

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 інтелектуального дому з
використанням стандарту IEEE 802.3bt”

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КІ-22-1
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Семененко Д.О.
«___» _____ 2026 р.

Керівник проекту
доктор технічних наук, професор
_____ Коваленко О.В.
«___» _____ 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

Семененку Денису Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Програмне забезпечення системи інтелектуального
дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt*

2. Керівник роботи *Коваленко Олександр Володимирович, докт. техн. наук,
професор*

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 133-02 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 інтелектуального дому з використанням
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

Коваленко О.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 27 » лютого 2026 р.

Підпис здобувача

Семененко Д.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Семененко Д.О. Програмне забезпечення системи інтелектуального дому з використанням 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 інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.

Метою розробки є програмне забезпечення системи інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.

Результат роботи – програмна реалізація системи інтелектуального дому з використанням 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, інтелектуальний дім, IEEE 802.3bt

ABSTRACT

Semenenko D.O. Software for a smart home system using 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 a smart home system using the IEEE 802.3bt standard.

The purpose of the development is software for a smart home system using the IEEE 802.3bt standard.

The result of the work is software implementation of a smart home system using 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 a PC with Windows 10/11.

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

Keywords: computer engineering, smart home, 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.....	15
2.3 Розгорнута постановка завдання	17
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	19
3.1 Опис функціонування системи	19
3.2 Розробка структурної схеми.....	24
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	52
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ			
Вим	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Програмне забезпечення системи інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
<i>Розроб.</i>	Семененко Д.О.					Б	1	64
<i>Перев.</i>	Коваленко О.В.							
<i>Н.контр.</i>	Коваленко А.С.					ЦНТУ КІ-22-1		
<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

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному комерційному середовищі фізичні та цифрові ризики нероздільні. Оскільки будівлі стають розумнішими, системи, що керують доступом, відеоспостереженням, освітленням, ліфтами та системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВК), все частіше підключаються до мережі, що розширює потенційну поверхню атаки. Загрози більше не обмежуються лише проникненням у приміщення. Вони включають порушення роботи, вимагання та незаконне використання даних. Зловмисники можуть націлитися на системи управління будівлями (BMS), включаючи ліфти, освітлення та ОВК, щоб утримувати фізичне середовище будівлі в заручниках або використовувати його для отримання доступу до корпоративної мережі.

Поєднуючи живлення та передачу даних через єдину централізовано керовану мережу Ethernet, живлення через Ethernet (PoE) відіграє вирішальну роль у посиленні безпеки в інтелектуальних будівлях. PoE не лише спрощує встановлення, але й допомагає знизити витрати та підвищити надійність захисту торгових приміщень, офісів та інших комерційних приміщень.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є програмне забезпечення системи інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.

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

- Огляд існуючих систем інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.
- Дослідження системи інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.
- Програмна реалізація системи інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.

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

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.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-123.26.0026.00.00.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;
- одержання оперативної інформації про стан і параметри встаткування інженерних систем;

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

- організація автоматизованого технічного обліку енергоресурсів;
- забезпечення оперативної взаємодії експлуатаційних служб, планування – проведення профілактичних і ремонтних робіт інженерних систем;
- підвищення надійності, безпеки, і якості функціонування встаткування інженерних систем;
- реєстрація й створення архіву технологічних процесів інженерних систем і дій експлуатаційних служб;
- 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":

- постажні 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-123.26.0026.00.00.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-123.26.0026.00.00.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 інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.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 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.

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

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

найцікавіший захоплюючий процес, що доставляє максимум комфорту й задоволення, і він настільки простий, що його швидко освоїть навіть дитина.

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. 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.

Всі завдання, пов'язані з керуванням домашньою технікою, можна перекласти на мікропроцесорний контролер (або кілька контролерів).

Розумний будинок може бути обладнаний і системою відеоспостереження. Відомо, що вдома частіше піддаються злому під час відсутності хазяїв. Тому, їдучи, ви можете дати системі завдання створювати ефект присутності хазяїв. У кімнатах буде включатися й вимикатися світло, жалюзі на вікнах стануть відкриватися й закриватися. Навіть найближчі сусіди не догадаються, що в будинку нікого немає. Ще одна зручна функція, що реалізується в усіх без

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

винятку системах «розумний будинок», умовно називається «Виключити все». Ідучи останнім, ви натискаєте кнопку «Нікого немає будинку», і у всьому будинку відключаються світильники й всі розетки, у яких, можливо, залишилася включена праска. Одночасно перекривається трубоподача газу, холодної й гарячої води, система опалення починає працювати в економічному режимі, зовнішній і внутрішній контури системи сигналізації ставляться на охорону.

Smarthome Manager Essential

Smarthome Manager Essential працює під керуванням операційних систем Microsoft Windows.

