

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
“___” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему
“Програмне забезпечення системи інтернету речей на базі
стандарту IEEE 802.3bt”

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КІ-22-2
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Пономаренко М.О.
«___» _____ 2026 р.

Керівник проекту
кандидат технічних наук, доцент
_____ Марченко К.М.
«___» _____ 2026 р.
Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Механіко-технологічний
Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення
Освітній ступінь бакалавр
Галузь знань 12 "Інформаційні технології"
Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма "Комп'ютерна інженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
_____ Олексій СМІРНОВ
« 27 » лютого 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Пономаренку Максиму Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Програмне забезпечення системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt*

2. Керівник роботи *Марченко Костянтин Миколайович, канд. техн. наук, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 136-02 від 27.02.2026 року

3. Строк подання студентом роботи до захисту *23.05.2026 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: *Метою роботи є розробка програмного забезпечення системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt*

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

1. Призначення та область використання.

2. Перегляд аналогічних існуючих систем.

3. Опис і обґрунтування проектних рішень.

4. Етапи програмування системи.

5. Впровадження системи в промислову експлуатацію.

6. Висновки

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема системи *1 аркуш*

Функціональна схема системи *1 аркуш*

Діаграма процесів *1 аркуш*

Блок-схема алгоритму роботи додатку *2 аркуша*

7. Дата видачі завдання « 27 » лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.03.2026 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2026 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2026 р.	
4.	Розробка структур даних	25.03.2026 р.	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	30.03.2026 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2026 р.	
7.	Оформлення ПЗ	17.04.2026 р.	
8.	Попередній захист роботи	23.05.2026 р.	

Дата видачі завдання
« 27 » лютого 2026 р.

Підпис керівника

Марченко К.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 27 » лютого 2026 р.

Підпис здобувача

Пономаренко М.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Пономаренко М.О. Програмне забезпечення системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

Метою розробки є програмне забезпечення системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

Результат роботи – програмна реалізація системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

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, інтернет речей, IEEE 802.3bt

ABSTRACT

Ponomarenko M.O. Software for the Internet of Things system based on the IEEE 802.3bt standard. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

In this final qualification work for the first (bachelor's) level of higher education, software has been developed that is intended for the Internet of Things system based on the IEEE 802.3bt standard.

The purpose of the development is software for the Internet of Things system based on the IEEE 802.3bt standard.

The result of the work is software implementation of the Internet of Things system based on the IEEE 802.3bt standard.

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 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, Internet of Things, IEEE 802.3bt

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	2
ВСТУП.....	3
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	5
1.1 Призначення системи.....	5
1.2 Область застосування.....	8
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	10
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.....	10
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.....	25
3.3 Розробка функціональної схеми	29
3.4 Розробка діаграми процесів.....	32
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	35
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	35
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	50
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	55
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Програмне забезпечення системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt</i>	Лім.	Аркуш	Аркушів
<i>Розроб.</i>	Пономаренко М.С.					Б	1	66
<i>Перев.</i>	Марченко К.М.							
<i>Н.контр.</i>	Коваленко А.С.					ЦНТУ КІ-22-2		
<i>Затв.</i>	Смірнов О.А.							

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
X10	—	технологія інтелектуального дому
ІоТ	—	Інтернет речей

ВСТУП

Актуальність теми. Технологія PoE об'єднує передачу даних і живлення в одному кабелі, що значно спрощує розгортання мереж. Стандарти IEEE 802.3af/at/bt забезпечують сумісність обладнання різних брендів та різну потужність живлення. У 2025-2026 роках PoE залишається критично важливим для точок доступу, систем безпеки та розумних датчиків, оскільки дозволяє встановлювати пристрої у важкодоступних місцях без додаткової проводки. Новітні стандарти (PoE++) розширюють можливості технології, дозволяючи підключати навіть ноутбуки та системи автоматизації. Живлення через Ethernet (PoE) спрощує підключення та дозволяє розміщувати пристрої практично будь-де, навіть у важкодоступних місцях.

PoE – це просте та ефективне рішення, яке позбавляє потреби в зайвих розетках. Завдяки єдиним стандартам (від PoE до PoE++), пристрої різних виробників працюють злагоджено, забезпечуючи живленням будь-що: від камер до ноутбуків. У 2026 році це головний інструмент для зниження витрат на інфраструктуру та впровадження smart-технологій. Централізоване керування через Ethernet робить систему надійною та легкою в обслуговуванні.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є програмне забезпечення системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

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

- Огляд існуючих систем інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.
- Дослідження системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.
- Програмна реалізація системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Необхідно, щоб у замовника й підрядника було сформовано єдине розуміння того, які системи й підсистеми будуть установлені. Дуже добре, якщо на той час готові проекти систем опалення, вентиляції, існує принципова електрична схема об'єкта. У цьому випадку компанія-інтегратор "інтелектуального будинку" з більшою точністю зможе дотримуватися побажань замовника, які вже виражені в проектах, і спільна робота принесе більший позитивний ефект.

Далі робиться вибір слабкострумових систем, які будуть установлені в будинку: протипожежна сигналізація, системи відеоспостереження, контролю доступу, аудіо- і відео-компонента (їхнє застосування частіше характерно для житлових будинків), автоматика життєзабезпечення (керування світлом, вентиляцією й кондиціонуванням, водопостачанням і опаленням, шторами та ін.), потім здійснюється підбір устаткування й надалі – проектування.

Коли відоме встаткування, спроектована провідна частина, інтегратор, генпідрядник і замовник спільно продумують сценарій роботи інтелектуальної системи, її взаємодія з користувачем – як відреагує система на натискання тих або інших клавiш.

Інтеграційні функції встаткування не повинні робити впливу на саму систему, кожний її елемент повинен мати локальну логіку. На ділі штучному інтелекту приділяється роль робити моніторинг і управляти параметрами системи на відстані в ручному або програмувальному автоматичному режимі.

У випадку збою програмного забезпечення або відмови датчиків завжди повинна залишатися можливість переходу на автономне керування кожним елементом системи.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Ще одна важлива деталь – устаткування всіх груп інтелектуальної системи повинне відповідати стандартам, прийнятим на території розміщення.

Все залежить від мети, визначеної замовником. Якщо замовник віддає перевагу якомусь конкретному виробникові, він швидше за все звернеться до компанії-інтегратору, що одночасно є його дистриб'ютором. Якщо перед замовником є завдання оптимізувати витрати й при цьому одержати якісну й функціональну систему "інтелектуального будинку", його вибір концентрується на незалежній компанії-інтеграторі, не обтяженої просуванням конкретного бренду.

Оскільки ринок "інтелектуальних будинків" молодий, компанія-інтегратор часто виконує функції інсталятора встаткування. Іноді вибір інтегратора здійснюється за рекомендацією генерального підрядника будівництва. Цивілізовані тендери – їх організують великі компанії, у яких участь інтеграторів інтелектуальних систем оплачується, – проводяться рідко.

Які системи й підсистеми будуть установлені на об'єкті, як вони будуть працювати, який буде алгоритм керування ними – на ці й ще десятки інших питань дає відповідь технічне завдання або завдання на проектування. Цей багатосторінковий документ – основа всього проекту: якщо щось відсутній у технічному завданні, виходить, відсутній у проекті. Змінити проект можна, лише змінивши технічне завдання. Завдання на проектування народжується в співавторстві замовника й інтегратора. Один із ключових моментів – чітко сформульоване призначення системного комплексу "інтелектуального будинку".

Призначення Комплексу:

- Дистанційний контроль / керування роботою встаткування інженерних систем.
- Побудова єдиного середовища обміну даними систем контролю й керування.
- Моніторинг стану та робочих параметрів інженерного обладнання у реальному часі.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

- Впровадження автоматизованого обліку споживання енергоресурсів.
- Координація роботи експлуатаційних служб, графікування сервісного та ремонтного обслуговування.
- Оптимізація надійності, безпеки та якісних показників роботи інженерних мереж.
- Архівування даних про перебіг технологічних процесів та дії персоналу.
- Скорочення експлуатаційних витрат.
- Зниження загальної кількості встаткування за рахунок уніфікації й підвищення повноти – використання функціональних можливостей устаткування одночасно в різних підсистемах.

З боку замовника обов'язковим є надання "вихідних даних для проектування":

- поетажні плани з експлікацією приміщень;
- робочі проекти інженерних систем, виконані розроблювачами суміжних розділів і об'єкти автоматизації: опалення, холодне й гаряче водопостачання, вентиляція й кондиціювання, каналізація, центральний тепловий пункт, індивідуальний тепловий пункт, електроустаткування й електроосвітлення з пояснювальними записками й характеристиками встаткування;
- вихідні дані по позаплощадкових і внутрімайданчикових інженерних мережах.

У завданні обов'язково повинні бути присутнім всі інженерні системи, що підлягають розробці й впровадженню в рамках створюваного проекту "інтелектуального будинку". Наприклад:

- автоматична пожежна сигналізація;
- автоматичне пожежогасіння;
- системи охоронної сигналізація, охоронного відеоспостереження, керування й контролю доступу;
- системи зв'язку й телекомунікацій.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Також у технічне завдання необхідно включити короткий опис комплексу автоматизації й диспетчеризації систем будинку, що повинен забезпечити автоматичне керування, регулювання, необхідні блокування, захисти від аварійних режимів, індикацію сигналів тривоги й порушення режимів регулювання, оптимізацію роботи інженерного встаткування, економію енергоресурсів, централізований автоматичний контроль і облік витрат:

1.2 Область застосування

Автоматизації й диспетчеризації підлягають наступні системи:

1. Механічні системи – холодопостачання:

- загальобмінна вентиляція;
- кондиціювання;
- підпір повітря й противодимна вентиляція;
- холодне водопостачання;
- гаряче водопостачання;
- побутова каналізація;
- протипожежний водопровід;
- центральний і індивідуальні теплові пункти;
- опалення.

2. Електричні системи – розподільна електромережа до поверхових розподільних щитів:

- робоче освітлення під'їздів, сходових кліток;
- аварійне освітлення під'їздів, сходових кліток;
- евакуаційне освітлення;
- зовнішнє освітлення.

3. Системи безпеки:

- автоматична пожежна сигналізація;
- голосове оповіщення про пожежу;

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- автоматичне пожежогасіння;
- охоронна сигналізація;
- охоронне відеоспостереження;
- контроль доступу.

4. Диспетчеризація ліфтів:

- аварійний спуск на 1-й поверх.

5. Системи зв'язку й телебачення:

- телефонний зв'язок;
- радіотрансляція;
- супутниковий телеприйом;
- часофікація;
- локальна обчислювальна мережа;
- високошвидкісний вихід в Internet.

6. Системи обліку й керування споживанням наступних ресурсів:

- електроенергії (на введенні, загальбудинкові витрати й по споживачах);
- холодної води (на введеннях, загальбудинкові витрати й по споживачах);
- гарячої води (загальдомовики витрати й по споживачах);
- опалення (роздільно житло й комерційні площі);
- холодопостачання (по споживачах).

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

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

Розумний Будинок MimiSmart

Керування освітленням. Життя в будинку неможливо без використання світла. А в сучасних будинках і квартирах лампочок, люстр, світильників, підсвічувань та ін. безліч. І природне бажання людини – мати можливість легко управляти цим царством світла. Для цього й існує система керування освітленням «Розумний Будинок», що дозволяє управляти освітлювальними приладами, не додаючи майже ніяких зусиль.

Керування електроприладами. Тепер це можна робити легко, навіть сидячи в зручному кріслі. Просто скористайтеся єдиною панеллю керування системи «Розумний Будинок», настроївши всі прилади на потрібний режим роботи, або контролюйте їх через мобільний телефон.

Керування кліматом. За цим ретельно стежить система керування кліматом «Розумний Будинок». Усе, що потрібно, – це внести необхідні налаштування для кожної кімнати, і можна насолоджуватися сприятливим кліматом у будинку цілий рік.

Керування вентиляцією. Щоб у будинку був здоровий мікроклімат, необхідна надійна система вентиляції, вентиляція з інтелектом. Така, як в "розумному" будинку.

Розумний Домофон. Домофон в «розумному» будинку – це не просто кнопка виклику, що відкриває й закриває двері. Це ціла система з набором життєво важливих для комфортного життя функцій.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Мультирум. Сьогодні ми не уявляємо собі життя без телевізора, комп'ютера, музичного центра й іншої електронної техніки, який від голови до ніг напхані сучасні житла. Погодьтеся, громіздко й некрасиво. Але тільки не в «розумному» будинку, адже він обладнаний системою мультирум, що з одного джерела розподіляє відео— і аудіосигнали по всіх кімнатах житла. Перебуваючи в будь-якій частині будинку, ви можете слухати музику або дивитися відео, навіть якщо джерело сигналу перебуває зовсім в іншій кімнаті.

