

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

На правах рукопису

Гайдай Дарина Сергіївна

**Програмне забезпечення системи візуалізаційного центру на базі Cave
Automatic Virtual Environment**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітній ступінь: бакалавр

Науковий керівник:

Якименко Наталія Миколаївна

(підпис)

(дата)

кандидат фізико-математичних наук, доцент

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

О.А. Смірнов

(підпис)

ПШ

« » 2021 р.

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Механіко-технологічний
Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
О.А.Смірнов
« 11 » січня 2021 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гайдай Дарині Сергіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Програмне забезпечення системи візуалізаційного центру на базі Cave Automatic Virtual Environment*
- керівник роботи *Якименко Наталія Миколаївна, канд. фіз.-мат. наук, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом вищого навчального закладу № 204-02 від 28.12.2020 року
2. Строк подання студентом роботи до захисту *22.05.2021 р.*
3. Мета та завдання кваліфікаційної бакалаврської роботи: *Метою розробки є програмне забезпечення системи візуалізаційного центру на базі Cave Automatic Virtual Environment*
4. 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*
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- | | |
|--|-----------------|
| <i>Структурна схема системи</i> | <i>1 аркуш</i> |
| <i>Функціональна схема системи</i> | <i>1 аркуш</i> |
| <i>Діаграма процесів</i> | <i>1 аркуш</i> |
| <i>Блок-схема алгоритму роботи додатку</i> | <i>2 аркуша</i> |

6. Дата видачі завдання « 11 » січня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної бакалаврської роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної бакалаврської роботи	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.03.2021 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2021 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2021 р.	
4.	Розробка структур даних	25.03.2021 р.	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	30.03.2021 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2021 р.	
7.	Оформлення ПЗ	17.04.2021 р.	
8.	Попередній захист роботи	14.05.2021 р.	

Студент _____

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гайдай Д.С. Програмне забезпечення системи візуалізаційного центру на базі Cave Automatic Virtual Environment. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2021.

В даній кваліфікаційній бакалаврській розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи візуалізаційного центру на базі Cave Automatic Virtual Environment.

Метою розробки є програмне забезпечення системи візуалізаційного центру на базі Cave Automatic Virtual Environment.

Результат роботи – програмна реалізація системи візуалізаційного центру на базі Cave Automatic Virtual Environment.

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 архітектури IBM PC з ОС Windows XP/Vista/7/8/10.

Програму розроблено в середовищі Visual C#.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, візуалізаційний центр, Cave Automatic Virtual Environment

ABSTRACT

Haidai D.S. Visual center system software based on Cave Automatic Virtual Environment. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2021

In this bachelor's qualification the software which is intended for system of the visualization center on the basis of Cave Automatic Virtual Environment is developed.

The purpose of the development is the software of the visualization system based on Cave Automatic Virtual Environment.

The result is a software implementation of the visualization center system based on Cave Automatic Virtual Environment.

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.

Developed user-friendly interface. Instructions for working with software are given.

The program can be used on an IBM PC with Windows XP / Vista / 7/8/10.

The program is developed in Visual C # environment.

Keywords: computer engineering, visualization center, Cave Automatic Virtual Environment

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.....	9
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	12
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми кваліфікаційної бакалаврської роботи.....	12
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	24
2.3 Розгорнута постановка завдання	27
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	29
3.1 Опис функціонування системи.....	29
3.2 Розробка структурної схеми	32
3.3 Розробка функціональної схеми.....	41
3.4 Розробка діаграми процесів.....	44
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ ...	46
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи	46
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення	55
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ.....	58
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ

Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.		Гайдай Д.С.			Програмне забезпечення системи візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment	Лім.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Якименко Н.М.				Б	1	69
Н.контр.		Гермак В.С.			ЦНТУ КІ-18-3СК			
Затв.		Смірнов О.А.						

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

ДКП	–	дискретне косинусне перетворення
ПЗ	–	програмне забезпечення
ЛОМ	–	локальна обчислювальна мережа
CAVE	–	CAVE Automatic Virtual Environment – кімнати віртуальної реальності
CCTV	–	система замкнутого телебачення
HMD	–	VR-шоломи
IP	–	інтернет протокол
USB	–	універсальна серійна шина
VR	–	віртуальна реальність

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ВСТУП

Актуальність теми. CAVE Automatic Virtual Environment (CAVE) – спеціальна кімната, куди заходить користувач і поринає в тривимірний простір. Цей винахід фахівців Університету Іллінойсу, створене в 90-е роки.

Сьогодні ці технології використовують у віртуальному макетуванні й дизайні, ергономіці, для тренувань і навчання техніці безпеки.

VR-кімнати забезпечують краще занурення завдяки широкому полю огляду, якості картинки й відсутності затримки трекінгу. У таких кімнатах використовують VR-костюми й VR-рукавички, яким для роботи не потрібні дроти, тому вони дають можливість вільно переміщатися. Користувач бачить своє тіло, що дозволяє зберігати координацію, а виходить, немає заколисування.

Вартість їх постійно знижується за рахунок росту доступності 3D-проекторів.

Декілька користувачів можуть перебувати в кімнаті одночасно, однак тільки один бачить макет без викривлень. Це дозволяє розібратися з нюансами й доробити зображення.

Високий розв'язну здатність досягається за рахунок кількості проекторів, що забезпечують картинку відмінної якості. Проекти компаній, що надають 3D-макет, вражають. Голограма заповнює кімнату, як справжня.

З мінусів можна відзначити вартість, що доходить до десятків тисяч євро. А персонал повинен уміти звертатися із трекінгом, проектором і іншими пристроями. Складний і контент, що створюється з обліком специфічної VR-периферії й трекінгу.

HMD (VR-шоломи) поліпшили характеристики в порівнянні зі своїми попередниками, і нам вони відомі як Oculus Rift, Sony Morpheus і HTC Vive.

У них залишився основний недолік – у шоломі користувач не бачить своє тіло, тому багатьох заколисує. Декілька користувачів не можуть використовувати

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

одну 3D-модель одночасно. Споживчі шоломи працюють у малих діапазонах. Oculus Rift функціонує при положенні глядача сидячи, а рух і голови відслідковуються в малому обсязі.

Microsoft Kinect здатний розширити можливості, але зростають і витрати. Переваги шоломів у компактності й зручності перевезення.

Гадати, за якими гаджетами майбутнє, не має сенсу. Різні компанії знайдуть застосування для своїх областей. Але CAVE підходить для презентацій і проектів, що вимагають місця, а також для зображень високої якості.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є програмне забезпечення системи візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.

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

- Огляд існуючих систем візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.
- Дослідження системи візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.
- Програмна реалізація системи візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній кваліфікаційній бакалаврській роботі.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Звичайно, за останні рік-два прості споживчі пристрої для віртуальної реальності сильно просунулися вперед. Виникає закономірне питання: наскільки можливо їх застосування в професійній роботі й у чому переваги більш дорогої кімнати віртуальної реальності.

Технічні характеристики, можливість і зручність застосування – приведемо тут загальне порівняння двох систем. Отже, HMD vs CAVE.

Для початку небагато історії. Властиво, віртуальна реальність почалася з HMD. У далекому 1968-м були представлені перші, що надіваються на голову VR-окуляри із двома дисплеями, що дають стерео-ефект. Пристрої розвивалися й минулого популярні у світі атракціонів і відеоігор у західних країнах ще в 90-е (у нас тоді було зовсім не до цього, тому перший бум шоломів нашу країну минув).

Нинішня хвиля з Oculus Rift, Sony і коробочками, у які можна вставити телефон як дисплей, це якесь відродження технології в новому, легені й доступному виді.

Базова конструкція кімнати віртуальної реальності CAVE (CAVE automatic virtual environment) придумана в 90-е в Університеті Іллінойсу. CAVE – це кімната, у якій на кожну стіну проектується тривимірне (стереоскопічне) зображення, розраховане для конкретної крапки, у якій і перебуває користувач. У підсумку таке зображення оточує людину, занурює його в себе.

Назва CAVE – це гра слів, аббревіатура й одночасно натяк на міфічну платонівську печеру, яка занурювала людину в світ ілюзій, не відміних від реальності, поки той у ній перебуває.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

У сучасному ж суспільстві люди використовують можливості віртуального оточення собі в благо, і системи VR знайшли широке застосування у виробництві й утворі.

CAVE'и й HMD мають свої переваги й недоліки, а також сфери застосування. Розглянемо їх один по одному.

VR-кімнати

Системи CAVE широко використовуються у світі дизайну, ергономіки, тренажерів. Основні їхні покупці – це виробники авто, літаків, кораблів і різної техніки. CAVE використовується для таких, наприклад, завдань:

- Віртуальне макетування.
- Тести ергономіки.
- Маркетингові дослідження.
- Навчання (тренажери, навчання техніці безпеки й евакуації й т.п.).

VR-кімнати дають дуже якісне занурення у віртуальну реальність. Хоча їх ціна набагато вище, чим у шоломів, вони розглядаються як більш зрілий і серйозний, професійний рішення.

