

УДК 004

В.Бутаков, магістр гр. КН-22М-1

*Центральноукраїнський національний технічний університет*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ДОМУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ LCN

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи інтелектуального дому з використанням технології LCN. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального дому з використанням технології LCN. Об'єктом дослідження є процес інтелектуального дому з використанням технології LCN. Предметом дослідження є методи інтелектуального дому з використанням технології LCN. Методи дослідження базуються на методах Інтернету речей, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи інтелектуального дому з використанням технології LCN. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

**Постановка проблеми.** Поняття «Розумний будинок» або «Інтелектуальний дім» стає сьогодні досить звичним не тільки в колі технічних фахівців, але й серед людей, далеких від техніки автоматизації будинків. У поняття «будинок» ми можемо включити практично будь-який будинок: житлове приміщення, офіс, виробничий корпус. Всі ці спорудження поєднує наявність великого числа самих складних інженерних систем і комунікацій, які перебувають у постійній взаємодії з людиною й навколишнім середовищем. І ми, перебуваючи в кожному із цих будинків або приміщень, очікуємо наявності комфортних для нашого життя й роботи умов, незалежно від погоди на вулиці, температури, вологості, освітленості й т.д. Яким повинен бути гарний сучасний будинок? Насамперед, зручним. Система «Розумний будинок» надає поняттю комфорту новий, не досяжний раніше зміст, суть якого в тому, що будинок стає «слухняним», він кориться волі свого хазяїна й навіть угадує його бажання, «шкікується» про нього.

Багато хто погодяться із твердженням, що достаток приладів у будинку нерідко не спрощує, а ускладнює життя його мешканцям. Саме для об'єднання всіх систем керування технікою, що забезпечує умови перебування людини в будинку й адаптації їх для конкретного користувача, і була створена система «розумний будинок».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-20] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи інтелектуального дому з використанням технології LCN.

**Мета й завдання дослідження.** Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи інтелектуального дому з використанням технології LCN.

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

- Огляд існуючих систем інтелектуального дому з використанням технології LCN.
- Дослідження системи інтелектуального дому з використанням технології LCN.
- Програмна реалізація системи інтелектуального дому з використанням технології

LCN.

*Об'єктом дослідження є процес інтелектуального дому з використанням технології LCN.*

*Предметом дослідження є методи інтелектуального дому з використанням технології LCN.*

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

**Виклад основного матеріалу.** Для опису функціонування системи надамо повний опис технології LCN. LCN – німецька система автоматизації як для домашньої так і для промислової автоматизації. Повністю розподілений інтелект. Як середовище передачі використовується звичайне електричне проведення перетином жил 1,5 або 2,5 мм<sup>2</sup>. Реалізується керування практично будь-яким устаткуванням. Оптимальне співвідношення ціна/можливості.

Шина LCN (Local Control Network) є шиною мультимастером і функціонує за принципом шин EIB і LON, так що кожний компонент може самостійно брати участь в обміні даними. Центральний пристрій при цьому не потрібний. Однак між LCN і іншими шинними системами існує концептуальна відмінність.

Згідно даним виробника, система LCN задовольняє потреби клієнтів при будівництві як приватних будинків, так і великих промислових об'єктів.

З 1994 року понад 1000 об'єктів були оснащені системою LCN (житлові комплекси, об'єкти середнього й великого бізнесу).

Як лінія передачі система LCN використовує додаткову жилу стандартного кабелю марки NYM. Це дозволяє заощаджувати на прокладці додаткового шинного кабелю й не вимагає проведення додаткової мережі. Передача даних відбувається в первинній смузі частот.

#### **Принцип передачі даних**

Для реалізації процесу обміну даними необхідна наявність середовища передачі. Дотепер розглядалися такі лінії передачі, як кручена пара, радіочастоти або модульований сигнал несучої частоти, переданий по електромережі напругою 220 В. У системі LCN дані передаються по додатковій жилі стандартного проведення NYM. Тобто при монтажі системи використовується пятижильний кабель NYM. Якщо він є в наявності, виходить, будинок підготовлений до установки сучасного шинного встаткування. Передача даних відбувається в первинній смузі частот. При цьому відмовляються від використання несучої частоти, а швидкість передачі даних становить 9600 бод. При такій швидкості передачі система LCN може відправляти до 100 телеграм у секунду. Радіус дії системи становить 1000 метрів. Цього цілком достатньо для обслуговування великого житлового будинку. Максимальне число LCN модулів, які можуть бути з'єднані один з одним таким способом, становить 254.