Керування системою поливу. Важливо зберегти красу саду й кімнатних квітів. Про це й піклується система автоматичного поливу «Розумний Будинок». Вона, як уважний садівник, робить все точно в строк і з особливою акуратністю.

Статистика. Контроль витрат, постійний з'єм показання лічильників тепла, води, електроенергії, щоб урахувала споживання ресурсів і щомісяця без запізнень оплачування рахунку.

Керування Розумним будинком. Завдяки сучасній сенсорній панелі, керування «Розумним будинком» — це не просто повсякденне завдання, це найцікавіший захоплюючий процес, що доставляє максимум комфорту й задоволення, і він настільки простий, що його швидко освоїть навіть дитина.

Відеоспостереження. У «розумному» будинку встановлена інтелектуальна система відеоспостереження.

Безпека. «Розумний» будинок оснащений інтелектуальною системою охорони.

Система керування будинком ТОВ "Будівельна компанія "Київбудрезерв"

Відомо, що сучасне заміське житло — буквально нашпиговане різного роду інженерними системами. Це й численні освітлювальні прилади, системи газо— і водопостачання, опалення, клімат-контролю, інформаційні комунікації: телефон, Інтернет, супутникове й кабельне телебачення. Є й системи забезпечення безпеки й охорони хазяїв (від зловмисників і від пожежі). Не обходиться будинок і без домашнього кінотеатру й інших зручностей, покликаних скрасити відпочинок.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Все це – пристрої, роботою яких необхідно управляти. Традиційний підхід до рішення проблеми має на увазі наявність безлічі всіляких вмикачів, перемикачів, кранів, вентилів і пультів дистанційного керування. «Розумний будинок» змушує всі системи й прилади взаємодіяти відповідно до різних сценаріїв. Сценарії задаються за допомогою домашнього комп'ютера або убудованого процесора.

Ви зможете управляти будь-яким устаткуванням у будинку з одного універсального пульта. А якщо пульт раптом зламається, тимчасово прийде користуватися звичайними вимикачами або сенсорними панелями. Більше того, керувати «розумним будинком» пропонується й дистанційно – через Інтернет, або за допомогою мобільного телефону. Наприклад, виїжджаючи з міста, «замовити» собі сауну або теплу воду в басейні.

Усі турботи про домашню техніку тепер можна довірити розумним контролерам. Наприклад, замість звичайних вимикачів ви отримаєте систему, яка сама підлаштовує яскравість світла, зберігаючи ваші гроші на рахунках за електроенергію. Ви можете одним натисканням змінити атмосферу в кімнаті з «робочої» на «романтичну». А популярні сьогодні датчики руху роблять так, щоб світло буквально «йшло» за вами коридорами чи підсвічувало подвір'я лише тоді, коли це потрібно.

Що варто змінити: в оригіналі фраза «регулюють розжарення ламп» звучить трохи застаріло (актуально для ламп розжарювання). Якщо мова про сучасні системи, краще вживати термін «димування» або «регулювання яскравості».

Чи потрібно додати в текст інформацію про віддалене керування зі смартфона?

Управління кліматом. Розумний дім самостійно керує радіаторами та кондиціонерами, дбаючи про ідеальну температуру й вологість. Ви просто обираєте потрібний режим, а автоматика підлаштовує техніку під ваші потреби.

Охоронна система. Надійний захист від зламу забезпечується дворівневою сигналізацією. Ви можете ставити під охорону лише зовнішній контур (вікна та

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

двері), щоб спокійно відпочивати вдома, або активувати повний захист із датчиками руху, коли йдете. Будь-яка спроба проникнення супроводжується сиреною та миттєвим викликом служби безпеки.

Інтелектуальна безпека. Камери спостереження тримають ваш дім під наглядом 24/7. Поки ви у від'їзді, система сама «живе» в будинку: вмикає світло та рухає штори, щоб ніхто не здогадався про вашу відсутність.

Повний контроль однією кнопкою. Більше не потрібно перевіряти кожен розетку чи кран. Режим «Нікого немає» автоматично вимкне світло, перекриє комунікації, переведе опалення в економ-режим та поставить об'єкт під охорону. Це ваш спокій та суттєва економія ресурсів.

Smarthome Manager Essential

Smarthome Manager Essential працює під керуванням операційних систем Microsoft Windows.

Ця програма поставляється в комплекті з Smarthome PowerLinc Controller USB і іншими X 10-сумісними комп'ютерними контролерами компанії Smarthome. Повну версію Smarthome Manager можна встановити в будь-який час або вам, можливо, вдасться купити набір, що включає в себе PowerLinc Controller USB і Smarthome Manager.

Повна версія Smarthome Manager працює також як Essential, але вона може автоматично визначати деякі типи модулів і створювати додаткові умови усередині дій. У цьому розділі за назвою Smarthome Manager будуть матися на увазі обидві версії за винятком тих випадків, коли будуть розглядатися можливості, наявні тільки в повній версії.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

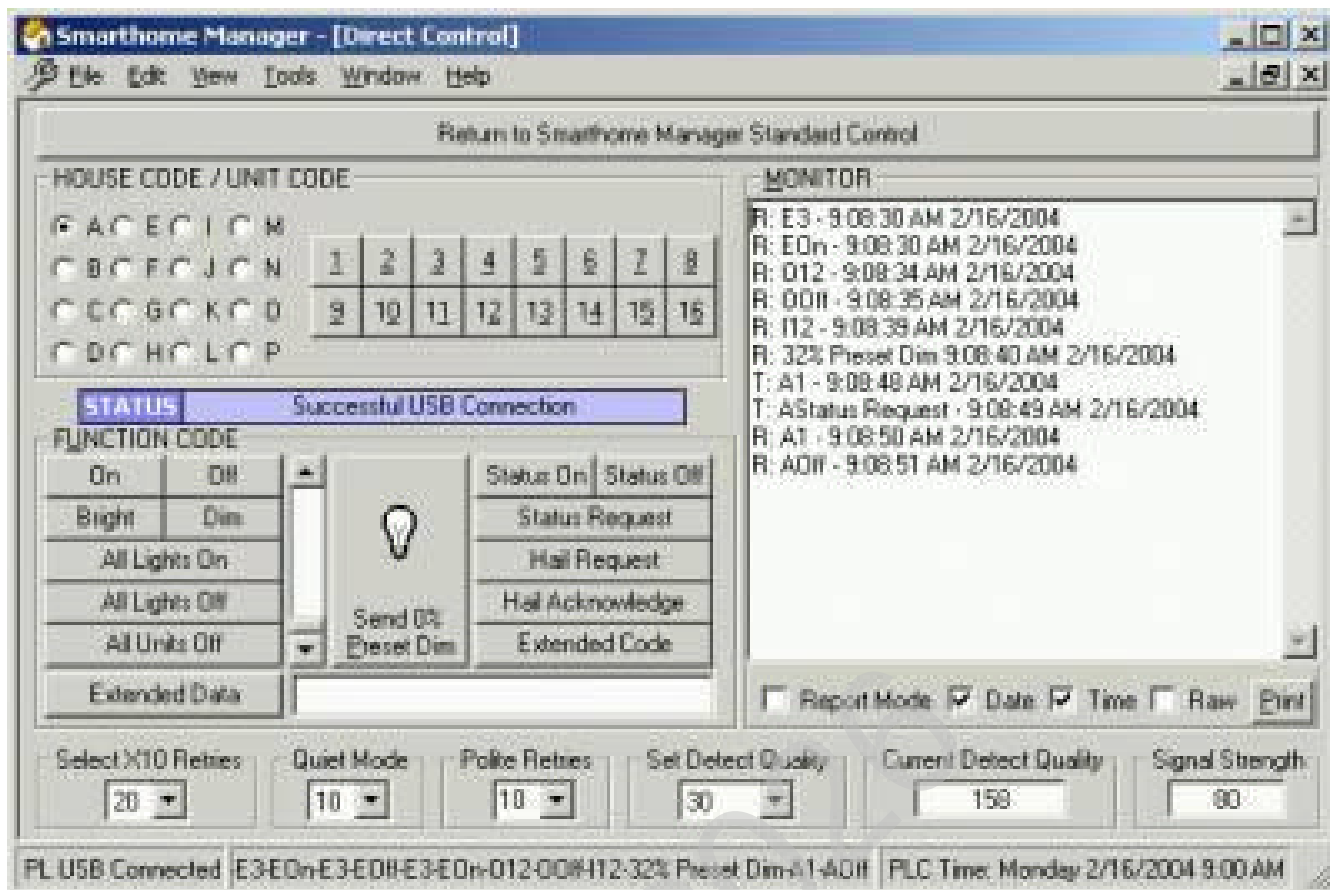


Рисунок 2.1 – Інтерфейс користувача Smarthome Manager

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-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 відладгоджувальник (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 залишаються 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 Btrieve. Механізм BDE (Borland Database Engine) додає обслуговуванню зв'язків з базами

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

даних дивовижну простоту і прозорість. Провідник Database Explorer дозволяє зображати зв'язки і об'єкти баз даних графічно. Використовуючи компоненти баз 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 застосунку 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 першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) 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 методику побудови системи контролю роботи

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі.

Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати 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.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Щодо функціонування системи наведемо наступні думки:

– Живлення через Ethernet (PoE) використовує один кабель для живлення та передачі даних. Це спрощує налаштування пристроїв. Також знижує вартість проводів.

– Існують різні стандарти PoE. Кожен стандарт забезпечує різну потужність. Ви можете використовувати PoE для невеликих пристроїв, таких як телефони. Ви також можете використовувати його для більших пристроїв, таких як ноутбуки або цифрові вивіски.

– Вам потрібні правильні кабелі Ethernet для PoE. Найкраще підійдуть кабелі Cat6 або кращої якості. Ці кабелі допомагають безпечно передавати живлення. Вони також добре підходять для пристроїв, яким потрібно більше енергії.

– PoE допомагає економити енергію. Це також знижує вартість встановлення пристроїв. Ви можете керувати живленням з одного місця. Це спрощує керування та розширення мереж.

– PoE працює з багатьма розумними пристроями вдома чи на роботі. Це допомагає будувати гнучкі та енергозберігаючі мережі. Ці мережі готові до майбутнього.

Огляд живлення через Ethernet (PoE)

Що таке PoE

Живлення через Ethernet (PoE) дозволяє передавати як живлення, так і дані через один кабель Ethernet. Це означає, що вам не потрібен окремий шнур живлення для кожного пристрою. Це спрощує налаштування пристроїв та економить кошти. Такі пристрої, як точки бездротового доступу, камери безпеки

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

та IP-телефони, можуть отримувати живлення та дані з одного й того ж кабелю. Живлення через Ethernet (PoE) використовує мідні виті пари. Це допомагає розміщувати пристрої в більшій кількості місць та зменшує безлад у мережевому просторі.

Як працює PoE

Живлення через Ethernet (PoE) передає постійний струм (DC) та дані через кабелі Ethernet. Існує дві основні частини: обладнання джерела живлення (PSE), таке як комутатори або інжектори PoE, та пристрої з живленням (PD), такі як камери або телефони. PSE перевіряє, чи може пристрій використовувати живлення через Ethernet (PoE), шукаючи спеціальний резистор всередині PD. Якщо він знаходить резистор, PSE передає безпечне живлення, зазвичай від 48 В до 56 В постійного струму, через кабель.

Живлення через Ethernet (PoE) використовує два способи підключення, які називаються режимом А та режимом В. Режим А передає живлення та дані по тих самих проводах. Режим В використовує додаткові дроти для живлення. Новіші стандарти можуть використовувати всі чотири пари проводів для забезпечення більшої потужності. Система має функції безпеки, такі як захист від перевантаження та короткого замикання, щоб запобігти пошкодженню. Найдовший кабель, який ви можете використовувати, становить 100 метрів. Це забезпечує належну роботу живлення та передачі даних.

Мережі живлення через Ethernet (PoE) дозволяють керувати живленням з одного місця. Це спрощує керування пристроями та їх резервне копіювання.