Основні особливості:

- Високий розв'язну здатність зображення.
- Низька затримка трекінгу.
- Широке поле зору.
- Трекінг голови й просторової «миші» у повному обсязі кімнати, а якщо потрібно, те й усього тіла, включаючи пальці (з використанням костюма й рукавичок віртуальної реальності).

Варто відзначити, що ціна кімнат віртуальної реальності знижується слідом за виходом більш доступних 3D-проекторів.

Ще кілька очевидних переваг CAVE у порівнянні з HMD – це відсутність проводів на користувачі й можливість бачити своє тіло. У кімнаті віртуальної реальності можна переміщатися дійсно вільно, не боячись спіткнутися про дроти й не будучи прив'язаним до комп'ютера. Можливість бачити тіло й елементи

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

реальності теж важлива й от чому: ці речі не дають нам втратити координацію й почуття рівноваги, як наслідок, в CAVE'ах не заколисує й не болить голова.

У доповнення до цього, у кімнату віртуальної реальності можуть зайти кілька людей. Хоча картинка розраховується без викривлень тільки для одного глядача, інші теж можуть брати участь в обговоренні, розуміючи, про що мова, і над якими нюансами віртуального макета ще варто попрацювати.

Високий розв'язну здатність CAVE просто незрівнянно по якості із шоломами VR. Уся справа в кількості проекторів: їх розв'язну здатність підсумується й дає чудову картинку.

Ще один важливий аспект – це сучасний імідж просунутої хайтек-компанії. Презентація, дана замовникові в кімнаті віртуальної реальності, робить гідне враження. Віртуальний 3D-макет висить у повітрі як голограма, так, що його хочеться поторкати рукою як справжній.

Завдяки обсягу віртуального простору й високому розв'язної здатності, можна бачити віртуальний прототип у його повному масштабі.

Звичайно, про недоліки можна сказати наступне: ціна CAVE'ів досить висока – десятки тисяч євро. Підтримка такого парку устаткування також вимагає уваги персоналу: адміністратори системи повинні вміти працювати й набувувати систему трекінгу, проектора, кластер комп'ютерів і периферійні пристрої.

Відносна складність контенту: реальні іммерсивні середовища потрібно створювати з урахуванням кластера ПК, специфічної VR-периферії й трекінгу. Віртуальний макет із САПР відображається у віртуальній реальності декілька простіше, але вимагає спеціального софту й також уміння роботи.

VR-шолом

HMD (Head-Mounted Displays) – усім відомі шоломи віртуальної реальності. Це Oculus Rift, Sony Morpheus, HTC Vive і інші. Шоломи значно поліпшили свої характеристики в порівнянні з попереднім поколінням, однак є ряд нюансів, над якими розроблювачам ще тільки має бути попрацювати:

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

- Поліпшення розв’язної здатності.
- Збільшення області роботи трекінгу.
- Розробка контролерів для взаємодії з віртуальним середовищем (просторові миші, джойстики).
- Підвищення точності трекінгу.

Явний недолік VR-шоломів у порівнянні з CAVE – користувачеві майже не видно свого тіла й підлоги, як і стін приміщення. Людей у шоломі повністю відрізаний від реального світу, через що в ньому некомфортно перебувати, і багатьох користувачів заколисує.

У шоломах віртуальної реальності набагато складніше спільно працювати кільком людям. Так, можна надягти два шоломи й поринути в ту саму 3D-модель, але щоб бачити другої людину, знадобиться аватар, який не так-те й просто реалізувати.

Система трекінгу доступних споживчих шоломів змушує бажати кращого: вона може відслідковувати руху лише у відносно невеликому діапазоні. Наприклад, Oculus Rift націлений на роботу сидячи й відслідковує своєю камерою лише руху голови, і те в невеликому обсязі.

Залежно від мети застосування, можна додати пристрою відстеження типу Microsoft Kinect, що розширить робочий простір і підвищить точність, але в той же час і підвищить витрати й складність системи.

Переваги шолома віртуальної реальності – це, звичайно, ціна, компактність, можливість легко перевозити шолом, а також можливість спільно використовувати фізичний макет і віртуальну реальність. Деякі компанії створюють цілком матеріальний, «картонний» прототип, який можна пощупати або на який можна сісти, а детальну картинку розробки людей одержує через шолом.

Не будемо ворожити, яка із систем краще й за якими пристроями майбутнє. Для роботи різних компаній підходять різні технології, а комусь може знадобитися й те, і інше.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Точно можна сказати, що CAVE має сенс використовувати, коли для спільної роботи потрібно більше місця, коли у віртуальній реальності потрібно перебувати довше декількох хвилин, для солідних презентацій, а також тоді, коли ваші віртуальні макети й розроблювальні пристрої розміром більше метра, а якість потрібних вам зображень повинне бути досить високо.

1.2 Область застосування

Область застосування – візуалізаційний центр. Ще недавно фраза «віртуальна реальність» звучала тільки в контексті комп'ютерних ігор і розваг. Зараз багато виробників використовують її в інженерних цілях. Програмне забезпечення відноситься до систем віртуальної реальності. З її допомогою інженери, менеджери, керівники й споживачі можуть спільно розробляти, аналізувати, ухвалювати рішення й презентувати продукт ще до виробництва, процес його виготовлення й процес обслуговування. Робити вони це можуть незалежно від географічного положення. Учасники проекту можуть на ранніх стадіях виявити конструктивні помилки й уникнути необґрунтованих грошових і тимчасових витрат, а також виявити й усунути загрозові здоров'ю працівників несприятливі фактори.

Для здійснення процесу й ухвалення спільного рішення необхідні заздалегідь приготовлені тривимірні моделі, програмне забезпечення, устаткування (комп'ютери, проектори, екрани, окуляри й багато іншого) і, нарешті, самі учасники, люди.

Комплектація устаткування може бути різною. Можна використовувати тільки один комп'ютер із установленим програмним забезпеченням і задовольняти малим. Це настільна версія «Desktop». Але для повного занурення у віртуальну реальність необхідні проектори, екрани й додаткові комп'ютери, 3D окуляри й системи керування з датчиками (джойстики, пульти на одну або дві руки, рукавички). Так само потрібна система розпізнавання користувача в

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

просторі («Tracking»). Принцип роботи Tracking схожий на гру в пінг-понг або теніс. Швидкий сигнал виходить із системи й ловить розташування датчиків у реальному просторі, установлених на окулярах і пультах користувача. Потім сигнал віддає отриману інформацію про їхнє місцезнаходження назад в Tracking. Тим самим визначається позиція користувача у віртуальному середовищі.

Кімната віртуальної реальності «CAVE» традиційно реалізується як замкнене з п'яти сторін (крім входу) робочий простір. Три стіни (права, ліва й фронтальна), підлога й потовкла виконані у вигляді твердих екранів зворотної проєкції. Використовуються високоякісні просвітні акрилові екрани, які забезпечують високу контрастність і рівномірність зображення.

Конструктив CAVE розроблений таким чином, що екрани всередині нього монтуються стик у стик, що дозволяє в робочому режимі виключити візуальний дискомфорт від поділу зображення на частині й сформувати єдине 3D-простір. Зображення на даних екранах формується мультимедійними стереопроекторами. «CAVE», що має 5 екранів, є найбільш зробленою конструкцією кімнати віртуальної реальності. Крім цього варіанта, можна використовувати також «CAVE» із чотирма або навіть із трьома сторонами.

Можливості CAVE

Кінцева мета найтоншого налаштування безлічі елементів «CAVE» полягає в створенні можливостей для ефективної роботи колективів розроблювачів, конструкторів, інженерів і інших фахівців, які можуть використовувати функціонал «CAVE» у своїх робочих процесах.

«CAVE» підтримує одночасний вивід на один екран об'єктів з декількох систем об'ємного проектування, запам'ятовує «крапки погляду на об'єкт» з можливістю швидкого повернення до них, дозволяє працювати з перетинами об'єкта, робити віртуальне розбирання й складання моделі і так далі.

Використання всіх підсистем одночасно дозволить співробітникам підприємства працювати в такий спосіб: оператор, перебуваючи в «CAVE», повністю поринає у віртуальне середовище, що містить проєктований об'єкт, і

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

взаємодіє з його тривимірною моделлю. Зацікавлені особи можуть перебувати поруч або розташовуватися перед системою широкоформатної стереопроекції, що відображає те, що бачить оператор, або вид із задалегідь певної фіксованої крапки.

Одними із самих перспективних напрямків застосування «CAVE» сьогодні є геофізика, нафто-газовидобуток, суднобудування, машинобудування й проектування великих промислових об'єктів, де необхідно ретельно відпрацьовувати розташування елементів конструкції й різного устаткування.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній кваліфікаційній бакалаврській роботі.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми кваліфікаційної бакалаврської роботи

Саме устаткування буде визначати вартість заходу, тому що всі платформи фактично безкоштовні.

Чим відрізняються VR-окуляри?

Ключові відмінності: якість лінз (картинки), зручність використання (наявність/відсутність проводів), наявність джойстиків (переміщення й взаємодія із предметами в VR), «залізо», і звичайно ж, ціна.

