

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Центр заочної та дистанційної освіти  
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 інтелектуальної**  
**конвергентної комунікації на базі протоколу N.265”**

Виконав здобувач вищої освіти  
IV курсу, групи КН-22з  
ОПП «Комп’ютерні науки»  
спеціальності 122 «Комп’ютерні науки»  
\_\_\_\_\_ Долинко А.С.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

Керівник проекту  
доктор технічних наук, професор  
\_\_\_\_\_ Смірнов О.А.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.  
Рецензент \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Центр Заочної та дистанційної освіти  
Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення  
Освітній ступінь бакалавр  
Галузь знань 12 "Інформаційні технології"  
Спеціальність 122 "Комп'ютерні науки"  
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма "Комп'ютерні науки"

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

Долинці Антону Станіславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Програмне забезпечення системи інтелектуальної  
конвергентної комунікації на базі протоколу H.265

2. Керівник роботи Смірнов Олексій Анатолійович, доктор технічних наук,  
професор

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

затверджені наказом вищого навчального закладу № 115-02 від 06.02.2026 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 інтелектуальної конвергентної комунікації на  
базі протоколу H.265

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

\_\_\_\_\_

Смірнов О.А.  
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання  
« 27 » лютого 2026 р.

Підпис здобувача

\_\_\_\_\_

Долинко А.С.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Долинко А.С. Програмне забезпечення системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265. 122 Комп'ютерні науки. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.**

В даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.

Метою розробки є програмне забезпечення системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.

Результат роботи – програмна реалізація системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.

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 Visual C#.

**Ключові слова:** комп'ютерні науки, інтелектуальна конвергентна комунікації

## ABSTRACT

**Dolynko A.S. Software for an intelligent convergent communication system based on the H.265 protocol. 122 Computer Science. 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, which is intended for an intelligent convergent communication system based on the H.265 protocol.

The purpose of the development is software for an intelligent convergent communication system based on the H.265 protocol.

The result of the work is a software implementation of an intelligent convergent communication system based on the H.265 protocol.

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

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

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

The program was developed in Visual C#.

**Keywords:** computer science, intelligent convergent communication

## 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.....                                                                                                                                               | 6  |
| 2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ .....                                                                                                                                | 8  |
| 2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти..... | 8  |
| 2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....                                                                                            | 18 |
| 2.3 Розгорнута постановка завдання .....                                                                                                                                    | 22 |
| 3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ .....                                                                                                                               | 23 |
| 3.1 Опис функціонування системи .....                                                                                                                                       | 23 |
| 3.2 Розробка структурної схеми.....                                                                                                                                         | 28 |
| 3.3 Розробка функціональної схеми .....                                                                                                                                     | 38 |
| 3.4 Розробка діаграми процесів.....                                                                                                                                         | 40 |
| 4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....                                                      | 43 |
| 4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....                                                                                                       | 43 |
| 4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....                                                                                                                       | 60 |
| 5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ .....                                                                                                                      | 63 |
| 6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....                                                                                                                                                     | 69 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                                                                                            | 71 |

|             |                |                 |              |             |                                                                                                  |             |              |                |
|-------------|----------------|-----------------|--------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|----------------|
|             |                |                 |              |             | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b>                                                                 |             |              |                |
| <b>Вим.</b> | <b>Арк.</b>    | <b>№ докум.</b> | <b>Підп.</b> | <b>Дата</b> | Програмне забезпечення системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265 | <b>Літ.</b> | <b>Аркуш</b> | <b>Аркушів</b> |
| Розроб.     | Долінко А.С.   |                 |              |             |                                                                                                  | Б           | 1            | 78             |
| Перев.      | Смірнов О.А.   |                 |              |             |                                                                                                  |             |              |                |
| Н.контр.    | Коваленко А.С. |                 |              |             |                                                                                                  | ЦНТУ КН-22з |              |                |
| Затв.       | Смірнов О.А.   |                 |              |             |                                                                                                  |             |              |                |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

|      |   |                                  |
|------|---|----------------------------------|
| ВКЗ  | — | відео-конференц-зв'язок          |
| ДКП  | — | дискретне косинусне перетворення |
| ПЗ   | — | програмне забезпечення           |
| ЛОМ  | — | локальна обчислювальна мережа    |
| CCTV | — | система замкнутого телебачення   |
| IP   | — | інтернет протокол                |
| USB  | — | універсальна серійна шина        |

К6ПЗ\_2026

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 2    |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Завдяки технологічним досягненням останнього років відеозв'язок став таким же простим, звичним і зручним комунікаційним інструментом, як голосовий зв'язок або електронна пошта. Так, 87% респондентів указали, що вони використовують ВКЗ для взаємодії з колегами й партнерами. Додаткову цінність відеозв'язку надає його інтеграція з іншими інструментами для спільної роботи.

Відеозв'язок одержав свій первісний розвиток як рішення для великих начальників. По іронії долі кабінети вищого керівництва залишаються останнім притулком систем відеоконференцій «у чистому виді». Зараз такі системи оснащуються засобами для підтримки інших комунікаційних інструментів, так що вже неможливо точно сказати, де закінчується відео-конференц-зв'язок і починаються уніфіковані комунікації. Останні, у силу свого походження, виділяються більше розвиненою підтримкою телефонного зв'язку.

Під конвергенцією ми маємо на увазі створення єдиного конференційного середовища, у якій кожної з абонентів може працювати з будь-яким іншим.

Разом з тим навіть об'єднання всіх різновидів середовищ і засобів передачі на одній платформі вже недостатньо – ключового значення набуває підтримка обміну контентом для забезпечення ефективної взаємодії в рамках мобільних робочих груп. Не випадково замість терміна «об'єднані, або уніфіковані, комунікації» всі частіше вживається поняття «уніфіковані комунікації й співробітництво». Під однією парасолькою виявляються не тільки аудіо-, відео- і Web-конференції, але й інструменти для спільної роботи, обмін повідомленнями, індикація присутності, інтеграція з бізнес-процесами, підтримка мобільності, персональні асистенти й т.д.

**Мета й завдання дослідження.** Метою роботи є програмне забезпечення системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 3    |

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

- Огляд існуючих систем інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.
- Дослідження системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.
- Програмна реалізація системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.

**Практична цінність отриманих результатів** полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 4    |

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

## 1.1 Призначення системи

Дотепер системи телефонії, відеоконференцій і суміжні з ними існують до відомого ступеня розрізнено. Під конвергенцією ми маємо на увазі створення єдиного конференційного середовища, у якій кожної з абонентів може працювати з будь-яким іншим.

Конвергентні комунікації опираються на хмарну платформу, що розгортається в замовника, до складу якої входять серверна інфраструктура, серверні застосунки й усілякі сервіси. У рамках створеного конференц-середовища можна зібрати загальну конференцію для абонентів будь-якого типу (які використовують різні комунікаційні пристрої). Крім традиційних кінцевих крапок (відеотерміналів, смартфонів, телефонів і т.п.), до конференції можна підключити й камери відеоспостереження.

Як приклад приведемо наступний сценарій. Співробітник, у якого на смартфоні встановлений месенджер з розширеним функціоналом, дзвонить у студію телеприсутності, щоб взяти участь у дискусії. У ході подальшої конференції виникає потреба підключити абонента по звичайній телефонній лінії, що й робиться негайно. Далі виявляється, що потрібно залучити фахівця, що знає, як працювати з певним програмним забезпеченням на ПК, і після підключення йому може бути надане право керування робочим столом, а все виведено в якості, що відбувається на ньому, контенту для інших абонентів. У нашому поданні це і є дійсна конвергенція.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 5    |

## 1.2 Область застосування

Областю застосування є відео-конференц-зв'язок. Відеоконференція (ВКЗ, відео-конференц-зв'язок) – це технологія, що забезпечує інтерактивну аудіо- і відеозв'язок між двома або більше користувачами не залежно від їхнього місця розташування й територіальної далекості, дозволяючи їм чути, бачити й вирішувати загальні завдання за допомогою інструментів для спільної роботи в режимі реального часу.

### Сфери застосування відеоконференцій

#### Бізнес

- Альтернатива поїздкам і відрядженням.
- Повсякденний робочий інструмент для взаємодії з віддаленими робочими групами.
- Проведення планових і оперативних нарад між територіально розподіленими офісами, а також за участю віддалених співробітників, клієнтів і партнерів.
- Дистанційне навчання співробітників, проведення онлайн тренінгів для партнерів.
- Інтеграція відео-конференц-зв'язку в бізнес-додатки й інтернет-портали.

#### Державний сектор

- Повсякденні комунікації в рамках відомства.
- Планові й оперативні міжвідомчі комунікації.
- Проведення нарад на вищому рівні.
- Організація відео-приймалень на відомчих інтернет-порталах для прийому звернень громадян.

#### Утворення

- Повноцінне інтерактивне дистанційне навчання.
- Зручність навчання людей з обмеженими можливостями.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 6    |

– Онлайн курси підвищення кваліфікації викладачів – без відриву від навчального процесу.

– Контроль проведення іспитів і ЗНО.

– Доступ до лекцій провідних освітніх установ у реальному часі.

### **Охорона здоров'я**

– Віддалені консультації пацієнта.

– Екстрена допомога.

– Консультації й консилиуми лікарів.

– Підвищення кваліфікації працівників охорони здоров'я.

– Трансляції хірургічних операцій і діагностичних процедур з метою навчання, або одержання консультації більше досвідченого фахівця.

### **Фінансовий сектор**

– Повсякденні внутрикorporативні комунікації.

– Проведення нарад.

– Миттєві відеоконсультації клієнтів, завдяки інтеграції функції відеодзвінка на сайт, у термінали або банкомати.

### **Відео-контакт-центри**

– Віртуальний офіс (послуги секретаря).

– Технічна підтримка.

– Телемаркетинг.

– Підтримка рекламних і маркетингових акцій, анкетування й опитування.

– Пошук нових клієнтів.

– Здійснення інтерактивних відео-викликів.

### **Телеком оператори й сервіс провайдери**

– Надання хмарних SaaS відео-конференцій, у т.ч. Під власним брендом і білінгом оператора.

– Інтеграція функціонала відео-конференц-зв'язку в мобільні застосунки операторів.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 7    |

## 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

#### Huawei

Ядром рішення Huawei є хмарний сервер багатоточкових відеоконференцій CloudMCU (крім повністю програмного MCU, компанія пропонує й програмно-апаратний). Як платформа віртуалізації використовується найбільш популярний на ринку гіпервізор VMware, але в компанії є й свій гіпервізор, на базі якого теж може бути розгорнутий CloudMCU. Завдяки модульній структурі, CloudMCU просто наращується й масштабується. Серед інших переваг виділяється автоматичне балансування: пул ліцензій на SMC може динамічно перерозподілятися між різними CloudMCU. Традиційно порти MCU – одна із самих витратних частин системи ВКЗ.

Крім CloudMCU, ядро системи становлять Enhanced Communication Suite і Unified Session Manager. В ECS реалізований додатковий функціонал для програмних клієнтів (обмін повідомленнями, індикація присутності, мультимедійні конференції й т.д.), а ECS розрахований на підтримку до 400 тис. користувачів конвергентних комунікацій, дозволяючи забезпечити одночасний доступ для 120 тис. мобільних клієнтів.

Програмний комутатор USM базується на аналогічному рішенні операторського класу. Поряд з високою ємністю (ті ж 400 тис. абонентів, що й у випадку ECS) він успадкував і високу надійність: наприклад, три активних вузли, у кожного з яких є пасивний резерв, можна об'єднати в кластер. Незважаючи на гадану надмірність, такі рішення виявляються затребуваними, а от проектів, де пропонованої ємності могло б не вистачити, поки не зустрічалося.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 8    |

## Polycom

У компанії Polycom замість уніфікованих комунікацій воліють говорити про уніфіковане співробітництво. Це проявляється як у появі спеціалізованих рішень, таких як Polycom Rapo для обміну контентом, так і в розширенні функціональності традиційних конференційних систем з метою підвищення ефективності групової роботи. Втім, одне від іншого невіддільно (властиво, саме слово «комунікація» означає спілкування, взаємодію), і всі основні продукти Polycom у більшому або меншому ступені призначені для рішення обох завдань.

Зручність використання – це та надзадача, на рішення якої націлюється Polycom у своїх нових розробках. «Кращі користувальницькі інтерфейси – це непомітні інтерфейси, щоб людям не доводилося замислюватися, як ними користуватися. Всі наші рішення розробляються з тим розрахунком, щоб для підключення до сеансу відеозв'язку досить було натиснути одну кнопку».

Кращі користувальницькі інтерфейси – це непомітні інтерфейси, щоб людям не доводилося думати, як ними користуватися.

Один із проявів цього підходу – автоматизація цілого ряду функцій, за виконання яких раніше відповідав оператор. Так, система Eagle Eye Director забезпечує автоматичне наведення відеокамери на мовець. Недавно Polycom представила друге покоління системи, уже із двома камерами. (Загалом кажучи, камер три: третя допоміжна виконує додаткові функції, такі як підрахунок людей, що перебувають у переговорній кімнаті, що дозволяє одержати кількісні показники використання ВКЗ.)

В Eagle Eye Director II реалізована функція каскадування. При наявності однієї камери з фіксованим місцем розташування огляд обмежувався одним кутом, а тепер, правильно розмістивши дві камери, що виступає можна показати в найбільш вигодованому ракурсі: він може вільно переміщатися по приміщенню, не боячись виявитися на екрані спиною до віддалених учасників сеансу.

Замовники пред'являють усе більше високі вимоги до якості відео-конференц-зв'язку. Завдяки появі нових форматів і стандартів – 4K, 8K і H.265 –

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 9    |

основна увага приділяється якості відео, тоді як якість аудіо незаслужено залишається в тіні. Для поліпшення відтворення мови Polycom реалізувала у своїх продуктах кілька цікавих технологій, зокрема Acoustic Fence і Noise Block.

Перша, «акустична огорожа», дозволяє підвищити якість звуку при проведенні конференції у відкритих офісних просторах. Використовувані мікрофони мають високу чутливість – до 10 м, тому вони можуть уловлювати голосу тих людей, які не беруть участь у сеансі ВКЗ. Acoustic Fence створює якусь віртуальну сферу. Якщо мовець перебуває за межами цієї сфери, віддалені учасники сеансу його не почують.

У той час як Acoustic Fence фільтрує людську мову, Noise Block забирає сторонні шуми. Під час зустрічі хтось може перебирати паперу або стукати по клавішах комп'ютера. Однак все це лише відволікає від бесіди, а от через стугонливий кондиціонер мова мовця може виявитися взагалі нерозбірливою. Noise Block пропускає тільки сигнали, схожі на людський голос, – свого роду інтелектуальна функція mute.

Якщо раніше ці технології впроваджувалися в системи старшого класу, то тепер ними може скористатися будь-який бажаючий: Polycom випустили спікерфон VoxBox, де ці функції підтримуються.

Один з нових напрямків діяльності Polycom – обмін контентом. Природно, акцент робиться на спрощення роботи з ним у рамках сеансу відео-конференц-зв'язку, але такі рішення, як Polycom Rapo, дозволяють без яких-небудь утруднень відображати контент і в офлайн-режимі.

При проведенні нарад і переговорів, коли потрібно провести презентацію, нерідко виникають проблеми з підключенням комп'ютера або смартфона до проектора/екрану. Навіть якщо потрібні кабелі найдуться, це не дуже зручно. Polycom Rapo забезпечує бездротове підключення за рахунок підтримки таких розповсюджених протоколів, як AirPlay і Miracast.

Більше того, Rapo дозволяє виводити на екран контент відразу із чотирьох пристроїв. Якщо екран підтримує дозвіл 4К, Rapo може сформувати одну

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 10   |

картинку із чотирьох зображень Full HD, а коли в переговорній установлений термінал ВКЗ, вихід HDMI можна приєднати через спліттер до кодеку й передати зображення в іншу переговорню.