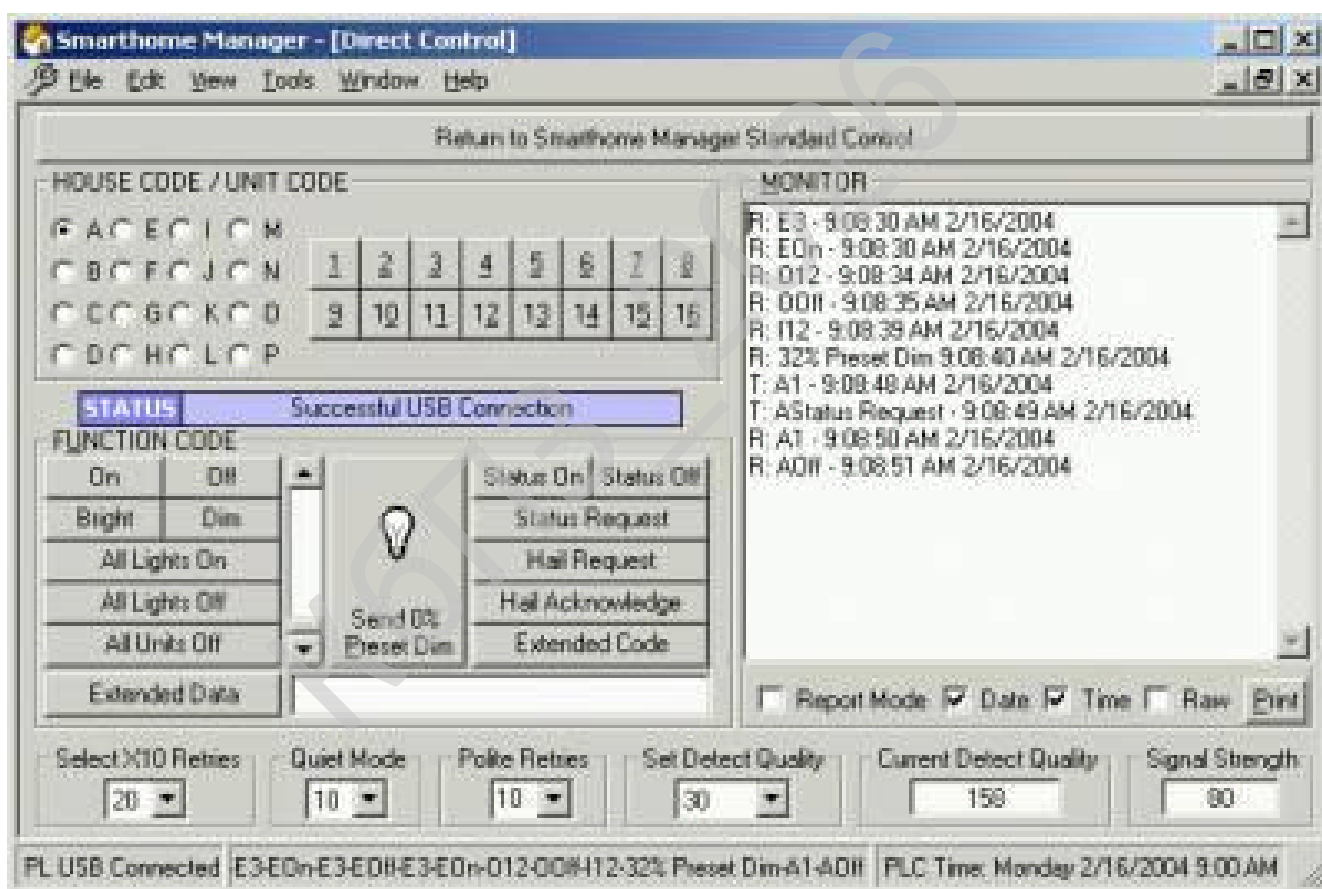


Рисунок 2.1 – Інтерфейс користувача Smarthome Manager

Ця програма поставляється в комплекті з Smarthome PowerLine 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 PowerLine 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 повної версії. Після запуску Smarthome Manager відкривається вікно з інтерфейсом, схожим на Windows Explorer (Провідник) із чотирма об'єктами:

- Locations (Місце розташування).
- All Devices (Всі пристрої).
- Event Triggered Action (Дії, ініційовані подіями).
- Time Triggered Action (Дії, виконувані за часом).

Роль Phihong у розвитку рішень IEEE 802.3bt PoE++

Phihong відіграє ключову роль у просуванні розвитку технології PoE. Як єдиний виробник блоків живлення, який активно бере участь у роботі комітетів IEEE PoE та постійно робить внесок у майбутні обговорення стандартів IEEE PoE, Phihong знаходиться на передовій інновацій у цій галузі. Тому, вирішуючи, який продукт PoE підходить для вашого бізнесу, важливо визнати провідну позицію Phihong у галузі PoE.

Розробка інноваційних продуктів

Компанія Phihong постійно розробляє нові продукти PoE++, які відповідають мінливим потребам ринку. Ці продукти включають інжектори PoE++, медіаконвертери та розгалужувачі, кожен з яких пропонує унікальні функції та переваги. Інжектори Phihong PoE++ можуть похвалитися середньою ефективністю понад 88%, що відповідає вимогам рівня VI Міністерства енергетики США (DoE). Крім того, Phihong готує багато своїх продуктів PoE до

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

майбутнього, щоб вони відповідали майбутнім вимогам DoE рівня VII, демонструючи проактивний підхід Phihong до виробництва.

Співпраця з галуззю

Phihong співпрацює з галузевими організаціями та органами стандартизації для розвитку технології PoE та забезпечення сумісності. Ця співпраця гарантує, що продукція Phihong відповідає найвищим стандартам якості та продуктивності.

Перевірена довговічність

Окрім високої ефективності, продукти Phihong PoE випробувані на роботу під повним навантаженням при температурі 40°C протягом одного року та при 25°C протягом трьох років, що підкреслює їхню надійність та довговічність.

Завершуючи наше дослідження технології PoE, стає очевидним, як ці інновації оптимізують інтеграцію живлення та даних у різних галузях промисловості. Phihong USA стоїть на передовій цього технологічного прогресу, пропонуючи широкий спектр рішень для живлення, розроблених для задоволення потреб сучасних галузей промисловості, що постійно змінюються.

Широкий асортимент продукції Phihong USA включає:

- Рішення Power over Ethernet (PoE): Забезпечення надійної передачі живлення та даних по одному кабелю, ідеально підходить для спрощення встановлення мережі та зниження витрат.

- Адаптери змінного/постійного струму та блоки живлення: від компактних адаптерів до промислових блоків живлення, Phihong пропонує рішення, що забезпечують ефективність та надійність у різних застосуваннях.

- Зарядні пристрої для акумуляторів: Налаштовувані зарядні пристрої для літій-іонних та свинцево-кислотних акумуляторів, що підтримують широкий спектр потреб у потужності для мобільних пристроїв та промислового застосування.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

– Медичні джерела живлення: спеціалізовані рішення для живлення, розроблені з урахуванням суворих вимог галузі охорони здоров'я, що забезпечують безпеку та надійність.

Компанія Phihong USA прагне інновацій та досконалості, постійно розробляючи продукти, що відповідають найвищим стандартам продуктивності та надійності. Їхній глобальний охоплення та відданість підтримці клієнтів роблять їх надійним партнером у забезпеченні майбутнього.

Ось кілька корисних посилань для подальшого ознайомлення з пропозиціями Phihong USA та залучення нових потенційних клієнтів:

- Рішення для живлення через Ethernet.
- Адаптери змінного/постійного струму.
- Зарядні пристрої для акумуляторів.
- Медичні блоки живлення.

Відвідайте Phihong USA, щоб дізнатися, як їхні передові рішення з енергопостачання можуть задовольнити потреби вашого бізнесу. Незалежно від того, чи ви хочете модернізувати свою мережу, чи знайти надійні джерела живлення, Phihong USA забезпечить вас.

Обираючи Phihong USA, ви співпрацюєте з лідером у галузі енергетичних технологій, забезпечуючи безперебійну та ефективну роботу вашої компанії завдяки першокласним енергетичним рішенням.

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

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

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. Результируючі 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.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

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 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 інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.

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

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

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 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-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Технологія живлення через Ethernet (PoE) значно розвинулася протягом багатьох років, і стандарт IEEE 802.3bt, також відомий як PoE++, став важливим кроком уперед. Цей стандарт розширює можливості подачі живлення та підтримує ширший спектр мережевих пристроїв, що робить його ключовим компонентом сучасних мережевих інфраструктур. Цей вичерпний посібник заглиблюється у стандарт IEEE 802.3bt PoE++, пояснюючи його можливості, переваги та застосування для розгортання передових мереж.

Що таке стандарт IEEE 802.3bt?

Стандарт IEEE 802.3bt, представлений у 2018 році, знаменує собою значний прогрес у технології живлення через Ethernet (PoE), значно підвищуючи потужність кабелів Ethernet. Цей інноваційний стандарт, який зазвичай називають PoE++, дозволяє передавати до 60 Вт (тип 3) та вражаючі 90 Вт (тип 4) потужності через стандартні мережеві кабелі. Ця функція відкриває нові можливості для живлення ширшого спектру пристроїв, включаючи ті, що потребують більшого енергоспоживання, такі як камери високої чіткості, бездротові точки доступу та передові пристрої Інтернету речей. Як результат, стандарт IEEE 802.3bt не лише розширює застосування технології PoE, але й сприяє інтеграції енергоємних пристроїв у різних галузях промисловості, сприяючи більшій гнучкості та ефективності проектування та впровадження мереж.

Переваги та особливості стандарту IEEE 802.3bt PoE++

Стандарт IEEE 802.3bt PoE++ пропонує кілька ключових функцій та переваг, які розширюють його можливості та застосування в сучасних мережах.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Вища потужність

Однією з найважливіших особливостей стандарту IEEE 802.3bt є його здатність передавати до 90 Вт живлення через кабелі Ethernet. Ця збільшена потужність підтримує ширший спектр пристроїв і застосувань, включаючи високопродуктивні бездротові точки доступу (WAP), PTZ-камери та цифрові вивіски, що дозволяє організаціям розгортати більші пристрої без потреби в додаткових джерелах живлення.