Кардборди

Найпростіший і самий масовий продукт, який був покликано зробити віртуальну реальність дешевою – це кардборди і їх більш складні аналоги.

Даний агрегат – по суті просто коробочка з лінзами, у яку вставляється телефон. Екран телефону програмно ділиться навпіл, кожна половина показує зображення для свого ока, і виходить віртуальна реальність.

А тепер велике але, яке скоріше підпортило репутацію віртуальної реальності, чим допомогло популяризувати. Якщо використовувати в кардбордах дешеві моделі телефонів з дешевими датчиками руху усередині (гіроскопами), екранами з низькою щільністю пікселів і слабкими процесорами, які не встигають обновляти картинку з достатньою частотою (FPS – кількість кадрів у секунду), то з'являється не занурення, а запаморочення, головні болі й нудота.

Якщо ж ми використовуємо телефони з високою щільністю пікселів і якісними датчиками, то рішення перестає бути бюджетним. Тому кардборди були швидко заміщені автономними шоломами віртуальної реальності, порівнянними за ціною із середнім смартфоном, але набагато переважаючими по якості занурення. А кардборди до цих спливуть у нас у розмовах з деякими клієнтами.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Бюджетні VR-шоломи

Такі шоломи мають тим же функціоналом, що й кардборди – відслідковують тільки повороти й обертання голови, але не переміщення в просторі. Говорячи технічною мовою, у них три ступені волі – 3DOF (можливість геометричної фігури робити геометричні рухи в просторі, а саме: рухатися вперед/назад, нагору/униз, уліво/вправо).

На відміну від смартфонів, відслідковують вони якісно й без дорі кань. Вони відмінно підходять для перегляду відео 360 і простих застосунків. Крім самого шолома, у комплект стандартно входить як мінімум 1 контролер (пульт), рух якого теж відслідковується. За допомогою контролера відбувається взаємодія з меню й віртуальними предметами.

Важливі особливості: не вимагають підключення до комп'ютера, при використанні немає ніяких проводів. При цьому використання шолома обмежене в часі ємністю акумулятора. Також сильно обмежені в «реалістичності» 3D-графіки – у невеликий легкий шолом не влізе потужне «залізо», здатне обробити складну графіку. Віртуальні світи в таких шоломах завжди «мультяшні».

VR-шоломи, що працюють від комп'ютера

Такі шоломи ще називають VR-гарнітурами. Простою мовою, як працюють такі окуляри: усі обчислення здійснюються на комп'ютері, а шолом просто показує картинку.

За рахунок цього ми одержуємо набагато більш високий рівень графіки, аж до реалістичної на самих потужних комп'ютерах. Найчастіше шолом з'єднаний з комп'ютером дротом, а деякі моделі використовують додаткові зовнішні датчики.

Усе це ускладнює установку, налаштування й використання шоломів, але зате потужні комп'ютери дозволяють показувати більш детальну й реалістичну картинку. Чим відрізняються між собою «слабкі» і «потужні» комп'ютери, думаємо, усе представляють. Чим можуть відрізнитися між собою шоломи:

- ергономікою – тем, наскільки зручно шолом сидить на голові;

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- розв’язною здатністю екранів;
- кутом огляду;
- щільністю пікселів;
- особливостями лінз;
- способом і якістю визначення положення в просторі шолома й контролерів.

Виробники шоломів звичайно розділяють за цінами свої гарнітури на «користувацькі» і « для бізнесу». На червень 2020 з користувацьких шоломів доступних до покупки, самий популярний – Oculus Rift S, із сегмента « для бізнесу» – Valve Index.

Орієнтовні ціни на Oculus Rift S на даний момент: 150 000 гривень за один VR-комплект (50 000 шолом і 100 000 комп'ютер). HTC Vive Pro обійдеться в Україні зараз приблизно в 150 000 гривень, разом з комп'ютером комплект буде коштувати близько 250 000 гривень.

Valve Index в Україні за адекватні гроші взагалі не купити, на Amazon він коштує близько \$2000. Таким чином, вартість VR-окулярів, що працюють від комп'ютера, кратно перевершує будь-які інші моделі. Зрозуміло, є варіанти подешевше, є більш коштовні.

Важливою відмінністю цих шоломів є наявність 6 ступенів волі. Тобто в цих шоломах ви можете не тільки дивитися по сторонах, але й ногами пересуватися у віртуальному просторі. Не бійтеся, вбудована система безпеки попередить вас, якщо ви наблизитеся до реальних об'єктів або стін.

Це дає принципово більш високий рівень занурення: ви можете оглядати віртуальні предмети природнім способом, просто обійшовши їх з різних сторін або наближаючись-віддаляючись фізично, ногами.

Автономний шолом 6DOF

У травні 2019 року компанія Oculus випустила в продаж перший користувацький варіант автономного (тобто не потребуючого підключення до комп'ютера) шолома з 6 ступенями волі – Oculus Quest, із ціною від 399\$. В

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Україні до коронавірусу можна було купити такий шолом за 50 000 гривень, зараз ціни дуже відрізняються через відсутність пропозиції.

Oculus Quest став проміжною ланкою по бюджету й функціоналу, а заодно нашим улюбленцем: у ньому можна ногами переміщатися в просторі, і ніяких проводів при використанні. Його потужності не вистачає, щоб створювати реалістичну графіку у віртуальній реальності, але для більшості завдань його продуктивності цілком достатньо.

Разом з тим, його можна підключити до комп'ютера й використовувати як VR-гарнітуру. Аналогів цього шолома на світовому ринку поки ні, у плані користувацьких гарнітур Oculus виразно лідер.

Тепер, коли розібралися в устаткуванні, перейдемо безпосередньо до заходів у віртуальній реальності.

Майданчики для зустрічей у віртуальній реальності

Між собою вони відрізняються:

- якістю графіки;
- підтримуваними пристроями;
- складністю керування й підключення до заходу;
- зацікавленістю розроблювачів у розвитку майданчика: рівнем

техпідтримки, наявністю відновлень, а тому й популярністю.

Розповімо про ті соціальні VR-додатках, які згадуються найчастіше і є лідерами. Усі наведені приклади нижче безкоштовні або умовно-безкоштовні.

Altspace

Тестуємо Altspace

Вартість: безкоштовно

Підтримувані пристрої: Samsung Gear VR, усі пристрої Oculus, Vive, Windows Mixed Reality, desktop.

Почнемо наш огляд з найпростіший у плані графіки майданчика – Altspace VR від компанії Microsoft. Аватари в Altspace – це практично кілька циліндрів з очима, а дерева виглядають як зелені хмари на ніжках. Але за рахунок низького

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

рівня графіки підтримуються навіть самі бюджетні шоломи віртуальної реальності, такі як Samsung Gear VR.

Реєстрація аккаунта зручніша на сайті, приватна подія також створюється на сайті. Великий мінус – складна система підключення до закритого заходу. У кожного гравця за замовчуванням є своя «кімната», вільно зайти в яку може будь-який друг. При цьому ви можете створити відкритий захід в окремому «світі», тоді воно з'явиться в розкладі заходів і туди зможе зайти будь-який бажаючий.

Є два шляхи потрапити на закритий захід. Ви можете створити у вашій кімнаті «портал» – певну крапку, яка існує хвилину й через яку можуть пройти ті, хто перебуває з вами в одній кімнаті, або через посилання.

Після того, як ви створили захід, на сайті копіюємо посилання, відправляємо її людям, яких прагнемо запросити, ті у свою чергу повинні зберегти захід у вибраному, після цього захід з'явиться в доступні. Обмеження 1 кімнати до 70 людей, перехід між кімнатами відбувається через меню.

Altspace одне з деяких застосунків для організації заходів для Oculus GO, тому для івентів з невеликим бюджетом застосунок стає практично єдиним варіантом. Саме слабе місце – занадто мультяшна графіка. Провести в Altspace серйозний захід або презентацію чого-небудь просто неможливо. Як використовувати застосунок для реальних цілей? Тільки для внутрішніх комунікацій у компанії або спілкування із друзями, для робочих цілей не рекомендуємо.

Engage

Тестуємо Engage

Вартість: безкоштовно в базовому варіанті, €4,99 на місяць коштує просунута версія для приватних осіб, вартість бізнес-версії висилається персонально.

Підтримувані пристрої: VR-гарнітури, що підключаються до комп'ютера: Oculus, Vive, Windows Mixed Reality, desktop (комп'ютер зі звичайним монітором).

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Працює тільки на VR-шоломах, що підключаються до комп'ютера. Графіка ближче до реалістичної, можливе створення схожого на вас аватара по світлині за допомогою функціонала самого застосунку.

Щорічна конференція від виробника гарнітур віртуальної реальності VIVE Ecosystem Conference цієї весною проходила на базі саме цієї платформи. Це перший офіційний захід, повністю перешедше з оффлайн формату у формат VR через ситуацію з коронавірусом.

Майданчик споконвічно позиціонує себе як освітня VR-платформа, на відміну від інших варіантів, які наголошують на неформальну соціальну взаємодію.