### **ІРматика**

Економічна криза прямо або побічно впливає на розвиток і впровадження нових технологій. У такій ситуації дуже багато чого залежить від того, наскільки точно виробникові вдається вгадати потреби замовників. Якщо раніше пошук компромісу між функціями, що закладаються в продукт, і можливостями, з одного боку, і бажаннями користувачів, з іншої, відбувався природним шляхом і саме життя відмітало тупикові напрямки, то зараз ні у вендорів, ні в замовників немає ресурсів для експериментування й реалізації надлишкової функціональності.

Саме тому скептично ставимося до перспектив впровадження таких технологій і стандартів, як H.265 і відео 4K. Посилаючись на досвід роботи компанії, відзначимо, що більшості замовників досить існуючих стандартів і мало хто готовий переплачувати за додаткові можливості. Так, H.265 забезпечує вигреш у пропускній здатності й більше стабільну роботу з порівняння з H.264, але замість заміни встановленого устаткування вони воліють підключити більше ємний канал.

Як наслідок, впровадження H.265 навряд чи можна назвати масовою тенденцією. Його застосування виправдано в нових комплексних проектах, де система ВКЗ створюється з нуля. Крім того, даний протокол може бути затребуваний у нішевих проектах, коли потрібно одержати якісне зображення, а доступну пропускну здатність неможливо розширити, наприклад при використанні супутникових каналів зв'язку.

Криза відсуває масовий перехід на 4K. Це відбудеться, напевно, еволюційним шляхом, а не стрибкоподібно – не в найближчому майбутньому.

Схожа картина спостерігається й із впровадженням 4K. У замовників уже є великий парк візуального устаткування формату Full HD. Щоб замінити ці

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 11   |

панелі на 4К, потрібні надзвичайні бюджети. При цьому сам стандарт не сприймається як щось насущне необхідне – якості зображення Full HD цілком достатньо для більшості застосувань.

Системи віддаленої присутності класу Telepresence багатьом не по кишені. Однак у деяких галузях, де потрібне зображення високої якості, наприклад у телемедицині, в 4К непогані перспективи. (Варто відзначити, що після декількох років зниження інтересу до цих рішень попит на них починає відроджуватися як в усьому світі, так і в Україні.) Втім, зміна галузевого стандарту для візуалізації з FullHD на UltraHD буде відбуватися якщо не болісно, те в кожному разі не швидко. Криза відсуває масовий перехід на 4К – це відбудеться, напевно, еволюційним шляхом, а не стрибкоподібно – не в найближчому майбутньому.

Замовникам доводиться розставляти пріоритети, і насамперед це стосується впровадження платформ для підтримки уніфікованих комунікацій і співробітництва (Unified Communications and Collaboration, UCC). Розгортання такої платформи дозволяє реалізувати всі мислимі комунікаційні сценарії, але на повноцінну платформу фінансових засобів часто не вистачає. Змушені заощаджувати, при виборі функціональності замовники звичайно віддають перевагу останній букві «С» – підтримці засобів спільної роботи (співробітництва).

Якщо з доступністю програмних рішень ситуація більш-менш прийнятна, то з устаткуванням українського виробництва справи йдуть жалюгідно – нерідко українське устаткування на перевірку виявляється китайським з переклеєними шильдиками. Ситуацією могли б скористатися виробники. Той, хто першим зважиться локалізувати виробництво, зніме всі вершки з ринку.

### **Vinteo**

Компанії Vinteo удалося знайти свою нішу на непростому ринку й у непростих ринкових умовах. Якщо в 2018 році ріст продажів у порівнянні з 2017 роком склав 33%, то в 2019-м продажу виросли більш ніж в 10 разів. За рахунок чого компанії вдалося цього досягти?

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 12   |

Згідно даним звіту Winehouse Research світовий ринок ВКЗ росте приблизно на 2% у рік. В Україні темпи росту відповідного сегмента вище й становлять 17,4%. При цьому продажу апаратних засобів ВКЗ ростуть на 8%, а програмних – на 30–35%.

Ринок замовлених розробок в області відео-конференц-зв'язку був порожньою – ніхто поки не робив нічого схожого. Ми першими вловили цю тенденцію.

Завдяки розвитку серверних технологій більше немає необхідності в спеціалізованих процесорах для транскодування відео. Зараз із цим завданням цілком справляються стандартні комп'ютерні платформи: потужності типових платформ Intel із графічними процесорами вистачає для того, щоб на їхній базі реалізувати повноцінний сервер відео-конференц-зв'язку з досить більшою кількістю учасників. У результаті апаратні реалізації серверів MCU поступово витісняються з ринку (якщо в Україні поки зберігається позитивна динаміка, ті їхні загальносвітові продажі знижуються рік у рік).

Однак багато програмних рішень, що недавно з'явилися, забезпечують не транскодування, а комутацію відеопотоків, що простіше в реалізації. Різниця між ними наступне: при комутації абонентів ВКЗ направляється стільки потоків, скільки інших учасників конференції в нього відображається на екрані; при транскодуванні для кожного абонента картинка розраховується індивідуально і йому направляється один потік. Таким чином, у загальному випадку для рішень на базі комутації необхідні більше ємні канали, тому вони застосовуються у відносно невеликих системах класу Web-конференцій на 20-50 користувачів.

Для систем з більшим числом кінцевих крапок більше підходять рішення на базі транскодування. Українська компанія Vinteo випускає саме такі – вони встановлюються на сервери Intel із графічними картами nVidia. Замовникам пропонуються два види програмних серверів MCU, які можуть застосовуватися як ядро системи ВКЗ: Vinteo Standard обслуговує до 100 користувачів, а Vinteo Enterprise понад 100 користувачів. Вони підтримують термінали з дозволом до 4К

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 13   |

і протокол H.265. Для забезпечення відказостійкості Vinteo Enterprise передбачає кластеризацію й резервування серверних платформ.

При модернізації системи ВКЗ установка ядра Vinteo Core дозволяє розширити портову ємність при збереженні наявного устаткування ВКЗ. Із уже встановленими MCU відомих брендів Vinteo Core взаємодіє прямо, без використання шлюзу – підключення здійснюється по транкам SIP/h.323. Завдяки можливостям інтеграції рішення Vinteo виявилось затребуваним у контексті імпортозаміщення, однак сьогодні прориву в продажах удалося домогтися в результаті зсуву акценту на замовлені розробки.

На базі Vinteo Core компанія готова реалізувати всі необхідні замовникові функції, передати йому права на результати розробки й здійснювати сервісне обслуговування продукту протягом наступних трьох років. Ідея виявилася вдалою. Інтерес до одержання прав на розробку стали проявляти й системні інтегратори: когось не до кінця влаштовує цінова політика, хтось хотів би продавати програмне забезпечення як вітчизняне ПЗ – від власного ім'я.

Ринок замовлених розробок в області відео-конференц-зв'язку був порожньою – ніхто поки не робив нічого схожого.

Крім описаних вище систем, існують ще наступні системи.

### **TrueConf**

Найбільший розроблювач корпоративних і індивідуальних продуктів і устаткування для відео-конференц-зв'язку (ВКЗ) у Східній Європі. Рішення TrueConf дозволяють за 15 минут розгорнути захищену корпоративну систему об'єднаних комунікацій з підтримкою відео-конференц-зв'язку UltraHD якості в масштабах організації будь-якого розміру

### **Skype для Бізнесу**

Колишній MS Communications Server і Lync. Програмна система уніфікованих комунікацій для контролю статусу, ІМ, голосовий і відеозв'язку, конференц-зв'язку (SIP), веб конференцій. Тісно інтегрована в інші продукти Microsoft. Доступна в якості онлайн сервісу в складі Office 365.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 14   |

## **VideoMost**

Програмний продукт для організації багатоточкових Full HD відео конференцій через браузер, клієнтський додаток або Android/iOS у корпоративній мережі або через Інтернет. Функціонал продукту включає мобільний месенджер, засобу спільної роботи з документами, проведення голосувань, Whiteboard і можливість простій і швидкої інтеграції з електронним щоденником і журналом. Дозволяє проводити повноцінне відео-інтерактивне дистанційне навчання.

## **Zoom**

Хмарна платформа для відеоконференцій, веб-конференцій, вебінарів, уніфікованих комунікацій.

## **Mind**

Online сервіс для організації відеоконференцій. Висока якість відео, підключення необмеженої кількості учасників, легкий в освоєнні користувальницький інтерфейс, наявність широких функціональних можливостей для організації віртуальних зустрічей.

## **Google Meet**

Сервіс для бізнес комунікацій. Складається з додатків Meet (для групового відеозв'язку) і Chat (для створення групових чатів). Працює на мобільних платформах.

## **WebEx**

Повнофункціональна система для веб-конференцій з високою швидкістю передачі зображення. Підтримує аудіо-конференц-зв'язок як через VoIP, так і через звичайний телефон. Інтегровано з MS Office і деякими месенджерами. Вимагає установки Webex плеєра. Працює на всіх популярних смартфонах iPhone, Android, Nokia, Blackberry

## **Linkchat**

Хмарний сервіс для відеоконференцій. Щоб почати спілкування, досить клікнути на посилання. Без установок, реєстрацій, налаштувань. Linkchat працює з будь-якого пристрою й браузера. Зустрічі проходять у віртуальних кімнатах.

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 15   |

Додзвонитися туди можна по стільниковому зв'язку – це зручно, коли немає доступу до інтернету. Демонстрація екрана. Контроль доступу. Запис зустрічей. Шифрування даних. Linkchat робить спілкування максимально продуктивним і безпечним.

### **GoToMeeting**

Онлайн сервіс для веб-конференцій. Дозволяє проводити необмежене число зустрічей за фіксовану місячну плату: розсилати запрошення, показувати презентацію й спільно працювати над документами й додатками, записувати й відтворювати хід зустрічі. Є убудована HD відеозв'язок на 6 чоловік. Інтеграція з MS Office.

### **Pexip Infinity**

Корпоративна система відео-конференц-зв'язку повністю працююча на віртуальних серверах (корпоративних або хмарних – GCP, Azure і AWS), що дозволяє побудувати розподілену систему відеоконференцій компанії. Мультипротокольність і сертифікована сумісність із Google Meet, Skype for Business і Microsoft Teams.

### **3CX WebMeeting**

Система відеоконференцій і веб конференцій для невеликих компаній, заснована на відкритих стандартах. Працює на Windows Server

### **Vidyo**

Рішення для відеоконференцій, відеодзвінків і спільної роботи з документами. У якості прикінцевого устаткування в системі Vidyo виступає персональний комп'ютер з веб-камерою й гарнітурою. Вся апаратна частина системи складається лише з одного мережного пристрою.

### **Amazon Chime**

Сервіс зв'язку, що дозволяє організовувати наради, спілкуватися в чаті й робити ділові дзвінки як усередині організації, так і за її межами в тому самому застосунку.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 16   |

## **LifeSize**

Відео-конференц-рішення для переговорних, рішення класу telepresence, системи багатоточкових відеоконференцій

## **Proficonf**

Сервіс групового відеозв'язку до 250 учасників без втрати якості. Дозволяє передавати файли, демонструвати відео, презентації, малювати на віртуальній дошці

## **Emblaze-Vcon**

Повнофункціональні рішення для відеоконференцій. Відрізняється високою якістю відео. Дозволяє транслювати потокове відео в інтернет.

## **Sony PCS**

Системи HD відеоконференцій, що відрізняють високоякісними веб-камерами. Системи відеоконференції Sony включають прикінцеві крапки, убудовані сервери відеоконференції (багатоточкові блоки керування), програмне забезпечення керування системами Sony, мережні інтерфейси ISDN і інші аксесуари.

## **Fuze**

Сервіс для HD відео конференцій, дозволяє організувати спільний перегляд відео, картинок і документів. Підтримує можливість участі в конференції з мобільного пристрою. Повністю безпечний. Не вимагає установки клієнта. Інтегровано з MS Outlook.

## **Timvi**

Віртуальний 3D-мир для бізнесів-зустрічей, онлайн тренінгів і заходів. Крім 3D-простори з аватарами дозволяє використовувати звичайні інструменти: відеоконференції, чат, демонстрацію екрана, онлайн презентації.

## **OpenMCU**

Безкоштовний сервер для організації багатоточкових відеоконференцій з відкритим вихідним кодом на основі H.323 і SIP протоколів. Працює на Linux, Windows, FreeBSD і, у теорії, на будь-яких інших платформах, підтриманих в H323plus.

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 17   |

## VideoGrace

Система відеоконференцій для локальної мережі. Можна використовувати як веб-сервіс. Дозволяє демонструвати робочий стіл і пересилати будь-які документи. Є безкоштовна версія на 8 користувачів.

## MCU Media Server

Безкоштовний open-source MCU сервер. Дозволяє управляти відеоконференцією в сервері Asterisk. Підтримує WebRTC

## Виводи

Яких-небудь революційних змін на ринку відео-конференц-зв'язку й засобів відображення за останній рік не відбулося. Проте ринок ВКЗ істотно змінився – він став масовим, що неминуче впливає й на пропозиції, і на стратегії його гравців.

Потенційний масовий попит, з одного боку, відкриває нові напрямки. Не випадково, всі провідні (і не тільки) виробники стали випускати системи для оснащення малих переговорних; як очікується, попит на них виросте в найближчі роки на порядок. З іншого боку, щоб роздобути частина цього гігантського пирога, вендорам прийде витримати твердий ціновий прес на ринку, де найближчими конкурентами є професійні рішення на базі USB-камер.

Єдина можливість досягнення успіху – пропонувати більше якісні й функціональні рішення за доступною ціною. До загальної вигоди користувачів.

## 2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Програмне забезпечення написане мовою Visual C#. Ця мова обрана виходячи з наступних міркувань. Visual C# – строго типізована об'єктно-орієнтована мова, призначена для розробки різноманітних безпечних і потужних застосунків, виконуваних у середовищі .NET Framework. Мовою Visual C# можна розробляти звичайні клієнтські застосунки Windows, веб-служби XML, розподілені компоненти, застосунки типу “сервер-клієнт”, застосунки баз даних і

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 18   |

багато яких інших. В Visual C# є розширений редактор коду, конструктори зі зручним користувальницьким інтерфейсом, вбудований відладник і багато інших засобів, покликані спростити розробку застосунків мовою Visual C# версії 5.0 і .NET Framework версії 4.5.

Синтаксис Visual C# дуже виразний, але простий у вивченні. Усі, хто знаком з мовами C, C++ або Java з легкістю визнають синтаксис із фігурними дужками, характерний для мови Visual C#. Розроблювачі, що знають кожну із цих мов, як правило, зможуть домогтися ефективної роботи з мовою Visual C# за дуже короткий час. Синтаксис Visual C# робить простіше те, що було складно в C++, і забезпечує потужні можливості, такі як типи значень Nullable, перерахування, делегати, лямбда-вираження й прямий доступ до пам'яті, чого немає в Java. Visual C# підтримує універсальні методи й типи, забезпечуючи більше високий рівень безпеки й продуктивності, а також ітератори, що дозволяють при реалізації колекцій класів визначати власне поводження ітерації, що може легко використовуватися в клієнтському коді. В Visual C# 5.0 вираження LINQ (Language-Integrated Query) роблять строго-типізований запит першокласною конструкцією мови.

Як об'єктно-орієнтована мова, Visual C# підтримує поняття інкапсуляції, спадкування й поліморфізму. Всі змінні й методи, включаючи метод Main – крапку входу застосунка – інкапсулюється у визначення класів. Клас може успадковувати безпосередньо з одного родового класу, але може реалізовувати будь-яке число інтерфейсів. Для методів, які перевизначають віртуальні методи в батьківському класі, необхідно ключове слово `override`, щоб виключити випадкове повторне визначення. У мові Visual C# структура схожа на полегшений клас: це тип, що розподіляється по стопках, що реалізує інтерфейси, але не підтримуюче спадкування.

