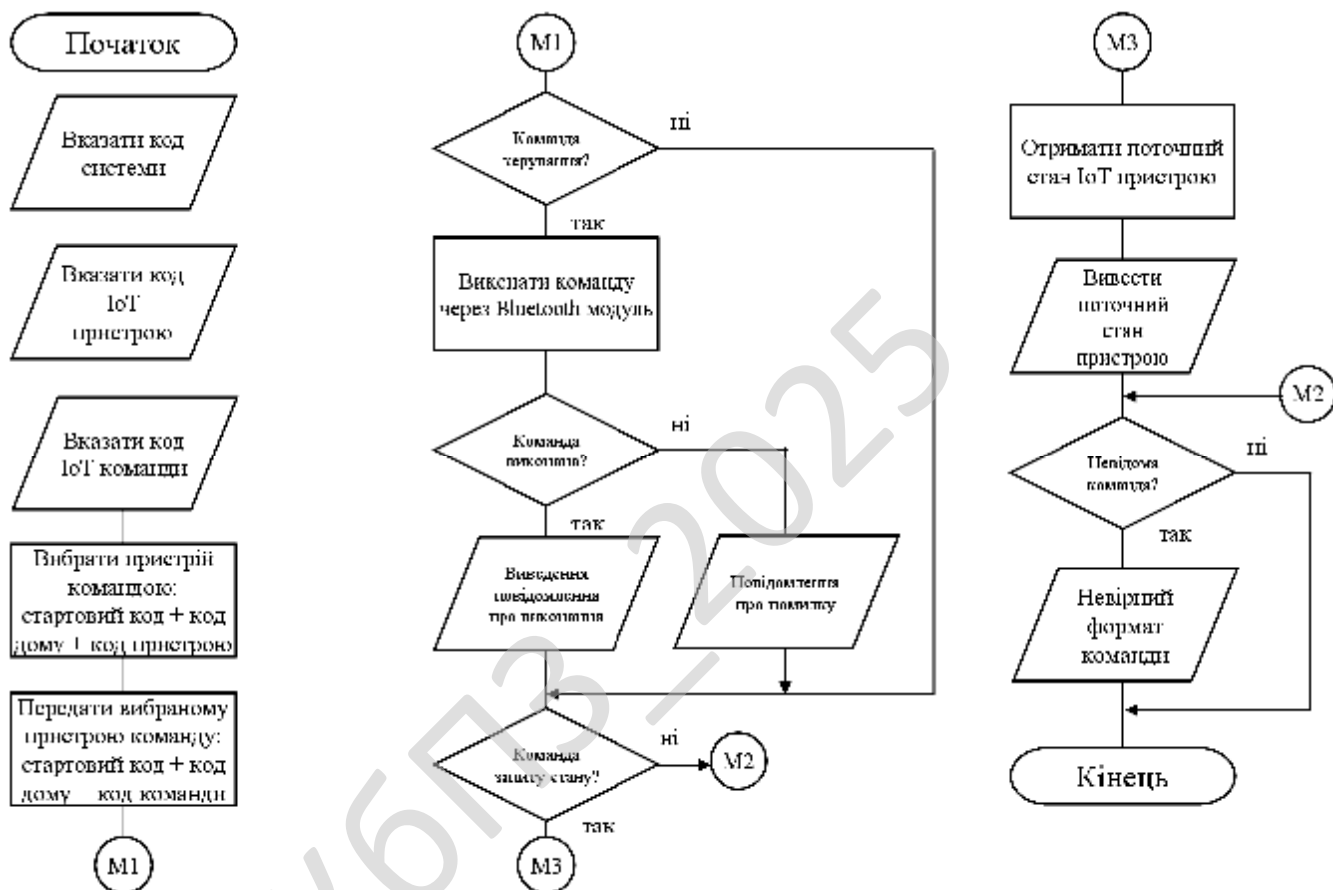


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

У другому варіанті схема відображається більш детально, що полегшує її читання та ілюструє принцип роботи.

Основні елементи схем алгоритму це термінатор, процес, рішення, зумовлений процес (підпрограма), дані та з'єднувач.

програмного забезпечення. UML є мовою широкого профілю, це відкритий стандарт, що використовує графічні позначення для створення абстрактної моделі системи, називаної UML-моделлю. UML був створений для визначення, візуалізації, проектування й документування в основному програмних систем. UML не є мовою програмування, але в засобах виконання UML-моделей як інтерпретованого коду можлива кодогенерація.

UML може бути застосовано на всіх етапах життєвого циклу аналізу бізнес-систем і розробки прикладних програм. Різні види діаграм які підтримуються UML, і найбагатший набір можливостей представлення певних аспектів системи робить UML універсальним засобом опису як програмних, так і ділових систем.

Діаграми дають можливість представити систему (як ділову, так і програмну) у такому вигляді, щоб її можна було легко перевести в програмний код. Основною причиною використання мови UML є спілкування розробників між собою.

Крім того, UML спеціально створювалася для оптимізації процесу розробки програмних систем, що дозволяє збільшити ефективність їх реалізації у кілька разів і помітно поліпшити якість кінцевого продукту.

UML прекрасно зарекомендувала себе в багатьох успішних програмних проектах. Засоби автоматичної генерації кодів дозволяють перетворювати моделі мовою UML у вихідний код об'єктно-орієнтованих мов програмування, що ще більш прискорює процес розробки.

Практично усі CASE-засоби (програми автоматизації процесу аналізу і проектування) мають підтримку UML. Моделі розроблені в UML, дозволяють значно спростити процес кодування і направити зусилля програмістів безпосередньо на реалізацію системи.

Діаграми підвищують супроводжуваність проекту і полегшують розробку документації.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

UML необхідний:

– Керівникам проектів, які керують розподілом завдань і контролем за проектом.

– Проектувальникам інформаційних систем які розробляють технічні завдання для програмістів.

– Бізнес-аналітикам, які досліджують реальну систему і здійснюють інжиніринг і реінжиніринг бізнесу компанії.

– Програмістам які реалізують модулі інформаційної системи.

При модифікації системи об'єктний підхід дозволяє легко включати в систему нові об'єкти і виключати застарілі без істотної зміни її життєздатності. Використання побудованої моделі при модифікаціях системи дає можливість усунути небажані наслідки змін, оскільки вони не ламають структури системи, а тільки змінюють поведінку об'єктів.

Подійно-орієнтована архітектура (Event-driven architecture, надалі EDA) – шаблон архітектури програмного забезпечення, який призначений для створення подій, їх виявлення, споживання і реагування на них.

Подія може бути визначена як значна зміна стану. Наприклад, коли споживач купує автомобіль, стан автомобіля змінюється з "на продаж" до "продано". Архітектура системи дилера автомобілів може трактувати цю зміну стану як подію, поява якої може стати відомою іншим програмам даної архітектури.

З формальної точки зору, те, що виробляється, публікується, поширюється, виявляється і споживається (як правило, асинхронно) є повідомленням, яке називають сповіщенням про подію (або нотифікацією), а не самою подією, яка є зміною стану, що викликає появу повідомлення.

Події не подорожують, вони просто відбуваються. Проте термін подія часто використовується метонімічно для позначення самого нотифікаційного повідомлення, що може призвести до певної плутанини.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Цей архітектурний шаблон може застосовуватися при проектуванні і реалізації ПЗ і систем, які передають події між слабкозв'язаними компонентами програмного забезпечення і сервісами (службами).

Подійно-орієнтована система як правило складається з емітерів подій (або агентів) і споживачів подій (або стоків).

Стоки несуть відповідальність за здійснення реагування на появу події. Реакція не завжди може бути повністю забезпечена самим стоком. Наприклад, стік, може бути відповідальним лише за фільтрацію, трансформацію і відправку події до іншого компонента або він може забезпечити повністю самостійну реакцію на таку подію. Перша категорія стоків може бути заснована на традиційних компонентах, таких як проміжне програмне забезпечення, орієнтоване на обробку повідомлень (message oriented middleware, MOM), в той час, як друга категорія стоків (самостійна реакція в режимі он-лайн) може вимагати більш придатної платформи (фреймворку) для виконання транзакцій.

Розробка ПЗ і систем в подійно-орієнтованій архітектурі дозволяє їм бути сконструйованими способом, який більш відповідає вимогам до їх створення, оскільки такі системи в більшій мірі пристосовуються до непередбачуваних і асинхронних середовищ.