Найновіший стандарт, IEEE 802.3bt (PoE++), може видавати до 100 Вт на джерелі та близько 71 Вт на пристрої. Це дозволяє жити більші пристрої, такі як ноутбуки та цифрові вивіски, за допомогою технології Power over Ethernet (PoE). Усі стандарти мають функції безпеки, такі як перевірка пристроїв та обмеження струму, для забезпечення безпеки мережі та пристроїв.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Ключові терміни та типи

PSE та PD

Кожна мережа з живленням через Ethernet (PoE) має два основних типи пристроїв. Джерело живлення (PSE) забезпечує постійний струм та передачу даних через кабелі Ethernet. Деякими прикладами є комутатори PoE, інжектори та мережеві відеореєстратори. Пристрої з живленням (PD) отримують живлення від PSE та використовують його для роботи. IP-камери, точки бездротового доступу та VoIP-телефони – все це PD.

Вимоги до кабелю

Тип і якість Ethernet-кабелю мають значення для PoE. Для базового PoE (тип 1) можуть працювати кабелі категорії 3. Але категорія 5 або вище – краще. PoE+ (тип 2) потребує кабелів щонайменше категорії 5. Для PoE++ (типи 3 і 4) найкраще підходять кабелі Cat6, Cat6a або Cat7. Ці кабелі передають більше енергії та залишаються холоднішими.

Переваги та обмеження

Переваги

Живлення через Ethernet (PoE) має багато переваг для дому та бізнесу. Воно дозволяє одному кабелю передавати як живлення, так і дані. Це спрощує налаштування пристроїв та забезпечує акуратність. Вам не потрібні додаткові дроти чи розетки. Це економить гроші на матеріалах та роботі. Навіть якщо комутатори PoE спочатку коштують дорожче, ви економите на інших витратах пізніше:

- Кабелі PoE допомагають заощадити гроші, використовуючи один кабель для живлення та передачі даних.
- Ви можете контролювати живлення з одного місця. Це означає, що ви можете вирішувати проблеми, не відправляючи когось на допомогу.
- Ви можете розмістити пристрої майже будь-де. Це допомагає, коли ви хочете розширити свій офіс.
- Використання PoE може заощадити до половини енергії порівняно зі

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

старою проводкою. Річні витрати можуть знизитися на 14%.

- Деякі кабелі PoE працюють дуже добре та витрачають мало енергії.

PoE дозволяє підключити багато систем будівлі до однієї мережі. Це спрощує керування та виправлення неполадок.

PoE надає вам більше можливостей. Ви можете розміщувати пристрої в місцях без розеток. Це спрощує зміну або додавання пристроїв. Подовжувачі PoE дозволяють використовувати довші кабелі за потреби. Використання комутаторів PoE робить вашу мережу міцнішою та легшою для розширення. Завдяки цьому PoE швидко налаштовується та підходить для багатьох місць.

PoE також кращий для навколишнього середовища. Він використовує менше проводів, тому менше відходів. Це допомагає будівлям споживати менше енергії та зменшує забруднення від мереж.

Недоліки

PoE – це чудово, але з ним є деякі проблеми. Апаратне забезпечення може бути складним, особливо для великих або потужних систем:

- Вам знадобляться спеціальні комутатори або PoE-інжектори, якщо ваш комутатор старий.
- Кожен комутатор може жити лише певну кількість пристроїв.
- Ви повинні використовувати правильні кабелі, такі як Cat 5e, Cat 6 або Cat 6a.
- Для деяких пристроїв або довгих кабелів вам можуть знадобитися додаткові інструменти, такі як розгалужувачі або подовжувачі.

Довгі кабелі можуть призвести до марнування енергії. Якщо кабель занадто довгий, до пристрою надходить менше енергії. Це може призвести до неправильної роботи пристроїв, особливо якщо їм потрібно багато енергії. Ось деякі фактори, які впливають на те, наскільки добре PoE використовує енергію:

Також може бути важко додати більше пристроїв. Кожен комутатор має обмеження потужності. Багато комутаторів разом можуть нагріватися та потребувати охолодження. Коли пристрої вмикаються, вони можуть одночасно

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

споживати забагато енергії. Це може призвести до перезавантаження комутаторів або їхньої непрацездатності. З часом роз'єми можуть зношуватися та спричиняти проблеми. Для важливих завдань потрібні резервні плани та ретельна перевірка живлення.

Інші проблеми, які ви можете побачити:

- PoE працює лише до 100 метрів. Для великих пристроїв можуть знадобитися коротші кабелі.
- Пристрої, які не підтримують PoE, потребують додаткових інструментів, що ускладнює роботу.
- Занадто багато пристроїв або неправильні кабелі можуть спричинити проблеми з живленням і зробити мережу нестабільною.
- Кабелі та пристрої можуть перегріватися або втрачати живлення, що може призвести до вимкнення обладнання або стати небезпечним.

Планування, часта перевірка та дотримання правил допомагають уникнути цих проблем і забезпечити належну роботу PoE.

Пристрої та програми

Підтримувані пристрої

Багато пристроїв у 2026 році використовують PoE для живлення та передачі даних. Ось деякі приклади:

- IP-камери, навіть ті, що можуть рухатися та масштабувати зображення.
- Бездротові точки доступу для швидкого інтернету.
- VoIP-телефони та IP-телефони для чіткої розмови.
- Монітори та РК-екрани для цифрових вивісок.
- Системи доступу до дверей та зчитувачі карток для безпеки.
- Мережеве аудіо та домофони для звуку.
- Світлодіодне освітлення для розумних будівель.
- Обладнання для відеоконференцій для зустрічей.
- Роботизовані камери та камери спостереження для спостереження за місцями.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Великі пристрої, такі як цифрові вивіски, світлодіодні ліхтарі та камери безпеки високої роздільної здатності, використовують найновіші стандарти PoE. Ці пристрої можуть отримувати потужність до 100 Вт . Це допомагає їм відстежувати рух за допомогою штучного інтелекту та бачити широкі області за допомогою багатьох датчиків.

Варіанти використання

PoE використовується для багатьох цілей у розумних будівлях та офісах. Керівники об'єктів використовують PoE для живлення пристроїв Інтернету речей. До них належать кнопки виклику медсестер, сигналізація, системи доступу, датчики присутності, системи керування опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням повітря та треки активів. PoE допомагає з розумним освітленням та датчиками, які знають, коли люди знаходяться в приміщенні. Це економить енергію та робить приміщення комфортнішими.

PoE також може жити смартфони, планшети та мобільні комп'ютери. Для них не потрібні спеціальні адаптери живлення. Один кабель забезпечує як живлення, так і передачу даних, тому налаштування просте та коштує менше. Таким чином легше керувати пристроями. Централізоване керування дозволяє швидко вирішувати проблеми та легко оновлювати пристрої.

Для безпеки PoE-камери забезпечують надійне з'єднання та інтелектуальні функції. Вони працюють за поганої погоди, бачать вночі та виявляють рух. Ви можете швидко налаштувати їх та керувати живленням з одного місця. Це добре підходить для великих будівель з великою кількістю камер.

Керівники об'єктів віддають перевагу PoE, оскільки це спрощує налаштування, економить енергію та допомагає покращити роботу.

Тенденції галузі

Компанії продовжують створювати кращі продукти PoE для нових потреб. Вони надають більше потужності потужнішим пристроям, таким як датчики штучного інтелекту та чіткі камери. PoE працює із зеленою енергією та більшою

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

кількістю пристроїв Інтернету речей. Це робить мережі розумнішими та більш пов'язаними.

Розумні функції використовують штучний інтелект та машинне навчання для виправлення проблем до їх виникнення. Вони також допомагають розподіляти потужність там, де це необхідно. Безпека краща завдяки безпечному входу в систему та моніторингу мережевого трафіку. Мережі можуть зростати без потреби в купі нового обладнання.

Стандарт IEEE 802.3bt дозволяє кожному порту видавати до 100 Вт. Це допомагає з новими речами, такими як розумні екрани та заводські роботи. Кращі кабелі та екранування означають менші втрати сигналу, навіть з довгими дротами. Північна Америка, Азіатсько-Тихоокеанський регіон та Європа швидко розвиваються завдяки розумним містам та цифровим проектам.

Світлодіодне освітлення з PoE швидко розвиватиметься, особливо у великих офісах та на заводах.

Мережеві планувальники знають, що PoE корисний для нових мереж. Їм подобається, як це спрощує налаштування та економить енергію. PoE також працює з інтелектуальними пристроями. Під час планування їм слід враховувати такі речі:

- Пристрої повинні відповідати правилам IEEE для спільної роботи.
- Перевірте, який обсяг даних може обробити мережа.
- Виберіть правильний тип кабелю та зробіть його коротким.
- Переконайтеся, що пристрої отримують достатньо живлення та мають резервне копіювання.
- Використовуйте форсунки середнього діапазону для модернізації без зайвих витрат.

3.2 Розробка структурної схеми

На рисунку 3.1 зображена узагальнена структурна схема системи управління розумним домом.

Світ швидко рухається до розумного життя, і пристрої Інтернету речей 2026 року відіграють важливу роль у цій трансформації. Від розумних будинків та портативних гаджетів до промислової автоматизації та моніторингу охорони здоров'я, Інтернет речей змінює те, як люди живуть та працюють. Простими словами, Інтернет речей підключає повсякденні пристрої до Інтернету, щоб вони могли збирати, обмінюватися та аналізувати дані. Це робить життя простішим, безпечнішим та ефективнішим.

Очікується, що у 2026 році пристрої Інтернету речей стануть потужнішими, доступнішими та інтелектуальнішими. Бізнес використовує їх для підвищення продуктивності, а окремі особи – для економії часу та енергії. Розумні будинки, розумні міста та розумні системи охорони здоров'я – це вже не мрії майбутнього. Вони стають частиною повсякденного життя.

Цей розділ допоможе вам зрозуміти IoT-пристрої 2026 року зрозумілим та простим способом. Ви дізнаєтеся, що таке IoT-пристрої, чому вони важливі, як вони працюють і як їх безпечно використовувати. Незалежно від того, чи ви новачок, чи маєте базові знання, цей посібник надасть вам повну та практичну інформацію. Зрештою, ви матимете чітке розуміння того, як IoT формує майбутнє та чому важливо бути в курсі цих технологій.

Пристрої Інтернету речей 2026 року стосуються розумних електронних пристроїв, підключених до Інтернету та здатних взаємодіяти один з одним без участі людини. Ці пристрої збирають дані за допомогою датчиків, обробляють їх та виконують дії на основі інструкцій або штучного інтелекту.

Прикладами є розумне освітлення, фітнес-трекери, розумні холодильники, камери безпеки, промислові датчики та пристрої медичного моніторингу. Очікується, що у 2026 році ці пристрої стануть швидшими, безпечнішими та

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

енергоефективнішими.

Основні компоненти пристроїв Інтернету речей включають датчики, підключення, обробку даних та інтерфейс користувача. Датчики збирають таку інформацію, як температура, рух або частота серцевих скорочень. Підключення дозволяє пристрою надсилати дані через Wi-Fi, Bluetooth або мобільні мережі. Обробка даних аналізує інформацію, тоді як інтерфейс користувача дозволяє людині керувати пристроєм.

Особливістю IoT Devices 2026 є інтеграція штучного інтелекту та периферійних обчислень. Пристрої можуть швидко приймати рішення, не покладаючись повністю на хмарні сервери. Це зменшує затримки та підвищує продуктивність.

Інтернет речей не обмежується лише домівками. Він широко використовується в сільському господарстві, охороні здоров'я, транспорті, освіті та виробництві. Фермери використовують Інтернет речей для моніторингу врожаю, лікарі використовують його для відстеження здоров'я пацієнтів, а міста використовують його для управління дорожнім рухом та енергією.

Пристрої Інтернету речей (IoT) важливі у 2026 році, оскільки вони підвищують ефективність, заощаджують час і зменшують витрати. Вони допомагають людям приймати кращі рішення, використовуючи дані в режимі реального часу. Бізнес може контролювати операції та запобігати проблемам до їх виникнення.

Ще однією важливою причиною є автоматизація. Інтернет речей зменшує потребу в ручній роботі, дозволяючи пристроям виконувати завдання автоматично. Наприклад, розумні термостати регулюють температуру на основі моделей використання, заощаджуючи енергію та гроші.

Безпека також є ключовою перевагою. Розумні камери безпеки, детектори диму та монітори здоров'я забезпечують миттєві сповіщення у разі надзвичайних ситуацій. Це робить будинки та робочі місця безпечнішими.