Уже із цього можна зробити вивід, що система LCN підходить для застосування не тільки в житловому будинку, але й у великих об'єктах цільового призначення з більшим числом поверхів і кількістю приміщень до 100.

Кожний модуль LCN черпає енергію із власного блока живлення. Це значить, що модулі є взаємно незалежними. Таким чином, при бажанні можна приступитися до установки шини з одним-єдиним модулем. Існує можливість за допомогою високої щільності інтеграції помістити сенсорику, акторику й блок живлення в один модуль.

#### **Практична інсталяція**

Така висока інтеграція дозволяє фахівцеві проводити інсталяцію тим способом, до якого він звик. У тому місці, де раніше встановлювався вимикач, тепер розташовується модуль LCN.

Однак при будівництві необхідно передбачити глибину розеток для убудованого монтажу, щоб вони були сумісні з модулем діаметром 50 мм і глибиною 20 мм.

Старі види вимикачів замінюються клавішами. Якщо зі зворотної сторони стіни в прихожій розташована клавіша, вона також приєднується до убудованого в кімнаті модулю.

Живильні проведення світильників (максимум дволампових) підключаються безпосередньо до двох 230-вольтових виходів LCN-модуля.

Таким чином, без зміни монтажу системи клієнт одержує ряд нових функцій:

- Плавне регулювання світла із двох незалежних виходів з будь-яким часом диммування.
- Наявність входу для ІЧ-дистанційного керування з  $16 \times 3 = 48$  функціями.
- Динамічне групове формування.
- Рахункові й арифметичні функції керування.
- Система візуалізації (вивід інформації на табло).
- Миготлива лампа як датчик сигналу для людей з ушкодженням слуху, наприклад замість дверного дзвінка.
- Облік і обробка даних.

У приватному будинку напевно затребувані не всі можливості, які пропонує система LCN. Проте, фахівець із монтажу увесь час одержує замовлення від клієнтів на нестандартне виконання роботи. Це веде до збільшення зобов'язань перед клієнтом і, крім того, демонструє професіоналізм і компетенцію фахівця.

Технологія LCN надає можливості підвищення кваліфікації й освоєння нових областей. Наприклад, якщо електрик може приєднати до убудованого модуля тільки маленький температурний сенсор розміром  $10 \times 20$  мм, то йому не важко буде розібратися в технології регулювання температури й освоїти область створення штучного мікроклімату.

### **Принцип функціонування шини LCN**

Шина LCN є командно-орієнтованою системою. Відправлена клавішею телеграма-команда повністю описує виконавчу функцію. Ця команда могла б звучати, наприклад, у такий спосіб: «активізувати другий вихід через 5 секунд на 90% освітленості».

Цей процес відрізняється від колишньої практики: програмування функції в активаторі й вимоги її виконання за допомогою подачі команди, наприклад перемиканням клавіші. LCN використовує для передачі даних мінімум 24 біта корисної інформації, що перебуває в сенсорі, а не в активаторі. Ця відносно висока маса даних приводить до більшої гнучкості програмування.

Таким чином, 10 різних клавіш відповідними символами описують 10 різних часів, збільшення й зниження яскравості освітлення або зміни світлових сцен. Це відбувається завдяки простому збереженню команди у встановленому клавішному вимикачі.

### **Зв'язок з іншими системами**

Сполучення системи LCN з іншими системами легко здійснено завдяки командно-орієнтованій роботі.

Установники обох шин не повинні домовлятися, щоб призначити функцію, наприклад, для активатора. Кожний може розпорядитися відповідним активатором по власному розсуді. Необхідно тільки знати, які є модулі в системі LCN. Цю інформацію можна одержати безпосередньо із шини. При цьому монтери одержує не тільки інформацію про функції відповідного приладу, але й точний опис завдань модулів у текстовій формі.