Виходячи з позиціонування й умов використання: безкоштовно дається обмежена кількість сесій і обмежена функціонал. Щоб регулярно користуватися всіма функціями платформи, потрібно оплатити підписку.

Із усіх застосунків, які ми вивчили, Engage найбільше підходить для «серйозних» заходів: інтерфейс, функції й шлях користувача максимально заточені під офіційний захід.

Застосунок дає великий вибір готових дизайнів конференц-залів, аудиторій і переговорних кімнат, кожний майданчик ще можна доробити під себе. Інтерфейс при цьому зручний, зрозумілий, багатofункціональний. Основний мінус – дорожняча використання.

На початку розділу ми писали про вартість шоломів, які працюють через дроти. Тому що Engage працює тільки з такими гарнітурами, то необхідність використання такого устаткування робить будь-який комерційний захід дуже дорогим і складним в організації, якщо у вас звичайно ж немає таких гарнітур у великій кількості, а учасники заходу вміють їх самостійно набувати.

Як можна використовувати? Підійде для заходів, де бере участь кілька людей (зустріч із клієнтами, партнерами, внутрішні комунікації), а настроїти устаткування можна на місці. Для великих заходів Engage не підійде.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Sansar

Тестуємо Sansar

Вартість: безкоштовно. За реальні гроші можна купити предмети обстановки, одягу для аватара, аватари й інший контент.

Підтримувані пристрої: VR-гарнітури, що підключаються до комп'ютера: Oculus, Vive, Windows Mixed Reality, Desktop (комп'ютер зі звичайним монітором).

З моменту випуску Sansar сильно змінилася. Колись це була спроба повторити у віртуальній реальності успіх Second Life: атмосфера й функціонал повторювали батьківський проект. Були укладені домовленості з кіберспортивними організаціями, такими як Fnatic, Houston Outlaws і іншими, про доти зустрічей кіберспортсменів з фанатами на цьому майданчику.

Але проект не виправдав фінансових очікувань, і в березні 2020 компанія Linden Lab продала Sansar. Тепер це платформа, яка, схоже, орієнтується по стилю й атмосфері на «Оазис» з фільму «Першому гравцеві приготуватися» – кіберпанкові інтер'єри, немає офіційних залів або кімнат для нарад.

Основною аудиторією стали власники ПК, але VR режим існує й активно просувається. Рівень графіки (реалістичності) тут вище чим на всіх інших платформах. Усередині застосунку можна зайти в конструктор власних просторів – нам він здався досить зручним, зрозумілим і наочним.

Але поточна реалізація VR-режиму викликає питання. У якийсь момент у додатку в нас переростав працювати трекінг рук (шолом Oculus Rift S), причину виявити так і не вдалося. Також спірний рішення – режим «виходу з тіла».

З одного боку, це дозволяє швидко оглянути свій аватар, зробити класний скріншот, але з іншої сторони повністю йде ефект занурення. І якщо при звичайній ходьбі можна довільно перемикаєти режими «у собі»/«сам не свій», те якщо ви спробуєте сісти на віртуальний стілець, вас точно «викине» з тіла.

Загалом, рішення оригінальний, але досить дивне. Також зіштовхнулися із зависаннями програми, коли VR-шолом надівається після запуску застосунку на

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

також багатоступінчасту систему «перевіреності» аккаунту: від «випадкового відвідувача» до «надійного користувача».

Втім, можливість створювати приватні кімнати, увійти в які можна тільки за запрошенням, існувала завжди. Є обмежена підтримка Oculus Quest – на цьому шоломі доступні кімнати й аватари з низьким рівнем графіки.

Якщо ви прагнете влаштувати розважальну вечірку з караоке в бару, перестрілками на дикому заході, катаннями на низькополігональних слонах і іншими віртуальними пригодами, вам сюди.

Сотні людей створили безкоштовну бібліотеку з тисяч світів і аватарів. З мінусів – складна система створення й завантаження власних аватарів і кімнат. «Зльоту», без базових навичок створення ігор на ігровому движку Unity і досвіду роботи в 3D-редакторах, створити свій контент не вийде.

Vrchat насправді дуже універсальний рішення для заходів. Незважаючи на свою репутацію «трешового» майданчика, ви можете створювати закриті кімнати й проводити власні заходи без проблем.

Завдяки можливості використання комп'ютера й Oculus Quest захід в Vrchat зробити набагато дешевше. Рівень графіки далекий від реалізму, є ще над чим працювати. Vrchat зараз однозначно сама популярна VR-майданчик для приватних заходів, як мінімум варто звернути на нього увага й по тестувати, адже більшість користувачів VR-окулярів вибрали саме Vrchat, а не інші застосунки.

Mozilla Hubs

Тестуємо Mozilla Hubs

Вартість: безкоштовно.

Підтримувані пристрої: Samsung Gear VR, усі пристрої Oculus, Vive, Windows Mixed Reality, desktop (комп'ютер зі звичайним монітором).

Окремо варто сказати про рішення від компанії Mozilla. З погляду простоти підключення, цей варіант зрівняємо з Zoom – вам досить просто перейти по посиланню, і ви вже у віртуальному просторі. Функціонал тут не

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

уступає повноцінним додаткам: є можливість проводити презентації, завантажувати свої 3D-моделі й інші файли.

Скористатися базовим функціоналом можна навіть без реєстрації, у вас на вибір буде декілька стандартних аватарів і світів. Однак якщо ви захочете створити свою кімнату, прийдеться попрацювати: тут немає обмежень по оптимізації графіки, але ж чому складніше графіка й предмети, які ви використовуєте при створенні кімнати, тем вимогливіше до пристрою стає ваша кімната.

Наприклад, ми, експериментуючи з застосунком, швидко засмітили кімнату настільки, що на Oculus Go Mozilla стала працювати з величезною затримкою, шолом перестав справлятися. Оптимізація кімнати – повністю на вашій стороні, тому нам складно назвати цей рішення «готовим». Для того, щоб запустити Mozilla Hubs на ПК-гарнітурі, потрібно буде встановити браузер Mozilla Firefox.

Максимально прості рішення для створення VR-заходів, але при цьому потребує серйозного налаштування. Дуже перспективне рішення на наш погляд, яке при винному підході стане лідером у своїй ніші. Зараз Mozilla Hubs ми не можемо рекомендувати, занадто «сире» рішення. Але протестувати треба обов'язково.

Про VR-устаткування в контексті соціальної взаємодії

Для занурення у віртуальну реальність звичайно використовуються стандартні комплекти: шолом і контролери. Цього досить, щоб комфортно й повноцінно відчувати себе у віртуальній реальності, але з боку ваш віртуальний аватар часто виглядає неприродно.

Це не має великого значення при «ламповому», неформальному спілкуванні із друзями, які вже вас знають. Але на офіційних заходах, зустрічах, лекціях, це може збивати серйозний настрой і заважати сприйняттю інформації. Коли важливо, наскільки природно виглядають ваші рухи для інших, можна використовувати відстеження всього тіла. От невеликий приклад:

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Також існують прототипи пристроїв, що дозволяють відслідковувати міміку в режимі реального часу. Одне з таких пристроїв – Vive Lip Tracker. У відкритому продажі його, на жаль, немає.

У цілому, такі пристрої зараз рідкі й дорогі, але для повноцінного спілкування вони дуже б придалися, і ми певен, що в майбутньому з'являться більш зручні й бюджетні варіанти. Для всіх платформ, які ми розглянули, характерна «муляшність» у більшому або меншому ступені.

На жаль, готових розв'язків з фотореалістичною графікою для віртуальної реальності не існує, тому що устаткування, «що справляється» з такою графікою, як і пристрої захвата рухів і міміки, досить дороге й не доступно рядовим користувачам. Якщо нам потрібна фотореалістичність, то найпростіший рішення на даний момент – це відео 360 або трансляція у форматі 360.

Підсумки

Головною перевагою VR-заходів у порівнянні зі звичайними онлайн-трансляціями є те, що ви повністю контролюєте візуальний ряд, який бачить відвідувач. Якщо бути точним, відвідувач взагалі не бачить нічого, крім контрольованого вами візуального ряду.

Завдяки цьому, по-перше, глядачеві в VR-шоломі складніше відволіктися, по-друге, ви можете проводити презентації «на великому екрані», тобто для людини в шоломі можливо створити віртуальний екран або монітор будь-якого розміру. Також за рахунок точного відстеження рухів голови глибше відбувається ефект занурення й простіше утягнути користувача.

Зворотною стороною описаного переваги є те, що ви не можете нічого записати під час VR-зустрічі. Інструменти для набору тексту в VR ніхто не використовує, просто тому що незручно. Є можливість робити аудіозаміки, але переклад їх у текст потім перетвориться для вас в окреме завдання. Враховуючи успіхи компанії Oculus у відстеженні рук і пальців, ця проблема рано або пізно буде вирішена, але зараз вона залишається актуальною.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Також усі рішення поєднує одне: необхідність підключення до швидкісного інтернету. Аватари, віртуальні світи й предмети вимагають завантаження на устаткування користувача, тому чому складніше майданчик для вашого заходу, тем швидше повинен бути інтернет або заздалегідь повинна початися завантаження.