Подійно-орієнтована архітектура (EDA) може доповнювати сервісно-орієнтовану архітектуру (SOA), оскільки сервіси (служби) можуть бути активовані тригерами, які ініціюються при настанні подій.

Ця парадигма особливо корисна, коли стік не забезпечує власного виконання будь-яких дій.

Подійно-орієнтована SOA (SOA-2) розвиває архітектури SOA і EDA для забезпечення більш глибокого і надійного рівня сервісів за рахунок використання раніше невідомих причинно-наслідкових зв'язків, щоб сформувати новий шаблон подій. Цей новий шаблон бізнес-аналітики дає поштовх до небаченого раніше зростання рівня автоматизації підприємства за рахунок привнесення додаткової цінної інформації в описану раніше модель діяльності.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Обчислювальна техніка та сенсорні пристрої (сенсори, датчики, контролери) можуть виявляти зміни стану об'єктів або умов і створювати події, які потім можуть бути оброблені сервісом (службою) або системою.

Подія може складатися з двох частин: заголовок події та тіла події. Заголовок події може включати в себе інформацію таку як, наприклад, назва події, часова мітка події і тип події. Тіло події – це частина, яка описує факт, що стався в дійсності. Тіло події не слід плутати з шаблоном або логікою, яка може бути застосована як реакція на саму подію.

Архітектура, керована подіями, складається з чотирьох логічних рівнів (шарів). Вона починається з виявлення факту, його технічного подання у формі події і закінчується непустою множиною реакцій на цю подію.

Генератор подій

Першим логічним шаром є генератор подій, який виявляє факт і представляє цей факт подією. Оскільки фактом може бути практично все, що може бути сприйнято, то ним може бути і генератор подій. Наприклад, генератором може бути клієнт електронної пошти, система електронної комерції або певний тип датчика.

Перетворення різних даних, отриманих від датчиків, в єдину стандартизовану форму даних, які можуть бути оцінені, є основною проблемою при розробці та реалізації цього шару. Однак, враховуючи, що подія є строго декларативною, можна легко застосовувати будь-які операції трансформації, тим самим усуваючи необхідність забезпечення високого рівня стандартизації.

Канал подій

Канал подій – це механізм, через який інформація від генератора подій передається до обробника подій (event engine) або стоку.

Це може бути з'єднання TCP/IP або вхідний файл будь-якого типу (простий текст, формат XML, e-mail тощо). В один і той же час може бути відкрито кілька каналів подій. Як правило, оскільки обробник подій повинен працювати в режимі,

наближеному до реального часу, канали подій зчитуються асинхронно. Події зберігаються в черзі, очікуючи наступної обробки механізмом обробки подій.

Механізм обробки подій

Механізм обробки подій (event processing engine) є місцем, де подія ідентифікується і вибирається відповідна реакція на нього, яка потім виконується. Це також може призвести до породження ряду тверджень. Якщо подія, яка надійшла до механізму обробки подій, є наприклад такою «Запаси продукту ID досягли нижнього допустимого рівня», це може ініціювати, наприклад, такі реакції як «Замовити продукт ID» і «Сповістити персонал».

Наступна подійно-орієнтована дія (післядія)

Щодо того, як можуть проявлятися наслідки події, слід відмітити, що вони можуть проявитись багатьма різними способами і у різноманітних формах (наприклад, повідомлення електронної пошти, надіслане комусь, або ПЗ, що виводить деяке попередження на екран). Залежно від рівня автоматизації, який забезпечується стоком (механізмом обробки подій), ці дії можуть виявитись зайвими.

Є три основні стилі обробки подій: простий, потоковий і складний. Часто ці три стилі використовуються спільно у розвинутій подійно-орієнтованій архітектурі.

Проста обробка подій

Проста обробка подій стосується подій, які безпосередньо належать до специфічних вимірних змін умов. У випадку простої обробки подій, мають справу з появою відомих подій, що ініціюють післядію (післядії). Проста обробка подій зазвичай використовується для управління потоком робіт в реальному часі, скорочуючи тим самим час затримки і вартість робіт.

Наприклад, прості події можуть створюватись (породжуватись) датчиком, що виявляє зміну тиску в шині або температуру навколишнього середовища.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Обробка потоку подій

При обробці потоку подій (event stream processing, далі ESP) відбуваються як звичайні, так і відомі події. Звичайні події (заявки, передачі RFID) перевіряються на те, чи є вони відомими, і передаються інформаційним передплатникам. Обробка потоку подій зазвичай використовується для управління потоком інформації в реальному часі і на рівні підприємства, що дозволяє своєчасно приймати рішення.

Обробка складних подій

Обробка складних подій (Complex event processing (CEP)) дозволяє за шаблонами простих і звичайних подій проводити аналіз того, чи настанула складна подія. Обробка складних подій полягає в оцінюванні взаємного впливу подій і в наступному виконанні дій. При цьому, типи подій (відомих або звичайних) можуть перетинатись, а події можуть виникати протягом тривалого періоду часу.

Кореляція подій може бути причинною, тимчасовою або просторовою. CEP вимагає використання складних інтерпретаторів подій, визначення і підбору шаблонів подій, а також відповідних кореляційних методів. Обробка складних подій зазвичай використовується для виявлення і реагування на аномальну поведінку, загрози і можливості у бізнесі.

Хоча я реалізовував програму сам, було використано підходи Scrum для саморозвитку та пришвидшенню розробки, розглянемо цей метод. Scrum – підхід управління проектами для гнучкої розробки програмного забезпечення. Скрам чітко робить акцент на якісному контролі процесу розробки.

Підхід вперше описали Гіротак Такеучі та Ікуджіро Нонака в статті The New New Product Development Game (Гарвардський Діловий Огляд, січ–лют 1986). Вони відзначили, що проекти, над якими працюють невеликі, крос-функціональні команди, зазвичай систематично продукують кращі результати, і пояснили це, як «підхід регбі». У 1991 році ДеГрейс та Шталь у книжці Злі проблеми, справедливі рішення послалися на цей підхід, як на Scrum

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

(штовханина; сутичка навколо м'яча (у регбі)), спортивний термін, згаданий в статті Такеучі і Нонака. Кен Швабер на початку 1990-х використовував підхід який привів Scrum в його компанію.

Вперше метод Scrum було представлено на загальний огляд задокументованим, чітко сформульованим та описаним спільно Сазерлендом та Швабером на OOPSLA'96 в Остіні. Швабер та Сазерленд протягом наступних років працювали разом щоб обробити та описати весь їхній досвід та найкращі практичні зразки для індустрії в одне ціле, в ту методологію, що відома сьогодні як Scrum. Швабер об'єднав зусилля з Майком Бідлом в 2001, щоб детально описати метод в книжці Agile Software Development with SCRUM. Не зважаючи на те, що для Scrum нарікли долю управління проектами з розробки ПЗ, він може також використовуватися в роботі команд обслуговувань програмного забезпечення (software maintenance teams), або як підхід управління розробкою і супроводом програм: Scrum of Scrums.

Scrum – це кістяк процесу, який включає набір методів і попередньо визначених ролей. Головні дійові особи – ScrumMaster, той хто опікується процесами, веде їх і працює як керівник проекту, Власник Продукту, людина, що представляє інтереси кінцевих користувачів та інших зацікавлених в продукті сторін, та Команду, яка включає розробників.

Протягом кожного спринту, 15–30 денного періоду (тривалість визначається командою), працівники створюють функціональний ріст програмного забезпечення.

Набір можливостей, які імплементуються кожного спринту, приходять з етапу, що має назву product backlog (документація запитів на виконання робіт), який має найвищу пріоритетність за рівнем вимог до роботи, що повинна бути виконана.

Запити на виконання робіт (backlog items), що визначені протягом наради з планування спринту (sprint planning meeting), переміщуються в етап спринту. Протягом цієї наради Власник Продукту інформує про завдання, які він хоче, аби

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Категорія (track). Наприклад, «панель управління» чи «оптимізація». За допомогою цього поля product owner може легко вибрати усі пункти категорії «оптимізація» і задати їм низький пріоритет.

Компоненти (components) – указує, які компоненти (наприклад, база даних, сервер, клієнт) будуть зачеплені при реалізації історії. Дане поле складається з групи checkbox'ів, які відмічаються, якщо відповідні компоненти потребують змін.

Ініціатор запиту (requestor). Product owner може захотіти зберігати інформацію про усіх замовників, зацікавлених у даній задачі. Це потрібно для того, щоб тримати їх у курсі діла про хід виконання робіт.