На додаток до основних описаних об'єктно-орієнтованих принципів, мова Visual C# спрощує розробку компонентів програмного забезпечення завдяки декільком інноваційним конструкціям мови, у число яких входять наступні:

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 19   |

- Інкапсульовані підписи методів, називані делегатами, які підтримують строго-типізовані повідомлення про події.
- Властивості, що виступають у ролі методів доступу для закритих змінних-членів.
- Атрибути з декларативними метаданими про типи під час виконання.
- Вбудовані коментарі XML-документації.
- LINQ (Language-Integrated Query), що пропонує вбудовані можливості запитів у різних джерелах даних.

Якщо буде потрібно забезпечити взаємодію з іншим програмним забезпеченням Windows, таким як об'єкти COM або власні бібліотеки DLL Win32, у мові Visual C# можна використовувати процес, що називається "Interop". Процес Interop дозволяє програмам на Visual C# виконувати практично будь-які дії, які може виконувати вихідний додаток на C++. Мова Visual C# підтримує навіть покажчики й поняття "небезпечного" коду для тих випадків, коли прямий доступ до пам'яті має вкрай важливе значення.

Процес побудови Visual C# у порівнянні з C і C++ простий і є більше гнучким, чим в Java. Немає окремих файлів заголовка, а методи й типи не потрібно повідомляти в певному порядку. У вихідному файлі Visual C# може бути визначене будь-яке число класів, структур, інтерфейсів і подій.

### **Архітектура платформи .NET Framework**

Програма мовою Visual C# виконується в середовищі .NET Framework – інтегрованому компоненті Windows, що містить віртуальну систему виконання (середовище CLR) і уніфікований набір бібліотек класів. Середовище CLR являє собою комерційну реалізацію корпорацією Майкрософт інфраструктури CLI, що є міжнародним стандартом, який лежить в основі створення середовищ виконання й розробки, у яких забезпечується тісна взаємодія між мовами й бібліотеками.

Вихідний код, написаний мовою Visual C#, компілюється в проміжну мову (IL) у відповідності зі специфікацією CLI. Код IL і ресурси, такі як растрові зображення й рядки, зберігаються на диску у файлі, що виконується, названому

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 20   |

складанням, з розширенням EXE або DLL у більшості випадків. Складання містить маніфест із відомостями про типи складання, версії, мови й регіональні параметри та вимоги безпеки.

При виконанні програми на Visual C# складання завантажується в середовище CLR залежно від відомостей у маніфесті. Далі, якщо вимоги безпеки дотримані, середовище CLR виконує JIT-компіляцію для перетворення коду IL в інструкції машинного коду. Середовище CLR також надає інші служби, що відносяться до автоматичного збору сміття, обробки виключень і керуванню ресурсами. Код, виконуваний середовищем CLR, іноді називають "керованим кодом" у протиставлення "некерованому коду", що компілюється в машинний код, призначений для певної системи. Далі показані відносини під час компіляції й час виконання між файлами з вихідним кодом Visual C#, бібліотеками класів .NET Framework, складаннями й середовищем CLR.

Взаємодія між мовами є ключовою особливістю .NET Framework. Оскільки код IL, створюваний компілятором Visual C# відповідає специфікації CTS, код IL на основі Visual C# може взаємодіяти з кодом, створюваним версіями мов Visual Basic, Visual C++, Visual J# платформи .NET Framework і ще більш ніж 20 CTS-сумісних мов. В одному складанні може бути кілька модулів, написаних на різних мовах платформи .NET Framework, і типи можуть посилатися один на одного, як якби вони були написані на одній мові.

Крім служб часу виконання, в .NET Framework також є велика бібліотека, що складається з більш ніж 4000 класів, організованих по просторах імен, які забезпечують різноманітні корисні функції для будь-яких дій, починаючи від введення й виведення файлів для керування рядками для розбивки XML, і закінчуючи елементами керування Windows Forms. У звичайному застосунку мовою Visual C# бібліотека класів .NET Framework інтенсивно використовується для "устрою" коду.

### 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 інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.

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

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

б) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи контролю роботи 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-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 22   |

## 3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

### 3.1 Опис функціонування системи

Відносно нова ідея уніфікованих комунікацій, уперше втілена в життя в 2006 році, з появою на ринку платформи Cisco Unified Communications, привела до справжньої революції в сегменті корпоративних систем керування внутрішніми й зовнішніми інформаційними потоками. І справа не тільки у тому, що провідні вендори стали посилено просувати цей спосіб інтелектуальних мережних функцій, простий достаток засобів зв'язку, якими користуються співробітники для рішення виробничих завдань, зросло.

Уперше запропонована Cisco система швидко завоювала лояльність бізнесу, що й спонукало таких виробників, як Avaya, Nortel, Microsoft, розробити свої платформи уніфікованих комунікацій (КК).

#### **Скорочення часу на переговори підвищує операційну ефективність бізнесу**

Великий вибір засобів зв'язку, що може бути використаний співробітниками для обміну інформацією між собою, переговорів з партнерами або спілкування із клієнтами, не завжди сприяє підвищенню операційної ефективності їхньої роботи. Електронна або голосова пошта, мобільний телефон або стаціонарний, сервіси миттєвих повідомлень (ІМ), мультимедіа конференції, факс, СМС-ки, ММС – все це було потрібно якось об'єднати. Оскільки не завжди взаємодія офісного працівника із клієнтом, із застосуванням декількох способів зв'язку, давало необхідний результат.

Зростання кількості засобів зв'язку, через які провідні співробітники одержували інформацію, з огляду на пропущені повідомлення й необхідність відкладати рішення проблеми на більше пізніше час, приводить до з бізнес-процесів, збільшує час, необхідне для прийняття управлінських рішень, робить

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 23   |

практично неможливим оперативну реакцію на запити клієнтів. Виявилося, що скорочення часу, затрачуваного на ведення переговорів, безпосередньо впливає на операційну ефективність бізнесу, що й зажадало пошуку рішень, які легко інтегруються у вже існуючі управлінські процеси. Саме КК дозволили впроваджувати нові комунікаційні технології, не знижуючи продуктивності. Зросли й переваги конвергентної інфраструктури, оскільки ресурси легко масштабуються, а використовувані застосунки управляються як сервіс.

### **Комунікації, які заощаджують гроші**

Система КК являє собою спеціально створений апаратно-програмний продукт, що гарантує передачу голосових повідомлень, інформації, відео з високою якістю. Немає необхідності вибирати з наявних у розпорядженні засобів зв'язку. Досить лише набрати певний номер, щоб установлена комунікаційна система вибрала оптимальний спосіб зв'язку. Співробітник, клієнт або партнер завжди доступні, оскільки перебувають на відстані лише одного-єдиного дзвінка.

Новий етап розвитку IP-комунікацій, а саме так і розглядаються в сучасному бізнесі Unified Communications, містить у собі наступні компоненти:

- IP-телефонію;
- голосову пошту;
- сервіси Instant Messaging (миттєвих повідомлень);
- функцію відображення присутності абонента (Presence);
- мультимедіа конференції;
- систему голосового меню (IVR) і відеотелефонію.

### **Фінансові переваги уніфікованих комунікацій**

Перехід компанії на уніфіковані комунікації, особливо якщо є географічно розподілена структура, дозволяє бізнесу ефективно вирішувати свої завдання. Безпечна й одночасна передача інформації, відео й аудіо повідомлень, знижує експлуатаційні витрати на комунікаційну інфраструктуру. Впровадження лише IP-телефонії скорочує на 40% сукупну вартість володіння, а зниження витрат на обслуговування голосової мережі й засобу передачі інформації, дає економію ще

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 24   |

на 20%. Завдяки функції Presence всі співробітники в режимі реального часу одержують інформацію про присутність потрібної людини на місці, а канал зв'язку, що воліється також їм. Конвергентна мережна інфраструктура не вимагає додаткових витрат на навчання, а дає можливість відразу ж почати використовувати всі переваги нового комунікаційного комплексу.

Проведені дослідження показали, що завдяки застосуванню уніфікованих комунікацій співробітник заощаджує від 30 minut до години щодня. Оперативність прийняття рішень на основі отриманої об'єктивної й повної інформації зростає. Відпадає необхідність відправляти посадова особа у відрядження, оскільки з'являється можливість у режимі реального часу своїми очами побачити все, що відбувається на контрольованій ділянці роботи.

Унікальною характеристикою є й можливість вибрати не тільки лише кращий канал зв'язку, але й відсортувати вхідні дзвінки. Легко скласти список осіб, природно, включивши в нього начальника й керівника проекту, для яких абонент завжди буде доступний. Все-таки інші контакти можуть бути переспрямовані на голосовий зв'язок або електронну пошту.

Завдяки такому апаратно-програмному комплексу уніфіковані комунікації надають бізнесу ряд додаткових можливостей:

- зберігання всієї контактної інформації в одній базі даних;
- збереження в архіві історії спілкування, незалежно від засобу, що використовувався, зв'язку;
- відображення запланованих у календарі зустрічей, ділових контактів, з відображенням їх у доступних додатках;
- доступ до бази контактів шляхом використання веб-інтерфейсу, інтегрованої програми-сервер або електронна пошта;
- єдиний номер для комунікатора, стаціонарного телефонів або програми-клієнт;
- оперативну організацію для зацікавленого клієнта віртуальної презентації, проведення веб або голосової конференції;

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 25   |

- вибір таких налаштувань, щоб дзвінок приймався одночасно й комунікатором, і стаціонарним телефоном, і програмою-клієнт;
- легку інтеграцію із соціальними мережами, іншими безкоштовними сервісами;
- використання автосекретаря шляхом налаштування розпізнавання мови, швидкий перегляд поштової скриньки;
- автоматична зміна статусу в Presence.

Для багатьох українських і закордонних компаній, особливо з розгалуженою філіальною структурою або працюючих на регіональних і міжнародних ринках, відео-конференц-зв'язок став повсякденним бізнес-інструментом для оперативної комунікації. За даними аналітичного агентства Coleman Parkes Research, 50% українських компаній регулярно використовують системи відеоконференцій, ще 15% збираються купити систему ВКЗ у майбутньому.

Класифікація систем відео-конференц-зв'язку:

1. За кількістю учасників:

- Персональні – сеанс відеозв'язку за участю 2 абонентів.
- Групові (багатоточкові, багатокористувальницькі) – відеоконференції за участю більше 2 абонентів.

2. За типом реалізації:

- Апаратні ВКЗ – системи відео-конференц-зв'язку, у яких алгоритми передачі відеосигналу реалізуються на апаратному рівні за допомогою спеціального устаткування.
- Програмні ВКЗ – програмне забезпечення для відео-конференц-зв'язку, що встановлюється на ПК, ноутбук або мобільний пристрій, що виступають у ролі терміналу ВКЗ або навіть сервера ВКЗ.
- Гібридні – сполучають у собі апаратні сервера й термінали й одночасно мають програмний ВКЗ-клієнт для установки на користувальницьке устаткування.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 26   |

### 3. За способом впровадження:

– Локальні рішення відео-конференц-зв'язку (on-premises) – виділене рішення, коли сервер ВКЗ установлюється в інфраструктурі замовника, працює в його мережі й повністю їм контролюється.

– Хмарні відеоконференції (SaaS) – сервер ВКЗ, а також вся інфраструктура, що буде потрібно для організації сеансів ВКЗ, надається з Інтернету провайдером хмарної послуги відео-конференц-зв'язку, а термінали ВКЗ перебувають у мережі замовника. Таким чином, контроль і роботу сервера відеоконференцій реалізує провайдер. У себе замовник установлює тільки додаток для доступу до сервера. Терміналами можуть виступати ПК, ноутбуки, планшети або смартфони з виходом в Інтернет, веб-камерою, мікрофоном і колонками, або гарнітурою.

– Гібридні системи ВКЗ – мають на увазі використання як хмарних, так і on-premises рішень ВКЗ паралельно. Наприклад, компанія використовує локальну систему ВКЗ для внутрикorporативних комунікацій і хмарний сервіс для підключення зовнішніх абонентів.

#### Переваги відеоконференцій:

– Економічність. Відео-конференц-зв'язок дає можливість у лічені хвилини організувати сеанс відеозв'язку й провести зустріч із колегами, партнерами, клієнтами, у якій би кращі земної кулі вони не перебували. Це дозволяє мінімізувати кількість відряджень і поїздок, що скорочує час відриву співробітників від робочого процесу й істотно знижує витрати підприємства.

– Ефективність. Відеоконференції дозволяють зв'язатися з декількома співробітниками одночасно (до 100 учасників в одній конференції). Також учасникам конференції доступний широкий набір інструментів для спільної роботи: показ робочого стола, трансляція додатків, електронна дошка, обмін файлами, опитування й голосування, текстовий чат і т.д. Все це дозволяє оперативно вирішувати повсякденні завдання й приймати рішення, забезпечує ефективну спільну роботу з віддаленими командами й зовнішніми експертами.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 27   |

– Інтероперабельність. Завдяки підтримці всіх основних протоколів, програмні відеоконференції дозволяють об'єднати в єдину комунікаційну платформу всю ІКТ інфраструктуру організації.

– Мобільність. До відеоконференції можна підключитися з мобільних пристроїв на платформах Android і iOS, що дозволяє завжди залишатися на зв'язку з будь-якої крапки миру – у дорозі, з будинку, перебуваючи у відпустці або в поїзді.

– Моніторинг. Ефективний моніторинг віддалених філій і виробничих центрів.

– Безпека. ВКЗ сервера встановлюються в інфраструктурі замовника, також підтримується шифрування переданих даних, аж до держтаємниці, що гарантує захист інформації від витоків.

### 3.2 Розробка структурної схеми

Системи ВКЗ знаходять застосування у великих компаніях, в області охорони здоров'я, наукомістких галузях і інших сферах людської діяльності – там, де потрібно в мінімальний термін вирішувати складні питання. Використання відео-конференц-зв'язку повністю виправдує себе на підприємстві, що має мережа філій: для координації керування, ефективного виконання поточних бізнес-завдань, що вимагають особистої участі співробітників, оскільки немає ніякої необхідності щораз відправляти їх у відрядження. Скорочуються не тільки фінансові витрати, головний вигравш – оперативне рішення проблеми. Втім, це характерно не тільки для філіальної структури: велика організація, розташована в багатоповерховому будинку, значно спрощує роботу своїм що служить, зайнятим створенням одного проекту, у ході якого необхідно проводити постійні консультації й наради. І ще один важливий момент: крім повноцінного візуального спілкування, учасники одержують у своє розпорядження зручний інструмент фіксації подій – відсилення текстових повідомлень, миттєвий обмін документами і їхнім виправленням декількома фахівцями; також системи відео-

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 28   |

конференц-зв'язку надають можливість спільної роботи з даними, аж до підписання документів. Для цього передбачена так звана біла дошка – особливий додаток, що відкриває вікно, де кожний учасник проекту може вводити текст або графіку. Внесені зміни стають видимими всім членам робочої групи.

Навіть усвідомлюючи всі вигоди, які надає відео-конференц-зв'язок, багато користувачів вважають, начебто вона занадто дорога й складна в обслуговуванні й експлуатації.