Ідеального й оптимального розв'язку для дротових VR-зустрічей, на наш погляд, на жаль, не існує в готовому виді. Основне обмеження технології – вартість VR-устаткування, пропорційна якості графіки.

Altspace – варіант для максимально бюджетних масових заходів, але графіка в ньому не набуває на серйозний лад, а для розваг там досить маленька кількість цих самих розваг.

Sansar і Mozilla Hubs – кращі по одній з функцій (реалістичність графіки й легкість підключення відповідно), але сильно просідають по інших важливих складових.

На мій погляд, з наявних варіантів для дроти неформальних, веселих тусовок краще підходить Vrchat, з його порою абсурдними аватарами й фантастичними мирами. Для ділових зустрічей і презентацій, за умови, що питання з устаткуванням вирішено – Engage.

Індустрія віртуальної реальності дуже швидко розвивається, тому ми чекаємо нових платформ або розвитку вже існуючих. Як мабуть, користувачі й розроблювачі вже розуміють, тому залишилося тільки почекати. На сьогоднішній день ми так і залишилися при своїй думці, що проводити заходу в VR має сенс тільки для маркетингу й PR, замінити повноцінно офлайн захід неможливий.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Програмне забезпечення написано 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 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 кожен 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 поведінку 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 – інкапсулюються у визначення класів. Клас може

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

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 підтримує 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:

- 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 застосунок 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.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

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 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

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

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 кваліфікаційну бакалаврську роботу, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.

В процесі розробки кваліфікаційної бакалаврської роботи 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

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

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.

Кафедра КБПЗ – 2021 рік

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Віртуальна реальність – одна із самих передових технологій сучасності, і на ринку зараз представлені VR-гаджети всіх форм і розмірів: від картонних окулярів до величезних шоломів. Розповімо, що потрібно знати, якщо ви плануєте вибрати пристрою для VR.

Незалежно від форм-фактора, усі VR-пристрої розділяються на три види: провідні, бездротові й мобільні. Усі типи мають загальні характеристики, які потрібно враховувати при виборі пристрою: глибиною занурення, зручністю носіння й типом подачі контенту.

Глибина занурення

Під глибиною занурення розуміється відчуття присутності у віртуальному світі. Вона характеризує те, наскільки якісно VR-гаджет буде здатний обманювати ваш мозок. Глибина занурення складається з наступних технічних аспектів:

– **Позиційний трекінг:** точне визначення вашого положення в просторі, щоб підганяти під нього віртуальні декорації. Споживчі VR-системи використовують два типи трекінгу: «зовні усередину» і «зсередини назовні». У першому випадку навколо користувача розміщуються кілька датчиків, які стежать за його положенням. У другому випадку використовується одна камера напроти користувача, яка стежить за крапками на його тілі. Перший спосіб більш точний, другий – більш дешевий.

– **Ступінь волі:** можливості переміщення користувача в просторі. Пристрою для VR зі ступенем волі 3Dof дають огляд на 360 градусів. Гаджети 6Dof, вдобавок до цього, дозволяють дивитися нагору й униз, переміщатися вліво й вправо, вперед та назад.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

– Кут огляду: чому він ширше, тем краще. Природній кут огляду людських очей становить максимум 220 градусів. Більшість популярних пристроїв для VR дають кут огляду в 100 градусів, але просунуті моделі вже прагнуть до 200.

– Контролери: ті самі штуки, які ви тримаєте в руках, щоб взаємодіяти з віртуальною реальністю. У випадку найпростіших моделей ви направляєте контролер на віртуальний об'єкт і натискаєте на кнопку, щоб впливати на нього. Більш просунуті моделі контролерів мають багато кнопок або трекпад, що розширює можливості взаємодії з віртуальним середовищем.

– Звук: як і в кінотеатрі, у віртуальній реальності дуже важлива якість звуку. Найдешевші й прості пристрої для VR мають вбудовані динаміки, більш просунуті – вбудовані навушники. Також часто вбудовується мікрофон, що дозволяє спілкуватися з іншими користувачами у віртуальному світі.

Зручність носіння

Ця комплексна характеристика визначає, наскільки комфортним і непомітним для користувача буде носіння VR-пристрою протягом тривалого часу (не менше двох годин). Воно складається з наступних аспектів, які потрібно враховувати при виборі пристрою для VR:

– Розміри й вага: чому легше пристрій, тем менше воно буде давити на щоки й перенісся, а регульовані ремені й дужки дозволять зручно закріпити пристрій на голові. Якщо ви носите окуляри, слід також урахувати, буде чи для них місце усередині вашого VR-шолома.

– Підбивка: практично всі пристрої мають оббивку зсередини, щоб зменшити тертя й тиск на голову. Якщо у вас чутлива шкіра, вибирайте VR-пристрої з м'якою дихаючою оббивкою. Також непогано, щоб підбивка була знімної, і її можна було б часом виймати й стирати.

– Охолодження: як будь-який електронний пристрій, VR-шолом нагрівається при роботі, а тому має систему вентиляції. Більш просунуті моделі мають вбудовані кулери.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

– Сенсорна відповідність: при використанні пристроїв для VR у користувача може розвиватися запаморочення й нудота, як при морській хворобі. Чим точніше VR-пристрій підганяє віртуальні декорації під рухи користувача, тем менше ризик VR-синдрому.

Тип подачі контенту

Властиво, віртуальні платформи, з якими сумісні пристрої для VR, і віртуальні світи, які вони пропонують. Windows Mixed Reality, Steamvr і OSVR – от найбільші платформи віртуальної реальності. Більшість пристроїв, представлених на ринку, обов'язково сумісно з однією або декількома з них. Застосунки для мобільних VR-гаджетів існують під Android і iOS.

Сучасні масові пристрої для VR підтримують наступні типи подачі контенту:

- Інтерактивний кінематограф: віртуальне середовище, з яким користувач може взаємодіяти від першої особи;
- Віртуальний кінотеатр: віртуальне середовище, у якому користувач дивиться за діями персонажів від третьої осіб, при цьому перебуваючи серед них;
- Віртуальний акваріум: віртуальне середовище, у якому користувач може переміщатися й розглядати віртуальні об'єкти, але не взаємодіє з ними;
- Віртуальна поїздка: віртуальне середовище, у якому користувач як би їде серед віртуальних об'єктів і при цьому може оглядати віртуальний простір на 360 градусів;
- Віртуальний соціальний майданчик: середовище, у якому користувач має можливість спілкуватися з іншими користувачами.

Про що ще потрібно знати?

Усе перераховане вище – це загальні характеристики, які не залежать від виду пристрою. При виборі окремих видів пристроїв для VR також мають значення наступні характеристики:

- При покупці провідного гаджета потрібно враховувати довжину кабелю, кількість сенсорів, які будуть розміщені в кімнаті, розв'язну здатність

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

дисплея (максимальне – 4К), а також переконалися, що у вас потужний і продуктивний комп'ютер з гарним графічним процесором;

– При покупці бездротового гаджета потрібно враховувати тривалість часу роботи від батареї, знову ж, дозволи (для бездротових пристроїв доступний максимум – 2560 x 1440), а також обсяг внутрішньої пам'яті для зберігання контенту (у середньому, він варіюється від 16 до 32 Гб).

– Для мобільного гаджета знову має значення тривалість часу роботи, а також діагональ дисплея (варіюється від 4,5 до 6 дюймів), якість охолодження (ці пристрої нагріваються вдвічі сильніше) і підтримувана операційна система (Android, iOS або обидві).

3.2 Розробка структурної схеми

Віртуальна реальність (VR, virtual reality, VR, штучна реальність) – створений технічними засобами світ, переданий людині через його відчуття: зір, слух, дотик і інші. Віртуальна реальність імітує як вплив, так і реакції на вплив. Для створення переконливого комплексу відчуттів реальності комп'ютерний синтез властивостей і реакцій віртуальної реальності проводиться в реальному часі.

Не слід плутати віртуальну реальність із доповненою. Їхня корінна відмінність у тому, що віртуальна конструює новий штучний світ, а доповнена реальність лише вносить окремі штучні елементи в сприйняття світу реального.

Системами віртуальної реальності називаються пристрої, які більш повно в порівнянні зі звичайними комп'ютерними системами імітують взаємодію з віртуальним середовищем шляхом впливу на всі п'ять наявних у людини органів почуттів.

Таких систем у повному обсягах поки ще не існує, але при створенні віртуальної реальності розроблювачі намагаються добитися, щоб вона була:

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

– правдоподібною – підтримувала в користувача відчуття реальності, що відбувається;

– інтерактивною – забезпечувала взаємодію із середовищем;

– доступною для вивчення – надавала можливість досліджувати великий, деталізований світ;

– що створює ефект присутності – втягувала в процес як мозок, так і тіло користувача, впливаючи на максимально можливе число органів почуттів

Очевидно, досягнення цих цілей можливо тільки при використанні високопродуктивного апаратно-програмного забезпечення.