Інтернет речей також підтримує сталий розвиток. Розумні енергетичні

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

системи зменшують втрати електроенергії, а розумне управління водними ресурсами допомагає економити ресурси. У 2026 році захист навколишнього середовища буде однією з головних причин впровадження Інтернету речей.

Зрештою, Інтернет речей покращує взаємодію з користувачем. Персоналізовані послуги, дистанційне керування та оновлення в режимі реального часу роблять повсякденне життя комфортнішим та ефективнішим. Саме тому пристрої Інтернету речей у 2026 році стають важливими в сучасному житті:

Крок 1: Розуміння ваших потреб

Перш ніж використовувати пристрої Інтернету речей, визначте їхнє призначення. Вирішіть, чи потрібні вони вам для домашньої автоматизації, моніторингу здоров'я, бізнес-операцій чи безпеки.

Крок 2: Вибір правильних пристроїв Інтернету речей

Виберіть пристрої, сумісні з вашими існуючими системами. Перед покупкою перевірте функції, варіанти підключення та відгуки користувачів.

Крок 3: Налаштування підключення до Інтернету

Стабільне інтернет-з'єднання є критично важливим. Більшість пристроїв Інтернету речей у 2026 році покладаються на Wi-Fi, 5G або Bluetooth для зв'язку.

Крок 4: Встановлення та налаштування пристроїв

Дотримуйтесь інструкцій виробника для встановлення пристрою. Використовуйте офіційні мобільні додатки для підключення та налаштування параметрів.

Крок 5: Інтеграція з іншими пристроями

Багато пристроїв Інтернету речей працюють краще, коли їх підключають разом. Наприклад, розумні світильники можуть працювати з датчиками руху та голосовими помічниками.

Крок 6: Моніторинг та управління даними

Використовуйте інформаційні панелі або мобільні додатки для моніторингу продуктивності. Регулярно перевіряйте дані, щоб підвищити

ефективність та виявляти проблеми на ранній стадії.

Крок 7: Оновлення та обслуговування

Оновлюйте програмне забезпечення пристрою, щоб забезпечити безпеку та продуктивність. Регулярні оновлення захищають від кіберзагроз.

Переваги пристроїв Інтернету речей у 2026 році:

- Покращує щоденну зручність та комфорт.
- Заощаджує енергію та зменшує рахунки за комунальні послуги.
- Підвищує безпеку та захист.
- Забезпечує дистанційний моніторинг та керування.
- Підвищує продуктивність у бізнесі.
- Надає дані та аналітику в режимі реального часу.
- Підтримує розумні міста та сталий спосіб життя.
- Зменшення людських помилок завдяки автоматизації.

Недоліки / Ризики:

- Проблеми конфіденційності даних.
- Ризик кібератак.
- Висока початкова вартість налаштування.
- Залежність від підключення до Інтернету.
- Проблеми сумісності між пристроями.
- Потрібне регулярне технічне обслуговування.

Поширені помилки, яких слід уникати

Багато людей купують пристрої Інтернету речей, не перевіряючи сумісність. Це призводить до проблем інтеграції пізніше. Ще однією поширеною помилкою є ігнорування налаштувань безпеки, що може зробити пристрої вразливими до злому.

Користувачі часто пропускають оновлення програмного забезпечення, що знижує продуктивність і безпеку. Деякі люди також перевантажують свою мережу занадто великою кількістю пристроїв, що призводить до уповільнення роботи.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Нерозуміння функцій пристрою – ще одна проблема. Завжди читайте інструкцію користувача та досліджуйте налаштування, щоб отримати найкращі результати. Зрештою, уникайте купівлі дешевих, неперевіраних пристроїв, оскільки вони можуть не мати належного захисту та підтримки.

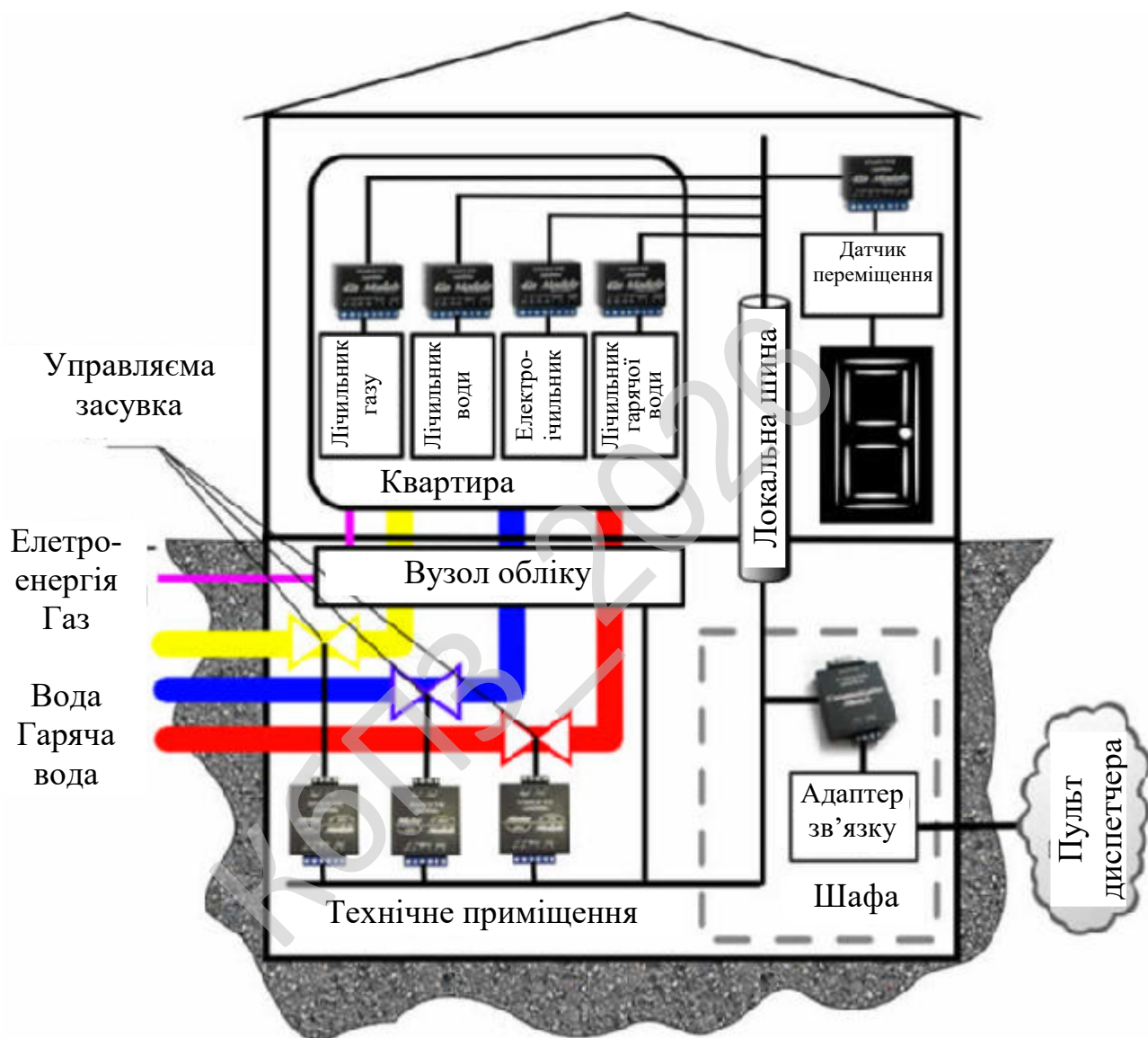


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна структура розробленої мережі складається з наступних блоків, як взаємодіють з блоком функцій IEEE 802.3bt:

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

– блок функцій, які відповідають за безпеку, що дозволяє в автоматичному режимі знімати дані з датчиків і по мережі передавати їх до охоронного сервера, що приймає рішення, яку функцію виконати;

– блок функцій, які відповідають за автоматизацію, що дозволяють незалежно від людини виконувати роботи по підтримці дому у належному стані, тобто сервер автоматизації приймає рішення включати той або інший прибор;

– блок функцій, які відповідають за ручне управління інтелектуальним домом, тобто дозволяють через розроблене програмне забезпечення за допомогою пультів, або персонального комп'ютера управляти усіма блоками інтелектуального дому;

– блок функцій, які відповідають за роботу з мультимедіа, тобто дозволяють по локальній мережі всередині будинку передавати дані на різного виду кінцеві пристрої (плазменний телевізор, сенсорні панелі й т.ін.).

Розглянемо роботу цих блоків більш детально.

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 автоматизацію, включає в себе наступні функціональні блоки:

- макроси та сценарії;

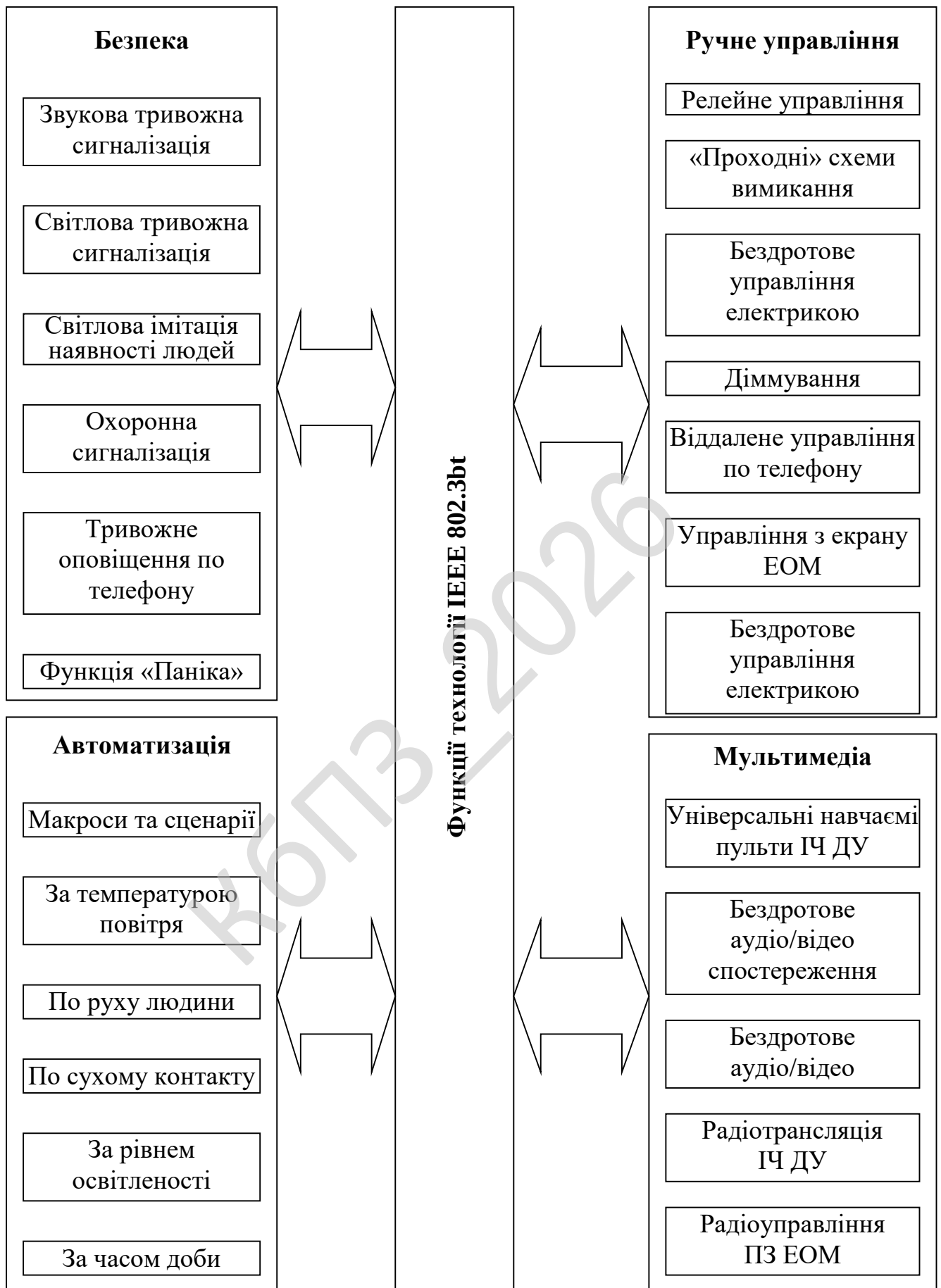


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

- за температурою повітря;
- по руху людини;
- за рівнем освітленості;
- по сухому контакту;
- за часом доби.

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

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

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.