Дійсно, раніше існуючі ВКЗ не відрізнялися дешевиною, припускали створення власної інфраструктури й чималих витрат по впровадженню – як правило, вони базувалися на спеціалізованих ISDN-каналах, що ускладнювало ситуацію. Зараз такі канали не тільки стали доступніші, але й втратили ексклюзивність: завдяки розвитку Інтернету тепер існує можливість задіяти IP-канали, наявні в кожній організації. Правда, існує думка про низьку надійність з'єднання цього типу й ризиках витоку конфіденційних відомостей – втім, тут не враховується можливість передавати інформацію з VPN-каналів із шифруванням даних і твердим контролем автентифікації. Додатковим поштовхом до зміни ситуації послужило й появу програмних рішень (на зразок Skype, NetMeeting, Open323), які дозволили створювати й проводити відеоконференції, взагалі не використовуючи додаткових засобів: досить персонального комп'ютера, оснащеного веб-камерою й мікрофоном або спеціальною гарнітурою й підключеного до Інтернету, щоб взяти участь у відеоконференції, навіть перебуваючи в дорозі. Хоча справедливості заради слід зазначити, що інтернет-рішення, подібні Skype і призначені для відеозв'язку, не можна відносити до систем ВКЗ у силу їхньої граничної спрощеності. Зміни на ринку привели до того, що виробники почали випускати системи ВКЗ не тільки для великих підприємств, але й недорогі рішення для середнього й малого бізнесу.

### **Які виробники пропонують бюджетні системи ВКЗ**

Виробників систем відео-конференц-зв'язку небагато, але навіть із цієї кількості найчастіше важко вибрати. Оптимальним варіантом стало б звертання до фахівців компаній-інтеграторів, але й вони, на жаль, найчастіше

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 29   |

представляють інтереси лише одного вендора. Краще рішення для бізнесу – сполучення системи відеоконференцій і системи відеоспостереження. До складу такої гнучкої й легко конфігуруємою системи повинні входити термінали для кімнат відеозв'язку (від бюджетного AP-VC200), персональні відеотелефони на місцях (AP-VP серій 150, 250 або 300), а також відеокамери різного типу. За задумом розроблювачів, поєднувати це все повинен AP-MC1000 – MCU для проведення багатоточкових сеансів відео-конференц-зв'язку (до 16 сторін). У список може бути включене додаткове устаткування, таке як IP АТС і відеореєстратори. Подібний підхід спростить процедуру оснащення офісу всіма способами IP-Зв'язку – у такий спосіб вдається знизити стартові капіталовкладення й одержати єдину інфраструктуру.

### **Чим розрізняються бюджетні системи ВКЗ**

Практично всі системи ВКЗ схожі між собою: стандартне підключення до мереж TCP/IP або ISDN, передача контенту в HD-Якості й наявність засобів для керування багатоточковим віщанням. Розходження можуть бути, насамперед, у підході до організації ВКЗ. Приміром, орієнтація на складні системи з більшою кількістю учасників і створення спеціалізованих кімнат для відеонарад відрізняють продукцію Polycom.

Завдяки різноманітним асортиментам систем ВКЗ на устаткуванні вендора можна побудувати систему будь-якої складності, що підійде для компанії з розвитий мережею філій. Продукція AddPac, у свою чергу, орієнтована на компанії середнього рівня, чия специфіка роботи вимагає частих нарад співробітників: відеотелефони дозволяють провести конференцію для рішення важливого термінового питання, не залишаючи робітника місця, а сполучена система відеоспостереження до того ж може надати чималу допомогу в організації виробничих процесів. І нарешті, рішення LifeSize відрізняється простотою, що дає чималі вигоди в оснащенні засобами відео-конференц-зв'язку невеликих компаній, особливо якщо в них один-два філії з малою кількістю співробітників.

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 30   |

Серйозні розходження починаються, як тільки мова заходить про системи відео-конференц-зв'язку й системи телеприсутності: по ідеї, і ті й інші вирішують ту саму завдання, але в різних масштабах – перші можуть лише забезпечити безпосередня взаємодія між декількома фахівцями, у той час як другі припускають створення повного ефекту безпосереднього спілкування. Зрозуміло, досягається це набагато більше високою ціною устаткування, але зовсім незамінно в тих випадках, коли наради носять багатобічний характер (трохи виконавців, субпідрядників і замовників) і представлені групами осіб у різних регіонах. Досить підрахувати витрати засобів на численні відрядження, оплату проживання в готелях та інші накладні витрати, щоб зрозуміти, наскільки така система вигідніше навіть із фінансової точки зору. Властиво, цей підхід і визначає доцільність придбання системи ВКЗ і її конфігурації: уточнивши час і витрати на переміщення співробітників, можна підрахувати, який з варіантів найбільш прийнятний. А далі все залежить винятково від пропозицій обраного вендора – як правило, в асортименті завжди знайдеться необхідна конфігурація.

### **Із чого складається система ВКЗ**

Стандартними компонентами мережі відео-конференц-зв'язку вважають термінальні пристрої (прикінцеве устаткування) і спеціалізоване мережне устаткування. Термінальні пристрої можуть як установлюватися на робочих місцях, так і бути основою для створення спеціальних кімнат ВКЗ. Вартість даних систем може варіюватися в дуже широких межах: від 5500 грн. (комп'ютерне ПЗ й веб-камера) до 290-600 тис. грн. для типових абонентських комплектів на базі функціонально закінчених пристроїв – кодеків ВКЗ. Може, втім, досягати й сотень тисяч доларів для рішень класу телеприсутності (Telepresence).

До складу спеціалізованого мережного устаткування включена система керування мережею ВКЗ і пристрій багатоточкового зв'язку. Вартість такого рішення приблизно оцінюється з розрахунку від 30 тис. грн. на одиницю користувальницького устаткування в керованій мережі ВКЗ. Вартість пристрою

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 31   |

багатоточкового відео-конференц-зв'язку залежить від його функціональних можливостей, насамперед від підтримуваного дозволу відео, і становить від 60 тис. грн. (для відео стандартного дозволу) до 500 тис. грн. (для дозволів високої чіткості на кожного учасника). У багатьох проектах у складі мережного устаткування передбачений також сервер запису й трансляції, що забезпечує аудіо- і відеозапис сеансу зв'язку, включаючи канал даних, а також живу трансляцію конференцій для перегляду на персональних комп'ютерах і відтворення архівних записів по запиті. Вартість подібного пристрою починається від 500 000 грн. і залежить від кількості портів на запис і відтворення.

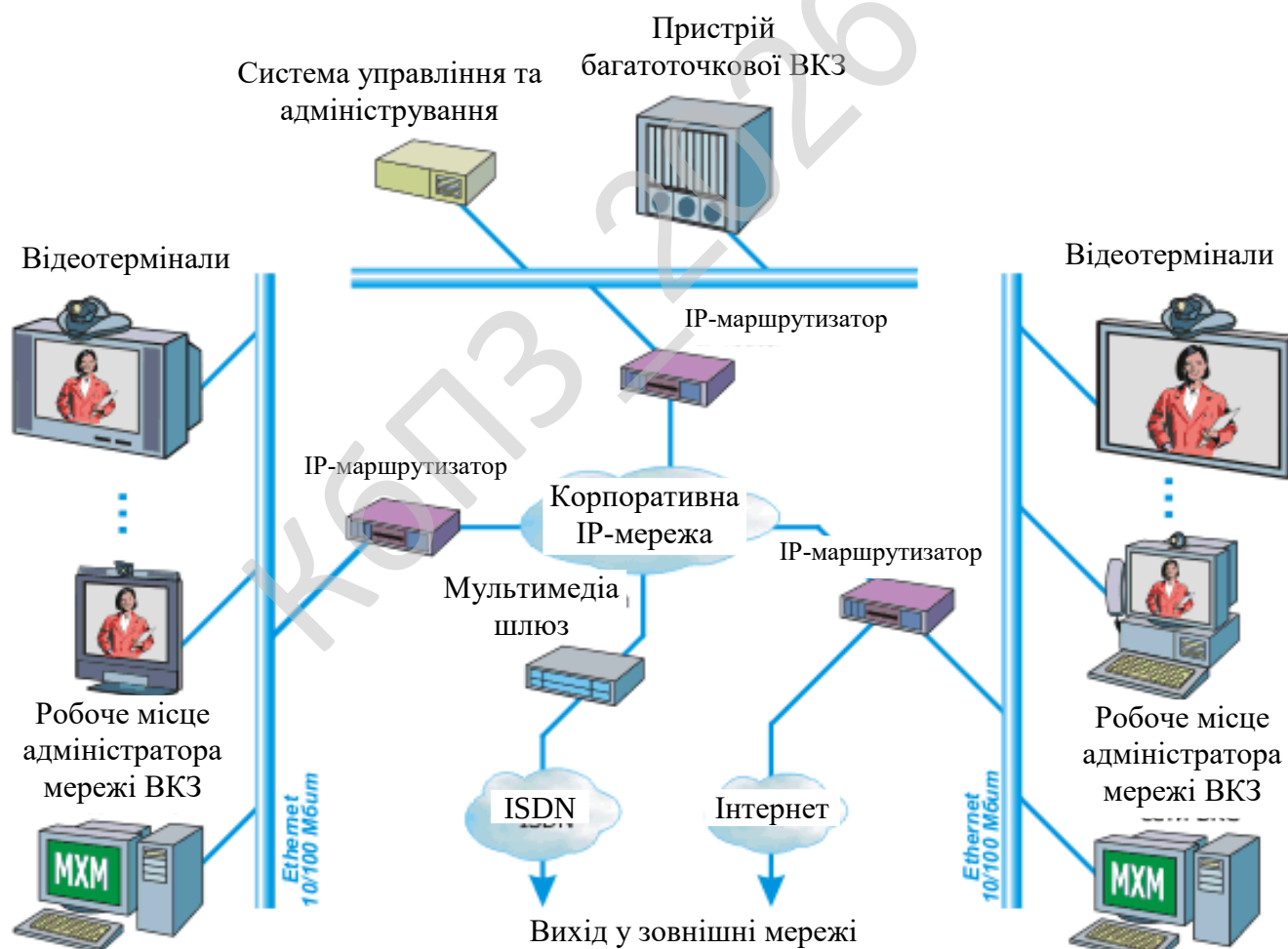


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Високоєфективний відео кодек (High Efficiency Video Coding (HEVC)), відео кодек, відомий також як кодек H 265, що стискає сильніше в більш ніж у два рази, чим кращий відео кодек для Blu-ray.

Я б назвав його просто – H 265, але його повне ім'я – High Efficiency Video Coding (HEVC). Це новий спадкоємець Advanced Video Coding (AVC), кодек, також відомий як H.264, що є однією з основних схем стиску, використовуваних Blu-ray.

Ідея HEVC полягає у тому, щоб запропонувати той же рівень якості зображення, що й AVC, але з поліпшеним стиском, тому відео файл, стислий за допомогою цього кодека, буде у два рази менше. Це важливо, для віщання у форматі 4K / Ultra HD (інтернет і супутник), 4K Blu-ray і для інших цілей.

Але чи досить добре він щодо цього, як він працює?

### **Стиск (гарний, поганий, із втратами)**

Обсяг неопрацьованих даних, що виходять із професійної HD-камери, є величезним. Немає можливості зручно доставити його у ваш будинок. Замість цього відео стискається, щоб зменшити обсяг даних у більше керовану форму.

Є багато способів зробити це, одним з найпростіших є зниження якості. У деяких випадках це нормально. Подумайте про відео на YouTube з низькою якістю. Не дуже, правда? Часто це пов'язане з тим, що відео сильно стисле (до або під час завантаження).

Сильний стиск за допомогою різних кодеків може бути технічно однаковим, але залежно від кодека, зображення може здаватися більше м'яким, гучним або мати дивні відволікаючі артефакти (як показаний вище).

Але це не сама гарна ідея, якщо потрібно зберегти намір режисера або показати свій новенький 77-дюймовий телевізор.

Таким чином, інший варіант – використовувати кращий стиск. У цьому випадку ви можете в основному думати про «краще» стиску як «про більше розумне» стиску. Він бере той же оригінал (відео) і знаходить кращі способи зменшити кількість даних, не жертвуючи якістю. Кожні кілька років

обчислювальна потужність передачі покращилася настільки, що дозволяє використовувати більше інтенсивні алгоритми стиску процесора, а також стискати дані без погіршення якості.

Це розходження між «більшим» стиском і «кращим» стиском важливо, тому що насправді терміни не є взаємозамінними в цьому контексті. Ви можете зменшити обсяг даних, необхідних для сигналу, або шляхом стиску й погіршення зображення, або за допомогою більше ефективної компресії («кращого» стиску).

Дозвольте мені сказати це так. Скажіть, що у вас є бушель із яблук. Вам потрібно помістити 100 яблук усередину. Ви можете зробити це з більшим стиском (скорочення яблук до пюре) або із кращим стиском (пошук кращого способу зробити їх цілими, але при цьому, зменшити обсяг займаного місця).

### **Кодек Н.265**

Потік даних, в 4К відео, значно сильніше чим в HD відео. У той час як більшість із нас ще тільки звикало до ідеї переваги кодека Н.264 у порівнянні з MPEG-2, Група Motion Picture Experts Group і International Telecommunication Union's Telecommunication Standardization Sector (ITU-T), уже почали роботу над наступним поколінням стиску відео.

Не бажаючи робити невеликі, косметичні поліпшення, щораз, коли вводиться новий стандарт стиску, це повинне бути значною зміною. При кожному переході на новий стандарт, або обсяг відео стає у два рази менше при тім же якості, або більше висока якість зображення про тім же обсязі.

Як удалося цього досягти? Багато в чому завдяки розширенню використання AVC (і інших методів стиску).

По-перше, новий кодек відразу переглядає кілька кадрів, щоб побачити, що в кадрі не міняється. У більшості сцен у телешоу або фільмі, переважна більшість кадрів не сильно міняється. Подумайте про сцену з кимсь що розмовляє. У кадрі в основному голова. Тло не сильно зміниться для багатьох кадрів. Щодо цього більшість пікселів, складових особи, імовірно, не будуть сильно мінятися (крім губ, звичайно). Тому замість того, щоб кодувати кожний

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 34   |

піксель із кожного кадру, кодується початковий кадр, а потім після цього кодуються (в основному) тільки зміни.

Потім HEVC розширює розмір області, на яку дивляться ці зміни. Більші й менші «блоки» істотно, що забезпечує додаткову ефективність. Вони можуть бути більше, менше й різної форми в HEVC, чим у попередніх кодеках. Більші блоки, наприклад, виявилися більше ефективними.

Ліворуч – макроблокування по AVC / H.264. Як ви можете бачити, праворуч набагато більше гнучкості, не говорячи вже про більші розміри, для кодувальника HEVC / H.265.

Потім були поліпшені інші речі, такі як компенсація руху, просторове пророкування й т. д. Все це було б зроблене в AVC або навіть раніше, але це вимагало більшої обчислювальної потужності, чим це було в той час економічно доцільно.

На етапі розробки алгоритм стиску об'єктивно перевіряється на ефективність його вихідного відео. Також перевіряється й суб'єктивно, професіоналами відео, що порівнюють різні методи стиску в «сліпому» тесті, де вони не знають, який саме метод перед ними. Порівняння людиною, має вирішальне значення. Просто тому, що комп'ютер говорить, що один рівень стиску краще, ніж інший, не означає, що він виглядає краще іншого.

Оскільки H.265 працює набагато інтенсивніше, не очікуйте простого відновлення прошивання, щоб змусити ваш пристрій декодувати його. Насправді, це частина проблеми. Вам потрібний апаратний декодер. Ваш телевізор або медіа програвача споконвічно повинен мати декодер, прошиванням отут не обійтися. Чи може ПК високого класу декодувати його за допомогою програмного забезпечення? Може бути.

### **Чи досить цього?**

Ну, технічно так, але з великим застереженням. Як і AVC (і інші стандарти стиску), H.265 налаштовується залежно від необхідної пропускну здатності. Хочете 4K на низькошвидкістному інтернеті? Немає проблем; збільште ступінь

стиску. Хочете кращу якість зображення? Немає проблем; зменшіть ступінь стиску. Хоча ця схема забезпечує гнучкість, це також означає, що «4K» і «UHD» не обов'язково гарантують кращу якість зображення, чим сьогодні, «1080p» або «HD». Дуже стислий сигнал 4K у багатьох відносинах виглядав гірше, ніж менш сильно стислий сигнал HD. Інакше кажучи, потокова передача 4K може виглядати гірше, ніж поточний 1080p Blu-ray, залежно від того, скільки використовується стиск. І хоча швидкість обробки на всіх пристроях відповідає закону Мура, пропускна здатність інтернету обмежена.