Типи віртуальної реальності

На даному етапі розвитку технологій VR серед них можна виділити наступні типи.

Технології VR з ефектом повного занурення, що забезпечують правдоподібну симуляцію віртуального світу з високим ступенем деталізації. Для їхньої реалізації необхідний високопродуктивний комп'ютер, здатний розпізнавати дії користувача й реагувати на них у режимі реального часу, і спеціальне устаткування, що забезпечує ефект занурення.

Технології VR без занурення. До них ставляться симуляції із зображенням, звуком і контролерами, трансльовані на екран, бажане широкоформатний. Такі системи зараховують до віртуальної реальності, оскільки по ступеню впливу на глядача вони набагато перевершують інші засобів мультимедіа, хоча й не реалізують повною мірою вимоги, пропоновані до VR.

Технології VR зі спільною інфраструктурою. До них можна віднести Second Life – тривимірний віртуальний світ з елементами соціальної мережі, який нараховує понад мільйон активних користувачів, гру Minecraft і інші. Такі світи не забезпечують повного занурення (втім, в Minecraft уже існує версія для віртуальної реальності, що підтримує шоломи Oculus Rift і Gear VR). Але зате у віртуальних світах добре організована взаємодія з іншими користувачами, чого часто не вистачає продуктам «справжньої» віртуальної реальності.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Віртуальні світи використовуються не тільки в ігровій індустрії: завдяки таким платформам, як 3D Immersive Collaboration можна організовувати робітничі й навчальні 3D-простори – це називається «спільна робота з ефектом присутності». Забезпечення повного занурення й, одночасно, взаємодії користувачів у віртуальності є одним з важливих напрямків розвитку VR.

VR на базі інтернет-технологій. До них відноситься насамперед мова Virtual Reality Markup Language, аналогічний HTML. Зараз ця технологія вважається застарілою, але, не виключене, у майбутньому віртуальна реальність буде створюватися в тому числі й з використанням інтернет-технологій.^{1,2}

Як працює технологія VR

Найпоширенішим засобом занурення у віртуальну реальність є спеціалізовані шоломи/окуляри. На розташований перед очима користувача дисплей виводиться відео у форматі 3D. Прикріплені до корпусу гіроскоп і акселерометр відслідковують повороти голови й передають дані в обчислювальну систему, яка змінює зображення на дисплеї залежно від показань датчиків. У підсумку користувач має можливість «оглянутися» усередині віртуальної реальності й відчувати себе в ній, як у справжньому світі.

Для більш реалістичного занурення в світ віртуальної реальності крім датчиків, що відслідковують положення голови, у пристроях VR можуть застосовуватися трекінгові системи, що відслідковують рухи зіниць око, що й дозволяють визначити, куди людей дивиться в кожний момент часу, а тілорух, що також відслідковують, людину з метою повторення їх у віртуальному світі. Таке відстеження може здійснюватися за допомогою спеціальних датчиків або відеокамери.

Для взаємодії з віртуальною реальністю традиційних 2D-контролерів (миша, джойстик і ін.) уже недостатньо, тому їх заміняють 3D-контролерами (маніпуляторами, що дозволяють працювати в тривимірному просторі).

Пристрою зі зворотним зв'язком призначені для того, щоб користувач міг ще повніше відчувати все, що відбувається у віртуальному світі. У якості таких

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

пристроїв можуть використовуватися віброючі джойстики, що обертаються крісла і т.д.³

Пристрої й компонента VR

Вважається, що 80% інформації людей одержує через зір. Тому розроблювачі систем VR приділяють величезної увагу саме пристроям, що забезпечують формування зображень. Як правило, їх доповнюють пристроями стереозвучання, ведуться роботи з тактильних впливів і навіть імітації заходів.

Про вплив на смакові рецептори поки не повідомляється.

Зображення

Шолом віртуальної реальності

Сучасні шоломи віртуальної реальності (Hmd-display, head-mounted display, відеошолом) містять один або кілька дисплеїв, на які виводяться зображення для лівого й правого ока, систему лінз для коректування геометрії зображення, а також систему трекінгу, що відслідковує орієнтацію пристрою в просторі. По зовнішньому вигляду вони тепер схожі на окуляри, тому їх усе частіше називають VR headsets (VR-гарнітури) або просто окуляри віртуальної реальності. Їх можна розділити на три групи:

– Окуляри, у яких обробку й вивід зображення забезпечує смартфон (Android, iPhone, Windows Phone). Сучасний смартфон – високопродуктивний пристрій, здатне самостійно обробляти тривимірні зображення. Дисплеї смартфонів мають досить високий розв'язну здатність. Практично кожний смартфон постачений датчиками, що дозволяють визначати положення пристрою в просторі.

– Окуляри, у яких обробку зображення забезпечує зовнішній пристрій (ПК, Xbox, Playstation і т.п.). Зовнішній пристрій повинний бути високопродуктивним, а окуляри постачені датчиками положення.

1. Автономні окуляри віртуальної реальності (Lenovo Mirage Solo, разом з Google, Oculus Quest від Facebook, Samsung Gear VR і ін.)⁴

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Шоломи є основним компонентом VR з повним зануренням, оскільки не тільки забезпечують об'ємне зображення й стереозвучання, але ще й частково ізолюють користувача від навколишньої реальності.

Motionparallax 3D-дисплеї

Такі дисплеї задіють властивий людині механізм сприйняття обсягу – паралакс (motion parallax). Для цього в кожний момент часу для глядача, виходячи з його положення щодо екрана, генерується відповідна проекція тривимірного об'єкта. Переміщаючись навколо сцени, користувач може оглянути її з усіх боків, при цьому всі об'єкти сцени будуть переміщатися друг щодо друга.

Явище паралакса багаторазово підсилює сприйняття обсягу. На відміну від 3D-кінематографа й 3D-TV, які використовують лише біноклярний зір, технологія Motionparallax3D дозволяє користувачеві розглянути 3D-сцену з усіх боків, як якби всі її об'єкти були реальні. Зсув глядача щодо екрана, що порушує ефект обсягу в 3D-кіно, у системі Motionparallax3D ефект тільки підсилює.

Система, що використовує механізм паралакса, повинна вловлювати дрібні рухи голови користувача й відслідковувати їх з високою швидкістю й точністю, щоб мозок не фіксував викривлення геометрії об'єктів, викликані запізнюванням зміни зображення. Затримка повинна становити не більш 20 мс, для інтерактивних ігор – не більш 11 мс.

Ці пристрої забезпечують, як правило, неповне занурення, оскільки відтворюються на дисплеях і не ізолюють користувача від навколишнього середовища. Виключення – кімнати віртуальної реальності (CAVE, CAVE automatic virtual environment). У таких кімнатах на кожну стіну проектується стереоскопічне зображення, розраховане для конкретної крапки, у якій і перебуває користувач. У підсумку таке зображення оточує людину з усіх боків, занурює його в себе. Деякі експерти вважають, що VR-кімнати набагато краще VR-шоломів: забезпечують більш високий розв'язку здатність, немає необхідності надягати на голову громіздкий пристрій, у якому деяких навіть

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

заколисує, і самоідентифікація відбувається простіше завдяки тому, що користувач має можливість постійно себе бачити.

Звук

Багатоканальна акустична система дозволяє робити локалізацію джерела звуку, завдяки чому користувач може орієнтуватися у віртуальному світі за допомогою слуху.