ID у системі обліку помилок (bug tracking ID) – якщо ви використовуєте окрему систему обліку помилок, тоді у описі історії корисно зберігати посилання на всі дефекти, які до неї відносяться.

Sprint backlog – містить функціональність, обрану Product Owner із Product Backlog. Всі функції розбиті по задачах, кожна з яких оцінюється командою. Кожен день команда оцінює об'єм роботи, який необхідно провести для завершення задачі.

Burndown chart – показує, скільки вже виконано і скільки ще залишається зробити.

Планування спринта (Sprint Planning Meeting)

Проходить на початку нової ітерації Спринта:

– Із Product Backlog обираються задачі, зобов'язання по виконанню яких за спринт приймає на себе команда.

– На основі обраних задач створюється Sprint Backlog. Кожна задача оцінюється у ідеальних людино-годинах.

– Рішення задачі не повинно займати більше 12 годин або одного дня. При необхідності задача розбивається на підзадачі.

– Обговорюється та визначається, яким чином буде реалізовано цей об'єм робіт.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

- Тривалість наради обмежена зверху 4–8 годинами в залежності від тривалості ітерації, досвіду команди тощо;
- (перша частина наради) Беруть участь Product Owner + Команда: обирають задачі із Product Backlog.
- (друга частина наради) Бере участь лише команда: обговорюють технічні деталі реалізації, наповнюють Sprint Backlog.

Щоденна нарада (Daily Scrum Meeting)

Відбувається кожен день протягом спринта. Є «пульсом» ходу спринта.

Нараді властиві наступні обмеження:

- починається точно вчасно;
- всі можуть спостерігати, але говорять тільки обрані;
- триває не більш ніж 15 хвилин;
- проводиться в одному і тому ж місці протягом одного спринта.

Протягом наради кожен член команди відповідає на 3 запитання:

- Що зроблено з моменту попередньої щоденної наради?
- Що буде зроблено з моменту поточної наради до наступної?
- Які проблеми заважають досягненню цілей спринта? (Над рішенням цих проблем працює ScrumMaster. Зазвичай це рішення проходить за рамками щоденної наради і у складі осіб, що безпосередньо займаються даною перешкодою).

Демонстрація (Sprint Review Meeting):

- Проходить у кінці ітерації (спринта).
- Команда демонструє внесок функціональності до продукту всім зацікавленим особам.
- Залучається максимальна кількість глядачів.
- Усі члени команди беруть участь у демонстрації (одна людина на демонстрацію або кожен показує, що зробив за спринт).
- Обмежена 4–ма годинами в залежності від тривалості ітерації і змін у продукті.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Існує реалізація NTRUEncrypt з відкритим вихідним кодом.[2]

NTRUEncrypt, що споконвічно називався NTRU, був винайдений в 1996 році й представлений на конференціях CRYPTO, Конференція RSA, Eurocrypt. Причиною, що послужила початком розробки алгоритму в 1994 році, стала стаття [3], у якій говорилося про легкість злому існуючих алгоритмів на квантових комп'ютерах, які, як показало час, не за горами[4]. У цьому ж році, математики Jeffrey Hoffstein, Jill Pipher і Joseph H. Silverman, що розробили систему разом із засновником компанії NTRU Cryptosystems, Inc. (пізніше перейменованої в SecurityInnovation), Даніелем Лієманом (Daniel Lieman) запатентували свій винахід.[5]

Кільця усічених багаточленів

NTRU оперує над багаточленами ступеня не переважаючої $N - 1$:

$$\mathbf{a} = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_{N-2}X^{N-2} + a_{N-1}X^{N-1};$$

де коефіцієнти a_0, \dots, a_{N-1} – цілі числа. Щодо операцій додавання й множення за модулем багаточлена $X^N - 1$. Такі багаточлени утворюють кільце R , назване кільцем усічених багаточленів, що ізоморфно кільцю відносин:

$$\mathbb{Z}[X]/(X^N - 1).$$

NTRU використовує кільце усічених багаточленів R разом з діленням за модулем на взаємно прості числа p і q для зменшення коефіцієнтів багаточленів.

У роботі алгоритму також використовуються зворотні багаточлени в кільці усічених багаточленів. Слід зазначити, що не всякий багаточлен має зворотний, але якщо зворотний поліном існує, то його легко обчислити.[6][7]

Генерація відкритого ключа

Для передачі повідомлення від Аліси до Боба необхідні відкритий і закритий ключі. Відкритий знають як Боб, так і Аліса, закритий ключ знає тільки Боб, що він використовує для генерації відкритого ключа. Для цього Боб вибирає два «маленьких» поліноми f, g з R . «Малість» поліномів мається на увазі в тому розумінні, що він маленький щодо довільного полінома за модулем q : у довільному поліномі коефіцієнти повинні бути приблизно рівномірно розподілені

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

за модулем q , а в малому поліномі вони багато менше q . Малість поліномів визначається за допомогою чисел df і dg :

Поліном f має df коефіцієнтів рівних «1» і $df-1$ коефіцієнтів рівних «-1», а інші – «0». У цьому випадку говорять, що:

$$\mathbf{f} \in \mathcal{L}_f$$

Поліном g має dg коефіцієнтів рівних «1» і стільки ж рівних «-1», інші – «0». У цьому випадку говорять, що:

$$\mathbf{g} \in \mathcal{L}_g$$

Причина, по якій поліноми вибираються саме таким чином, полягає в тому, що f , можливо, буде мати зворотний, а g – однозначно немає ($g(1) = 0$, а нульовий елемент не має зворотного).

Боб повинен зберігати ці поліноми в секреті. Далі Боб обчислює зворотні поліноми \mathbf{f}_p й \mathbf{f}_q , тобто такі, що:

$$\mathbf{f} \cdot \mathbf{f}_p \equiv 1 \pmod{p} \quad \text{й} \quad \mathbf{f} \cdot \mathbf{f}_q \equiv 1 \pmod{q}$$

Якщо f не має зворотного полінома, то Боб вибирає інший поліном f .

Секретний ключ – це пари $(\mathbf{f}, \mathbf{f}_p)$, а відкритий ключ h обчислюється за формулою:

$$\mathbf{h} = (p\mathbf{f}_q \cdot \mathbf{g}) \pmod{q}.$$

Приклад:

Для приклада візьмемо $df=4$, а $dg=3$. Тоді як поліноми можна вибрати

$$\begin{aligned} \mathbf{f} &= -1 + X + X^2 - X^4 + X^6 + X^9 - X^{10} \\ \mathbf{g} &= -1 + X^2 + X^3 + X^5 - X^8 - X^{10} \end{aligned}$$

Далі для полінома f шукаються зворотні поліноми за модулем $p=3$ і $q=32$:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_p &= 1 + 2X + 2X^3 + 2X^4 + X^5 + 2X^7 + X^8 + 2X^9 \\ \mathbf{f}_q &= 5 + 9X + 6X^2 + 16X^3 + 4X^4 + 15X^5 + 16X^6 + 22X^7 + 20X^8 + 18X^9 + 30X^{10} \end{aligned}$$

Заключним етапом є обчислення самого відкритого ключа h :

$$\mathbf{h} = (p\mathbf{f}_q \cdot \mathbf{g}) \pmod{32} = 8 + 25X + 22X^2 + 20X^3 + 12X^4 + 24X^5 + 15X^6 + 19X^7 + 12X^8 + 19X^9 + 16X^{10}.$$

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Шифрування

Тепер, коли в Алісі є відкритий ключ, вона може відправити зашифроване повідомлення Бобові. Для цього повідомлення представити у вигляді полінома m з коефіцієнтами за модулем p , обраними з діапазону $(-p/2, p/2]$. Тобто m є «малим» поліномом за модулем q . Далі Алісі необхідно вибрати інший «малий» поліном r , що називається «сліпучої», обумовлений за допомогою числа dr :

Поліном r має dr коефіцієнтів рівних «1» і стільки ж рівних «-1», інші – «0». У цьому випадку говорять, що:

$$r \in \mathcal{L}_r.$$

Використовуючи ці поліноми, зашифроване повідомлення виходить за формулою:

$$e = (r \cdot h + m) \bmod q.$$

При цьому кожній, хто знає (або може обчислити) осліплюючий поліном r , зможе прочитати повідомлення m .