У той час як більшість потенційних переваг HEVC зосереджені на 4K, його кращий стиск забезпечує переваги для HD. Більше низька пропускна здатність із HD означає, що більше людей може одержати HD. Люди, у яких низька швидкість інтернету, з новим кодеком зможуть дивитися HD відео. Якщо у вас тариф з оплатою за мегабайтів, то більше низькі швидкості передачі даних також означають більше дешевий перегляд HD.

### **Чим дивитися HEVC**

Зрозуміло, відразу виникає питання, як дивитися HEVC. Є кілька рішень, залежно від того, що у вас є.

### **Перспективи розвитку H.265**

Застосування кодека H.265 у новому поколінні смартфонів і смарт-телевізорів активно росте. Проте, думки експертів по перспективах формату стиску H.265 в 2020 році – розділилися: хтось прогнозує активний ріст його використання, хтось, навпаки, вважає, що масового переходу на H.265 цього року не трапиться. Однак, незважаючи на невизначеність строків, усе сходиться в одному: рано або пізно новий формат замінить H.264. Адже збільшення дозволу відеосигналу вимагає більше ефективного стиску відеопотоку.

Хоча H.265 пропонує й вигоду більше ефективного стиску даних, і більше високу пропускну здатність, і зберігання більшого розміру файлів – дотепер його прийняття було повільним. Причина? H.265 вимагає істотно більшої обчислювальної потужності, чим H.264. Рішення, які пропонують необхідний

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 36   |

рівень обробки, є дорогими й ресурсномісткими. Незважаючи на це, застосування H.265 буде рости в 2016 році. Як незабаром H.265 охопить всю галузь – пророчити важко. У значній мірі це залежить від успіху 4K Ultra HD і інших форматів високої розв'язної здатності. Якщо 4K одержать цього року широке поширення, формат H.265 піде за ними.

### **Алгоритм стиску H.265+**

Hikvision Digital Technology розробила свій власний алгоритм стиску на базі стандарту H.265/ High Efficiency Video Coding (HEVC). Новий формат стиску зветься H.265+. Варто відзначити, що це не перший досвід компанії в доробці відеокодеку: Hikvision уже водила поліпшення в H.264, назвавши вдосконалений стандарт H.264 +.

### **Основні достоїнства H.265+**

#### **Розподілене інтелектуальне кодування**

Розподілене інтелектуальне кодування в H.265+ припускає поділ тла (тобто реального фізичного об'єкта) і відвідувачів. Створення моделі з одного або декількох раніше закодованих відеокадрів дозволяє здійснювати «міжкадрове пророкування» і «прогнозування усередині кадру», де зразки макроблоків (блок обробки) передвіщається за допомогою інформації про раніше переданих макроблоків того самого кадру. Таким чином, стиск відеопотоку може здійснюватися за рахунок трансляції тільки динамічної складової кадру. Оскільки більшість об'єктів відеонагляду має статичне тло, подібна доробка може істотно поліпшити кодек H.265.

#### **Придушення цифрового шуму**

Інтелектуальний алгоритм аналізу H.265+ розрізняє фонові зображення й об'єкти, що рухаються, таким чином, що кожний з них може бути закодований з різними стратегіями кодування. Фонове зображення кодується з високим ступенем стиску для придушення шуму. Модуль кодує також візуальний шум у сцені. У результаті виходить висока якість зображення об'єктів, що рухаються, при невеликих розмірах відеопотоку.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 37   |

### Довгостроковий контроль бітрейта

Hikvision уводить поняття «Long-Term Average Bitrate» (довгостроковий середній бітрейт), щоб повною мірою використовувати можливості пропускнуго каналу. Long-Term Average Bitrate розраховує ставки протягом певного періоду часу (звичайно 24 години). При середній швидкості передачі даних, камера може призначити більше високі бітрейти для годин з високою активністю відвідувачів, при одночасному їхньому зниженні під час простою. Наприклад, очевидно можна зменшити бітрейт у нічний час для системи відеоспостереження за офісом.

### Переваги H.265+ для реального об'єкта відеоспостереження

Hikvision Digital Technology провела порівняльне тестування форматів стиску для реального об'єкта відеоспостереження цілодобового відеоспостереження – невеликого кафе. Випробування проводилося на основі камер з дозволом 1080p при 25 кадрах у секунду.

Середній бітрейт між форматами H.264 і H.265+ зменшився на 83%, а різниця між стандартним H.265 і H.265+ склала 67%.

Порівняння 24-годинних фрагментів відеоархіву також демонструє істотні відмінності: для кодека H.264 розміри файлу склали в середньому 22,7 ГБ, для H.265 – 11,8 ГБ, а H.265+ – тільки 3,9 ГБ.

Друге порівняльне тестування проводилося для цілодобового відеоспостереження за транспортною розв'язкою. Тут розходження 24-годинних фрагментів відео також виявилось відчутним: H.264 у середньому 36,4 ГБ, H.265 у середньому 21,1 ГБ і H.265+ у середньому тільки 7,5 Гб.

### 3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема розробленої системи зображена на рисунку 3.2.

Зі схеми видно, що розроблена система інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265 складається з наступних частин:

1. Припустимі дозволи захвату відео.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 38   |

– для локальних відеокамер 384x288, 480x360, 560x420, 640x480, 720x540, 768x576 (напівкадр і повний кадр).

– для мережних камер 176x144, 240x180, 320x240, 352x240, 352x288, 384x288, 480x360, 560x420, 640x480, 704x420, 704x576, 720x540, 720x576, 768x576, 1280x720, 1280x960, 1280x1024, 1600x1200.

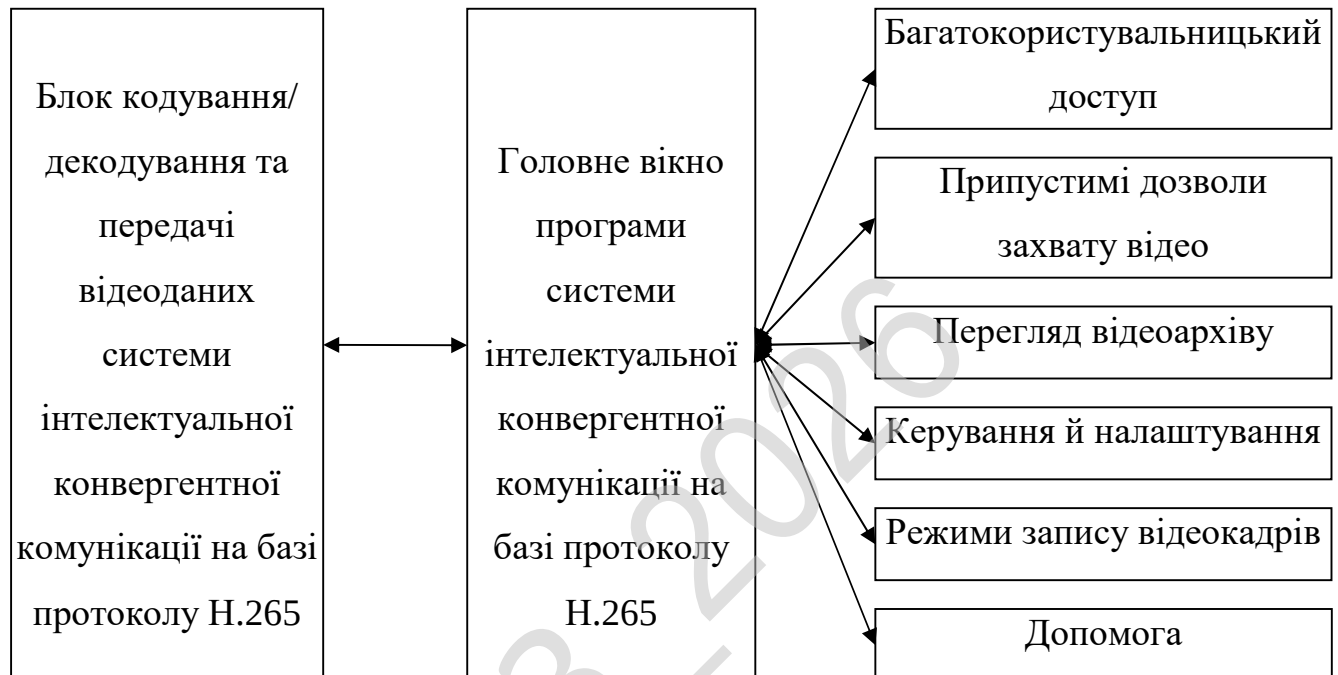


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

## 2. Режими запису відеокадрів.

- без запису на жорсткий диск,
- запис відеокадрів;
- запис по детектору + запис певної кількості відеокадрів до/після спрацьовування детектора (режими передзапису й післязапису).

Відеокадри можуть зберігатися у файлах наступного формату:

- файли у форматі покадрового кодування та передачі відеоданих на основі ієрархічного кодування;
- окремі файли JPEG;

– фільми AVI, стиск кодеком MJPEG.

Відеоархів – циклічний (кільцевий), з видаленням частини старих даних при досягненні вільного місця жорсткого диска певної величини.

Забезпечено можливість накладення (малювання) тексту й часу на збережений відеокадр.

### 3. Керування й налаштування.

Реалізована для зареєстрованих користувачів за паролем.

### 4. Перегляд відеоархіву.

Реалізований для зареєстрованих користувачів за паролем.

### 5. Багатокористувальницький доступ.

У системі передбачені 4 групи користувачів:

- інсталятори (установники),
- адміністратори,
- оператори архіву,
- користувачі.

Кількість користувачів і віддалених робочих місць програмно не обмежено.

### 6. Допомога.

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

## 3.4 Розробка діаграми процесів

Розглянемо розроблену діаграму процесів яка зображена на рисунку 3.3. Основна будова діаграми процесів полягає у графічному представленні складу сукупностей даних, що характеризуються як співвідношення різних частин кожної з сукупностей. Склад статистичної сукупності графічно може бути представлений як за допомогою абсолютних, так і відносних показників.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 40   |

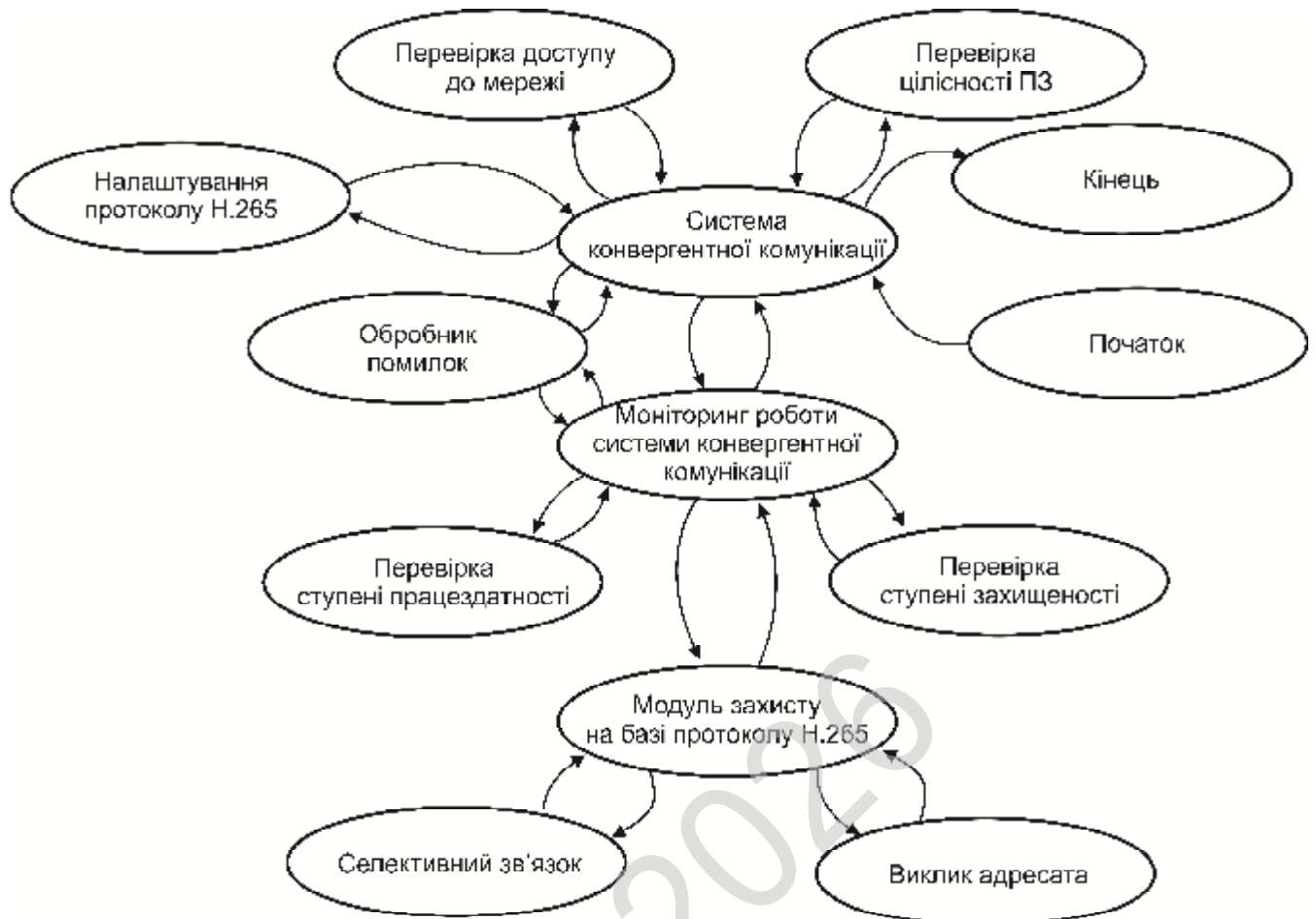


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Графічне зображення складу сукупності по абсолютними і відносними показниками сприяє проведенню більш глибокого аналізу і дозволяє проводити аналіз системи.

Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних (структурне проектування).

Для розробника вважається звичним спочатку креслити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи.

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

При детальному її розгляді можна побачити як саме проходить взаємодія у розробленій системі. Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі.

Діаграми потоків даних містять чотири типи елементів:

- Зовнішні по відношенню до системи сутності.
- Потоки даних між елементами трьох попередніх типів.
- Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.
- Сховища даних (репозиторії).

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.

К6ПЗ-2026

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 42   |

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

### 4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Розглянемо реалізацію бакалаврської дипломної роботи. Були проведені розрахунки і підібрані набори тестових даних для перевірки правильності реалізації проектних рішень.

**Система керування базами даних** (СКБД, Database Management System, DBMS) – набір взаємопов'язаних даних (база даних) і програм для доступу до цих даних. Надає можливості створення, збереження, оновлення та пошуку інформації в базах даних з контролем доступу до даних.

Першим поколінням СКБД прийнято вважати ієрархічні й мережеві системи. Ці системи отримали широке поширення в 1970-х роках, а першою комерційною системою цього типу була система IMS компанії IBM.

У 1980-х роках ці системи були витіснені системами другого покоління – повсюдно використовуваними і донині реляційними СКБД. У цих системах використовувалися непроцедурні мови управління даними (SQL) і передбачався значний ступінь незалежності даних. Реляційні системи внесли значні удосконалення в управління даними: графічний користувацький інтерфейс (GUI), клієнт-серверні застосунки, розподілені бази даних, паралельний пошук даних та інтелектуальний аналіз даних.