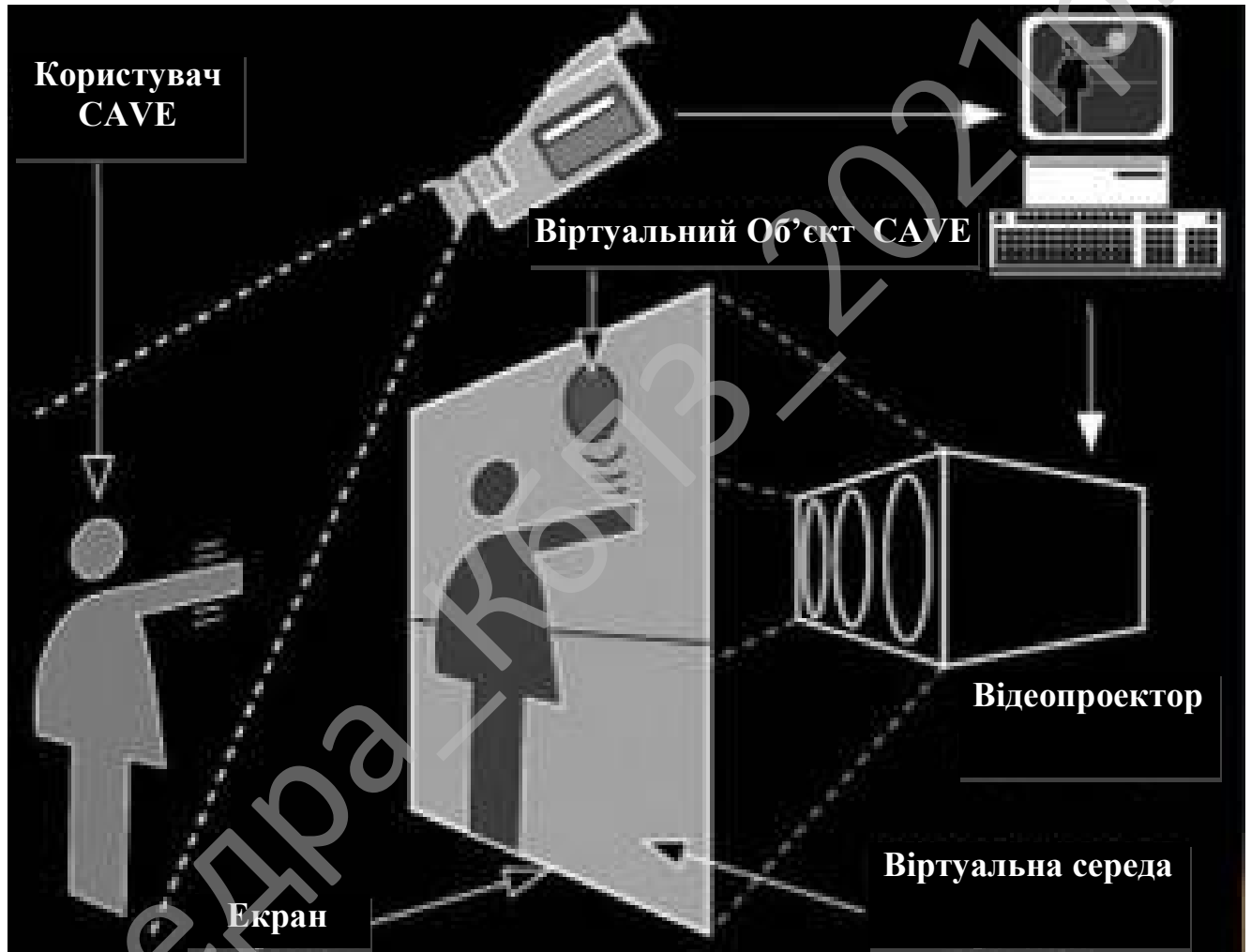


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Тактильні й інші відчуття

Рукавички віртуальної реальності (інформаційні рукавички, datagloves)

Такі рукавички оснащуються датчиками, що дозволяють відслідковувати руху кистей і пальців рук. Технічно це може бути реалізоване різними методами: з використанням оптоволоконних кабелів, тензометричних або п'єзоелектричних датчиків, а також електромеханічних пристосувань (таких як потенціометри).⁸ Наприклад, учені з компаній EPFL і ETH Zurich розробили ультралегкі рукавички (вагою менш 8 грамів на кожний палець і товщиною всього лише 2 мм). Вони забезпечують «надзвичайно реалістичний тактильний зворотний зв'язок і можуть бути отримати живлення від акумуляторів, завдяки чому забезпечується безпрецедентна воля руху».

Костюм віртуальної реальності

Цей костюм повинен відслідковувати зміна положення всього тіла користувача й передавати тактильні, температурні й вібраційні відчуття, а в комбінації із шоломом – зорові й слухові.

Заходи й смакові відчуття

Роботи із синтезу заходів ведуться вже не один рік, але до широкого використання отриманих результатів ще далеко. Про яких-небудь значимі досягнення в області передачі смакових відчуттів говорити поки не доводиться.

Пристрою керування

Для взаємодії з віртуальним середовищем використовуються спеціальні джойстики (геймпади, wands) вбудовані датчики, що містять, положення й рухи, а також кнопки й колеса прокручування, як у миші. Зараз такі джойстики все частіше роблять бездротовими.

У якості пристроїв керування можуть також використовуватися згадані вище інформаційні рукавички й костюми віртуальної реальності.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Проблеми уніфікації

Як це звичайно буває при впровадженні нових технологій, кожний з великих постачальників, які вийшли на багатообіцяючий ринок, прагне просувати саме свою продукцію, поширювати свої технічні рішення. Відповідно, провідні компанії, випустивши VR-гарнітури, розробляють або замовляють контент саме для них. Рушійною силою ринку VR на даний момент є віртуальні ігри, у першу чергу розраховуючи на геймерів і були випущені гарнітури Oculus Rift, Samsung Gear VR, HTC Vive, Playstation VR і ін.¹²

Гри й інший контент, розроблені для однієї гарнітури, не відтворюються на іншій. Ігromани чекають не дочекаються, коли буде налагоджено портування ігор між гарнітурами різних розроблювачів. Промисловці, рекламисти й представники багатьох інших галузей швидше впроваджували б VR, знаючи, що дороге устаткування не прийдеться міняти через те, що нове, у край привабливе ПЗ було розроблено для інших окулярів-рукавичок-костюмів віртуальної реальності.

Постачальники VR прекрасно розуміють, що добре налагоджене співробітництво між ними здатне вивести віртуальну реальність на якісно новий рівень. Тому ще в грудні 2016 року була створена Глобальна асоціація віртуальної реальності (GVRA) – некомерційна організація виробників шоломів віртуальної реальності (VR), покликана об'єднати зусилля компаній у розвитку цього напрямку. У її створенні взяли участь компанії Acer Starbreeze, Google, HTC VIVE, Oculus, Samsung і Sony Interactive Entertainment.

Згідно даним сайту GVRA, головне завдання асоціації – сприяти глобальному росту й розвитку індустрії VR. Планується створення робочих груп для доти досліджень і виробітку рекомендацій, що стосуються найбільш важливих для галузі тем. В остаточному підсумку ці групи будуть розробляти кращі практики й відкрито ділитися ними.

Однак за станом на жовтень 2018 р., тобто через майже два роки після створення GVRA, єдиним матеріалом, що з'явилися на сайті асоціації, став звіт

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

«Дослідження віртуальної реальності і її потенціал для Європи» період, що охоплює, з 2016 по 2017 рік. Видиме, досягнення глобальних домовленостей між великими компаніями – завдання не менш складне, чому розробка властиво технологій VR.

Втім, зусилля по уніфікації устаткування тривають.

Так, 17-го липня 2017 року компанії NVIDIA, Oculus, Valve, AMD і Microsoft представили специфікацію Virtuallink™ – відкритий галузевий стандарт, який дозволить гарнітурам VR наступного покоління підключатися до ПК і іншим пристроям з використанням лише одного високошвидкісного Usb-кабелю Type-C (замість декількох шнурів і рознімачів, застосовуваних у цей час). Відзначається, що Virtuallink спеціально створений для VR. Він забезпечує оптимальну латентність і смугу пропускання, дозволяючи виробникам шоломів і ПК створювати віртуальну реальність нового покоління.

Звичайно ж, завдання уніфікації тем або іншим способом однаково будуть вирішені, як це вже відбувалося з іншими технологіями, головне – щоб це відбулося в найближчі роки.

Віртуальна реальність у промисловості

Приклади різноманітного застосування технологій VR у промисловості наведені в статті «Віртуальна реальність (VR): кращі практики».

Фінансові перспективи

Відношення до віртуальної реальності в інвесторів неоднозначне. З одного боку, VR-шолом можна купити в будь-якому магазині електроніки. Тільки компанія Sony з кінця 2016 р. продала більш 1,5 млн. гарнітур Playstation VR для своєї консолі. Тисячі компаній створюють відповідний контент. Однак з виводом технології VR на комерційний ринок розроблювачі першої хвилі, очевидно, поквапилися. У результаті користувачі не тільки не одержали обіцяного ефекту повного занурення, але й, зіштовхнувшись із недосконалістю технології, розчарувалися в ній. Масове поширення VR/AR стримують, по-перше, низька якість VR-контенту, по-друге, розрізненість платформ і відсутність єдиних

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

стандартів при його створенні, по-третє, відсутність чіткої системи дистрибуції, єдиного майданчика, де були б зібрані відповідні продукти.

Відповідно поводить ся й ринок. У першому кварталі 2020 р. світові поставки гарнітур віртуальної реальності вирости на 16% у річному порівнянні, повідомляють експерти з Canalys. Але в другій календарній чверті цього року, по оцінках IDC, поставки скоротилися на 33,7%. Втім, аналітики впевнені, що така ситуація має тимчасовий характер. Поява нових продуктів, насамперед Oculus Go і HTC Vive Pro, а також нових брендів, повинні повернути ринок у позитивне русло.

Аналітики компаній Gartner і IDC затверджують, що VR/AR наближаються до стадії технологічної зрілості. Тобто дуже скоро віртуальна реальність стане частиною повсякденного життя. Технологічно все готове до її масового використання.

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема розробленої системи зображена на рисунку 3.2. На ній показано структуру системи відеовідображення візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment, та місце у цій системі покадрового кодування та передачі відеоданих на основі ієрархічного кодування.

Як безпосередньо пристрої відображення візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment можуть застосовуватися відеопроєктори, що використовують відеосервер для перетворення відеосигналу в потік даних для передачі. Основна перевага відеосерверів перед мережними відеопроєкторами – це можливість споживача самостійно вибирати вже зарекомендували себе телевізійні проєктори під необхідні умови експлуатації (значні перепади освітленості, задне засвітлення, відеовідображення візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment «день-ніч»).