Приклад:

Припустимо, що Аліса хоче послати повідомлення, представлене у вигляді полінома:

$$m = -1 + X^3 - X^4 - X^8 + X^9 + X^{10},$$

і вибрала «осліплюючий» поліном, для якого $dr=3$:

$$r = -1 + X^2 + X^3 + X^4 - X^5 - X^7.$$

Тоді шифротекст e , готовий для передачі Бобові буде:

$$e = (r \cdot h + m) \bmod 32 = 14 + 11X + 26X^2 + 24X^3 + 14X^4 + 16X^5 + 30X^6 + 7X^7 + 25X^8 + 6X^9 + 19X^{10}$$

Розшифрування

Тепер, одержавши зашифроване повідомлення e , Боб може його розшифрувати, використовуючи свій секретний ключ. Спочатку він одержує новий проміжний поліном:

$$a = (f \cdot e) \bmod q.$$

Якщо розписати шифротекст, то одержимо ланцюжок:

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Розглянемо розроблене ПЗ системи IoT з використанням Bluetooth 5 яке зображено на рисунку 5.1. З рисунку можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи:

- Розділу маніпулювання з підгрупами ПЗ.
- Розділу виведення результату роботи системи – впливаюче вікно журналу роботи.
- Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші.
- Функціональних кнопок ПЗ.
- Моніторних даних системи.

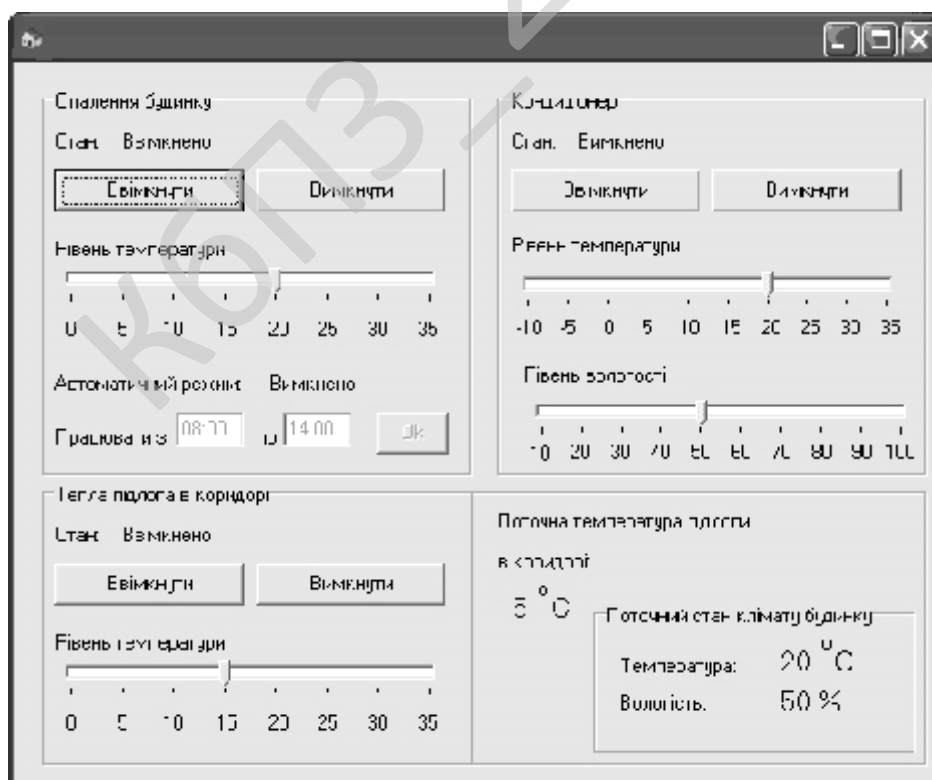


Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

Розроблена програма має дуже простий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс з користувачем. Кожен, хто в достатньому обсязі володіє операційним середовищем Windows без особливих складностей освоїть і цю програму, оскільки її інтерфейс інтуїтивно зрозумілий.

Якщо програма не видала ніяких помилок, і працює, то можна використовувати, інакше слід слідувати інструкціям, які пропонує програма.

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

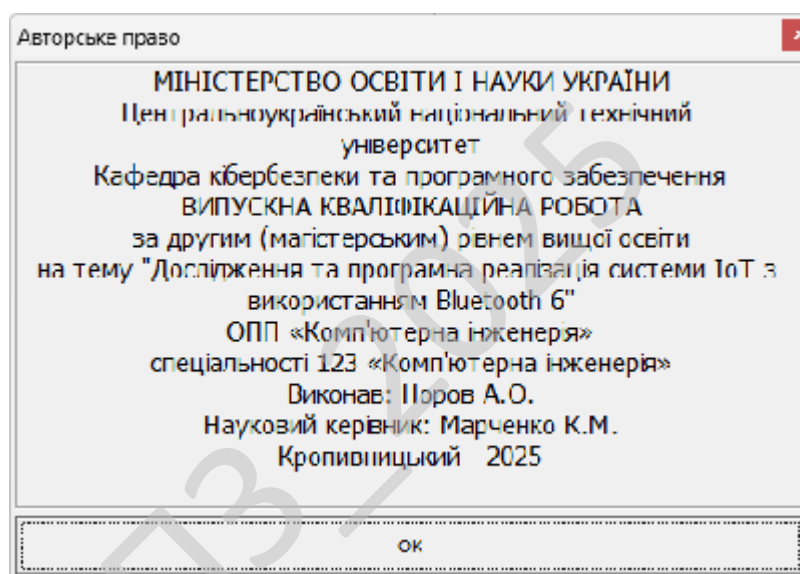


Рисунок 5.2 – Авторське право

Розглянемо процес впровадження програмного забезпечення, це процес налаштування програмного забезпечення під певні умови використання, а також навчання користувачів роботі з програмним продуктом. Впровадження програмного забезпечення це усі дії, що роблять розроблену програмну систему готовою до використання. Даний процес є частиною життєвого циклу програмного забезпечення.

Загалом процес розгортання складається з кількох взаємопов'язаних дій із можливими переходами між ними. Ця активність може відбуватися як з боку

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

виробника так і з боку споживача. Оскільки кожна програмна система є унікальною, то усі процеси та процедури під час розгортання важко передбачити. Тому, "розгортання" можна трактувати як загальний процес відповідно до певних вимог та характеристик. Розгортання може здійснюватись програмістом і в процесі розробки програмного забезпечення.

До діяльностей пов'язаних із розгортанням програмного забезпечення відносять:

- Випуск.
- Встановлення та активація.
- Деактивація.
- Адаптація.
- Обновлення.
- Вмонтування.
- Відстежування версій.
- Видалення.
- Вилучення з обігу.

При впровадженні програмного забезпечення потрібно урахувати наступні дії:

– Виділення критичних, з точки зору загального результату, процедур в діяльності організації. Коли набір таких процедур визначений, необхідно в першу чергу використовувати ІТ рішення для автоматизації операцій усередині саме цих процедур. Таким чином, розроблене ІТ рішення автоматично стає життєво важливим і затребуваним для організації, а також буде забезпечена публічність процесу впровадження;

– Розширення нормативної бази організації шляхом включення до неї регламентів, що описують порядок виконання процедур автоматизованих процесів. В іншому випадку є небезпека виникнення неузгодженості між автоматизованими процедурами та іншими процесами організації.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

– Виконання робіт з загальної стандартизації існуючої діяльності організації, коли виділяються кращі практики виконання процедур і включаються в IT рішення за принципом найбільшої корисності для більшості учасників. Відсоток таких процедур щодо загального обсягу автоматизації може бути невеликий, але це надає процесу побудови рішення вагу в організації за рахунок збільшення його необхідності.

Під час роботи над програмою було проведено тестування програмного забезпечення, тобто технічне дослідження, призначене для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому воно має використовуватись.

Тестування включає як процес пошуку помилок або інших дефектів, так і випробування програмних складових з метою їх оцінки.

Проводилась оцінка:

- відповідності поставленим вимогам;
- правильна відповідь для усіх можливих вхідних даних;
- виконання функцій за прийнятний час;
- практичність;
- сумісність з ОС та стороннім ПЗ.

Оскільки число можливих тестів для програмних компонент практично нескінченне, тому стратегія тестування полягала в тому, щоб провести всі можливі тести з урахуванням наявного часу та ресурсів.

Як результат ПЗ тестувалось стандартним виконанням програми з метою виявлення помилок або інших дефектів.

Проводилось тестування форматом білої скриньки засноване на аналізі керуючої структури програми. Програма вважається повністю перевіреною, якщо проведено вичерпне тестування маршрутів (шляхів) її графа управління.