Повідомлення про поточний робочий стан можна одержати із шини в будь-який момент. Тому система LCN сумісна з іншими системами.

Не тільки в об'єктах цільового призначення, але й в Smart Home бажано постійно або по запиту мати подання про стан роботи сенсорів і активаторів. У цьому випадку шинна система має незаперечну перевагу перед звичайною кабельною системою. У будь-якому місці шини можуть бути встановлені табло або так звана Home-Management-System. Сигнальне проведення, необхідний у випадку звичайного кабельного з'єднання, є тут зайвим. Це забезпечує скорочення інсталяційних витрат, а разом з тим і вартості системи.

Також важливі ролі грають механізми індикації статусу й квітування. У випадку деяких систем створюється враження, що про це просто забули. Іноді пропонується спрощений метод контролю: сигнальна лампочка показує, що ввімкнувся активатор. Чи відбулося це насправді, залишається невідомим.

LCN має у своєму розпорядженні триступінчасту систему індикації статусу системи: функціональне квітування, індикація статусу, команди статусу.

1. Функціональне квітування. Необхідно запитувати функціональне квітування для кожної телеграми. У ході цього процесу повинне виконуватися квітування не тільки прийому повідомлень, але й виконання заданих функцій. Наприклад, прийнята команда «опустити жалюзі». Через застопорення механізму або іншого робочого стану вона не може бути виконана. У такому випадку не досить відіслати назад квитанцію «команда прийнята». Система LCN посилає службове повідомлення «команда не виконана» і, більше того, указує причину відмови. Подальшим важливим аспектом є безпосередній зв'язок передавача із приймачем і той факт, що LCN-приймач може самостійно створювати телеграми квітування. Якщо в проміжках включені маршрутизатори або з'єднувачі, то вони автоматично передають функціональну квитанцію далі. Причина, по якій механізм квітування не функціонує в системі ЕІВ, полягає в тому, що формування квитанції відбувається вже на першому з'єднувачі, хоча приймач ще взагалі не одержав ніякої команди.

2. Індикація статусу. Статус всіх входів і виходів модулів системи LCN постійно перевіряється спеціальною програмою-монітором. Тому кожна команда, кожний вхідний сигнал, а також сигнал про несправність моментально надходять у шину. LCN має у своєму розпорядженні спеціальний канал повідомлення, що видає інформацію про кожне повідомлення в режимі реального часу від місця виникнення події. Світлові табло або Home-Management-System постійно опитують канал. Внаслідок цього налагодження режиму візуалізації не викличе в майстра ніяких складностей. Майстер повинен вибрати зі списку всіх модулів модуль індикації й визначити параметри відображення: статус входів, виходів, реле або показання інших табло або установок візуалізації. Стан лампочок на світловому табло може підтримувати чотири режими: «вмк/вимк/мигає» і «мерехтить». Лампочка може мигати, якщо в групі світильників який-небудь із них не працює. При наявності системи Home-Management-System можливо навіть визначення точного місця розташування неробочого світильника. Також можна створювати запит на те, щоб одночасно відображалися перше й останнє значиме повідомлення. За допомогою реєстра сум можна зв'язувати й обробляти повідомлення. Обширною функцією формування повідомлення керує модуль системи. У якості табло використовується 4+1-діодна стандартна клавішна панель ЕІВ.

3. Команди статусу. Команда статусу – це третій щабель системи індикації LCN. Вона дає можливість компоненту відправляти команду на шину завжди, коли що-небудь діє на вході або виході модуля. Наприклад, вихід модуля, відповідальний за освітлення, міг би також управляти вентилятором у ванноу. Тому що працюючий вентилятор створює сильний шум, то під час користування душем можна змусити його працювати тільки на 25%. Після того як людина покине ванну кімнату й виключить світло, вентилятор увімкнеться на повну потужність і зробить ґрунтовне очищення повітря. Для цього необхідно виконати тільки дві LCN-команди.