Чотирипарне живлення

Стандарт IEEE 802.3bt використовує всі чотири пари проводів у кабелі Ethernet для подачі живлення, підвищуючи ефективність та зменшуючи втрати потужності. Цей метод, відомий як чотирипарна подача живлення (4PPoE), дозволяє подавати вищі рівні потужності (до 60 Вт або більше) на такі пристрої, як точки доступу та камери, забезпечуючи надійнішу та стабільнішу передачу живлення, одночасно покращуючи продуктивність підключених пристроїв та зменшуючи час простою. Така гнучкість покращує встановлення мережі.

Зворотна сумісність

Стандарт IEEE 802.3bt розроблений для повної сумісності з попередніми стандартами PoE, зокрема IEEE 802.3af та 802.3at. Ця зворотна сумісність гарантує, що організації можуть безперешкодно оновлювати свою мережеву інфраструктуру без необхідності заміни існуючих пристроїв PoE. Це забезпечує більшу гнучкість у проектуванні мережі та можливість інтеграції новіших технологій, зберігаючи при цьому підтримку застарілих систем.

Спрощена мережева інфраструктура

Забезпечуючи передачу живлення та даних по одному кабелю, IEEE 802.3bt спрощує мережеву інфраструктуру. Це зменшує складність та вартість встановлення та обслуговування, що спрощує розгортання та керування мережевими пристроями.

Найпопулярніші сфери застосування IEEE 802.3bt PoE++

Стандарт IEEE 802.3bt підтримує широкий спектр застосувань, що робить

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

його універсальним рішенням для різних мережевих середовищ.

Потужні IP-камери: IEEE 802.3bt забезпечує живлення IP-камер високої роздільної здатності, забезпечуючи такі розширені функції, як поворот, нахил та масштабування (PTZ) та нічне бачення. Це спрощує встановлення, усуваючи необхідність в окремих джерелах живлення.

Світлодіодне освітлення: Системи розумного світлодіодного освітлення використовують PoE++ для живлення та передачі даних, що дозволяє централізовано керувати та програмувати. Це підвищує енергоефективність та спрощує встановлення в комерційних приміщеннях.

Бездротові точки доступу: PoE++ підтримує ширший спектр бездротових точок доступу, забезпечуючи надійне з'єднання на великих площах. Це зменшує складність встановлення та усуває необхідність використання електричних розеток поблизу.

Цифрові вивіски: Цифрові дисплеї використовують технологію PoE++, яка забезпечує живлення та передачу даних через один кабель. Це спрощує встановлення та полегшує оновлення контенту, що робить їх ідеальними для роздрібною торгівлі та громадських приміщень.

Системи відеоконференцв'язку: PoE++ забезпечує живлення всіх компонентів систем відеоконференцв'язку, включаючи камери, динаміки та мікрофони. Це забезпечує надійну роботу та зменшує кількість кабелів.

POS-термінали: Роздрібні торгові середовища можуть використовувати PoE++ для живлення POS-систем, що спрощує встановлення та забезпечує гнучке розміщення терміналів без додаткових розеток.

Промислова автоматизація: PoE++ підтримує пристрої в промислових умовах, включаючи робототехніку та датчики, спрощуючи інфраструктуру, одночасно підвищуючи операційну ефективність та продуктивність.

Системи розумного дому: PoE++ дозволяє пристроям розумного дому отримувати живлення та взаємодіяти через одне з'єднання, що спрощує встановлення та підвищує надійність різних застосувань.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Найкращі практики розгортання IEEE 802.3bt PoE++

Розгортання IEEE 802.3bt PoE++ у вашій мережі вимагає ретельного планування та виконання для забезпечення оптимальної продуктивності та надійності.

Проведіть оцінку мережі

Перед розгортанням PoE++ проведіть ретельну оцінку мережі, щоб визначити вимоги до живлення, сумісність пристроїв та потенційні проблеми. Це допоможе у розробці надійної мережі PoE, яка відповідає потребам бізнесу.

Виберіть правильне обладнання

Вибір правильного обладнання PoE, включаючи комутатори, інжектори та кабелі, є вирішальним для успішного впровадження. Переконайтеся, що всі компоненти сумісні з вашими пристроями та підтримують стандарт IEEE 802.3bt.

Плануйте масштабованість

Проектуйте свою мережу PoE++ з урахуванням масштабованості. Враховуйте майбутні потреби розширення та оберіть обладнання, яке може вмістити додаткові пристрої та збільшити енергоспоживання.

Оптимізація проектування мережі

Плануйте схеми мережі, щоб максимізувати покриття та мінімізувати втрати потужності. Стратегічне проектування вашої мережі може допомогти забезпечити ефективне живлення та передачу даних, зменшуючи ризик проблем із продуктивністю.

Моніторинг продуктивності мережі

Регулярно контролюйте продуктивність мережі, щоб забезпечити її надійну роботу та виявити потенційні проблеми. Такий проактивний підхід допомагає підтримувати оптимальну функціональність та швидко вирішувати будь-які проблеми, що виникають.

Використовуйте високоякісне кабелювання

Інвестуйте у високоякісні кабелі Ethernet, щоб забезпечити надійне живлення та передачу даних. Високоякісне кабелювання мінімізує втрати сигналу

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

та підтримує цілісність мережі. Дотримуючись цих найкращих практик, ви можете ефективно розгорнути IEEE 802.3bt PoE++, забезпечуючи надійну та масштабовану мережу, яка відповідає вашим поточним та майбутнім потребам.

Порівняння з іншими стандартами PoE

Стандарт IEEE 802.3bt є одним із кількох стандартів PoE, кожен з яких має свої власні специфікації та варіанти використання. Порівняння IEEE 802.3bt з іншими стандартами PoE допомагає зрозуміти його унікальні переваги та обмеження.

IEEE 802.3af (PoE)

Стандарт IEEE 802.3af підтримує живлення до 15,4 Вт, що робить його придатним для багатьох мережевих пристроїв. Однак, він може не забезпечити достатньо потужності для більш вимогливих застосувань, таких як PTZ-камери та розширені бездротові точки доступу.

IEEE 802.3at (PoE+)

Стандарт IEEE 802.3at підтримує потужність до 25,5 Вт, що дозволяє використовувати більш енергоємні пристрої порівняно з IEEE 802.3af. Він підходить для застосувань, що потребують помірного рівня потужності, таких як розширені точки бездротового доступу та VoIP-телефони.

IEEE 802.3bt (PoE++)

Стандарт IEEE 802.3bt підтримує потужність до 60 Вт (тип 3) та 90 Вт (тип 4). Цей стандарт дозволяє розгортати ще потужніші пристрої та розширені програми, включаючи освітлення та промислову автоматизацію.

Майбутні тенденції в технології PoE

З розвитком технологій з'являються нові тенденції в PoE, які пропонують ще більший потенціал для сучасних мереж.

Вищі стандарти потужності

Новітні стандарти PoE, такі як IEEE 802.3bt (PoE++), підтримують вищі рівні потужності, що дозволяє використовувати потужніші пристрої та розширені програми.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Інтеграція штучного інтелекту та Інтернету речей

Інтеграція PoE з технологіями штучного інтелекту та Інтернету речей розширює можливості інтелектуальних мереж, забезпечуючи дані в режимі реального часу, прогнозу аналітику та автоматизоване керування.

Посилені заходи безпеки

Майбутні тенденції в PoE включають посилені заходи безпеки для захисту від кіберзагроз, забезпечення надійної та безпечної роботи мереж PoE.

3.2 Розробка структурної схеми

На рисунку 3.1 зображена узагальнена структурна схема системи управління домом.