У цьому випадку формуються тестові варіанти, в яких:

- Гарантується перевірка всіх незалежних маршрутів програми.
- Знаходяться гілки True, False для всіх логічних рішень.
- Виконуються всі цикли (у межах їхніх кордонів та діапазонів).

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

– Аналізується правильність внутрішніх структур даних.

Недоліки тестування "білої скриньки":

– Кількість незалежних маршрутів може бути дуже велика.

– Повне тестування маршрутів не гарантує відповідності програми вихідним вимогам до неї.

– У програмі можуть бути пропущені деякі маршрути.

– Не можна виявити помилки, поява яких залежить від даних.

Переваги тестування "білої скриньки" пов'язані з тим, що принцип «білої скриньки» дозволяє врахувати особливості програмних помилок:

– Кількість помилок мінімально в «центрі» і максимально на «периферії» програми.

– Попередні припущення про ймовірність потоку керування або даних у програмі часто бувають некоректними. У результаті типовим може стати маршрут, модель обчислень за яким опрацьована слабо.

– При записі алгоритму програмного забезпечення у вигляді тексту на мові програмування можливе внесення типових помилок трансляції (синтаксичних та семантичних).

– Деякі результати в програмі залежать не від вихідних даних, а від внутрішніх станів програми.

Проводилось тестування чорної скриньки.

Основне місце програми тестів «чорної скриньки» – інтерфейс ПЗ. Відомі: функції програми. Досліджується: робота кожної функції на всій області визначення.

Ці тести демонструють:

– Як виконуються функції програми.

– Як приймаються вихідні дані.

– Як виробляються результати.

– Як зберігається цілісність зовнішньої інформації.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

– Помилки ініціалізації та завершення.

Обрано умови розповсюдження – Shareware. Під умовно-безплатним програмним забезпеченням можна розуміти спосіб або метод розповсюдження комерційного ПЗ на ринку (тобто на шляху до кінцевого користувача), при якому випробувачеві пропонується обмежена за можливостями (не повнофункціональна або демонстраційна версія), терміном дії (тріал версія) або версія з вбудованим набридливим нагадуванням про необхідність оплати використання програми.

В угоді про використання (ліцензії для кінцевого користувача, EULA) також може бути обумовлена заборона на комерційне або професійне (не тестове) її використання.

Основний принцип умовно-безплатного ПЗ – «спробуй, перш ніж купити» (try before you buy). ПЗ що поширюється як умовно-безплатний, надається користувачам безоплатно. Звичайно користувач платить тільки за час завантаження файлів через Інтернет або за носій (CD диск, флешку, ключ). Протягом певного терміну, що становить зазвичай тридцять днів, він може користуватися програмою, тестувати її, освоювати її можливості.

Якщо після закінчення цього терміну користувач вирішить продовжити використання ПЗ, він зобов'язаний купити його (zareєструватися), заплативши авторові певну суму.

В іншому випадку користувач повинен припинити використання ПЗ та видалити його зі свого комп'ютера.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

6 НАУКОВА НОВИЗНА

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи IoT з використанням Bluetooth 6.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи IoT з використанням Bluetooth 6.

Об'єктом дослідження є процес IoT з використанням Bluetooth 6.

Предметом дослідження є методи IoT з використанням Bluetooth 6.

Методи дослідження базуються на методах Інтернету речей, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

- Удосконалено метод IoT з використанням Bluetooth 6.
- Розроблено вітчизняний продукт IoT з використанням Bluetooth 6, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

					VKPM-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

7 МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ

7.1 Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту

Результати дослідження системи IoT з використанням Bluetooth 6 можуть зацікавити передусім підприємства, які прагнуть перейти до моделі «розумного виробництва». Йдеться про компанії, що працюють у галузях енергетики, логістики, сільського господарства, охорони здоров'я чи промислового виробництва, де важливо контролювати десятки або навіть сотні параметрів у реальному часі. Для таких організацій Bluetooth 6 відкриває можливості побудови ефективних, енергоощадних і стабільних мереж сенсорів без необхідності прокладання складних дротових систем.

Також результати можуть бути корисними IT-компаніям, які займаються розробкою інноваційних продуктів у сфері «розумних міст» або систем моніторингу. Використання Bluetooth 6 у поєднанні з інтернетом речей дає змогу створювати рішення для обліку споживання ресурсів, контролю трафіку, освітлення, температури або стану інфраструктури. Це може стати конкурентною перевагою у сфері міського управління.

Не менш важливо, що цей проєкт становить інтерес і для освітніх установ, науково-дослідних центрів та лабораторій, які готують фахівців з IoT, телекомунікацій або автоматизації. Отримані результати можуть стати основою для розробки навчальних симуляторів або дослідницьких моделей, що дозволять студентам зрозуміти принципи функціонування бездротових систем нового покоління.

Окрім цього, такі рішення є актуальними для малого та середнього бізнесу. Завдяки простоті інтеграції Bluetooth 6 навіть невеликі компанії зможуть впроваджувати автоматизовані процеси контролю, не витрачаючи значних

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ресурсів. Це робить розробку універсальною і корисною для широкого спектра галузей.

7.2 Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок

Для визначення привабливості розробки системи IoT на основі Bluetooth 6 було проведено експертне опитування серед фахівців у галузі промислової автоматизації, бездротових мереж і цифрових технологій. Кожен експерт оцінював систему за ключовими критеріями: енергоефективність, масштабованість, стабільність зв'язку, вартість впровадження та рівень інноваційності. За результатами оцінки середній бал привабливості склав 8,9 із 10, що свідчить про високий потенціал технології для масового впровадження.

Більшість експертів відзначили, що Bluetooth 6 має суттєві переваги перед попередніми версіями, зокрема більшу дальність передачі сигналу, кращу пропускну здатність і підвищену стійкість до перешкод. Це робить його оптимальним вибором для складних промислових середовищ, де стабільність з'єднання є критично важливою.

Оцінюючи економічну складову, експерти наголосили, що впровадження систем IoT на базі Bluetooth 6 має швидку окупність, особливо у випадках, коли система замінює ручний контроль або застарілі дротові рішення. Простота налаштування та відсутність потреби у дорогому мережевому обладнанні роблять технологію доступною навіть для підприємств із невеликим бюджетом.

Таким чином, за результатами експертного аналізу, система IoT з Bluetooth 6 є високопривабливою як з точки зору технологічних інновацій, так і з позиції економічної вигоди для різних типів підприємств.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

7.3 Вибір методу оцінки вартості ПЗ

Для визначення вартості системи IoT з Bluetooth 6 доцільно використати витратний метод, оскільки він дозволяє врахувати всі безпосередні витрати, пов'язані з розробкою, придбанням обладнання, встановленням сенсорів, налаштуванням мережі та навчанням персоналу. Цей підхід забезпечує прозорість розрахунків і дає змогу визначити, які саме елементи мають найбільший вплив на собівартість проєкту.

Зокрема, у контексті IoT системи слід врахувати вартість мікроконтролерів із підтримкою Bluetooth 6, шлюзів для передачі даних, програмного забезпечення для моніторингу та витрати на інтеграцію з уже наявною інфраструктурою. Також важливо оцінити витрати на технічну підтримку, обслуговування системи та оновлення протоколів безпеки.

Додатково можна застосувати елементи порівняльного підходу – проаналізувати вартість аналогічних систем на базі Wi-Fi або ZigBee. Це допоможе показати, що Bluetooth 6 є більш вигідним у співвідношенні ціна–ефективність через нижче енергоспоживання та простіше масштабування.

У результаті витратний метод у поєднанні з порівняльним підходом дозволяє об'єктивно оцінити вартість системи, а також продемонструвати її економічну доцільність для різних сценаріїв використання.

7.4 Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості

Підприємство впроваджує систему «розумного моніторингу виробничого середовища» на базі Bluetooth 6 (BLE 6.0) для збору даних із датчиків температури, вологості, вібрацій і споживання енергії. До цього процес контролю здійснювався вручну, через періодичні обходи персоналу або з використанням дротових систем, які мали високу вартість обслуговування й складність у

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

000 грн/рік, сукупний річний економічний ефект – 3 000 000 грн/рік, чистий економічний ефект – 2 800 000 грн/рік, термін окупності – 0,79 року (~9,5 місяців), коефіцієнт рентабельності (ROI) – 127 %.