Інсталяція системи LCN не викличе в електромонтера ніяких труднощів, тому що вона не вимагає попередніх робіт, що підготовляють будинок до установки сучасного встаткування. Наявність вільної жили кабелю NYM є достатньою умовою для початку установки системи. Система не має потреби в блоці живлення, тому витрати на її інсталяцію значно знижуються. Завдяки великій кількості функцій, які можуть одночасно виконувати модулі, потрібна менша кількість спеціальних компонентів. Висока потужність шини LCN забезпечує навіть роботу великого встаткування. LCN пересилає не тільки окремі біти, а докладні функціональні описи. Це забезпечує у свою чергу високу гнучкість у параметруванні встаткування. Для навчання параметруванню, згідно даним виробника, досить одного дня.

Спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ) на комп'ютері загального призначення можна розділити на кілька груп:

– Функціонально закінчене ПЗ, орієнтоване на виконання конкретних споживчих завдань. Прикладом може служити програма Home Assistant компанії Siemens. У рамках цієї програми вже створені користувальницькі інтерфейси для керування освітленням,

опаленням, електроспоживанням й іншим устаткуванням. Залишається тільки настроїти програму, тобто прив'язати її до реальних датчиків і виконавчих механізмів. Такі програми мають убудовану підтримку EIB-протоколу й забезпечують зв'язок з інсталяцією по послідовному інтерфейсу RS-232 та USB.

– Інструментарій для створення користувальницьких інтерфейсів. Багато постачальників EIB компонент (Siemens, Merten, ABB, Gira і ін.) пропонують так звані програми візуалізації, які дозволяють інсталятору самостійно формувати користувальницький інтерфейс із бібліотеки елементів і зв'язувати їх із установленим устаткуванням. Як і попередня група програм, вони також мають убудовану підтримку EIB-протоколу.

– Системне програмне забезпечення, що забезпечує доступ до об'єктом EIB-інсталяції з інших програм з підтримкою сучасних стандартів обміну даними по локальних і глобальних комп'ютерних мережах. Гарним прикладом такого ПЗ служить бібліотека функцій Falcon, розповсюджувана Асоціацією EIB. Ця 32-розрядна бібліотека побудована на основі технології DCOM для операційних систем Windows XP/7 і забезпечує для сторонніх програм можливість доступу до EIB-пристроїв і їхніх комунікаційних об'єктів, до групових адрес, а також багатий сервіс по тестуванню системи. Асоціація EIB також поширює побудований на базі цієї бібліотеки OPC-сервер, що забезпечує для існуючих на ринку програмних комплексів керування спорудженнями стандартний інтерфейс із EIB-інсталяцією.

Унікальність систем автоматизації будинків LCN полягає в ряді переваг, які дозволяють їм упевнено конкурувати із системами інших виробників, заснованих на EIB/KNX устаткуванні:

- спрощений монтаж (для передачі даних використовується всього одне резервне проведення в стандартному NYM-електрокабелі);
- проста проектування;
- технологічно більше надійний спосіб передачі інформації (дозволяє використовувати систему в умовах підвищеної чутливості до електроперешкод);
- більш низькі витрати на установку (для системи не потрібно прокладати окрему мережу й забезпечувати її живлення);
- можливість застосування всіх типів кнопок і спеціальних настінних контролерів від сторонніх виробників (ABB, Gira, Merten і ін.).

Функціонал устаткування LCN:

- охоронно-пожежні системи, системи захисту від повеней і від зловмисників (датчики, сенсори, сигналізації, блокування дверей і вікон, виклик міліції й т.п.);
- контрольна система «свій – чужий» (ідентифікаційні карти, чипи, біометричний контроль, відеоспостереження, імітація присутності людини й т.п.);
- мануальне й/або програмувальне керування електроприводами (жалюзі, воріт, вікон і т.п.);
- віддалене керування будь-якими компонентами системи (sms, umts, gprs);
- керування освітленням і електроживленням («розумна» енергозберігаюча система електроживлення, автоматизація й сценарії включення й вимикання світла й електроприладів, різні режими освітлення, централізоване керування й т.п.);
- керування опаленням, вентиляцією й кондиціонуванням (очищення повітря, підтримка особливого клімату, керування теплими підлогами, диференційована клімат у різних приміщеннях або для різних користувачів);
- керування мультимедійними пристроями (домашні кінотеатри, музичні системи, сценарне підсвічування) і інше.