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

3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма взаємодії процесів системи, розробленої у результаті виконання дипломного проектування, наведена на рисунку 3.3. Першим процесом, який запускається у системі, є процес виведення головного вікна програми.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Цей процес взаємодіє з процесом ввімкнення IEEE 802.3bt Configurator.

Процес ввімкнення IEEE 802.3bt Configurator взаємодіє з наступними процесами:

- Процес читання показників пристроїв.
- Процес керування пристроями будинку.

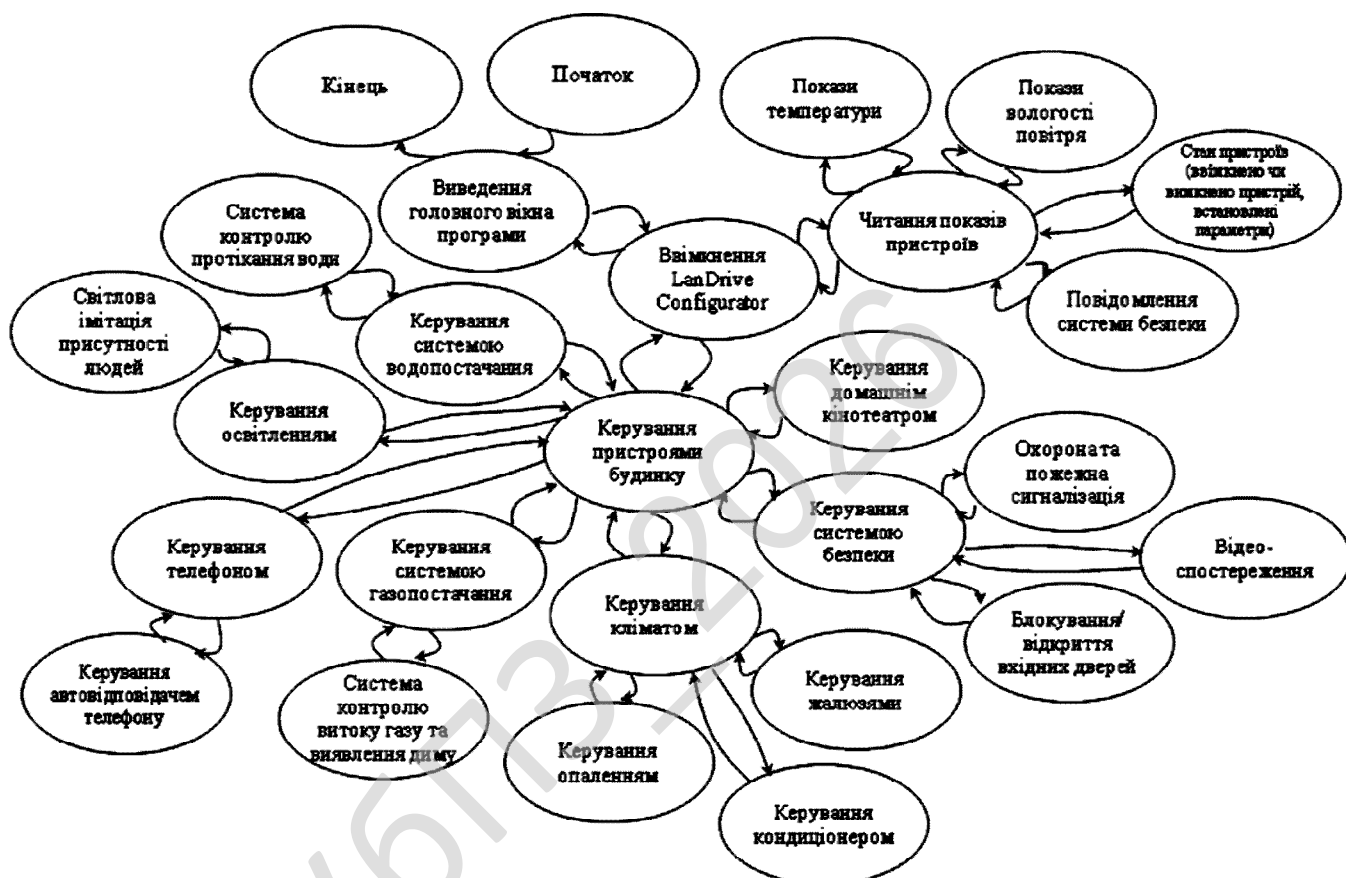


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Процес читання показників пристроїв взаємодіє з наступними процесами:

- Процес показу температури.
- Процес показу вологості повітря.
- Процес стану пристроїв.
- Процес повідомлення системи безпеки.

Процес керування пристроями будинку взаємодіє з наступними процесами:

- Процес керування системою водопостачання, який взаємодіє з процесом системи контролю протікання води.
- Процес керування системою освітлення, який взаємодіє з процесом системи світлової імітації присутності людей.
- Процес керування телефоном, який взаємодіє з процесом керування автовідповідачем телефону.
- Процес керування системою газопостачання, який взаємодіє з процесом системи контролю витоку газу та виявлення диму.

- Процес керування кліматом.
- Процес керування системою безпеки.
- Процес керування домашнім кінотеатром.

Процес керування кліматом взаємодіє з наступними процесами:

- Процес керування опаленням.
- Процес керування кондиціонером.
- Процес керування жалюзі.

Процес керування системою безпеки взаємодіє з наступними процесами:

- Процес охоронної та пожежної сигналізації.
- Процес відеоспостереження.
- Процес блокування/відкриття входних дверей.

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.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

На рисунку 4.1 наведено блок-схему основної програми. Її робота складається з виконання наступних кроків.

Спершу відбувається виведення основного вікна програми. Після цього користувач обирає яку дію йому робити:

- Управління освітленням.
- Управління домашнім кінотеатром.
- Управління водопостачанням.
- Управління газопостачанням.
- Управління кліматом.
- Управління телефонним зв'язком.

Якщо користувач обирає керування освітленням, тоді виконуються наступні дії:

- Визначення поточного стану освітлення.
- Виведення поточного стану освітлення.
- Запускається підпрограма керування освітленням та його яскравістю.

Якщо користувач обирає керування домашнім кінотеатром, тоді запускається підпрограма керування домашнім кінотеатром.

Якщо користувач обирає керування водопостачанням, тоді виконуються наступні дії:

- Визначення поточного стану водопостачання.
- Виведення поточного стану водопостачання.
- Запускається підпрограма керування системою контролю підтікання

води, клапанами холодної та гарячої води.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

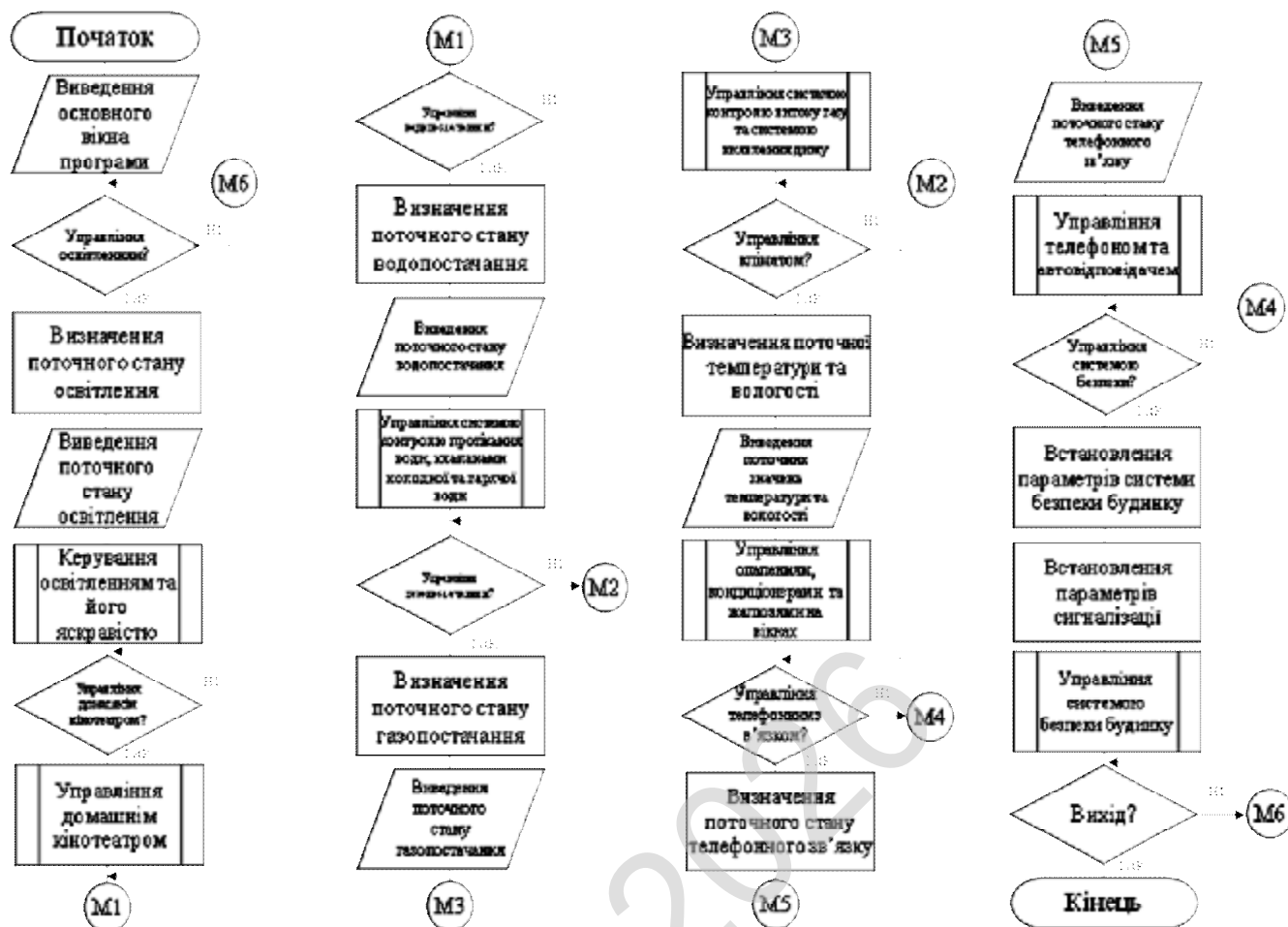


Рисунок 4.1 – Блок-схема роботи основної програми

Якщо користувач обирає керування газопостачанням, тоді виконуються наступні дії:

- Визначення поточного стану газопостачання.
- Виведення поточного стану газопостачання.
- Запускається підпрограма керування системою контролю витoku газу та системою виявлення диму.

Якщо користувач обирає керування кліматом, тоді виконуються наступні дії:

- Визначення поточного стану температури та вологості.
- Виведення поточного стану температури та вологості.
- Запускається підпрограма керування опаленням, кондиціонуванням та жалюзіями на вікнах.

Якщо користувач обирає керування телефонним зв'язком, тоді виконуються наступні дії:

- Визначення поточного стану телефонного зв'язку.
- Виведення поточного стану телефонного зв'язку.
- Запускається підпрограма керування телефоном та автовідповідачем.

Якщо користувач обирає керування системою безпеки, тоді виконуються наступні дії:

- Встановлення параметрів системи безпеки будинку.
- Встановлення параметрів системи сигналізації.
- Запускається підпрограма керування системою безпеки будинку.

Після виконання усіх вищеперерахованих дій, користувач обирає працювати йому далі з системою, або ні.

На рисунку 4.2 зображена блок-схема роботи підпрограми інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

Підпрограма управління працює наступним чином:

- Вказується адреса пристрою.
- Вказується номер функції.
- Вказуються дані для передачі.
- Обчислюється контрольна сума кадру.
- Передається кадр, якій містить у собі наступні дані: адресу пристрою, номер функції, дані, контрольну суму.

Якщо отримана команда є командою керування пристроєм, тоді виконуються наступні дії:

- Виконується команда.
- Виводяться дані про результат виконання команди.