Додаткові (немонетарні) переваги: безперервний моніторинг у реальному часі – миттєве виявлення відхилень, що попереджає аварії, енергоефективність – Bluetooth 6 споживає у 40 % менше енергії, ніж попередні версії, що знижує витрати на батареї, масштабованість – легко додавати нові сенсори без перебоїв у роботі системи, підвищення безпеки праці – менше необхідності для персоналу фізично оглядати потенційно небезпечні ділянки, аналітика для прийняття рішень – дані з IoT дозволяють прогнозувати поломки та планувати технічне обслуговування.

Таким чином, Bluetooth 6 стає не лише технічним оновленням, а й стратегічним кроком до цифрової трансформації компанії.

7.5 Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ

Просування проєкту системи IoT з Bluetooth 6 варто розпочати з визначення цільових ринків, де технологія може принести максимальний ефект – це промислові підприємства, логістичні центри, агропромисловість та енергетика. Першим етапом має стати проведення демонстраційних впроваджень, які покажуть потенційним клієнтам практичні переваги рішень – економію ресурсів, зменшення простоїв та покращення аналітики даних.

Далі слід створити інформаційну кампанію у професійних спільнотах і ЗМІ, орієнтованих на IT та інженерно-технічну аудиторію. Статті, вебінари та короткі відео з прикладами роботи Bluetooth 6 у реальних умовах допоможуть підвищити рівень обізнаності та сформувавши довіру до технології.

Особливу увагу потрібно приділити співпраці з партнерами – постачальниками промислового обладнання та інтеграторами, які вже працюють із корпоративним сектором. Завдяки цим контактам проєкт може швидше

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

потрапити на ринок і знайти перших клієнтів. На завершальному етапі доцільно розробити систему післяпродажного супроводу, яка включатиме технічну підтримку, оновлення програмного забезпечення та консультації з оптимізації роботи системи. Це створить додану цінність і підвищить рівень задоволеності клієнтів.

7.6 Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ

Оптимізація каналів збуту може ґрунтуватися на використанні комбінованого підходу: прямі продажі для великих підприємств і дистрибуція через партнерські мережі для середнього та малого бізнесу. Важливо створити доступну модель впровадження, що включатиме гнучкі тарифні плани – наприклад, базовий, розширений та корпоративний пакети.

Додатково можна розвинути онлайн-канали, створивши веб-платформу з калькулятором окупності системи та інтерактивною моделлю демонстрації роботи. Такий інструмент дозволить клієнтам оцінити ефективність впровадження перед ухваленням рішення.

Варто налагодити співпрацю з постачальниками електронних компонентів і сервісними компаніями, які вже мають розгалужену клієнтську базу. Це дозволить просувати систему як додаткову послугу у вже наявних контрактах.

Для покращення шляхів реалізації доцільно організувати навчальні програми для ІТ-інженерів і технічних менеджерів, щоб вони могли ефективно використовувати Bluetooth 6 у своїх проєктах. Таким чином, технологія поступово стане стандартом у галузі.

7.7 Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту

Ключовими факторами успіху впровадження системи IoT з Bluetooth 6 є поєднання інноваційності, стабільності роботи та економічної доцільності.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Підприємства прагнуть не просто нових технологій, а таких, що реально покращують ефективність і при цьому швидко окуповуються. Bluetooth 6 забезпечує саме це завдяки низькому енергоспоживанню, високій швидкості передачі даних та простоті інтеграції.

Велике значення має масштабованість рішення – можливість легко розширювати мережу сенсорів без дорогих модернізацій. Це забезпечує тривалу життєздатність системи та робить її привабливою для великих виробничих об'єктів.

Не менш важливою складовою успіху є підтримка з боку технічної спільноти та відкритість стандартів Bluetooth. Це стимулює появу нових пристроїв, програм і модулів, що робить систему гнучкою та сумісною з майбутніми технологічними оновленнями.

Успіх такого проєкту визначатиметься також якістю впровадження та рівнем підтримки користувачів. Якщо система працює стабільно, легко інтегрується і дає вимірюваний економічний результат, вона має всі шанси стати основою цифрової трансформації підприємства.

КБПЗ – 2025

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

8 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

8.1 Вступ

Охорона здоров'я працівників, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму повинна складати одну з головних завдань роботодавця.

Основою охорони праці є науковий аналіз умов праці, технологічних процесів, виробничого обладнання, робочих місць, трудових операцій, організації виробництва з метою виявлення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, їх властивостей, особливостей впливу на організм людини. На підставі такого аналізу розробляються заходи та засоби, спрямовані на мінімізацію несприятливого впливу виробничих факторів, створення безпечних та нешкідливих умов праці.

Для того, щоб об'єктивно проаналізувати відповідність умов праці діючим нормативно-правовим актам, необхідно здійснити санітарно-гігієнічну характеристику умов праці відділу, в якому працює програміст, над розробкою даного програмного продукту.

В зв'язку з цим необхідно сконцентрувати увагу на небезпечних і шкідливих чинниках пов'язаних з постійною роботою за комп'ютером.

Електробезпека є одним із критичних питань для співробітників, що працюють із технікою, яка одержує живлення з електричної мережі. При невиконанні норм електробезпеки можлива поразка електричним струмом.

8.2 Аналіз умов праці програміста

Умови праці в приміщенні, в якому знаходиться робоче місце програміста є сприятливими. Приміщення обладнане автономною системою газового

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

опалення, основною перевагою якого є програмування режиму роботи в залежності від погодних умов, оскільки клімат є нестійким. Використовується система природної та штучної вентиляції, що забезпечує ефективну циркуляцію повітря. У приміщенні знаходиться 1 кондиціонер (CARRIER 42QCR018/38QCR018).

Засоби копіювальної техніки знаходяться на достатньо далекій відстані від робочих місць, оскільки площа приміщення складає 20 м², а у відділі налічується два працівники, тобто концентрація озону та оксиду азоту в повітрі є невисокою. Таким чином на кожного програміста приходиться 10,0 м² що відповідає нормам Державним санітарним правилам і нормам ДСанПіН 3.3.2.007-98 [1]. Висота стелі приміщення складає 3 метри, що також не порушує нормативні вимоги.

Прибиральники підтримують порядок в службових приміщеннях, дотримуються санітарно-гігієнічних норм по прибиранню приміщень, витирають пил, підмітають підлогу наприкінці кожного робочого дня.

В цілому потрібно уникати застарілої офісної техніки, відсутності клавіатур з ергономічною розкладкою та використовувати рідкокристалічні монітори, які здійснюють менш негативний вплив на стан здоров'я працівників відділу.

Оформлення інтер'єру приміщення є відповідне вимогам з ергономіки та стимулює працівників до підвищення працездатності та зниження втоми. Стеля білого кольору створює оптичний ефект збільшення висоти приміщення, підлога пофарбована коричневим кольором, а стіни – у жовтий. Перевагами даного кольору є створення відчуття теплоти, здатність привертати увагу без додаткової втоми.

Висота столів складає 72,5 см, до того ж їх можна регулювати відповідно до власних потреб. Стіл має достатній внутрішній об'єм, завдяки ширині у 73 см та висоті простору під столом – у 64 см, є достатньо важким для забезпечення стійкості. Крісла забезпечують фізіологічно раціональну позу, мають

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

підлокітники та регулятор висоти, кута нахилу спинки й відстані спинки від краю сидіння, здатні обертатися.

В приміщенні створено оптимальні умови праці за температурою, вологістю повітря у приміщенні та вентиляцією.

В таблиці 8.1. приведені результати аналізу небезпечних факторів праці.

Таблиця 8.1 – Значення параметрів небезпечних факторів праці

Найменування параметра	Значення параметра		Нормативний документ	
	Фактичне	Нормоване		
Освітленість штучна, лк	300	300	ДБН.В 2.5-28:2018 [2]	
Значення КПО,%	1,0	1,1	ДБН.В 2.5-28:2018 [2]	
Повітрообмін,м /год	взимку	76	80	ДСН 3.3.6.042-99[3]
	влітку	36	80	ДСН 3.3.6.042-99 [3]
Температура повітря. °С	взимку	22	21-25	ДСанПіН 3.3.2-007-98
	влітку	24	27-28	ДСанПіН 3.3.2-007-98
Відносна вологість,%	взимку	60	<75	ДСанПіН 3.3.2-007-98
	влітку	55	<60	ДСанПіН 3.3.2-007-98
Швидкість переміщення повітря, м/с	взимку	0,16	<0,2	ДСанПіН 3.3.2-007-98
	влітку	0,10	<0,2	ДСанПіН 3.3.2-007-98

Щодо вимог електробезпеки, то приміщення за безпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки (сухе, без пилу, з нормальною температурою повітря, ізольованими підлогами і малим числом заземлених приладів).