Технологія PoE забезпечує передачу електроенергії та даних через один кабель Ethernet до архітектури системи інтелектуальної будівлі, включаючи:

- Мережева та комунікаційна інфраструктура.
- Датчики Інтернету речей (IoT).
- Аналіз даних.
- Системи управління та автоматизації.

Разом ці компоненти забезпечують моніторинг у режимі реального часу, ефективність роботи та покращують комфорт мешканців, а також підтримують сучасні вимоги безпеки. Технологія PoE також сприяє збору даних у режимі реального часу для підвищення енергоефективності, управління витратами та підвищення комфорту мешканців.

PoE спрощує розгортання та покращує безпеку будівлі з мінімальними перешкодами. Встановлення нових компонентів, таких як IP-камери та точки доступу, по суті здійснюється за принципом «підключи та працюй», без прокладання окремої електропроводки. Технологія еволюціонувала від IEEE 802.3af для пристроїв низької та середньої потужності, таких як VoIP-телефони та

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

статичні камери, до передових стандартів, таких як IEEE 802.3bt, для вищої потужності. Порівняно з традиційною проводкою, PoE усуває необхідність в окремих джерелах живлення, оптимізує інфраструктуру та зменшує безлад.

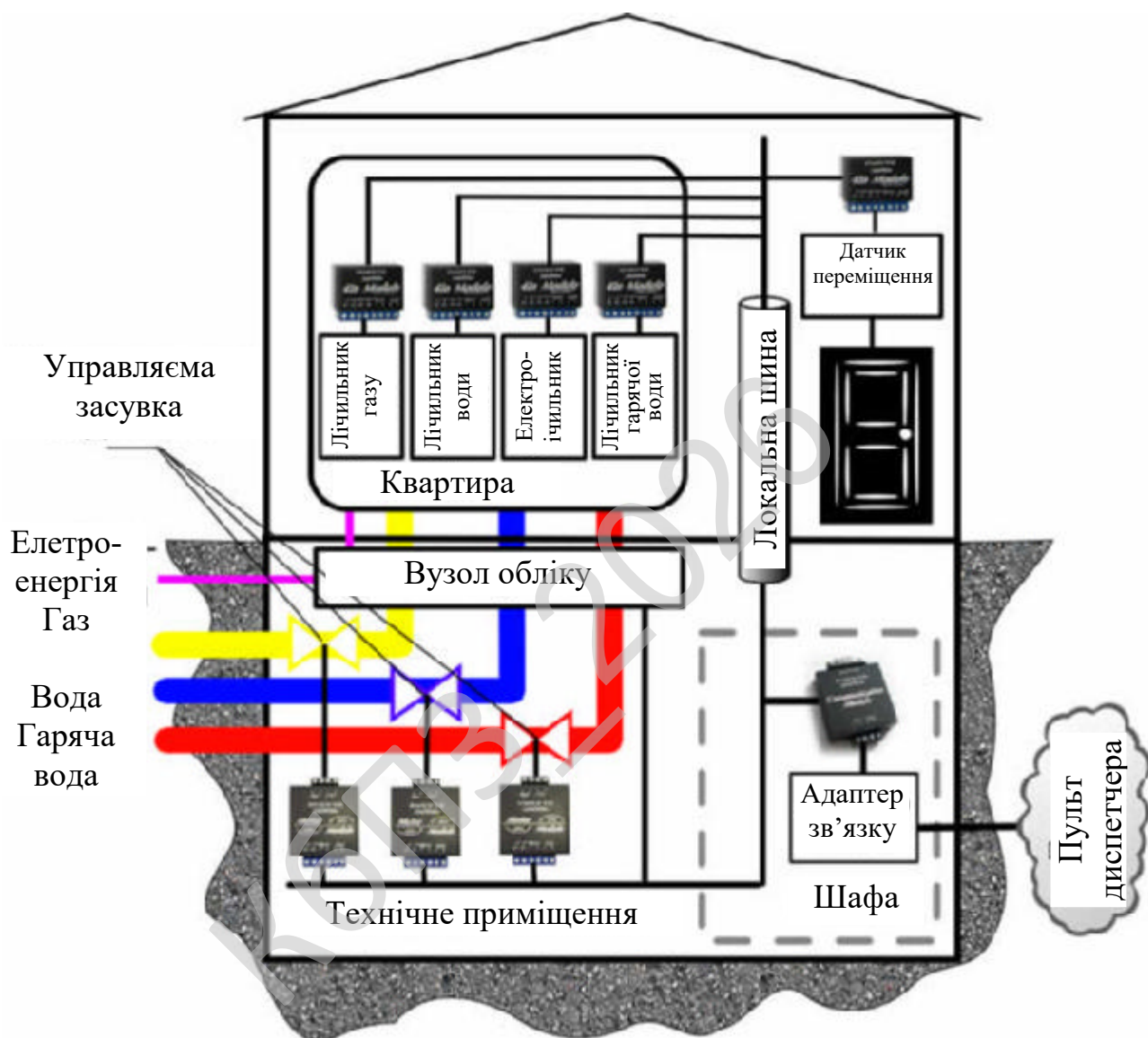


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Система складається з набору модулів IEEE 802.3bt, об'єднаних у єдину мережу по інтерфейсу RS-485 на основі крученої пари. Всі лічильники, датчики й виконавчі механізми підключаються до модулів системи IEEE 802.3bt по інтерфейсах типу сухий контакт, рахунковий і аналоговий входи, а також через релейні виходи модулів.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

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

Переваги PoE для безпеки розумних будівель

Спрощене встановлення пристроїв безпеки за принципом «підключи та працюй» без необхідності високовольтної проводки робить PoE ідеальним для комерційних приміщень. Додаткові переваги включають:

- Підвищена надійність: стабільні з'єднання, що забезпечуються технологією PoE, допомагають зменшити перебої та перешкоди, забезпечуючи безперервне спостереження.

- Масштабованість для зростаючих потреб безпеки: PoE легко інтегрується з Інтернетом речей для розумних будівель, підтримуючи контроль доступу, сигналізацію та датчики навколишнього середовища, що спрощує розширення та модернізацію систем у міру розвитку вимог.

- Економічна ефективність: Витрати на кабельні та сервісні послуги значно знижуються завдяки PoE. PoE також дозволяє жити та керувати кількома пристроями, такими як камери та датчики, з одного комутатора.

- Захист пристрою: Інтелектуальне керування живленням, що постачається з PoE, запобігає перевантаженням і підтримує віддалений моніторинг. Складні протоколи «підтвердження» виконують тест низької напруги, щоб визначити максимальне навантаження на пристрій на іншому кінці з'єднання, щоб запобігти його перевантаженню.

- Функції безпеки: На відміну від стандартної проводки змінного струму 110 В/220 В, PoE працює з номінальною напругою 48 В постійного струму. Це створює дуже низький ризик ураження електричним струмом для техніків, які працюють з кабелями.

Ці переваги роблять PoE ідеальною основою для розгортання інтелектуальних будівель, орієнтованих на безпеку.

Ключові компоненти мережі безпеки на основі PoE

Надійна мережа безпеки на основі PoE спирається на безшовну інтеграцію трьох фундаментальних компонентів.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Обладнання для джерел живлення (PSE)

PSE діє як центральний хаб. Це пристрій, який надсилає живлення та дані до компонентів. Прикладами є мережевий комутатор PoE або інжектор. Комутатор PoE може бути як некерованим, як стандартний подовжувач, так і керованим. Керовані комутатори PoE пропонують панель керування для моніторингу трафіку, визначення пріоритетів даних та дистанційного керування живленням окремих портів.