Але вже до кінця 1980-х років існуюча тоді реляційна модель перестала задовольняти розробників в силу низки обмежень. Відповіддю на зростаючу складність програм баз даних стали два нових напрямки розвитку СКБД: об'єктно-орієнтовані СКБД і об'єктно-реляційні СКБД. У 1991 був утворений консорціум ODMG, основною метою якого стало вироблення промислового

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 43   |

стандарту об'єктно-орієнтованих баз даних. Між 1993 та 2001 роками ODMG опублікувала п'ять ревізій своїх специфікацій. Остання версія стандарту має індекс 3.0, після чого група розпустилася. До кінця 1990-х існувало близько десяти компаній, що виробляли комерційні продукти, що позиціонуються на ринку як ООСКБД. Найбільш відомими системами даного класу стали Objectivity, Versant виробництва однойменних компаній, а також СКБД Jasmine, випущена компанією SA. Незважаючи на переваги, що дозволяють ефективніше вирішувати певний ряд завдань, об'єктно-орієнтовані системи так і не змогли завоювати значущу частку ринку СКБД, залишившись «нішевим» продуктом.

Постачальниками традиційних реляційних СКБД також була проведена значна робота з об'єднання об'єктно-орієнтованих і реляційних систем. Розробники постаралися розширити мову SQL, щоб включити в неї концепції об'єктно-орієнтованого підходу, зберігаючи переваги реляційної моделі (об'єктні розширення мови SQL були зафіксовані в стандарті SQL:1999).

Основний принцип – це еволюційний розвиток можливостей СКБД без поломки попередніх підходів та зі збереженням наступності з системами попереднього покоління.

Поняття СКБД третього покоління, якими, власне кажучи, і є об'єктно-реляційні СКБД, з'явилося після опублікування групою відомих фахівців в області баз даних «Маніфесту систем баз даних третього покоління». Основні принципи СКБД третього покоління, позначені в маніфесті:

Крім традиційних послуг з управління даними, СКБД третього покоління повинні забезпечити підтримку розвиненіших структур об'єктів і правил. Розвинутіша структура об'єктів характеризує засоби, необхідні для зберігання і маніпулювання нетрадиційними елементами даних (тексти, просторові дані, мультимедіа).

СКБД третього покоління повинні включити в себе СКБД другого покоління. Системи другого покоління внесли вирішальний вклад у двох областях – непроцедурний доступ за допомогою мови запитів SQL і незалежність

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 44   |

даних. Ці досягнення обов'язково повинні враховуватися в системах третього покоління.

СКБД третього покоління повинні бути відкриті для інших підсистем. Це включає оснащення різноманітними інструментами підтримки прийняття рішень, доступом з багатьох мов програмування, інтерфейсами до існуючих популярних систем і бізнес-застосунків, можливістю запуску програм з бази даних на іншій машині і розподілені СКБД. Весь набір інструментів і СКБД має ефективно функціонувати на різноманітних апаратних платформах з різними операційними системами.

Крім того, СКБД, що розраховує на широку сферу застосування, повинна бути оснащена мовою четвертого покоління (4GL).

У середині 1990 років було лише кілька дослідних прототипів СКБД, які поєднали найкращі риси реляційних і об'єктно-орієнтованих СКБД. Першим комерційним продуктом, якому були властиві об'єктно-реляційні риси, став Universal Server компанії Informix(згодом була поглинена IBM). В даний час більшість цих ідей вже втілено в реальних комерційних рішеннях, в тому числі і в продуктах основних постачальників СКБД (Oracle Database і IBM DB2).

Розвиток індустрії систем керування базами даних базується на значних фундаментальних наукових дослідженнях. Найчастіше, між самими дослідженнями та їхньою конкретною реалізацією в прикладних рішеннях минають роки, а іноді й десятиліття. Роботу в області управління даними проводять як університетські дослідницькі групи (MIT, Berkeley), так і центри розробок основних постачальників СКБД (Oracle, IBM, Microsoft). Інвестування в управління даними – це довгострокове, і разом з тим, вигідне вкладення коштів. В даний час дослідники мають у своєму розпорядженні засоби, що дозволяють ефективно реалізувати найскладніші запити, що маніпулюють терабайтами й петабайтами різних даних.

Основними тенденціями, які дали привід для проведення різних масштабних досліджень в області баз даних стали:

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 45   |

Експонентний ріст даних. Обсяг даних, у тому числі синтетичних, що генеруються автоматизованими системами, значно зріс. Збільшилося і число прикладних областей, в яких вимагається обробка великих обсягів даних. До таких областей тепер відносяться не тільки традиційні корпоративні програми, пошук у веб, але також і наукові дослідження, обробка природних мов, аналіз соціальних мереж тощо.

Значне ускладнення структур використовуваних даних. Прості види даних у вигляді чисел і символьних рядків стали доповнятися численною мультимедійною інформацією, просторовими, процедурними даними та великою кількістю інших складних форматів.

Широке поширення дешевих високопродуктивних апаратних засобів. Щорічно ми спостерігаємо зростання обчислювальних можливостей мікропроцесорів, збільшення ємності і зниження вартості доступних і зручних в експлуатації пристроїв дискової оперативної пам'яті.

Активний розвиток засобів комунікації та «всесвітньої павутини» World Wide Web. WWW стає єдиним інформаційним середовищем, що пронизує весь світ і об'єднує величезне число користувачів та електронних пристроїв.

Поява нових важливих областей застосування СКБД. У першу чергу, це пов'язано з інтелектуальним аналізом даних, сховищами даних, а останнім часом – з паралельними обчисленнями і хмарними технологіями.

### **Основні характеристики СКБД**

1. Контроль за надлишковістю даних.
2. Несуперечливість даних.
3. Підтримка цілісності бази даних (коректність та несуперечливість).
4. Цілісність описується за допомогою обмежень.
5. Незалежність прикладних програм від даних.
6. Спільне використання даних.
7. Підвищений рівень безпеки.

## Можливості СКБД

1. Дозволяється створювати БД (здійснюється за допомогою мови визначення даних DDL (Data Definition Language)).
2. Дозволяється додавання, оновлення, видалення та читання інформації з БД (за допомогою мови маніпулювання даними DML, яку часто називають мовою запитів)
3. Можна надавати контрольований доступ до БД за допомогою: Системи забезпечення захисту, яка запобігає несанкціонованому доступу до БД; Системи керування паралельною роботою прикладних програм, яка контролює процеси спільного доступу до БД; Система відновлення – дозволяє відновлювати БД до попереднього несуперечливого стану, що був порушений в результаті збою апаратного або програмного забезпечення.

## Основні компоненти середовища СКБД

1. Апаратне забезпечення.
2. Програмне забезпечення.
3. Дані.
4. Процедури – інструкції та правила, які повинні враховуватись при проектуванні та використанні БД.
5. Користувачі: адміністратори даних (керування даними, проектування БД, розробка алгоритмів, процедур) та БД (фізичне проектування, відповідальність за безпеку та цілісність даних); розробники БД; прикладні програмісти; кінцеві користувачі.

## Архітектура СКБД

Існує трирівнева система організації СКБД ANSI-SPARC, при якій існує незалежний рівень для ізоляції програми від особливостей представлення даних на нижчому рівні.

Рівні:

1. Зовнішній – представлення БД з точки зору користувача.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 47   |

2. Концептуальний – узагальнене представлення БД, описує які дані зберігаються в БД і зв'язки між ними. Підтримує зовнішні представлення, підтримується внутрішнім рівнем.

3. Внутрішній – фізичне представлення БД в комп'ютері.

Логічна незалежність – повна захищеність зовнішніх моделей від змін, що вносяться в концептуальну модель.

Фізична незалежність – захищеність концептуальної моделі від змін, які вносяться у внутрішню модель.

Було використано MongoDB – документо-орієнтована система керування базами даних (СКБД) з відкритим вихідним кодом, яка не потребує опису схеми таблиць.

MongoDB займає нішу між швидкими і масштабованими системами, що оперують даними у форматі ключ/значення, і реляційними СКБД, функціональними і зручними у формуванні запитів.

Код MongoDB написаний на мові C++ і поширюється в рамках ліцензії AGPLv3.

MongoDB підтримує зберігання документів в JSON-подібному форматі, має досить гнучку мову для формування запитів, може створювати індекси для різних збережених атрибутів, ефективно забезпечує зберігання великих бінарних об'єктів, підтримує журналювання операцій зі зміни і додавання даних в БД, може працювати відповідно до парадигми Map/Reduce, підтримує реплікацію і побудову відмовостійких конфігурацій. У MongoDB є вбудовані засоби із забезпечення шардінгу (розподіл набору даних по серверах на основі певного ключа), комбінуючи який з реплікацією даних можна побудувати горизонтально масштабований кластер зберігання, в якому відсутня єдина точка відмови (збій будь-якого вузла не позначається на роботі БД), підтримується автоматичне відновлення після збою і перенесення навантаження з вузла, який вийшов з ладу.

Розширення кластера або перетворення одного сервера на кластер проводиться без зупинки роботи БД простим додаванням нових машин.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 48   |

При розробці автори виходили з необхідності спеціалізації баз даних, завдяки чому їм вдалося відійти від принципу «один розмір під усе». За рахунок мінімізації семантики для роботи з транзакціями з'являється можливість вирішення цілого ряду проблем, пов'язаних з нестачею продуктивності, причому горизонтальне масштабування стає простішим. Використовувана модель документів зберігання даних (JSON/BSON) простіше кодується, простіше управляється (у тому числі за рахунок застосування так званого безсхемного стилю (schemaless style), а внутрішнє угруповання релевантних даних забезпечує додатковий вииграш в швидкодії.

Нереляційний підхід досить зручний для створення баз даних, у яких горизонтальне масштабування означає розгортання на множині машин. Можливість забезпечувати найкращу продуктивність повинна існувати паралельно з підтримкою більшої функціональності, ніж це дозволяє використання пар «ключ-значення» (у чистому вигляді).

Технологія баз даних має працювати скрізь, починаючи з серверів користувача та віртуальних машин і закінчуючи хмарними технологіями.

MongoDB, на думку розробників, має заповнити розрив між простими сховищами даних типу «ключ-значення» (швидкими і легко масштабованими) і великими СКБД (зі структурними схемами і потужними запитами).

Основні можливості MongoDB:

1. Документо-орієнтоване сховище (проста та потужна JSON-подібна схема даних).
2. Досить гнучка мова для формування запитів.
3. Динамічні запити.
4. Повна підтримка індексів.
5. Профілювання запитів.
7. Швидкі оновлення «на місці».
8. Ефективне зберігання бінарних даних великих обсягів, наприклад, фото та відео.

9. Журналювання операцій, що модифікують дані в БД.

10. Підтримка відмовостійкості і масштабованості: асинхронна реплікація, набір реплік і шардінг.

11. Може працювати відповідно до парадигми MapReduce.

СКБД управляє наборами JSON-подібних документів, що зберігаються в бінарному форматі BSON. Зберігання і пошук файлів в MongoDB відбувається завдяки викликам протоколу GridFS. Подібно до інших документо-орієнтованих СКБД (CouchDB тощо), MongoDB не є реляційною СКБД.

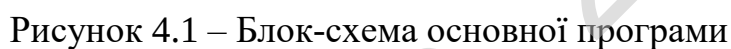
Є докладна і якісна документація, велике число прикладів і драйверів для популярних мов Java, C++, C#, PHP, Python, Perl, Ruby.

При випуску одразу було заявлено, що реліз MongoDB 1.0 готовий до використання у виробництві як одиничний хост, так і у зв'язках master/slave. Код цього релізу досить стабільний і перевірений в промисловій експлуатації протягом 1,5 років. MongoDB рекомендується розгортати мінімум на двох серверах використовуючи реплікацію Master/Slave. Це забезпечує наявність актуальних даних при виході з ладу однієї з СКБД. MongoDB – продукт досить молодий, і відтак у ньому зустрічаються помилки, з'являються нові можливості тощо. Характерний високий темп розробки (проект пишуть не тільки волонтери, а й компанія людей на повній зайнятості). Компанія-розробник надає платні підтримку, хостинг, консультації.

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

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

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 50   |



|      |      |          |        |      |                                      |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <div>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</div> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                      | 51   |

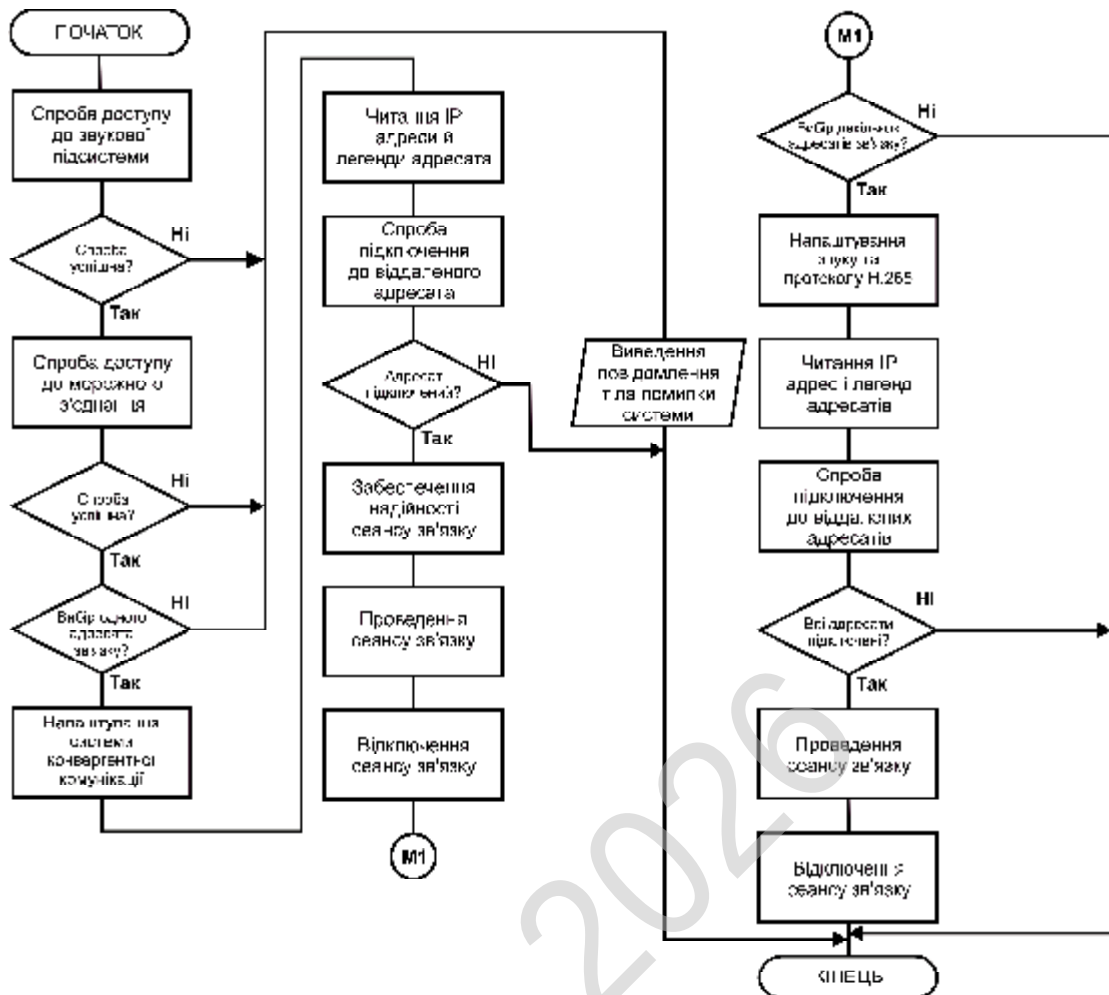


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

Redmine – вільне серверне ПЗ для управління проектами та відстежування помилок. До системи входить календар-планувальник та діаграми Ганта для візуального представлення ходу робіт за проектом та строків виконання. Redmine написано на мові Ruby і є ПЗ розробленим з використанням відомого веб-фреймворку Ruby on Rails, що означає легкість в розгортанні системи та її адаптації під конкретні вимоги. Для кожного проекту можна вести свої вікі та форуми.