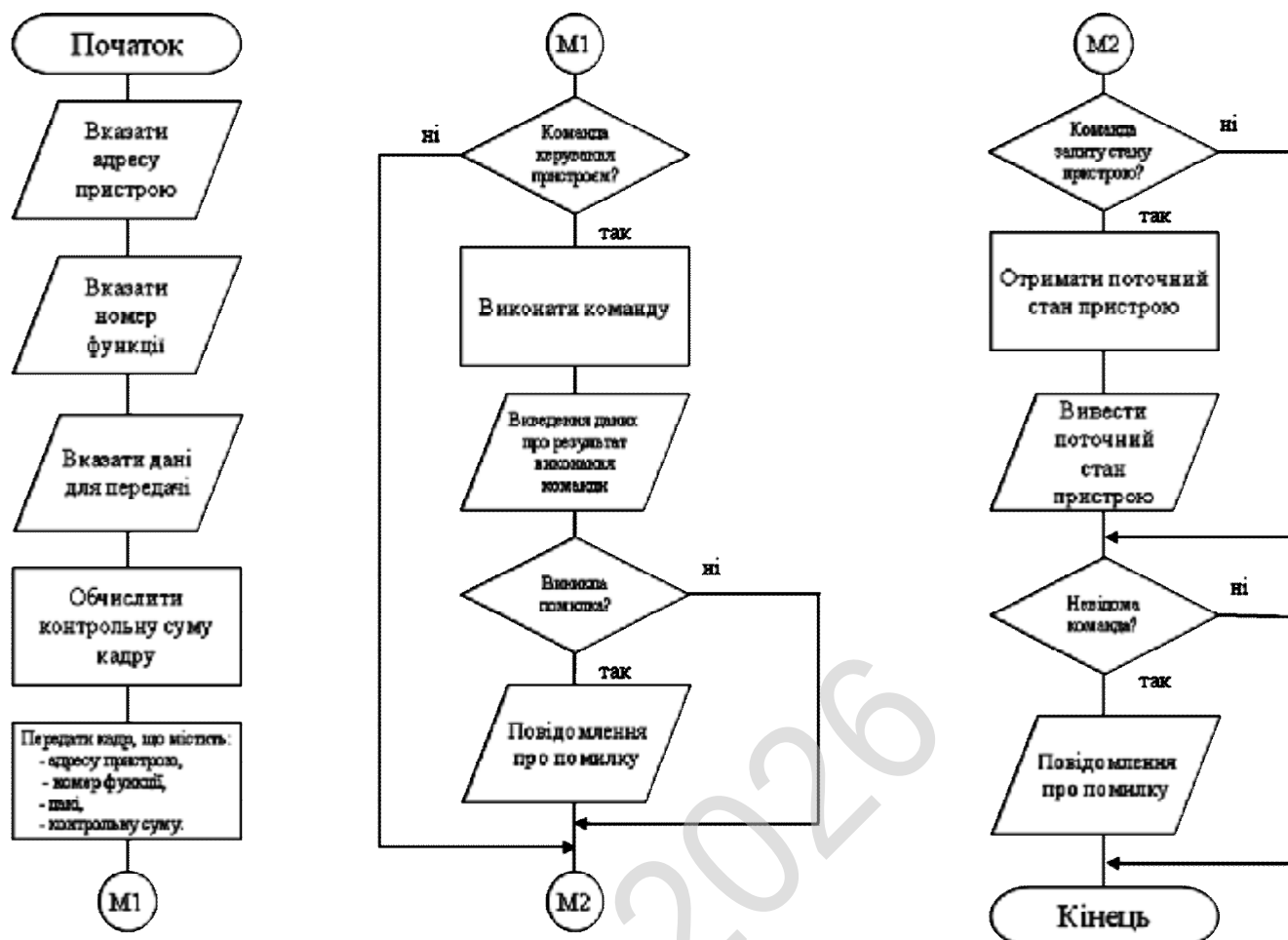


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми інтелектуального дому

Якщо виникла помилка, тоді виводиться повідомлення про помилку.

Якщо отримана команда є командою запису стану пристрою, тоді виконуються наступні дії:

- Отримується поточний стан пристрою.
- Виводиться поточний стан пристрою.

Якщо, команда, яка отримана, є невідомою, тоді виводиться повідомлення про помилку.

Для взаємодії на прикладному рівні використовується широко відомий протокол Modbus/RTU.

Modbus – комунікаційний протокол, заснований на архітектурі «клієнт-сервер». Широко застосовується в промисловості для організації зв'язку між електронними пристроями. Може використовувати для передачі даних через послідовні лінії зв'язку RS-485, RS-422, RS-232, а також мережі TCP/IP (Modbus TCP). Modbus був розроблений компанією Modicon (в даний час належить Schneider Electric) для використання в її контролерах з програмованою логікою. Вперше специфікація протоколу була опублікована в 1979 році.^[1] Це був відкритий стандарт, що описує формат повідомлень і способи їх передачі в мережі складається з різних електронних пристроїв. Спочатку контролери MODICON використовували послідовний інтерфейс RS-232. Пізніше став застосовуватися інтерфейс RS-485, так як він забезпечує більш високу надійність, дозволяє використовувати довші лінії зв'язку і підключати до однієї лінії кілька пристроїв. Багато виробників електронного устаткування підтримали стандарт, на ринку з'явилися сотні використовують його виробів. В даний час розвитком Modbus займається некомерційна організація Modbus-IDA, створена виробниками та користувачами електронних приладів.

Modbus відноситься до протоколів прикладного рівня мережевої моделі OSI. Контролери на шині Modbus взаємодіють, використовуючи клієнт-серверну модель, засновану на транзакціях, що складаються із запиту і відповіді.

Зазвичай в мережі є тільки один клієнт, так зване, «головний» (англ. *master*) пристрій, і кілька серверів – «підлеглих» (англ. *slaves*) пристроїв. Головний пристрій ініціює транзакції (передає запити). Підлеглі пристрої передають запитувані головним пристроєм дані, або виробляють запитувані дії. Головний може адресуватися індивідуально до підлеглого або ініціювати передачу широкомовного повідомлення для всіх підлеглих пристроїв. Підлеглий пристрій формує повідомлення і повертає його у відповідь на запит, адресований саме йому. При отриманні широкомовного запиту відповідь не формується.

Специфікація Modbus описує структуру запитів і відповідей. Їх основа – елементарний пакет протоколу, так званий PDU (Protocol Data Unit). Структура

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

PDU не залежить від типу лінії зв'язку і включає в себе код функції і поле даних. Код функції кодується однобайтові полем і може приймати значення в діапазоні 1 ... 127. Діапазон значень 128 ... 255 зарезервований для кодів помилок. Поле даних може бути змінної довжини. Розмір пакета PDU обмежений 253 байтами.

Modbus PDU	
номер функції	дані
1 байт	N < 253 (байт)

Рисунок 4.3 – Пакет Modbus PDU

Для передачі пакету по фізичних лініях зв'язку PDU поміщається в інший пакет, що містить додаткові поля. Цей пакет має назву ADU (Application Data Unit). Формат ADU залежить від типу лінії зв'язку.

Існують три основні реалізації протоколу Modbus, дві для передачі даних по послідовних лініях зв'язку, як мідним EIA/TIA-232-E (RS-232), EIA-422, EIA/TIA-485-A (RS -485), так і оптичним і радіо:

– Modbus ASCII – для обміну використовуються тільки ASCII символи. Для перевірки цілісності використовується алгоритм en: Longitudinal redundancy check. Повідомлення поділяється на стовпці за допомогою символу «:» і закінчується символами нового рядка CR / LF.

– Modbus RTU.

І для передачі даних по мережах Ethernet поверх TCP/IP:

– Modbus TCP.

Загальна структура ADU наступна (у залежності від реалізації, деякі з полів можуть бути відсутні).

адреса відомого пристрою	код функції	дані	блок виявлення помилок
--------------------------	-------------	------	------------------------

Рисунок 4.4 – Загальна структура ADU

Де:

– Адреса відомого пристрою – адреса підлеглого пристрою, до якого адресовано прохання. Відомі пристрої відповідають тільки на запити, що надійшли на їх адресу. Відповідь також починається з адреси відповідає відомого пристрою, який може змінюватися від 1 до 247. Адреса 0 використовується для широкомовної передачі, його розпізнає кожне пристрій, адреси в діапазоні 248 ... 255 – зарезервовані.

– Номер функції – це наступне одnobайтне поле кадру. Воно говорить відомому пристрою, які дані або виконання якого дії вимагає від нього ведучий пристрій.

– Дані – поле містить інформацію, необхідну відомому пристрою для виконання заданої майстром функції або містить дані, що передаються веденим пристроєм у відповідь на запит ведучого. Довжина і формат поля залежить від номера функції.

– Блок виявлення помилок – контрольна сума для перевірки відсутності помилок в кадрі.

Максимальний розмір ADU для послідовних мереж RS232/RS485 – 256 байт, для мереж TCP – 260 байт.

Для Modbus TCP ADU виглядає наступним чином.

ід транзакції	ід протоколу	довжина пакету	адреса відомого пристрою	код функції	дані
---------------	--------------	----------------	--------------------------	-------------	------

Рисунок 4.5 – Загальна структура ADU для Modbus TCP

Де:

– Ід транзакції – два байти, зазвичай нулі.

– Ід протоколу – два байти, нулі.

– Довжина пакету – два байти, старший потім молодший, довжина наступної за цим полем частини пакета.

– Адреса відомого пристрою – адреса підлеглого пристрою, до якого адресовано прохання. Зазвичай ігнорується, якщо з'єднання встановлено з певним пристроєм. Може використовуватися, якщо з'єднання встановлено з мостом, який виводить нас, наприклад, в мережу RS485.

Поле контрольної суми в Modbus TCP відсутнє.

Категорії кодів функцій

У діючій в даний час специфікації протоколу визначаються три категорії кодів функцій:

– Стандартні команди. Їх опис має бути опублікована та затверджено Modbus-IDA. Ця категорія включає в себе як вже певні, так і вільні в даний час коди.

– Користувальницькі команди. Два діапазони кодів (від 65 до 72 і від 100 до 110), для яких користувач може реалізувати довільну функцію. При цьому не гарантується, що якийсь інший пристрій не буде використовувати той же самий код для виконання іншої функції.

– Зарезервовані. У цю категорію входять коди функцій, які не є стандартними, але вже використовуються в пристроях, що виробляються різними компаніями. Це коди 9, 10, 13, 14, 41, 42, 90, 91, 125, 126 і 127.

Модель даних

Одне з типових застосувань протоколу – читання і запис даних в регістри контролерів. Специфікація протоколу визначає чотири таблиці даних.

Таблиця 4.1 – Таблиця даних

Таблиця	Тип елемента	Тип доступу
Дискретні входи (англ. <i>Discrete Inputs</i>)	Один біт	тільки читання
Регістри прапорів (англ. <i>Coils</i>)	Один біт	читання і запис
Регістри введення (англ. <i>Input Registers</i>)	16-бітне слово	тільки читання
Регістри зберігання (англ. <i>Holding Registers</i>)	16-бітне слово	читання і запис

Доступ до елементів в кожній таблиці здійснюється за допомогою 16-бітного адреси, першій клітинці відповідає адреса 0. Таким чином, кожна таблиця може містити до 65536 елементів. Специфікація не визначає, що фізично повинні представляти собою елементи таблиць і по яким внутрішнім адресами пристрою вони повинні бути доступні. Наприклад, припустимо організувати перекриваються таблиці, У цьому випадку команди працюють з дискретними даними і з 16-бітними регістрами будуть фактично звертатися до одних і тих же даних.

PDU запиту і відповіді для стандартних функцій						
Номер функції	запит / відповідь					
1 (0x01)	A ₁	A ₀	Q ₁	Q ₀		
	N	D (N байт)				
2 (0x02)	A ₁	A ₀	Q ₁	Q ₀		
	N	D (N байт)				
3 (0x03)	A ₁	A ₀	Q ₁	Q ₀		
	N	D (N байт)				
4 (0x04)	A ₁	A ₀	Q ₁	Q ₀		
	N	D (N байт)				
5 (0x05)	A ₁	A ₀	D ₁	D ₀		
	A ₁	A ₀	D ₁	D ₀		
6 (0x06)	A ₁	A ₀	D ₁	D ₀		
	A ₁	A ₀	D ₁	D ₀		
15 (0x0F)	A ₁	A ₀	Q ₁	Q ₀	N	D (N байт)
	A ₁	A ₀	Q ₁	Q ₀		
16 (0x10)	A ₁	A ₀	Q ₁	Q ₀	N	D (N байт)
	A ₁	A ₀	Q ₁	Q ₀		

Рисунок 4.6 – Стандартні функції протоколу Modbus

- A_1 і A_0 – адреса елемента.
- Q_1 і Q_0 – кількість елементів.
- N – кількість байт даних.
- D – дані.