Пристрої з живленням (PD)

Пристрої безпеки (PD) – це обладнання безпеки, яке отримує живлення та дані. IP-камери безпеки, зчитувачі контролю доступу, датчики руху, дверні замки та VoIP-телефони – типові PD. Ці пристрої утворюють передову лінію фізичної безпеки розумної будівлі.

Ethernet-кабель

Середовище передачі, яке усуває необхідність окремої електричної проводки, – це кабелі Ethernet CAT5e, CAT6 або CAT6a.

Програмне забезпечення для управління мережею та аналітики безпеки об'єднує компоненти системи безпеки.

Кроки для впровадження PoE в розумній будівлі

Використання одного кабелю Ethernet для реалізації PoE робить процес встановлення системи безпеки загалом простішим, ніж у традиційній системі.

1. Оцінювання

Почніть з визначення вимог безпеки та зон покриття. Типові компоненти включають:

- PoE-камери.
- Комутатор або інжектор PoE (з мережевим відеореєстратором NVR).
- Ethernet-кабелі.

Визначте ключові зони, які потребують моніторингу, такі як входи, зони з високим рівнем руху та парковки, щоб визначити необхідну кількість камер. Зовнішні камери повинні бути захищеними від атмосферних впливів.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2. Дизайн

Для оптимального розміщення камери оберіть висоту, достатньо високу, щоб запобігти втручанню, але достатньо низьку, щоб зафіксувати деталі. Забезпечте сумісність з існуючою IT-інфраструктурою.

3. Встановлення

Перед постійним встановленням перевірте всі камери, кабелі та перемикачі на робочому столі, щоб переконатися, що всі компоненти працюють належним чином. Прокладіть кабелі, встановіть камери, встановіть перемикачі та підключіть систему.

4. Конфігурація

Щоб переглядати прямі трансляції та отримати доступ до меню налаштувань, підключіть монітор або телевізор до відеореєстратора. Налаштуйте такі параметри, як якість зображення, зони виявлення руху та розклади запису.

5. Технічне обслуговування

Перевіряйте прямі трансляції, щоб переконатися, що з кожної камери надходить чітке відео. Заплануйте регулярні оновлення та моніторинг для усунення вразливостей.

Правильно встановлена система безпеки на основі PoE забезпечує безпеку співробітників та запобігання крадіжкам.

Майбутні тенденції в PoE для безпеки

PoE робить комерційні робочі простори безпечнішими та ефективнішими, а також забезпечує готовність мереж до майбутнього. PoE продовжує розвиватися зі зростанням вимог до безпеки. Вищі стандарти, такі як PoE++, сприяють впровадженню камер надвисокої чіткості та аналітики на основі штучного інтелекту. Інтеграція 5G та периферійних обчислень покращує виявлення загроз у режимі реального часу. З точки зору сталого розвитку, енергоефективні рішення PoE також підтримують ініціативи щодо зеленого будівництва, зменшуючи споживання енергії та спрощуючи інфраструктуру.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Рішення Planet Technology для безпечних інтелектуальних будівель з PoE

Для максимальної безпеки підприємствам слід оцінити свої мережі та розглянути можливість оновлення PoE. Керований комутатор Ethernet GS-6311-24P4XV від Planet Technology має такі характеристики:

- 24 мідних порти 10/100/1000BASE-T з підтримкою функції інжектора PoE+ стандарту 802.3at.

- Чотири оптоволоконні порти 1G/10GBASE-X SFP+.

- Один консольний порт.

- Функціональність L3.

- Розумний РК-екран.

- Бюджет живлення PoE 370 Вт.

- Робоча температура від 0 до 50°C.

Забезпечуючи швидке, безпечне та економічно ефективне PoE-рішення для IP-спостереження як для малого бізнесу, так і для великих підприємств, комутатор може обробляти надзвичайно великі обсяги даних у захищеній топології, підключеній до корпоративної магістралі або серверів високої ємності. Унікальний РК-дисплей забезпечує моніторинг стану роботи PoE в режимі реального часу та негайне усунення несправностей, що підвищує ефективність та якість роботи без необхідності використання ПК чи програмного забезпечення. Комутатор ідеально задовольняє вимоги до живлення PoE VoIP-телефонів та всіх видів PoE IP-камер, таких як ІЧ-камери, PTZ-камери, швидкісні купольні камери та навіть IP-камери боксового типу з вбудованими вентиляторами та обігрівачами.

3.3 Розробка функціональної схеми

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

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.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;
- за температурою повітря;
- по руху людини;
- за рівнем освітленості;
- по сухому контакту;
- за часом доби.

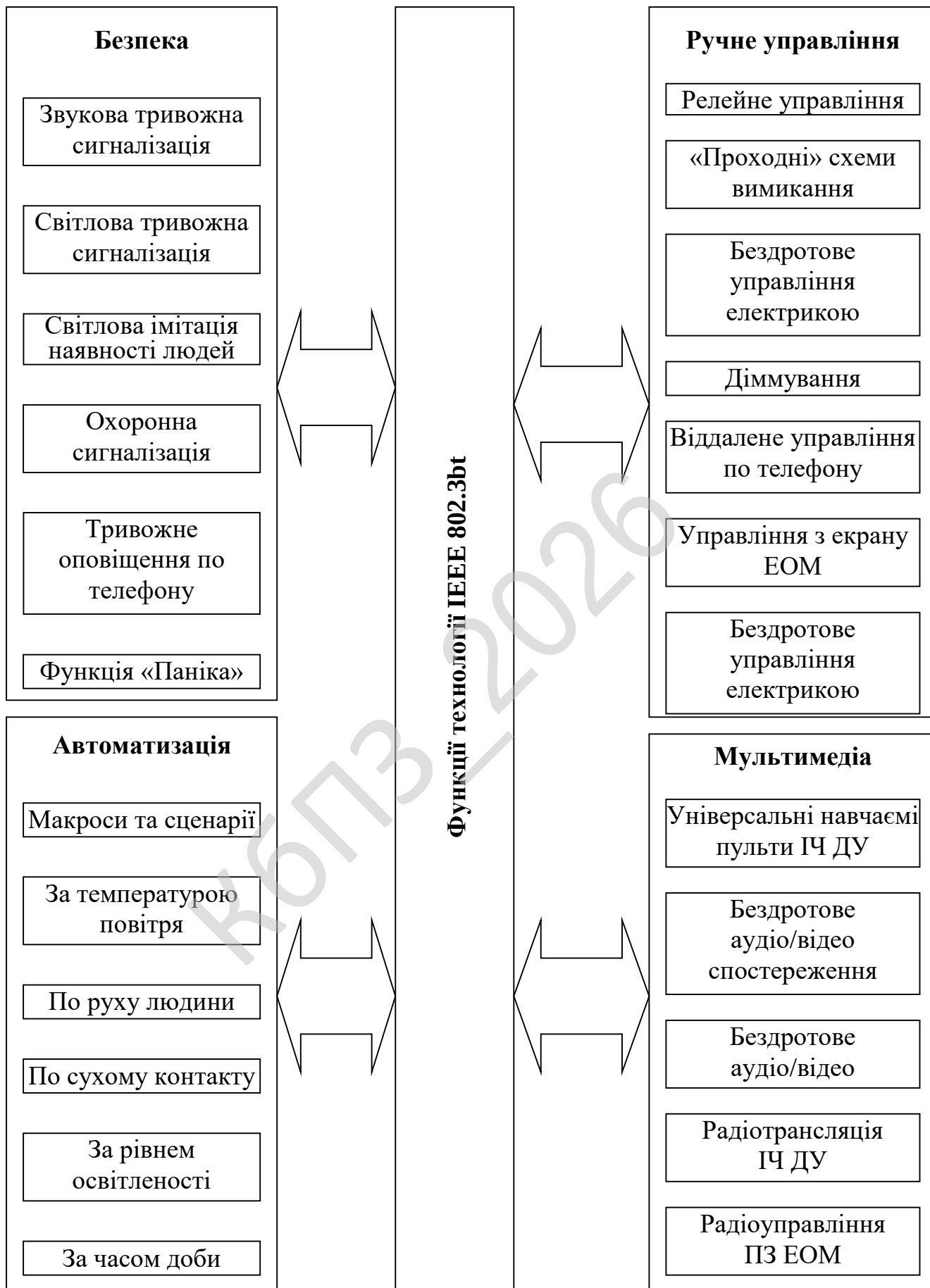


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

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.