Для запобігання враження електричним струмом в приміщенні використовується ряд організаційно-технічних заходів: розташування проводів живлення поза зоною пересування людей; допуск до роботи електроприладів тільки тих робітників, що знайомі із технікою безпеки; використання мережних подовжувачів з вбудованими запобіжниками на 0,1 А; при ремонті обладнання персонал попереджається.

Устаткування, що працює в приміщенні живиться від мережі 220В та частотою 50Гц. Споживачами цієї напруги є також джерела штучного освітлення. Вони розташовуються на висоті 3 м, що задовольняє нормі, відповідно до якого джерела освітлення повинні розташовуватися на висоті від 2,5 м від підлоги.

Проводка схована. У якості розеток для підключення устаткування застосовуються розетки з заземленим кожухом, захищеним від випадкового доторку до струмоведучих частин. Електроустаткування, що знаходиться в приміщенні відноситься до установок напругою до 1000В.

На робочому місці програміста з всього устаткування металевим є лише корпус системного блоку комп'ютера, але тут використовуються системні блоки, що відповідають стандартам фірми ІВМ, у яких крім робочої ізоляції передбачений елемент для заземлення і провід з жилою, що заземлює, для приєднання до джерела живлення.

Основні причини ураження людини електричним струмом на робочому місці наступні:

- дотик до металевих неструмоведучих частин (корпусу, периферії комп'ютера), що можуть виявитися під напругою в результаті ушкодження ізоляції:
- нерегламентоване використання електричних приладів:
- відсутність інструктажу співробітників з правил електробезпеки.

На протязі роботи на корпусі комп'ютера накопичується статична електрика. Отже, за результатами проведеного аналізу можна зробити висновки, що всі показники знаходяться у межах нормативних значень

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

8.3 Розробка заходів пожежної безпеки

Ступінь вогнестійкості будинків приймається в залежності від їхнього призначення, категорії по вибухопожежній і пожежній небезпеці, по поверховості, площі поверху в межах пожежного відсіку згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною безпекою [4]

За критеріями по пожежній безпеці будівля відноситься до категорії Д. За особливостями функціонування установи вибухонебезпечних парів та концентратів не помічено. Будівля побудована з мармуроподібного вапняка межа стійкості складає 0,5-2,5 години.

Для профілактики пожежі надзвичайно важлива правильна оцінка пожежонебезпеки будинку, визначення небезпечних факторів і обґрунтування способів і засобів пожежопередження і захисту.

Одна з умов забезпечення пожежобезпеки – ліквідація можливих джерел загоряння.

У приміщенні, де працюють програмісти джерелами займання можуть бути:

- несправне електроустаткування, несправності в електропроводці, електричних розетках і вимикачах. Для виключення виникнення пожежі з цих причин необхідно вчасно виявляти й усувати несправності, проводити плановий огляд і вчасно усувати всі несправності;
- несправні електроприлади. Необхідні міри для виключення пожежі передбачають своєчасний ремонт електроприладів, якісне виправлення поломок, не використання несправних електроприладів;
- обігрівання приміщення електронагрівальними приладами з відкритими нагрівальними елементами. Відкриті нагрівальні поверхні можуть спричинити пожежу, тому що в приміщенні знаходяться паперові документи, а папір – легкозаймистий матеріал. З метою профілактики пожежі пропонується не

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

використовувати відкриті обігрівальні прилади в приміщенні;

– коротке замикання в електропроводці. З метою зменшення імовірності виникнення пожежі внаслідок короткого замикання необхідно, щоб електропроводка була схованою.

– влучання в будинок блискавки. У літній період під час грози можливе влучення блискавки, внаслідок чого можлива пожежа. Щоб уникнути цього рекомендується встановити на даху будинку блискавковідвід;

– недотримання мір пожежної безпеки і паління в приміщенні також може спричинити пожежу. Для усунення загоряння в результаті паління в приміщенні слід категорично заборонити паління, дозволити його тільки строго в відведеному для цього місці.

За протипожежним режимом визначені: місця паління, правила проїзду та стоянки транспортних засобів, порядок прибирання пилу й відходів, відключення від мережі електрообладнання у разі пожежі, огляду і закриття приміщень після закінчення робочого дня, проходження посадовими особами навчання та тестування знань з питань пожежної безпеки, проведення з програмістами протипожежних інструктажів, організації експлуатації і обслуговування технічних засобів протипожежного захисту, проведення планово-попереджувальних ремонтів і оглядів інженерного обладнання, навчання з дій працівників при виявленні пожежі.

8.4 Розробка заходів по електробезпеці для приміщень з ПЕОМ

Згідно ДБН В.2.5-28:2018 Державних будівельних норм ДБН В.2.5-28:2018 [5] при проектуванні систем електропостачання, при монтажі силового електроустаткування і електричного освітлення і в будівлях і приміщеннях для ЕОМ необхідно дотримуватися вимог нормативно-технічної документації. ПЕОМ є однофазним споживачем електроенергії, що живиться змінним струмом напругою 220В і частотою 50Гц, від мережі із заземленою нейтраллю. За

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

засобами захисту людини від поразки електричним струмом ЕОМ повинне відповідати першому класу захисту. Захист від випадкового дотику до струмоведучих частин забезпечують конструктивні, схемно-конструктивні і експлуатаційні заходи захисту. Комплекс необхідних заходів по електробезпеці визначається, виходячи з видів електроустановки, її номінальної напруги, умов середовища, типу приміщення і доступності електроустаткування.

В приміщенні розміщено декілька комп'ютерів, то кабель прокладають в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відведеннями. Якщо ЕОМ розміщені в центрі приміщення, електромережа прокладається в каналах або під знімною підлогою в металевих трубах і гнучких металевих рукавах.

8.5 Розрахунок запобіжного електричного занулення

Мета розрахунку – визначити умови, за яких швидко вимикається пошкоджена електроустановка, тобто визначити поперечний переріз нульового дроту, який забезпечить протікання струму однофазного короткого замикання, достатнього для спрацювання максимального захисту.

Виконаємо розрахунок заземлення нейтралі і повторного заземлення нульового робочого провідника, що забезпечують безпеку дотику до занулених пристроїв. Схема електропостачання зануленої електроустановки представлена на рисунку 8.1.

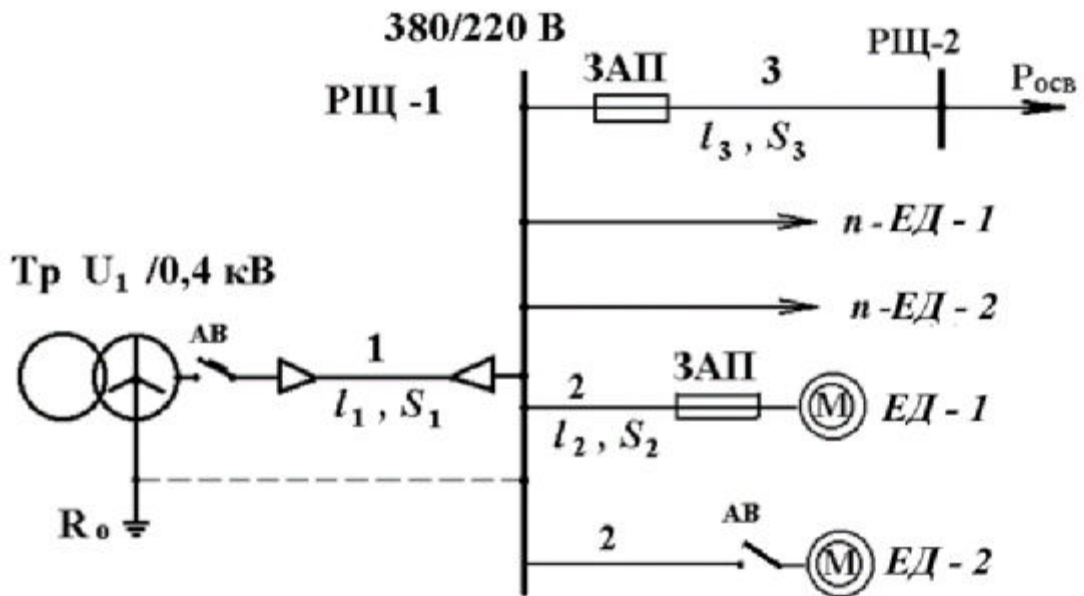
Електромережа виконана як двох провідна мережа, що складається з фазного дроту і нульового захисного провідників.

$$L_1 = 45 \text{ м}; L_2 = 450 \text{ м}; P_1 = 2550 \text{ Вт.}$$

Матеріал жили – мідь.