Функціональні можливості:

- Ведення декількох проектів.
- Гнучка система доступу з використанням ролей.
- Система відстеження помилок.
- Діаграми Ганта та календар.
- Ведення новин проекту, документів та управління файлами.
- Сповіщення про зміни за допомогою RSS-потоків та електронної пошти.
- Власна Wiki для кожного проекту.
- Форуми для кожного проекту.
- Облік часових витрат.
- Налаштування власних (custom) полів для задач, затрат часу, проектів та користувачів.

– Легка інтеграція із системами керування версіями (SVN, CVS, Git, Mercurial, Bazaar и Darcs).

- Створення записів про помилки на основі отриманих листів
- Підтримка LDAP автентифікації.
- Можливість самореєстрації нових користувачів.
- Багатомовний інтерфейс (у тому числі українська мова).
- Підтримка СКБД: MySQL, PostgreSQL, SQLite.

Діаграма Ганта (Gantt chart, також стрічкова діаграма, графік Ганта) – це популярний тип діаграм, який використовується для ілюстрації плану, графіка робіт за будь-яким проектом. Є одним з методів планування та управління проектами.

Діаграма Ганта являє собою відрізки (графічні плашки), розміщені на горизонтальній шкалі часу. Кожен відрізок відповідає окремому завданню або підзадачі. Завдання і підзадачі, складові плану, розміщуються по вертикалі. Початок, кінець і довжина відрізка на шкалі часу відповідають початку, кінцю і тривалості завдання. На деяких діаграмах Ганта також показується залежність між завданнями.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 53   |

Діаграма може використовуватися для представлення поточного стану виконання робіт: частина прямокутника, що відповідає завданню, заштриховується, відзначаючи відсоток виконання завдання; показується вертикальна лінія, що відповідає моменту «сьогодні».

Часто діаграма Ганта використовується спільно з таблицею зі списком робіт, рядки якої відповідають окремо взятій задачі, зображеній на діаграмі, а стовпці містять додаткову інформацію про задачу.

Система відстеження помилок Багтрекер – прикладна програма для допомоги розробникам програмного забезпечення (програмістам, тестувальникам тощо) враховувати і контролювати помилки, знайдені у програмах, питання щодо функціональності, рішення та оновлення, побажання користувачів, а також стежити за процесом їх виконання.

Кожному, хто розробляв програмні продукти, добре знайоме співвідношення «20/80» – останні 20 % роботи тривають 80 % часу.

Як це не парадоксально, але нічого дивного в цій пропорції немає, адже саме на завершальній стадії починається тестування проекту, коли виявляються помилки, і що більший проект, то більше буде знайдено помилок.

Водночас досить часто виявляється, що більшість цих помилок були відомі та могли бути виправлені з меншими витратами на попередніх стадіях роботи, але не були вчасно описані, а потім загубилися серед інших важливих завдань.

Отже, система відстеження помилок у найпростішому варіанті – це процес, що включає в себе виявлення помилки, її опис, виправлення і перевірку цього виправлення, тобто процес «стеження» за багом протягом всього як його життєвого циклу, так і життєвого циклу розробки в цілому.

Сукупність інформації про дефект. Головний компонент такої системи – база даних, що містить відомості про виявлені дефекти. Ці відомості можуть включати в себе:

- номер (ідентифікатор) дефекту;
- хто повідомив про дефект;

- дата і час виявлення дефекту;
- версія продукту, в якій виявлено дефект;
- серйозність (критичність) дефекту та пріоритет рішення;
- опис кроків для відтворення дефекту (неправильної поведінки програми);
- відповідальний за усунення дефекту;
- обговорення можливих рішень та їх наслідків;
- поточний стан виправлення дефекту;
- версії продукту, в якій дефект виправлений.

Крім того, розвинені системи надають можливість прикріплювати файли, які допомагають описати проблему, наприклад, дампи пам'яті або скріншот.

**Використання.** Основна перевага систем відстеження помилок полягає в забезпеченні чітких централізованих оглядів, запитів на розробку (включаючи помилки і виправлення) та їх стан. У корпоративному середовищі, системи відстеження помилок можуть бути використані для генерації звітів по продуктивності програмістів виправлення помилок. Однак, це може іноді приводити до неточних результатів, тому що різні помилки можуть мати різні ступені пріоритету та серйозності, що пов'язано з складністю їх фіксації.

**Життєвий цикл дефекту.** Як правило, система відстеження помилок використовує той чи інший варіант «життєвого циклу» помилки, стадія якого визначається поточним станом помилки.

Типовий життєвий цикл дефекту:

1. Новий – дефект зареєстрований тестувальником.
2. Призначений – призначений відповідальний за виправлення дефекту.
3. Дозволений – дефект переходить назад у сферу відповідальності тестувальника. Як правило, супроводжується резолюцією, наприклад:
  - Виправлено (виправлення включені у версію таку-то).
  - Дубль (повторює дефект, що вже знаходиться в роботі).
  - Не виправлено (працює відповідно до специфікації, має занадто низький пріоритет, виправлення відкладено до наступної версії тощо).

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 55   |

– «В мене все працює» (запит додаткової інформації про умови, в яких дефект проявляється).

4. Далі тестувальник проводить перевірку виправлення, залежно від чого дефект або знову переходить у стан «Призначений» (якщо він описаний як виправлений, але не виправлений), або у стан «Закрито».

5. Відкрито повторно – дефект знайдено знову в іншій версії.

Система може надавати адміністраторові можливість налаштування користувачі, які можуть переглядати і редагувати помилки залежно від їх стану, переводити їх в інший стан або видаляти.

У корпоративному середовищі, система відстеження помилок може використовуватися для отримання звітів, що показують продуктивність програмістів при виправленні помилок. Однак, часто такий підхід не дає достатньо точних результатів через те, що різні помилки мають різну ступінь серйозності та складності. При цьому серйозність проблеми прямо не стосується складності її усунення.

Була використана водоспадна (каскадна) модель життєвого циклу ПЗ (waterfall model) – послідовний метод розробки програмного забезпечення, названий так через діаграму схожу на водоспад.

Ця модель розробки запозичена з системної інженерії у виробництві та будівництві – областях, в яких зміни на пізніх етапах дуже дорогі, або неможливі. Наприклад, для створення складних інженерних конструкцій (споруд, літаків, мостів і т.п.). Зміни в проекті фундаменту будинку після того, як покладений дах коштують дуже дорого, тому перфекціонізм на початкових етапах проектування просто необхідний. Інженери, які починали займатись розробкою програмного забезпечення перейшовши з інших галузей, просто адаптували звичну модель, тому що на ранніх етапах розвитку комп'ютерної техніки не було методологій створених саме для програмування. Проте, схожі методології застосовуються для програмного забезпечення й далі, у випадках коли вимоги фіксовані, і вимагається

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 56   |

висока якість та надійність, наприклад в системах для військових чи медичних потреб.

Перший формальний опис водоспадної моделі, після якої вона стала популярною був здійснений В. В. Ройсом у 1970. Попри те, що стаття містить переважно критику методу, на неї часто посилаються.

Переваги методу:

- Ніяких переробок.
- Гарна специфікація перетікає в гарну документацію.
- Зрозуміла модель.
- Розробники можуть мати низьку кваліфікацію.

Недоліки:

- Необхідний перфекціонізм на кожному етапі.
- Важко вносити зміни (якщо взагалі можливо).
- Надлишкове проектування.
- Поділ розробників на "perfect" та "code monkeys".

Модифікації. Через те що цей метод погано підходить для розробки саме ПЗ, частіше використовують його модифікації.

Найвідоміша модифікація – Sashimi. Названа так через японську страву сашімі (суші нарізане і сервіроване так, що складені рядочком шматочки накладаються один на одного). В моделі розробки Сашімі фази життєвого циклу йдуть одна за одною, але при цьому перекриваються одна з одною в часі.

Розглянемо визначення API. Це прикладний програмний інтерфейс (Application Programming Interface, API) – набір визначень підпрограм, протоколів взаємодії та засобів для створення програмного забезпечення.

Спрощено – це набір чітко визначених методів для взаємодії різних компонентів. API надає розробнику засоби для швидкої розробки програмного забезпечення. API може бути для веб-базованих систем, операційних систем, баз даних, апаратного забезпечення, програмних бібліотек.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 57   |

Одним з найпоширеніших призначень API є надання набору широко використовуваних функцій, наприклад для малювання вікна чи іконок на екрані. API є абстрактним поняттям – програмне забезпечення, що пропонує деякий API, часто називають реалізацією (implementation) даного API. У багатьох випадках API є частиною набору розробки програмного забезпечення, водночас, набір розробки може включати як API, так і інші інструменти/апаратне забезпечення, отже ці два терміни не є взаємозамінювані.

Високорівневі API часто програють у гнучкості. Виконання деяких функцій нижчого рівня стає набагато складнішим, або навіть неможливим.

В об'єктно-орієнтованих мовах, прикладний програмний інтерфейс зазвичай включає в себе опис набору визначень класу, з набором форм поведінки, пов'язаних з цими класами. Це абстрактне поняття пов'язане з реальними функціями, які надані або надаватимуться, класами, які реалізуються в методах класу.

Прикладний програмний інтерфейс в даному випадку можна розглядати як сукупність всіх методів, які публічно доступні в класах (зазвичай званий інтерфейс класу). Це означає, що прикладний програмний інтерфейс вказує методи, за допомогою яких взаємодіє з об'єктами, отриманими з визначень класів і обробляє їх.

У більш загальному плані можна визначити Прикладний Програмний Інтерфейс як сукупність усіх видів об'єктів, які можна вивести з визначення класу, і пов'язаних з ними можливих варіантів поведінки.

Наприклад: клас, що представляє Stack, може просто виставити публічно два методи Push() (для додавання нового елемента в стек) і Pop() (для вилучення останнього пункту, ідеально розташований на вершині стека).

У цьому випадку Прикладний Програмний Інтерфейс може бути інтерпретованим як два методи pop() і push(), або, більш широко, використовується варіант, коли можна використовувати елемент типу Stack, який реалізує поведінку стека, надаючи йому можливість для додавання / видалення

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 58   |

елементів з вершини. Друга інтерпретація видається більш доречною в дусі об'єктно-орієнтованого підходу.

Якість документації, пов'язаної з Прикладним Програмним Інтерфейсом, є часто ключовим фактором, що визначає його успішність з точки зору простоти використання.

ППІ, як правило, пов'язаний із бібліотеками програмного забезпечення: ППІ описує і вказує очікувану поведінку в той час, як бібліотека є фактичною реалізацією даного набору правил. Один ППІ може мати декілька реалізацій (або жодної, будучи абстрактним) у вигляді різних бібліотек, які мають такий же інтерфейс.

Прикладний програмний інтерфейс також може бути пов'язаним з платформами програмування: платформа може бути заснована на кількох бібліотеках реалізує декілька інтерфейсів ППІ, але на відміну від звичайного використання ППІ, доступ до поведінки вбудований в платформу опосередкований шляхом розширення його змісту новими класами і вставлений в саму платформу. Крім того, загальний потік управління програми може бути під контролем абонента.

Прикладний програмний інтерфейс може бути також реалізацією протоколу.

Коли ППІ реалізує протокол, він може бути заснованим на проксі-методах віддалених викликів, що засновані на протоколі зв'язку. Роль ППІ може заключатися саме в тому, щоб приховати деталі транспортного протоколу. Наприклад: RMI є ППІ, який реалізує протокол або JRMP IIOP як RMI-IIOP.

Протоколи, як правило, розподіляються між різними технологіями і зазвичай дозволяють різним технологіям обмінюватися інформацією, діючи як абстракція між двома світами. ППІ, як правило, є специфічним для конкретної технології: звідси, інтерфейси даної мови не можуть бути використані на інших мовах, якщо виклики функції не будуть перетворені з конкретної адаптації бібліотеки.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 59   |

Деякі мови, серед яких такі, що працюють на віртуальних машинах (наприклад: мови, сумісні з NET CLI середовища CLR і JVM сумісних мов у віртуальній машині Java) можуть ділитися програмними інтерфейсами.

У цьому випадку віртуальна машина дозволяє мові взаємодії завдяки спільному знаменнику віртуальної машини, що абстрагується від конкретної мови, використовувати проміжний байт-код і його мову.

При використанні прикладного програмного інтерфейсу в контексті веб-розробки, як правило, ППП визначається набором повідомлень запиту HTTP, також визначається структура повідомлень-відповідей, зазвичай у розширенні мови розмітки XML або в форматі об'єктного запису JavaScript (JSON). У той час як прикладний програмний інтерфейс у Web історично був практично синонімом для веб-служби, останнім часом тенденція змінилась (так званий Web 2.0) на відхід від Simple Object Access Protocol (SOAP) на основі веб-сервісів і сервіс-орієнтованої архітектури (SOA) на більш прямі передачі репрезентативного стану (REST) стилів веб-ресурсів та ресурсів-орієнтованої архітектури (ROA).

Частина цієї тенденції пов'язана з рухом Семантичного веб-ресурсу до Опису Платформ (RDF), Концепції розвитку веб-технологій інженерних онтологій. Прикладні програмні інтерфейси у Web, що дозволяють комбінувати декількома прикладними програмними інтерфейсами в нові додатки називають гібридними.

#### **4.2 Захист розробленого програмного забезпечення**

Для захисту розробленого програмного забезпечення запропоновано використовувати алгоритм Blowfish, який є симетричним алгоритмом шифрування, тобто таким, у якому ключ шифрування дорівнює ключу дешифрування. Він є мережею Фейштеля, у якій кількість ітерацій дорівнює 16. Довжина блоку дорівнює 64 бітам, ключ може мати будь-яку довжину в межах 448 біт. Хоча перед початком будь-якого шифрування виконується складна фаза

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 60   |

ініціалізації, саме шифрування даних виконується досить швидко. Алгоритм призначений в основному для додатків, у яких ключ міняється нечасто, до того ж існує фаза початкового рукостискання, під час якої відбувається автентифікація сторін і узгодження загальних параметрів і секретів. При реалізації на 32-бітних мікропроцесорах з більшим кешем даних Blowfish значно швидше DES.

Алгоритм складається із двох частин: розширення ключа й шифрування даних. Розширення ключа перетворює ключ довжиною, принаймні, 448 біт у кілька масивів підключів загальною довжиною 4168 байт.

В основі алгоритму лежить мережа Фейштеля з 16 ітераціями. Кожна ітерація складається з перестановки, що залежить від ключа, і підстановки, що залежить від ключа й даних. Операціями є XOR і додавання 32-бітних слів.

Blowfish використовує велику кількість підключів. Ці ключі повинні бути обчислені заздалегідь, до початку будь-якого шифрування або дешифрування даних. Елементи алгоритму:

1.  $P$  – масив, що складається з вісімнадцяти 32-бітних підключів:

$$P_1, P_2, \dots, P_{18}.$$

2. Чотири 32-бітних S-boxes с 256 входами кожний. Перший індекс означає номер S-box, другий індекс – номер входу.

$$S_{1,0}, S_{1,1}, \dots S_{1,255};$$

$$S_{2,0}, S_{2,1}, \dots S_{2,255};$$

$$S_{3,0}, S_{3,1}, \dots S_{3,255};$$

$$S_{4,0}, S_{4,1}, \dots S_{4,255};$$

### Шифрування

Входом є 64-бітний елемент даних  $X$ , що ділиться на дві 32-бітні половини,  $X_l$  і  $X_r$ .

$$X_l = X_l \text{ XOR } P_i$$

$$X_r = F(X_l) \text{ XOR } X_r$$

$$\text{Swap } X_l \text{ and } X_r$$

### Функція $F$

Розділити  $X_1$  на чотири 8-бітних елементи  $A, B, C, D$ .

$$F(X_1) = ((S_{1,A} + S_{2,B} \bmod 2^{32}) \text{ XOR } S_{3,C}) + S_{4,D} \bmod 2^{32}$$

Дешифрування відрізняється від шифрування тим, що  $P_i$  використовуються у зворотному порядку.