LCN інтелектуальні bus-модулі. Інтелектуальні bus-модулі – це універсальні компоненти LCN системи, кожне з яких має мікропроцесор і розрізняється функціоналом і областями застосування:

- керування світлом (на театральному рівні, до 200 світлових сцен і ефектів);

- керування освітленням (у тому числі, залежно від денного світла й погоди);
- часове програмування;
- керування вентиляцією;
- керування опаленням;
- керування електроживленням;
- керування електроприводами \ електромоторами (жалюзі, ворота, рольставні й ін.);
- контроль аварійних ситуацій;
- контроль відвідувачів (у тому числі ідентифікація);
- керування системами безпеки декількох рівнів зі складними умовами (у тому числі, блокування замків, попередня й основна тривога, керування декількома сенсорами й акторами й т.п.).

LCN перемикачі, сенсори, модулі. У даній групі компонентів системи LCN представлені:

- бінарні сенсори;
- пристрої відстеження стану до 8 контактів;
- фільтри перешкод;
- функ-приймачі;
- адаптер-кабелі;
- адаптери для з'єднання з різним перемикачами (у тому числі багатоклавішними, EIB/KNX і т.п.);

- адаптери для перемикачів різного типу.

LCN адаптери, перехідні пристрої. У даній групі компонентів системи LCN представлені:

- розподільні підсилювачі;
- адаптери для оптоволоконого кабелю;
- пасивні стикувальні модулі для з'єднання bus-системи з комп'ютером;
- з'єднувач bus-системи.

LCN реле, виходи:

- реле;
- релейні блоки;
- інтерфейси;
- фільтри перешкод і ін.

LCN сенсори, датчики:

- повні сейсмологічні станції;
- перетворювачі аналогового сигналу;
- датчики руху;
- вітряні сенсори (у тому числі з інтегрованими лічильниками імпульсів);
- світлові сенсори для внутрішнього освітлення;
- сенсори освітленості для зовнішнього застосування;
- сенсори дощу й роси (у тому числі з убудованими адаптерами);
- цифрові температурні датчики й ін.

LCN транспондери, аксесуари та інше:

- електро-термічний сервопривод для вентиляції радіатора батареї;
- випрямляч, що згладжує перешкоди;
- пристрій перетворення напруги в мережі в потенційно вільний контакт;
- touch-панель;
- мультиплікатор і подовжувач I-порту;
- 3-х полярний контактний блок із клемми;
- табло з 8-ю клавішами й 12-ю LED;
- навчальний кофр, валіза з LCN bus-системою;
- низьковольтний блок живлення;
- sms-модуль.

LCN сенсорні панелі керування. Елегантні дизайн-вимикачі з мінерального скла. Комфорт, добірність і багатофункціональність:

- 4, 6 і 12 клавіш із 12, 18 і 36-ю функціями відповідно;
- величина й форма клавіш програмувальна (тобто настроюється на будь-який смак);
- індивідуальний дизайн клавіш керування завдяки змінному вкладишу за склом;
- 6 і 12 LED-індикаторів відображаючих статус;
- підсвічування клавіш зсередини;
- GT12: LED температурна гістограма;
- GT6D і GT4D: брильянтова якість OLED дисплея;
- інтегрований ПЧ-приймач для пульта.

LCN контроль доступу, дистанційне керування:

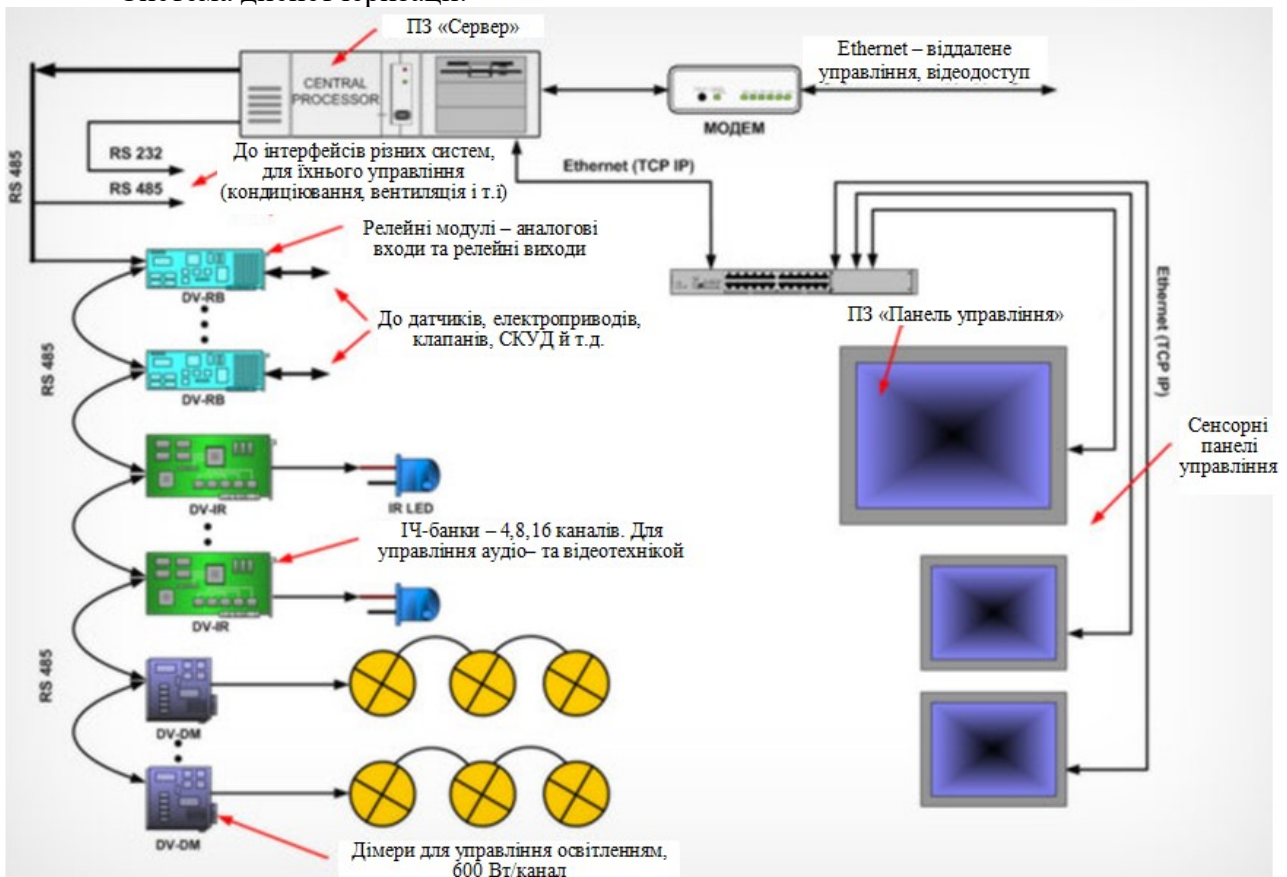
- транспондери;
- пристрої, що зчитують;
- приймач інфрачервоного випромінювання;
- пульт дистанційного керування (у тому числі пульт великої дальності);
- універсальні транспондери-пристрої, що зчитують;
- антена транспондерної системи;
- пластикова карта;
- транспондерні брелоки.

### Розробка структурної схеми

На рисунку 1 зображена узагальнена структурна схема інтелектуального дому.

Сучасний інтелектуальний будинок – це інженерне рішення, яке складається з наступного набору систем:

- Система безпеки.
- Система комфорту.
- Інформаційна система.
- Система диспетчеризації.



## Рисунок 1 – Структурна схема системи

**Висновки.** У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів інтелектуального дому з використанням технології LCN. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач: Був проведений огляд існуючих систем інтелектуального дому з використанням технології LCN; Досліджена система інтелектуального дому з використанням технології LCN; На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи інтелектуального дому з використанням технології LCN. Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання інтелектуального дому з використанням технології LCN. Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

## Список літератури

1. 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.
2. 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.
3. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchov, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyzy, 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.
  18. 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.
  19. 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.
  20. 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.
  21. 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.
  22. 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.