Слід зазначити, що зі способом адресації даних пов'язана певна плутанина. Modbus був спочатку розроблений для контролерів Modicon. У цих контролерах для кожної з таблиць використовувалася спеціальна нумерація. Наприклад, першому регістру введення відповідав номер комірки 30001, а першому регістру зберігання – 40001. Таким чином, регістру зберігання з адресою 107 в команді Modbus відповідав регістр № 40108 контролера. Хоча така відповідність адрес більше не є частиною стандарту, деякі програмні пакети можуть автоматично «коригувати» вводяться користувачем адреси, наприклад, віднімаючи 40001 з адреси регістра зберігання.

Читання даних

Для читання значень з перерахованих вище таблиць даних використовуються функції з кодами 1-4 (шістнадцяткові значення 0x01-0x04):

- 1 (0x01) – читання значень з декількох регістрів прапорів (Read Coil Status).
- 2 (0x02) – читання значень з декількох дискретних входів (Read Discrete Inputs).
- 3 (0x03) – читання значень з декількох регістрів зберігання (Read Holding Registers).
- 4 (0x04) – читання значень з декількох регістрів введення (Read Input Registers).

Запит складається із адреси першого елемента таблиці, яку потрібно прочитати, і кількості зчитувальних елементів. Адреса та кількість даних задаються 16-бітними числами, старший байт кожного з них передається першим.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

У відповіді передаються запитані дані. Кількість байт даних залежить від кількості замовлених елементів. Перед даними передається один байт, значення якого дорівнює кількості байт даних.

Значення регістрів зберігання і регістрів введення передаються починаючи із зазначеної адреси, по два байти на регістр, старший байт кожного регістру передається першим.

байт 1	байт 2	байт 3	байт 4	...	байт N-1	байт N
$R_{A,1}$	$R_{A,0}$	$R_{A+1,1}$	$R_{A+1,0}$	...	$R_{A+Q-1,1}$	$R_{A+Q-1,0}$

Рисунок 4.7 – Значення регістрів зберігання і регістрів введення

Значення прапорів і дискретних входів передаються в упакованому вигляді: по одному біту на прапор. Одиниця означає включений стан, нуль – вимкнений. Значення запитаних прапорів заповнюють спочатку перший байт, починаючи з молодшого біта, потім наступні байти, також від молодшого біта до старших. Молодший біт першого байта даних містить значення прапора, зазначеного в полі «адреса». Якщо запитано кількість прапорів, не кратну восьми, то значення додаткового біта заповнюються нулями.

байт 1								...	байт N					
F_{A+7}	F_{A+6}	F_{A+5}	F_{A+4}	F_{A+3}	F_{A+2}	F_{A+1}	F_A	...	0	...	0	F_{A+Q-1}	F_{A+Q-2}	...

Рисунок 4.8 – Значення прапорів і дискретних входів

Запис одного значення:

- 5 (0x05) – запис значення одного прапора (Force Single Coil).
- 6 (0x06) – запис значення в один регістр зберігання (Preset Single Register).

Команда складається з адреси елемента (2 байти) і встановлюваного значення (2 байти). Для регістру зберігання значення є просто 16-бітним словом.

Для прапорів значення 0xFF00 означає включений стан, 0x0000 – вимкнений, інші значення неприпустимі.

Якщо команда виконана успішно, ведене пристрій повертає копію запиту.

Запис декількох значень:

– 15 (0x0F) – запис значень в кілька регістрів прапорів (Force Multiple Coils).

– 16 (0x10) – запис значень в кілька регістрів зберігання (Preset Multiple Registers).

Команда складається з адреси елемента, кількості змінюваних елементів, кількості переданих байт встановлюваних значень і самих встановлюваних значень. Дані упаковуються так само, як в командах читання даних.

Відповідь складається з початкової адреси і кількості змінених елементів.

Нижче наведено приклад команди ведучого пристрою і відповіді веденого (для Modbus RTU).

Напрямок передачі	00 Адреса підлеглого пристрою	01 Номер функції	02 Адреса ст. байт	03 Адреса мол. байт	04 Кількість прапорів ст. байт	05 Кількість прапорів мол. байт	06 Кількість байт даних	07 Дані (значення для прапорів біти 0-7)	08 Дані (значення для прапорів біти 8-15)	09 CRC мол. байт	0A CRC ст. байт
Master → Slave	0x01	0x0F	0x00	0x13	0x00	0x0A	0x02	0xCD	0x01	0x72	0xCB

Рисунок 4.9 – Приклад команди ведучого пристрою

Slave → Master	Напрямок передачі
0x01	00 адреса підлеглого пристрою
0x0F	01 номер функції
0x00	02 Адреса ст. байт
0x13	03 Адреса мл. байт
0x00	04 Кількість прапорів ст. байт
0x0A	05 Кількість прапорів мл. байт
0x24	05 CRC мл. байт
0x09	06 CRC ст. байт

Рисунок 4.10 – Приклад відповіді веденого пристрою

Контроль помилок у протоколі Modbus RTU

Під час обміну даними можуть виникати помилки двох типів:

- Помилки, пов'язані з спотвореннями при передачі даних.
- Логічні помилки.

Помилки першого типу виявляються за допомогою фреймів символів, контролю парності і циклічної контрольної суми CRC-16-IBM (використовується число-поліном = 0xA001). При цьому молодший байт передається першим, на відміну від байтів адреси і значення регістра в PDU

RTU фрейм

У RTU режимі повідомлення має починатися і закінчуватися інтервалом тиші – часом передачі не менше 3.5 символів при даній швидкості в мережі. Першим полем потім передається адреса пристрою.

Слідом за останнім переданим символом також слід інтервал тиші тривалістю не менше 3.5 символів. Нове повідомлення може починатися після цього інтервалу.

Фрейм повідомлення передається безперервно. Якщо інтервал тиші тривалістю 1.5 виник під час передачі фрейму, приймаючий пристрій повинен ігнорувати цей фрейм як неповний.

Таким чином, нове повідомлення повинно починатися не раніше 3.5 інтервалу, так як в цьому випадку встановлюється помилка.

Трохи про інтервали (мова йде про Serial Modbus RTU): при швидкості 9600 і 11 бітах в кадрі (стартовий біт + 8 біт даних + біт контролю парності + стоп-біт): $3.5 * 11 / 9600 = 0,00401041$ (6), тобто більше 4 мс; $1.5 * 11 / 9600 = 0,00171875$, тобто більше 1 мс. Для швидкостей більше 19200 бод допускається використовувати інтервали 1,75 і 0,75 мс відповідно.

Логічні помилки

Для повідомлень про помилки другого типу протокол Modbus RTU передбачає, що пристрої можуть відсилати відповіді, що свідчать про помилкову ситуації. Ознакою того, що відповідь містить повідомлення про помилку, є встановлений старший біт коду команди. Приклад кадру при виявленні помилки веденим пристроєм, у відповідь на запит наведено на рисунку 4.11.

1. Якщо Slave приймає коректний запит і може його нормально обробити, то повертає стандартний відповідь.
2. Якщо Slave не приймає будь-якого значення, ніякої відповіді не відправляється. Master діагностує помилку по тайм-ауту.
3. Якщо Slave приймає запит, але виявляє помилку (parity, LRC, or CRC), ніякої відповіді не відправляється. Master діагностує помилку по тайм-ауту.
4. Якщо Slave приймає запит, але не може його обробити (звернення до неіснуючого регістру і т. д.), відправляється відповідь містить у собі дані про помилку.

Напрямок передачі	Адреса підлеглого пристрою	Номер функції	Дані (або код помилки)	CRC
Запит (Master → Slave)	0x01	0x77	0xDD	0xC7 0xA9
Відповідь (Slave → Master)	0x01	0xF7	0xEE	0xE6 0x7C

Рисунок 4.11 – Кадр відповіді (Slave → Master) при виникненні помилки modbus RTU

Стандартні коди помилок:

– 01 – Прийнятий код функції не може бути опрацьований на підпорядкованому.

– 02 – Адреса даних, вказаний у запиті, не доступний даному підлеглому.

– 03 – Величина, що міститься в полі даних запиту, є неприпустимою величиною для підлеглого.

– 04 – Невідновлювальна помилка мала місце, поки підлеглий намагався виконати затребувану дію.

– 05 – Підлеглий прийняв запит і обробляє його, але це вимагає багато часу. Ця відповідь оберігає головного від генерації помилки тайм-ауту.

– 06 – Підлеглий зайнятий обробкою команди. Головний повинен повторити повідомлення пізніше, коли підлеглий звільниться.

– 07 – Підлеглий не може виконати програмну функцію, прийняту в запиті. Цей код повертається для невдалого програмного запиту, що використовує функції з номерами 13 або 14. Головний повинен запросити діагностичну інформацію або інформацію про помилки з підлеглого.

– 08 – Підлеглий намагається читати розширену пам'ять, але виявив помилку паритету. Головний може повторити запит, але звичайно в таких випадках потрібний ремонт.

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Дані у програмному забезпеченні я захищаю за допомогою MISTY1. MISTY1 – блоковий алгоритм шифрування, створений для компанії Mitsubishi Electric криптологом Міцурю Мацуї. Назва є аббревіатурою Mitsubishi Improved Security Technology. Алгоритм був розроблений в 1995-1996 рр. Відомі також дві модифікації алгоритму MISTY1: MISTY2 і KASUMI

Шифр став переможцем на Європейському конкурсі NESSIE. У результаті аналізу алгоритму експерти зробили вивід, що ніяких серйозних уразливостей даний алгоритм не має (переважно, завдяки вкладеним мережам Фейстеля, що суттєво утрудняє криптоаналіз). У нього високий запас криптостійкості, алгоритм має високу швидкість шифрування й досить ефективний для апаратної реалізації.

Алгоритм був розроблений на основі теорії «підтвердженої безпеки» проти диференціального й лінійного криптоаналізу. Цей алгоритм був спроектований, щоб протистояти криптоатакам, відомим на момент створення.

З моменту публікації MISTY1 було проведено багато досліджень, щоб оцінити його рівень безпеки.

Диференціальний і неможливий диференціальний криптоаналіз високого порядку ефективно застосовується до блокових шифрів з малим ступенем. Найкращі результати для обох варіантів були отримані для 5-рівневого алгоритму MISTY1 без FL функцій.

Саме FL функції й широкобітні AND/OR операції в сильно утрудняють використання диференціального криптоаналізу, що не заважає проведенню в цьому напрямку всі нових досліджень і досягненню усе більш близьких до розв'язку результатів.

Параметри вихідних даних

MISTY1 – це шифр на основі вкладених мереж Фейстеля з вар'юємим числом раундів. Рекомендоване використання 8-раундової версії, але може

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

використовуватися будь-яка кількість раундів, кратне 4-м. Розмір блоку вихідного тексту – 64 біта, розмір ключа – 128 біт.

Для роботи алгоритму також попередньо виконується процедура розширення ключа, яка для 8-мі раундів обчислює 1216 бітів ключової інформації з 128-бітного ключа шифрування.

Структура алгоритму

Для задоволення вимогам конкурсу NESSIE, а також для задоволення завдання мультиплатформеності, в алгоритмі MISTY1 використовувалися наступні методи шифрування:

- Логічні операції.
- Арифметичні операції.
- Операції зрушення.
- Таблиці перестановок.

Як говорилося вище, алгоритм MISTY1 заснований на «вкладених» мережах Фейстеля. Спочатку блок вихідного тексту розбивається на два 32-бітних субблоки, після чого виконується g раундів наступних перетворень[1]:

- У кожному непарному раунді обоє субблоки обробляються операцією FL
- Над обробленим субблоком виконується операція FO.
- Результат цих операцій накладається логічною операцією «, що виключає або» (XOR) на неопрацьований субблок.
- Субблоки міняються місцями. Після заключного раунду обоє субблоки ще раз обробляються операцією FL.

Операція FL

Оброблюваний 32-бітний субблок розбивається на два 16-бітних фрагмента, до яких застосовуються операції, де:

- L і R – вхідні значення лівого й правого фрагментів відповідно;
- L' і R' – вихідні значення;

– i – фрагменти j -го підключа i -го раунду для функції FL (процедура розширення ключа докладно описана далі);

– i – побітові логічні операції «і» і «або» відповідно.

Операція FO

Саме ця функція є вкладеною мережею Фейстеля. Тут, як і раніше, виконується розбивка вхідного значення на два 16-бітних фрагмента, що проходять 3 раунду наступних перетворень:

- На лівий фрагмент операцією XOR накладається фрагмент ключа, де k – номер раунду функції FO.
- Лівий фрагмент обробляється операцією FI.
- На лівий фрагмент накладається операцією XOR значення правого фрагмента.