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.

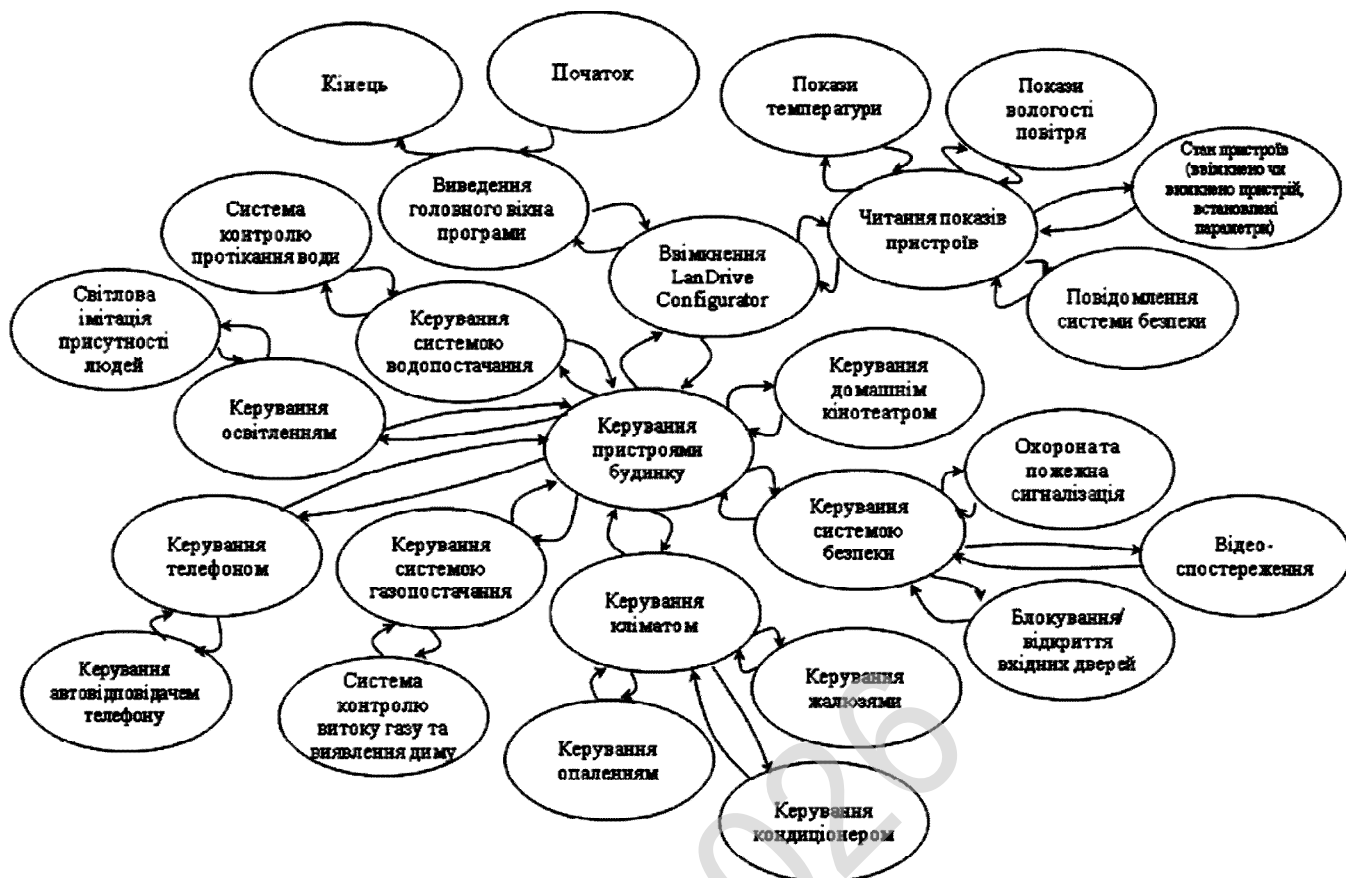


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

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.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

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-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

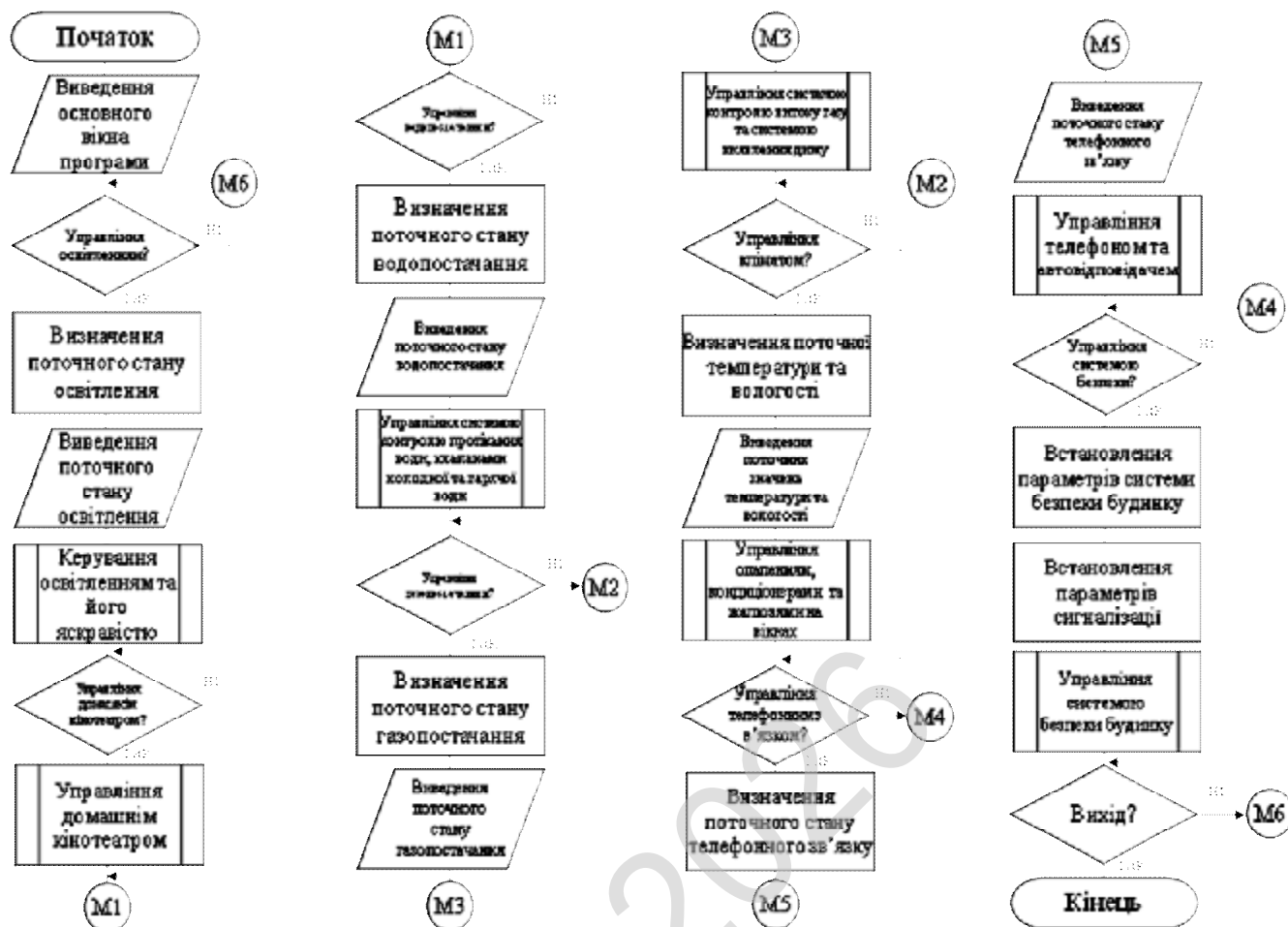


Рисунок 4.1 – Блок-схема роботи основної програми

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 інтелектуального дому з використанням 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.