### Генерація підключів

Підключи обчислюються з використанням самого алгоритму Blowfish.

1. Ініціалізувати перший  $P$ -масив і чотири  $S$ -boxes фіксовані рядки.
2. Виконати операцію XOR  $P_1$  з першими 32 бітами ключа, операцію XOR  $P_2$  із другими 32 бітами ключа й т.д. Повторювати цикл доти, поки весь  $P$ -масив не буде побітово складний з усіма бітами ключа. Для коротких ключів виконується конкатенація ключа із самим собою.
3. Зашифрувати нульовий рядок алгоритмом Blowfish, використовуючи підключи, описані в пунктах (1) і (2).
4. Замінити  $P_1$  і  $P_2$  виходом, отриманим на кроці (3).
5. Зашифрувати вихід кроку (3), використовуючи алгоритм Blowfish з модифікованими підключами.
6. Замінити  $P_3$  і  $P_4$  виходом, отриманим на кроці (5).
7. Продовжити процес, замінюючи всі елементи  $P$ -масиву, а потім всі чотири  $S$ -boxes, виходами відповідним чином модифікованого алгоритму Blowfish.

Для створення всіх підключів потрібна 521 ітерація.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 62   |

## 5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

На рисунку 5.1 зображено розроблене у бакалаврської дипломної роботі система інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265. З рисунку можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи: Функціональних кнопок ПЗ; Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші; Верхнього меню; Розділу обрання групи; Розділу виведення результату роботи системи.

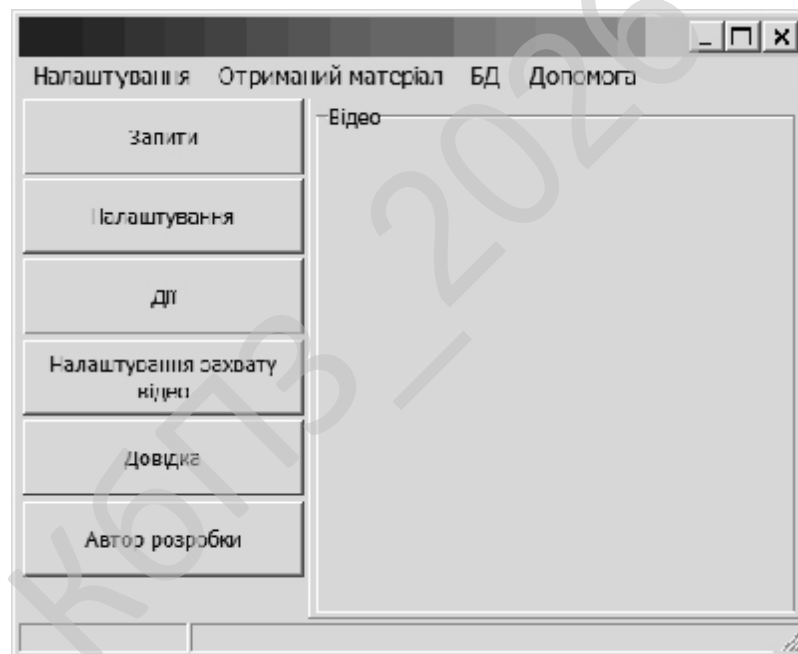


Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

Дотепер системи телефонії, відеоконференцій і суміжні з ними існують до відомого ступеня розрізнено. Під конвергенцією ми маємо на увазі створення єдиного конференційного середовища, у якій кожної з абонентів може працювати з будь-яким іншим.

Конвергентні комунікації опираються на хмарну платформу, що розгортається в замовника, до складу якої входять серверна інфраструктура, серверні застосунки й усілякі сервіси. У рамках створеного конференц-середовища можна зібрати загальну конференцію для абонентів будь-якого типу (які використовують різні комунікаційні пристрої). Крім традиційних кінцевих крапок (відеотерміналів, смартфонів, телефонів і т.п.), до конференції можна підключити й камери відеоспостереження.

Як приклад приведемо наступний сценарій. Співробітник, у якого на смартфоні встановлений месенджер з розширеним функціоналом, дзвонить у студію телеприсутності, щоб взяти участь у дискусії. У ході подальшої конференції виникає потреба підключити абонента по звичайній телефонній лінії, що й робиться негайно.

Далі виявляється, що потрібно залучити фахівця, що знає, як працювати з певним програмним забезпеченням на ПК, і після підключення йому може бути надане право керування робочим столом, а все виведено в якості, що відбувається на ньому, контенту для інших абонентів. У нашому поданні це і є дійсна конвергенція.

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.

Розглянемо процес впровадження програмного забезпечення, це процес налаштування програмного забезпечення під певні умови використання, а також навчання користувачів роботі з програмним продуктом.

Впровадження програмного забезпечення це усі дії, що роблять розроблену програмну систему готовою до використання. Даний процес є частинною життєвого циклу програмного забезпечення.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 64   |

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

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

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

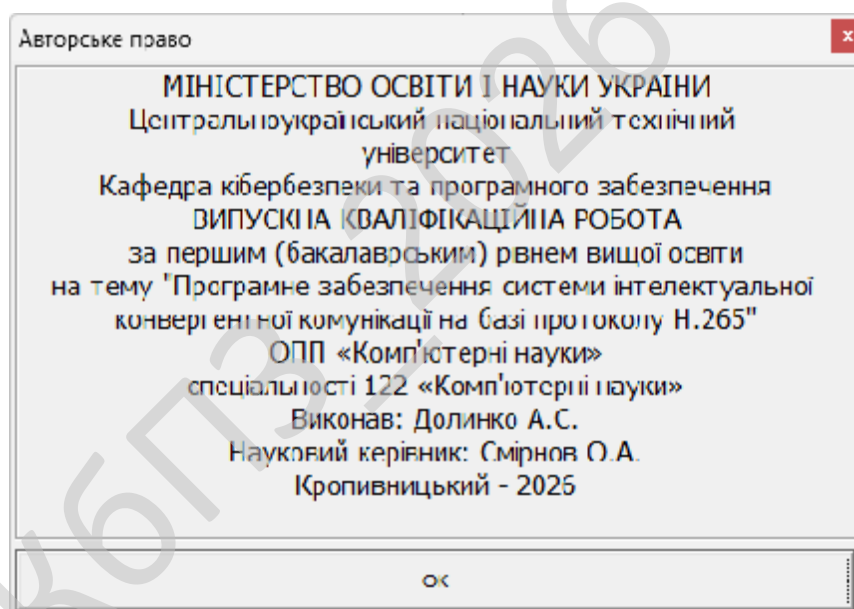


Рисунок 5.2 – Авторське право

До діяльностей пов'язаних із розгортанням програмного забезпечення відносять:

- Випуск.
- Встановлення та активація.
- Деактивація.
- Адаптація.

- Обновлення.
- Вмонтування.
- Відстежування версій.
- Видалення.
- Вилучення з обігу.

При впровадженні програмного забезпечення потрібно урахувати наступні дії:

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

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

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

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

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

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 66   |

Проводилась оцінка:

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

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

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

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

У цьому випадку формуються тестові варіанти, в яких:

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

Недоліки тестування "білої скриньки":

- Кількість незалежних маршрутів може бути дуже велика.
- Повне тестування маршрутів не гарантує відповідності програми вихідним вимогам до неї.
- У програмі можуть бути пропущені деякі маршрути.
- Не можна виявити помилки, поява яких залежить від даних.

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

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

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 67   |

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

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

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

Обрано умови розповсюдження – Freeware.

Це власницьке програмне забезпечення, котре можна Безоплатно використовувати протягом необмеженого терміну без обмежень у функціональності, і поширюване без сирцевих кодів.

Автори такого програмного забезпечення, як правило, хочуть «дати щось спільноті», але хочуть також контролювати його подальшу розробку. Іноді, коли програмісти вирішують припинити розробку, вони передають сирцевий код іншим програмістам, або ж спільноті як вільне програмне забезпечення.

Дуже часто плутають поняття «безплатне програмне забезпечення» та «вільне програмне забезпечення», хоча вони суттєво відрізняються.

Безплатне програмне забезпечення можна безоплатно встановлювати та використовувати (іноді з певними обмеженнями, як, наприклад, «безплатне для домашнього або некомерційного вжитку»), в той час як вільне програмне забезпечення можна продавати за будь-яку суму, але при тому, у користувача, котрий його отримує, повинні бути права на вивчення, модифікацію та поширення сирцевих кодів одержаної програми.

## 6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.

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

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.
- Досліджена система інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265.

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 Visual C#. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані призначені для системи інтелектуальної конвергентної комунікації на базі протоколу H.265. Це

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 69   |

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 Blowfish.

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-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 70   |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alasdair McAndrew. A Computational Introduction to Digital Image Processing. Chapman & Hall. 2021. 560 p.
2. Михайло Пічугін, Іван Канкін, Володимир Воротніков Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник / Центр навчальної літератури 346 с. 2019р.
3. Маценко В.Г. Комп'ютерна графіка: Навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2009 – 343 с.
4. Інженерна комп'ютерна графіка: підручник / В.В. Проців [та ін.] / М-во освіти і науки України, Нац. гірн. унт-т. – Дніпро: НГУ, 2017. – 247 с.
5. Проців В.В. Прикладна комп'ютерна графіка [Текст]: Навч. посібник / В.В. Проців, К.А. Зіборов, К.М. Бас, Г.К. Ванжа; М-во освіти і наук, Нац. гірн. ун-т. - Д.: НГУ, 2016. - 187 с.
6. Kopf, Johannes and Lischinski, Dani. Depixelizing Pixel Art (англ.) // ACM Trans. Graph. – 2011. – Vol. 30, no. 4. – P. 99:1--99:8.
7. Giachetti, Andrea and Asuni, Nicola. Real-Time Artifact-Free Image Upscaling (англ.) // Trans. Img. Proc.. – 2011. – Vol. 20, no. 10. – P. 2760—2768.
8. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Chevardin, V., Smirnov, O. «Wireless Network Encryption Stream Ciphers, Computational Modeling, and Security Analysis». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 379–402.
9. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Smirnov, O., Imoize, G.L. «Computational Modeling of Enhanced Spread Spectrum Codes for Asynchronous Wireless Communication». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 403–447
10. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 71   |

технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.

11. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології*, 2024, № 13, с. 28-35.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. Smirnov, O., Neskorodieva, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskorodieva, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3187, 2022,

17. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Drieiev O., Polishchuk L., Sheroz Khan, Yassin M. Y. Hasan, Aladdein M. Amro, Hazim S. AlRawashdeh «Method for Determining Treated Metal Surface Quality Using Computer Vision Technology». *Sensors (Basel, Switzerland)* Volume 22, Issue 16, 6223, 2022.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 72   |

18. Smirnov O., Kuznetsov A., Kryvinska N., Kiian A., Kuznetsova K. «Full Non-Binary Constant-Weight Codes». SN Computer Science, Vol 2, 337, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00739-w>
19. Smirnov O., Kuznetsov A., Zhora V., Onikiychuk A., Pieshkova O. «Hiding Messages in Audio Files Using Direct Spread Spectrum». 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, Cracow, Poland, 22-25 September 2021. P. 414-418.
20. Smirnov O., Kuznetsov A., Lokotkova I., Kuznetsova T., Florov S., Lebid O. «Using Orthogonal Signals to Hide Information in Images». 4 IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT) - 2021, Lviv, Ukraine, September 21-25, 2021. P. 255-260.
21. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Potii, O., Poluyanenko, N., Stelnyk, I., Mialkovsky, D. «Combining and filtering functions in the framework of nonlinear-feedback shift register». International Journal of Computing; 2020, Volume 19, Issue 2 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2020. – P. 247-256.
22. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
23. 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.
24. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New technique for data hiding in cover images using adaptively generated pseudorandom sequences». CEUR Workshop Proceedings Volume 2654, 2020, Pages 1-14.
25. Smirnov O., Kuznetsov A., Onikiychuk A., Makushenko T., Anisimova O., Arischenko A. «Adaptive pseudo-random sequence generation for spread spectrum image steganography». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable

Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 161-165.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Gorbacheva, L., Babenko, V., «Hiding data in images using a pseudo-random sequence», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 646-660.

31. Zhurakovskiy, B., Tsopa, N., Batrak, Y., Odarchenko, R., Smirnova, T «Comparative analysis of modern formats of lossy audio compression». Workshop Proceedings, 2020, 2654, стр. 315-327.

32. 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.

33. 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.

34. 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.

35. 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.

36. 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.

37. 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.

38. 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.

39. 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.

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 75   |

40. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New Technique for Hiding Data in Cover Images Using Adaptively Generated Pseudorandom Sequences». CEUR Workshop Proceedings Volume 2732, 2020, Pages 214-227.

41. Т.В. Смірнова, О.М. Дреєв, О.А. Смірнов «Хмарна інформаційна система оцінювання шорсткості з використанням дискретного частотного аналізу макрофотографій». IV міжнародна науково-практична конференція «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології», м. Кропивницький. 15-16 квітня 2021р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2021. – С. 30.

42. 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.

43. 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.

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

45. О. Смірнов, Є. Деменко, О. Онікійчук, А. Арищенко, Л. Горбачова, «Формування псевдовипадкових послідовностей для приховування даних в зображеннях» Комп'ютерні науки та кібербезпека. № 4. С. 30-37. 2019.

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

47. 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).

48. 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

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

50. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Дреєв О.М. Мережні інформаційні технології. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 159 с.

51. Смірнов О.А., Смірнов С.А. Дідик А.К., Дреєв О.М. Моделі системи нейромережових експертів безпечної маршрутизації у хмарних антивірусних системах. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". - Випуск 3 (140). - Х.: ХУПС - 2016. - С. 36-39.

52. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Доренський О.П., Дреєв О.М., Вялова В.І. Комп'ютерні мережі. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 233 с.

53. Смірнов О.А., Дреєв О.М. Порівняння бітових щільностей при використанні різних методів кодування інформації. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". - Випуск 2 (118). т.2. - Х.: ХУПС - 2014. - С. 64-67

54. Смірнов О.А., Дреєв О.М. Порівняння бітових щільностей при використанні різних методів кодування інформації. Збірник тез VI міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми та перспективи розвитку ІТ-індустрії”. м. Харків. 17-18 квітня 2014р. – Харків: ХНЄУ. - 2014. - С. 240.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-122.26.0021.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 77   |

55. Смірнов О.А., Коваленко О.В., Кожанова А.С., Лєвошко О.Л., Константинова Л.В. Основи системного програмування. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ 2013. – 257с.

56. Смірнов О.А., Дреєв О.М., Дорєнський О.П. «Дослідження впливу ступеня стиснення зображень на оперативність їх доставки у телекомунікаційній системі. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". – Випуск 8(115). – Х.: ХУПС – 2013. – С. 234-239.

57. Смірнов О.А., Дорєнський О.П., Дреєв О.М. Аналіз процесів стиснення та відновлення зображень на основі цифрових методів. Наука і техніка Повітряних сил Збройних Сил України. – Випуск 3(12). – Х.: ХУПС. – 2013. – С.122-127.

58. Смірнов О.А., Мелешко Є.В., Семенов С.Г. Методи та засоби обробки сигналів і даних в інформаційних системах. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ 2012. – 250 с.

59. Смірнов О.А., Євсєєв С.П., Жукарев В.Ю., Король О.Г., Сорокін В.Є., Мелешко Є.В. Технології і стандарти комп'ютерних мереж. – Кіровоград: КНТУ 2012. – 454 с