– Фрагменти міняються місцями.

Після третього раунду операції FO на лівий фрагмент накладається операцією XOR додатковий фрагмент ключа.

Операція FI

Дана операція також представляє собою третій рівень вкладеності мережі Фейстеля. На відміну від двох верхніх рівнів, дана мережа є незбалансованою: оброблюваний 16-бітний фрагмент ділиться на дві частини: 9-бітну ліву й 7-бітну праву. Потім виконуються 3 раунду перетворень, що впливають:

– Ліва частина зазнає обробці S-box. 9-бітна частина (в 1-м і 3-м раундах) обробляється таблицею S9, а 7-бітна (в 2-м раунді) – таблицею S7. Дані таблиці описані нижче.

– На ліву частину операцією XOR накладається поточне значення правої частини. При цьому, якщо праворуч 7-бітна частина, вона доповнюється нулями ліворуч, а в 9-бітної частини віддаляються ліворуч два біти.

– У другому раунді на ліву частину операцією XOR накладається фрагмент ключа раунду, а на праву – фрагмент. В інших раундах ці дії не виконуються.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

- Ліва й права частини міняються місцями.

Для оптимального розв'язку завдання мультиплатформеності, таблиці S7 і S9 алгоритму MISTY1 можуть бути реалізовані як за допомогою обчислень, так і безпосередньо таблицями.

Розширення ключа

Для 8 раундів алгоритму результатом процедури розширення ключа буде наступний набір ключових значень:

- 20 фрагментів ключа (), кожний з яких має розмір по 16 бітів;
- 32 16-бітних фрагмента ();
- 24 7-бітних фрагмента (при $k=4$, тобто в 4-м раунді функції FO, операція FI не виконується);
- 24 9-бітних фрагмента.

Виконується дане обчислення в такий спосіб:

- 128-бітний ключ ділиться на 8 фрагментів ... по 16 бітів кожний.
- Формуються значення: у якості використовується результат обробки значення функцією FI, яка в якості ключа (тобто сукупності необхідних 7- і 9-бітних фрагментів) використовує значення (якщо індекс n фрагмента ключа перевищує 8, то замість нього використовується індекс $n-8$).

Необхідні фрагменти розширеного ключа «набираються» у міру виконання перетворень із відповідних масивів і згідно з відповідними таблицями 16-бітний фрагмент ділиться на 7-бітний фрагмент і 9-бітний .

Розшифрування

Розшифрування проводиться виконанням тих же операцій, що й при зашифруванні, але з наступними змінами:

- фрагменти розширеного ключа використовуються у зворотній послідовності,
- замість операції FL використовується зворотна їй операція – FLI.

Схеми виконання функції FLI і процедури розшифрування наведено на малюнках 6 і 7 відповідно:

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Методи аналізу

Як говорилося на початку розділу, диференціальний і неможливий диференціальний аналізи виявилися ефективні лише до версій шифру з меншою кількістю раундів і без операції FL [2][3]. Проте, на даний момент цей напрямок аналізу, особливе використання слабких ключів, найбільше перспективно, тому що наближене до реальних можливих допущень при використанні алгоритму.

Так само, ученим з Японії був проведений інтегральний аналіз повного алгоритму, використовуючи відкритих текстів зі складністю обчислення, рівної [4].

Лінійний аналіз дав результати тільки для 7-раундової версії шифру, і також без операції FL[5].

Так як MISTY1 створювався, у тому числі, з розрахунку на апаратну реалізацію, має сенс диференціальний аналіз, заснований на використанні атаки по помилках обчислень, що в цьому випадку наближене до реальності.

Висновок

Таким чином, була докладно описана структура алгоритму шифрування MISTY1 і розглянуті методи його аналізу, найбільш прагматичні напрямки дослідження. Далі має бути створення програмної реалізації для більш детального розгляду алгоритму й набір статистичних даних для повного дослідження й пошуку оптимального підходу до аналізу MISTY1.

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

На рисунку 5.1 зображено головне вікно програми. З нього видно, що інтерфейс користувача програми складається з таких логічних блоків:

- Блок меню.
- Блок вибору системою, якою потрібно керувати.
- Блок керування елементами обраної системи.

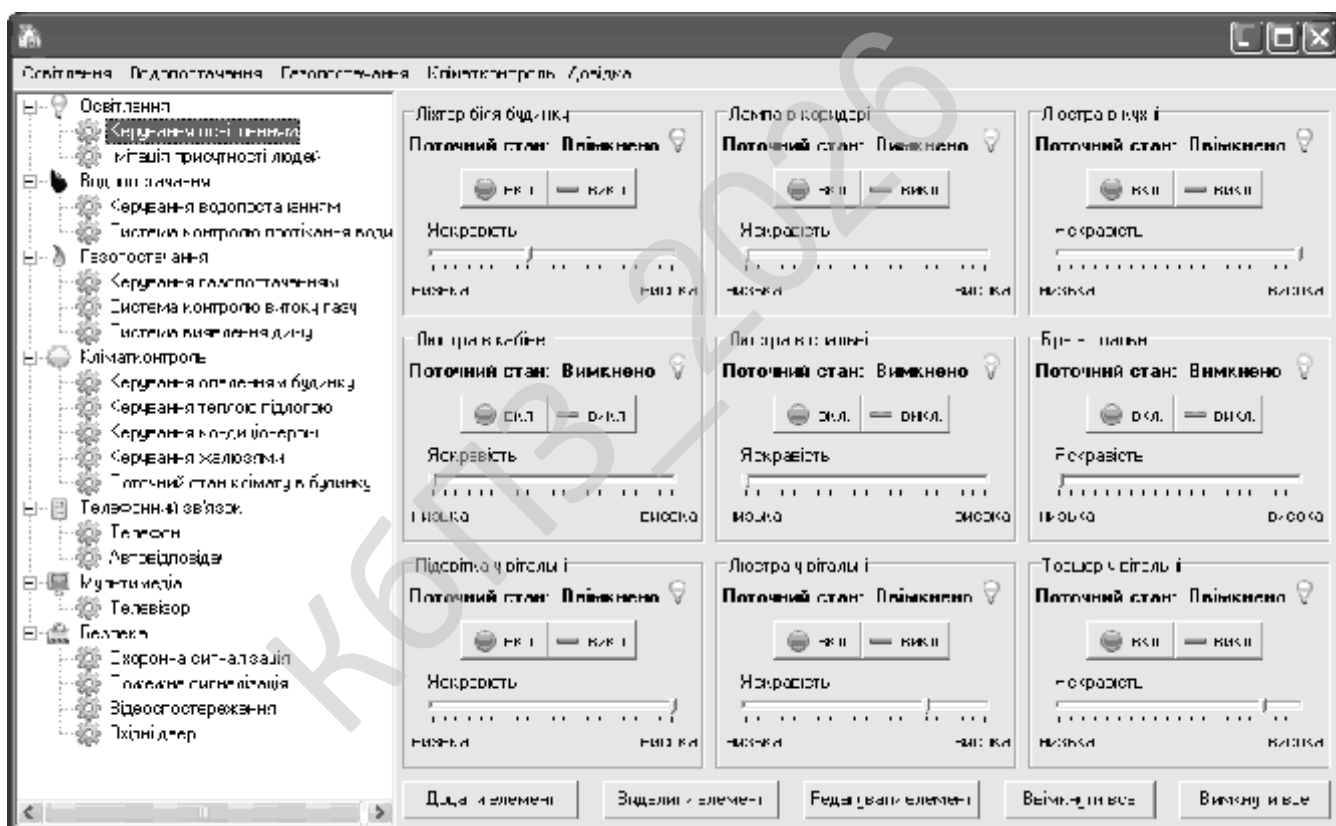


Рисунок 5.1 – Головне вікно програми

Блок меню складається з наступних елементів:

- Освітлення.
- Водопостачання.

- Газопостачання.
- Клімат-контроль.
- Телефон.
- Мультимедіа.
- Безпека.
- Параметри.
- Довідка.

У інших блоках деталізуються та візуалізуються елементи управління тим, або іншим приладом, або системою.

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

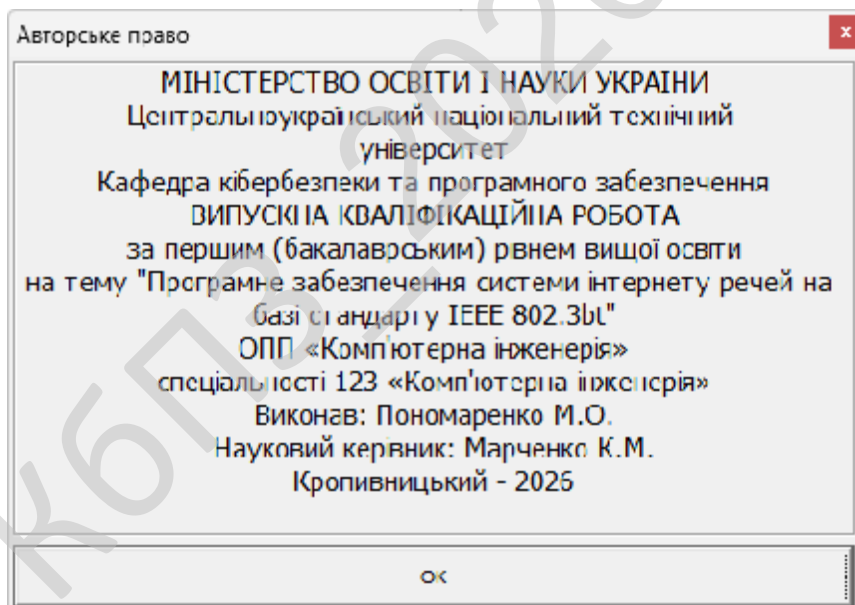


Рисунок 5.2 – Авторське право

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

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

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.
- Досліджена система інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt.

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.

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 призначені для системи інтернету речей на базі стандарту IEEE 802.3bt. 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

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

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 MISTY1.

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.

К6ПЗ-2026

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Jack Ganssle and Michael Barr. 2003. Embedded Systems Dictionary. CMP Books.
2. Технології інтернету речей. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,5 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с.
3. Greg Dunko, Joydeep Misra, Josh Robertson, Tom Snyder “A reference guide to the Internet of Things” / 2017 Bridgera LLC, RIoT.
4. Donald Norris “Programming with STM32. Getting started with the Nucleo Board and C/C++” 416 p. 2018.
5. Neil Kolban “Kolban’s book on ESP32”. Texas, USA. 951 p.
6. Вінтенко Б.Ю., Миронець І.В., Смірнов О.А. «Модель комп’ютерно-орієнтованої процедури системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *IV Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій (ІПШРІТ-2025)»* м.Черкаси 25 листопада 2025 року – Черкаси: ЧДТУ.– 2025. – С.101-103.
7. Kuznetsov O., Frontoni E., Kuznetsova Y., Chevardin V., Smirnov O. «Architectural foundations for adaptive security in edge computing systems». *Cybersecurity Defensive Walls in Edge Computing*, 2025. pp. 21-61.
8. Вінтенко, Б.Ю., Миронець, І.В., Смірнов, О.А., Коваленко, О.В., Усік, П.С., Буравченко, К.О., Лисенко, І.А. «Логіко-структурна модель комп’ютерно-орієнтованої процедури системи підтримки оперативного персоналу АЕС». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 2 № 30. С. 413-427, 2025.
9. Смірнова, Т.В. «Дослідження методів, моделей та сучасних ІТ-рішень для підтримки технологічних процесів у критичній інфраструктурі держави». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2025. Том 2 № 30. С.195-208, 2025.

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

10. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kuznetsova, K., Arnesano, M., Smirnov, O. «A secure biometric authentication architecture for blockchain-driven cyber-physical 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 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., Yenchев, 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 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 IEC60880 та IEC62138 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 користувацького 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

					ВКРБ-123.26.0015.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»*, № 2 (307). С. 46-52. 2022.

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.

52. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.

53. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «Дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G» у *Кібербезпека та інформаційні технології: монографія.* – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.

54. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* № 2(33). с. 161-172, 2019.

55. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп'ютерних систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.

56. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kuznetsova., K. Synthesis of Discrete Signals with Improved Correlation Properties. Монографія: In.: ISCI'2019: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov, ASC Academic Publishing, USA, 2019, pp. 281-299. – ISBN: 978-0-9989826-8-7 (Hardback), ISBN: 978-0-9989826-9-4 (Ebook).