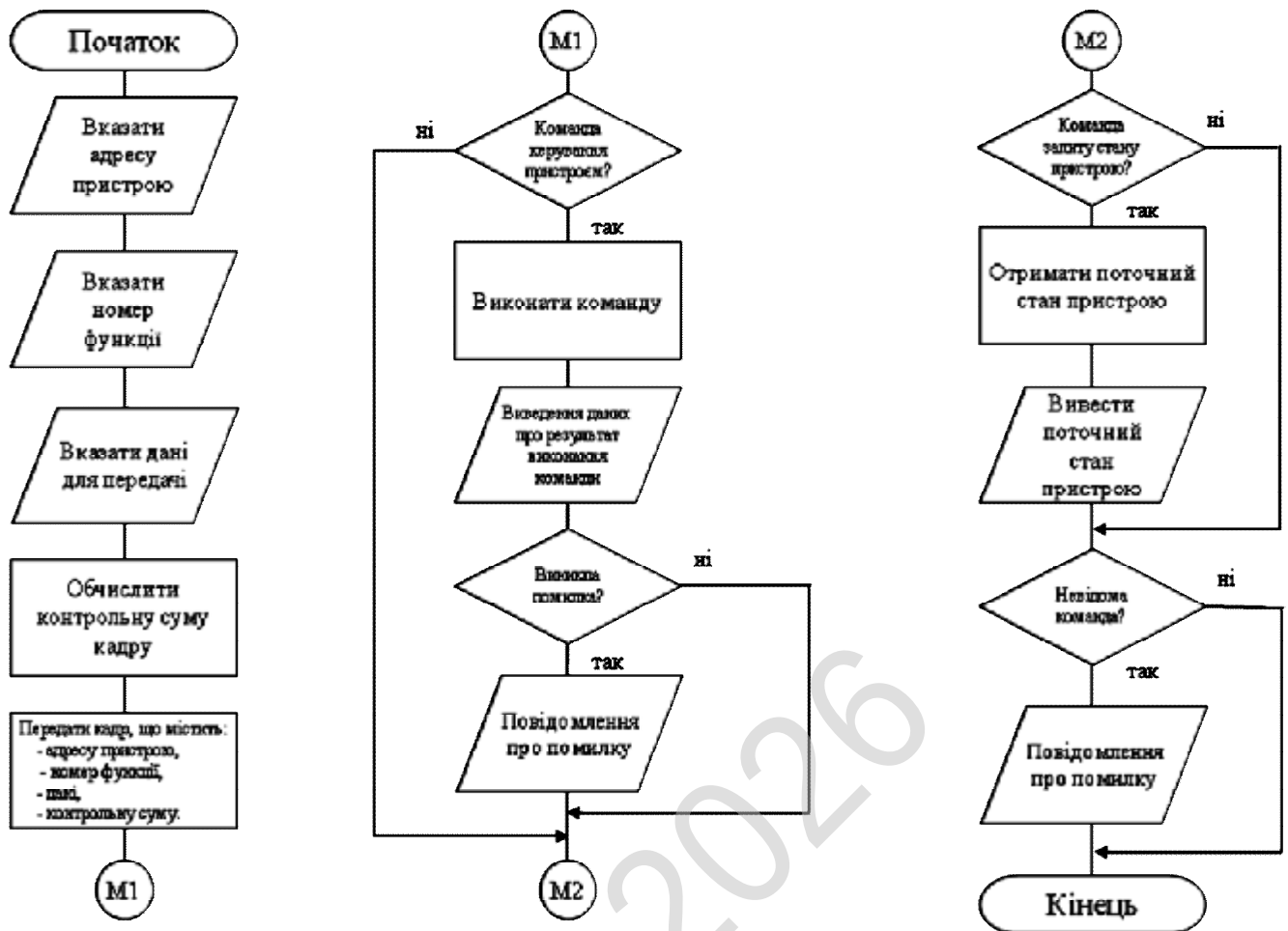


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми інтелектуального дому

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-123.26.0026.00.00.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-123.26.0026.00.00.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 які використовуються у даній роботі захищаються алгоритмом ДСТУ 9041:2020. Його повна назва: ДСТУ 9041:2020. Інформаційні технології. Криптографічний захист інформації. Алгоритм шифрування коротких повідомлень, що ґрунтується на скручених еліптичних кривих Едвардса.

Цей алгоритм призначений для шифрування коротких (до 616 біт) повідомлень для будь-яких алгоритмів шифрування, в тому числі визначених національними стандартами України.

Як і стандарт цифрового підпису ДСТУ 4145:2002, новий алгоритм використовує криптографічні перетворення у групі точок еліптичних кривих, використовуючи замість кривих у формі Вейерштрасса найновітніші розробки у галузі еліптичної криптографії – криві у формі Едвардса. Це дає суттєві переваги у швидкодії більш ніж у 3 рази. Новий стандарт розроблений з урахуванням усіх найсучасніших вимог до стійкості криптографічних алгоритмів. Так, нижня межа стійкості криптосистем у цьому стандарті дорівнює 2127 (≈ 1042) (це більш ніж у півтора рази вище, ніж у ДСТУ 4145) і можуть бути обрані інші рівні, такі як 2255 (≈ 1085), 2383 (≈ 10127) та 2767 (≈ 10255); крім того, строго обґрунтована його стійкість як до атак на відновлення відкритого тексту, так і до розрізняючих атак.

Проект алгоритму шифрування, що ліг в основу цього стандарту, пройшов апробацію як в Україні, так і за її межами (Центрально-Європейська конференція з криптографії (червень 2020 року) – форум ведучих криптологів з усього світу).

Стандарт ДСТУ-9041 узгоджений з усіма діючими в Україні національними стандартами. Новиною стандарту є його сфера застосування – інкапсуляція ключів, найсучасніший математичний апарат, а також новий алгоритм генерації псевдовипадкових послідовностей, який, на відміну від аналогічного алгоритму генерації з ДСТУ 4145, використовує виключно національні криптографічні алгоритми національних стандартів та не містить

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

посилань на відповідні пост-радянські стандарти, термін дії яких вже практично вичерпався.

Новий стандарт не належить до так званих постквантових стандартів. Але його стійкість буде під загрозою лише тоді, коли з'являться квантові комп'ютери з 700 і більше кубітами (на даний час кількість "робочих" кубітів, які вдалося створити, – близько 50). Його перевагою перед постквантовими алгоритмами є відносно невелика довжина ключа (у десятки або навіть у сотні разів менша, ніж у постквантових алгоритмах).