Постановка задачі занулення електроустановки: визначити такий перетин нульового захисного провідника, при якому струм короткого замикання $I_{кз}$ в задане число раз перевищить номінальний струм спрацювання апарату захисту $I_{ном}$, що забезпечить відключення пошкодженого споживача.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72



Тр U_1/U_2 – понижуючий трансформатор масляний, схема з'єднання обмоток – зірка-зірка; РЩ – розподільний щит; ЗАП – запобіжник; ЕД – електродвигун.

Рисунок 8.1 – Схема електропостачання зануленої електроустановки

Обґрунтуємо вибір типу автоматичного вимикача.

Визначимо струм, що споживає електроустановка потужністю $P_1 = 2550$ Вт:

$$I_{1н} = P_1/U_{\phi} = 2550/220 = 11,59 \text{ А} \quad (8.1)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга (220 В);

Визначимо розрахункову величину струму спрацьовування захисного апарату:

$$I_p = (K_n/K_T) \cdot I_{1н} = (3/2.5) \cdot 11,59 = 13,909 \text{ А}. \quad (8.2)$$

де

$K_n = 3$ – коефіцієнт кратності пускового струму;

$K_T = 2.5$ – коефіцієнт тяжкості пуску електроустановки (залежить від часу пуску: $t = 5$ с, пуск легкий).

Вибираємо тип автоматичного вимикача і визначаємо величину струму спрацьовування апарату захисту:

$$I_{\text{ном}} = 16 \text{ А}; \text{ тип автоматичного вимикача АЕ2026.}$$

Визначимо струм короткого замикання фази на корпус електроустановки:

$$I_{\text{кз}} = U_{\text{ф}} / Z_{\text{пфн}} \quad (8.3)$$

$Z_{\text{пфн}}$ – опір петлі фаза-нуль.

Визначимо перетин фазного дроту (визначається залежно від допустимого тривалого струму, способу прокладки дротів і матеріалу дротів).

Для знаходження перетину дроту, визначимо діаметр дроту d . Де d визначають по значенню струму I , А, і допустимій густини струму J , А/мм². Табличне значення: $J = 5 \text{ А/мм}^2$. В такому разі

$$D = 16/5 = 3.2 \text{ мм}^2$$

Висновки до розділу

Повсякденний контроль за дотриманням, виконанням правил пожежної безпеки по експлуатації електроприладів, кондиціонерів, вентиляційних систем, систем опалення та застосування заходів до усунення порушень, що можуть призвести до виникнення пожежі, проводиться відповідальною особою. Це є основною запорукою пожежної безпеки в приміщеннях установи.

Враження електрострумом високої напруги є фактором короточасної дії, що відрізняється не постійним погіршенням здоров'я (за винятком фізичного враження нервової системи), а разовим враженням, що приводить до тимчасового шоку чи смерті. Для зменшення кількості випадків смертельного ураження струмом розроблено обов'язкові заходи. До цих заходів належать технічні захисні конструкції, та правила використання приладів, що є під напругою, використання заземлень корпусів обладнання та занулення струмопровідної мережі. Отже в даному розділі магістерської роботи були визначені можливі дії установи в якій працюють програмісти, зайняті розробкою вказаного програмного забезпечення, для попередження небезпечних ситуацій відносно найбільш суттєвих факторів ризику.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

9 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, призначено для системи IoT з використанням Bluetooth 6.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів IoT з використанням Bluetooth 6.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем IoT з використанням Bluetooth 6.
- Досліджена система IoT з використанням Bluetooth 6.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи IoT з використанням Bluetooth 6.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання IoT з використанням Bluetooth 6.

Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

При створенні програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Builder C++. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм NTRU.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

Проведено маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту, що дозволило визначити ключові фактори успіху даного проєкту.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

systems». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 193–224.

11. Kuznetsov, O., Atzeni, G., Arnesano, M., Randieri, C., Smirnov, O. «Secure IoT-based smart wheelchair system: From implementation to security enhancement strategy». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 225–257.

12. Kuznetsov, O., Smirnov, O., Kuznetsova, T., Shaikhanova, A., Svatowsky, I. «Privacy-utility trade-offs in IoT networks: A comparative analysis of differential privacy mechanisms for sensor data aggregation». *Security and Privacy of Cyber Physical Systems Emerging Trends Technologies and Applications*, 2025, pp. 589–622.

13. Вінтенко Б., Смірнов О., Миронець І., Смірнова Т., Смірнов С. «Імітаційна модель шляхів вхідних даних комп'ютерної інтелектуальної системи підтримки оператора енергоблоку АЕС». *Комбінаторні конфігурації та їхні застосування: Матеріали XXVII Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 125-річчю Національного університету «Запорізька політехніка» (Запоріжжя-Кропивницький-Київ, 4-6 червня 2025 р.)*. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С.82-91.

14. Al-Azzeh, J., Ayyoub, B., Mesleh, A., Smirnova, T., Gnatyuk, S., Drieiev, O., Smirnov, O., Dorenskyi, O. «Cloud-Based Information System for Evaluating Caverns in the Process of Blasting Metal Surfaces of Details». *International Review on Modelling and Simulations* 18 (1), 2025. pp. 32-42.

15. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В., Коваленко О.В., Мацуй А.М. «Модель шляхів отримання вхідних даних комп'ютерної інтелектуальної системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч. II. С.52-62.

16. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Миронець І.В., Смірнова Т.В. «Методи забезпечення відмовостійкості інтелектуальних систем підтримки

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

оператора». *VIII міжнародна науково-практична конференція “Інформаційна безпека та комп’ютерні технології”*, м. Кропивницький. 24-25 квітня 2025 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2025. – С. 44-46.

17. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Коваленко, А., Коноплицька-Слободенюк, О., Смірнова, Т., Константинова, Л. «Дослідження застосування систем підтримки оперативного персоналу об’єкту критичної інфраструктури при керуванні енергоблоком АЕС з реактором типу ВВЕР-1000». *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, 2024. № 2(26), С. 6-26.

18. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.

19. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Кравчук, О., Козірова, Н., Савеленко, Г., Коваленко, А. «Дослідження вимог та аналіз кібербезпеки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №3(23), С. 111-131.

20. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.

21. Kuznetsov, O., Kuznetsova, Y., Smirnov, O., Kostenko, O., Zvieriev, V. «Evaluating Hashing Algorithms in the Age of ASIC Resistance». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 93-105.

22. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yanchev, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

23. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.

24. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко А.С., Смірнов С.А., Буравченко К.О. «Дослідження вимог міжнародних стандартів ІЕС60880 та ІЕС62138 з розробки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2023, вип. 3(73), С. 155-166.

25. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». *Сучасні інформаційні системи*, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.

26. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». *CEUR Workshop Proceedings Volume 3156*, 2022, Pages 390-399.

27. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління*, № 2(70). 2022. С. 28-37.

28. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 3(69). С. 93-98.

29. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»*, № 2 (307). С. 46-52. 2022.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

30. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Смірнов С.А., Якименко Н.М., «Дослідження стійкості до лінійного криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 1(67). С. 84-89.

31. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». *Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.

32. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

33. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.

34. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.

35. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) *Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.

36. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 125-136.

37. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 366-379.

38. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2608, 2020, Pages 633-645.

39. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». *International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019*; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.

40. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». *International Journal of Computing*; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.

41. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.

42. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.

43. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». *CEUR Workshop Proceedings*, Vol 2588, P. 90-106, 2019.

44. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation

Properties», 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.

45. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.

46. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.

47. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», CEUR Workshop Proceedings Volume 2353, CEUR Workshop Proceedings 2019, Pages 618-629.

48. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», *Telecommunications and Radio Engineering*. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

49. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Кравченко С.С., Горбов В.О., «Хмарна система підтримки прийняття рішень технологічного процесу відновлення поверхонь конструкцій і деталей машин». *Сучасні інформаційні системи*. 2021. Т. 5, № 4. С. 79-95

50. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки*. №4. С. 103-110. 2020.

51. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. № 3(7). С. 43-62. 2020.

					ВКРМ-123.25.0050.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83