К6ПЗ-2026

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.

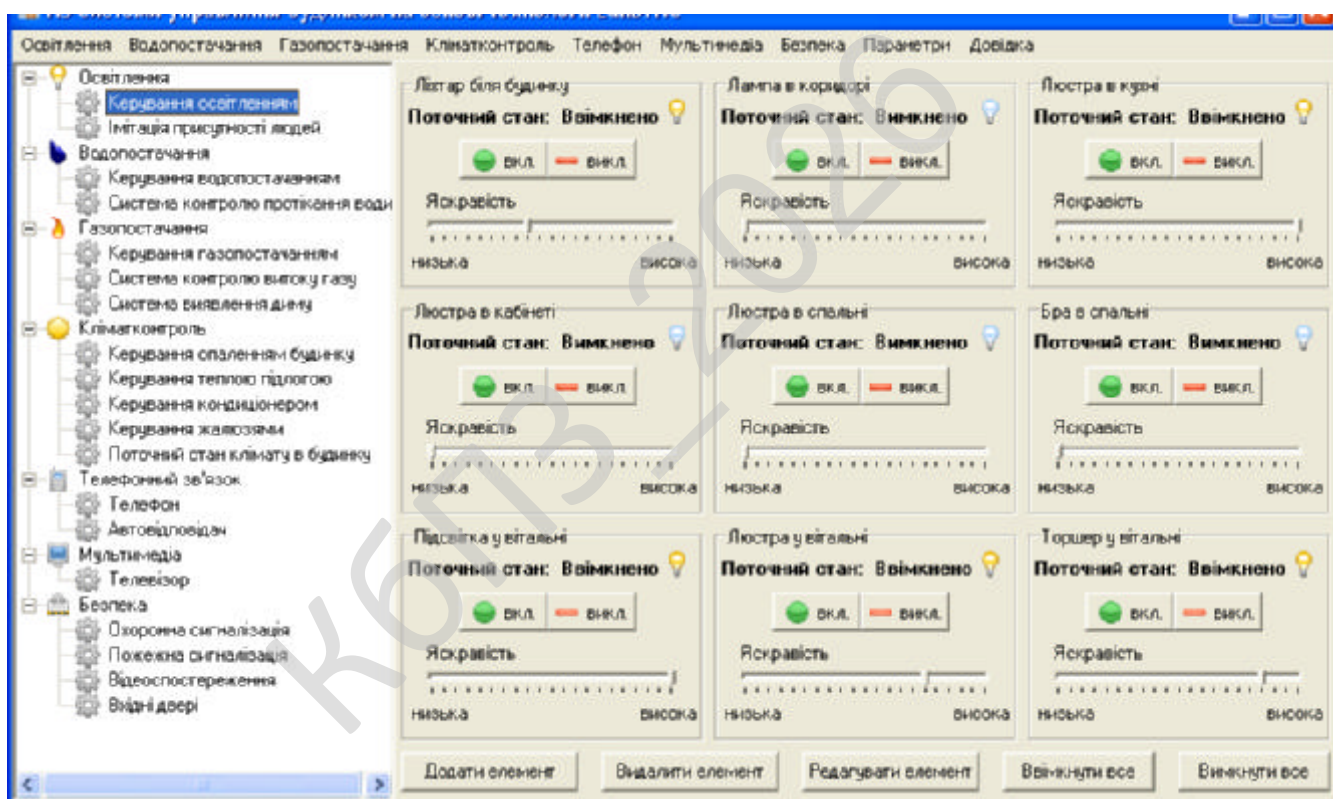


Рисунок 5.1 – Головне вікно програми

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.

Розроблена програма має дуже простий і зрозумілий інтерфейс з користувачем. Кожен, хто в достатньому обсязі володіє операційним середовищем Windows без особливих складностей освоїть і цю програму, оскільки її інтерфейс інтуїтивно зрозумілий. Якщо програма не видала ніяких помилок, і працює, то можна використовувати, інакше слід слідувати інструкціям, які пропонує програма.

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

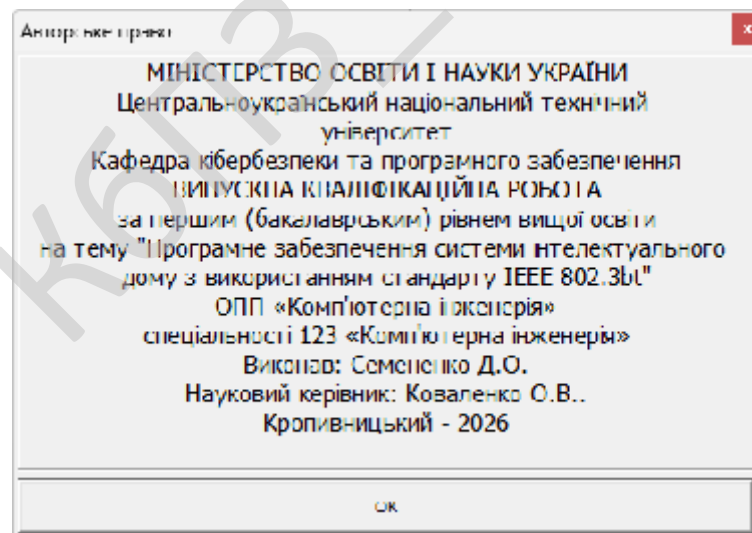


Рисунок 5.2 – Авторське право

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для системи інтелектуального дому з використанням 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 інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.
- Досліджена система інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання інтелектуального дому з використанням 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 інтелектуального дому з використанням стандарту IEEE 802.3bt. Це

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

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

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм ДСТУ 9041:2020.

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.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. STM32CubeMX for STM32 configuration and initialization C code generation. User manual. June 2022. 397 p.
2. І.В.Чихіра, А.Г. Микитишин Конспект лекцій з дисципліни «Програмування систем реального часу» / Укладачі : Чихіра І.В., Микитишин А.Г., – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя , 2016. – 76 с.
3. Jack Ganssle and Michael Barr. 2003. Embedded Systems Dictionary. CMP Books.
4. 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.
5. Greg Dunko, Joydeep Misra, Josh Robertson, Tom Snyder “A reference guide to the Internet of Things” / 2017 Bridgera LLC, RIoT.
6. Donald Norris “Programming with STM32. Getting started with the Nucleo Board and C/C++” 416 p. 2018.
7. Neil Kolban “Kolban’s book on ESP32”. Texas, USA. 951 p.
8. 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 (ІППІТ-2025)»* м.Черкаси 25 листопада 2025 року – Черкаси: ЧДТУ.– 2025. – С.101-103.
9. 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.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

22. 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.

23. 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.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. 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.

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

32. 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.

33. 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.

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

35. 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.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

36. 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.
37. 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.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. 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.
42. 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.

43. 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.

44. 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.

45. 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.

46. 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.

47. 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.

48. 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.

49. 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.

50. 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.

51. 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

52. 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.

53. 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.

54. 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.

55. 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.

56. 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.

57. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп'ютерних

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.

58. 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).

59. Смірнов О.А., Дреєва Г.М. Метод генерування фрактального трафіку за допомогою моделі генератора на графі. Монографія: Інформаційна безпека та інформаційні технології : монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. – Х. : Вид. Рожко С.Г. 2019. С. 123-139

60. Дреєва Г.М., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Метод генерування фрактальноподібної числової послідовності на основі скінченного автомату для моделювання трафіку у мережі. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 173-183, 2019.

61. Смірнова Т.В., Солових Є.К., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 184-194, 2019.

					ВКРБ-123.26.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64