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

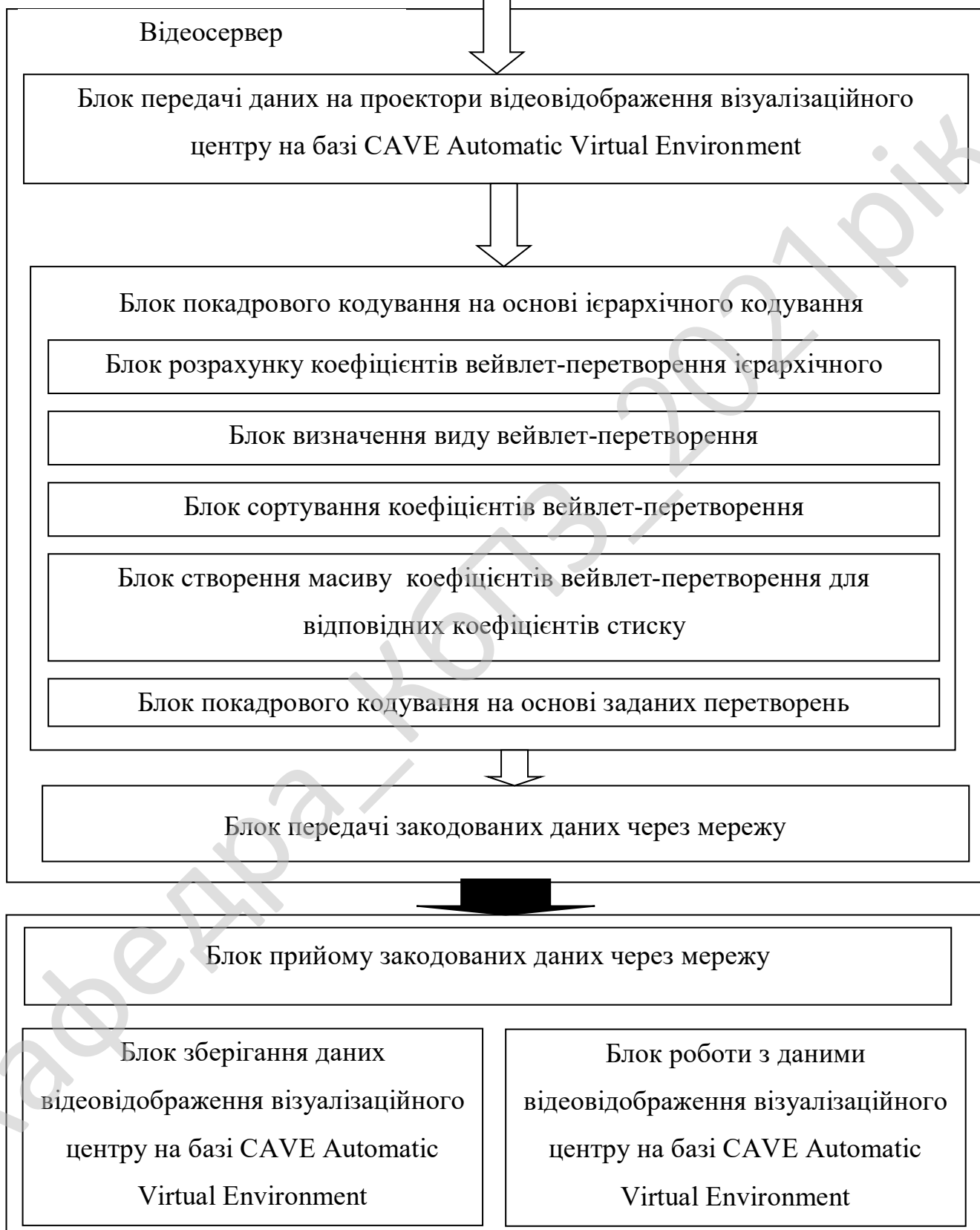


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ

Арк.

42

Традиційно системи відеовідображення візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment будуються на аналогових технологіях. Відеосервери оцифровують джерело аналогового відеосигналу й передають цифрове відеозображення по мережах передачі даних, тим самим перетворюючи звичайні аналогові відеопроєктори в мережні. Крім того, відеосервера дозволяють одержати віддалений доступ до відеопроєктор у режимі реального часу, використовуючи мережі. Відеосервер, підключений до мережі, пропонує широкий спектр можливостей відображення візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment, передаючи відеозображення куди завгодно в межах цієї мережі. Незалежно від місця розташування об'єкта відеовідображення візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment, будь це громадське місце або виробничі приміщення, доступ до «живого» відео може бути отриманий з будь-якої робочої станції в межах комп'ютерної мережі або через Інтернет особами, що мають на то дозвіл.

Усе, що потрібно для оцифровки джерел аналогового відеосигналу й наступної передачі інформації з комп'ютерних мереж, перебуває в одному пристрої – відеосервері. Він може передавати до 25 кадрів/с у стандарті PAL по звичайних комп'ютерних мережах Ethernet. Відеосервер містить у собі один або більше аналогових відеовходів, цифровий перетворювач зображення, мікросхему або програму, відповідальну за компресію зображення, веб-сервер, мережні й послідовні інтерфейси.

Цифрове відео може зберігатися на жорсткому диску, що дозволяє здійснювати швидкий і ефективний пошук потрібних кадрів. Щоб уникнути переповнення жорсткого диска, можна запрограмувати комп'ютер таким чином, що старі зображення будуть автоматично видалятися, звільняючи місце для нових.

Відеосервери дозволяють користувачеві перейти від існуючих аналогових систем відеовідображення візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment до цифрових. Один відеосервер може підключати до комп'ютерної

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

мережі до 8 аналогових проекторів – вигідне рішення для передачі якісного відеозображення по мережі. По суті справи відеосервери виявляються мостом, що з'єднує аналогові й цифрові технології, і дозволяють скористатися вже наявними аналоговими проекторами й уникнути проблем з коаксіальними кабелями.

3.4 Розробка діаграми процесів

Відповідно до методичних рекомендацій розроблення графічної частини кваліфікаційної бакалаврської роботи розглянемо розроблену діаграму процесів яка зображена на рисунку 3.3.

Розроблена діаграма взаємодії процесів використовується для представлення та візуалізації процесів обробки даних тобто структурного проектування бакалаврської роботи.

Основні складові елементи діаграми взаємодії процесів це потоки даних:

- Репозиторії, потік сховища даних.
- Потоки зовнішні по відношенню до системи сутності.
- Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.
- Потоки даних гібридні між елементами трьох попередніх типів.

Відповідно до документації 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.

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

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

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

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Розглянемо алгоритм роботи основної програми. Його блок-схема зображена на рисунку 4.1. Де детально розглянуті основні функціональні блоки роботи бакалаврського ПЗ. Де в цілому спочатку відбувається вивід основного вікна розробленої програми. Потім здійснюється підключення камер, введення параметрів відео користувачем, проходить запит кількості камер з відображенням відео потоку з камер з запитом запису та запиту включення детектору руху системи. У підпрограмі що зображена на рисунку 4.2 зображено встановлення порогу обробки перетвореного зображення та послідуєчого алгоритму обробки зображення з пунктами перевірки коефіцієнту та подальшого створення необхідного перетвореного зображення.

Нижче розглянемо вихідний код алгоритму кодування SPIHT що було використано у роботі:

```
namespace SPIHT
{
    using System;
    using System.Drawing;
    using System.IO;
    using System.Threading;
    using System.Net;
    using videosource;
    /// <summary>
    /// SPIHTSource - Алгоритм SPIHT
    /// </summary>
    public class SPIHTSource : IVideoSource
    {
        private stringsource;
        private stringlogin = null;
    }
}
```

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

```

private stringpassword = null;
private objectuserData = null;
private int framesReceived;
private int bytesReceived;
private bool useSeparateConnectionGroup = false;
private bool preventCaching = false;
private int frameInterval = 0;
// інтервал подання фреймів у мілісекундах
private const int bufSize = 512 * 1024;
// розмір буферу
private const int readSize = 1024;
// розмір блоку для читання
private Threadthread = null;
private ManualResetEvent stopEvent = null;
// нова подія у фреймі
public event CameraEventHandler NewFrame;
// SeparateConnectioGroup властивості
// індикатор відкриття WebRequest у групі
public bool SeparateConnectionGroup
{
    get { return useSeparateConnectionGroup; }
    set { useSeparateConnectionGroup = value; }
}
// PreventCaching властивості
// Якщо властивості є правильними, то керуємо параметриу URL.
// Цей клієнт повинен бути встановлений на проксі-сервері.
public bool PreventCaching
{
    get { return preventCaching; }
    set { preventCaching = value; }
}
// FrameInterval властивості - інтервал між фреймами
//Якщо властивості встановлені в 100, тоді джерело формує 10 фреймів
// у секунду
public int FrameInterval
{
    get { return frameInterval; }
    set { frameInterval = value; }
}
// VideoSource властивості
public virtual string VideoSource
{

```

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

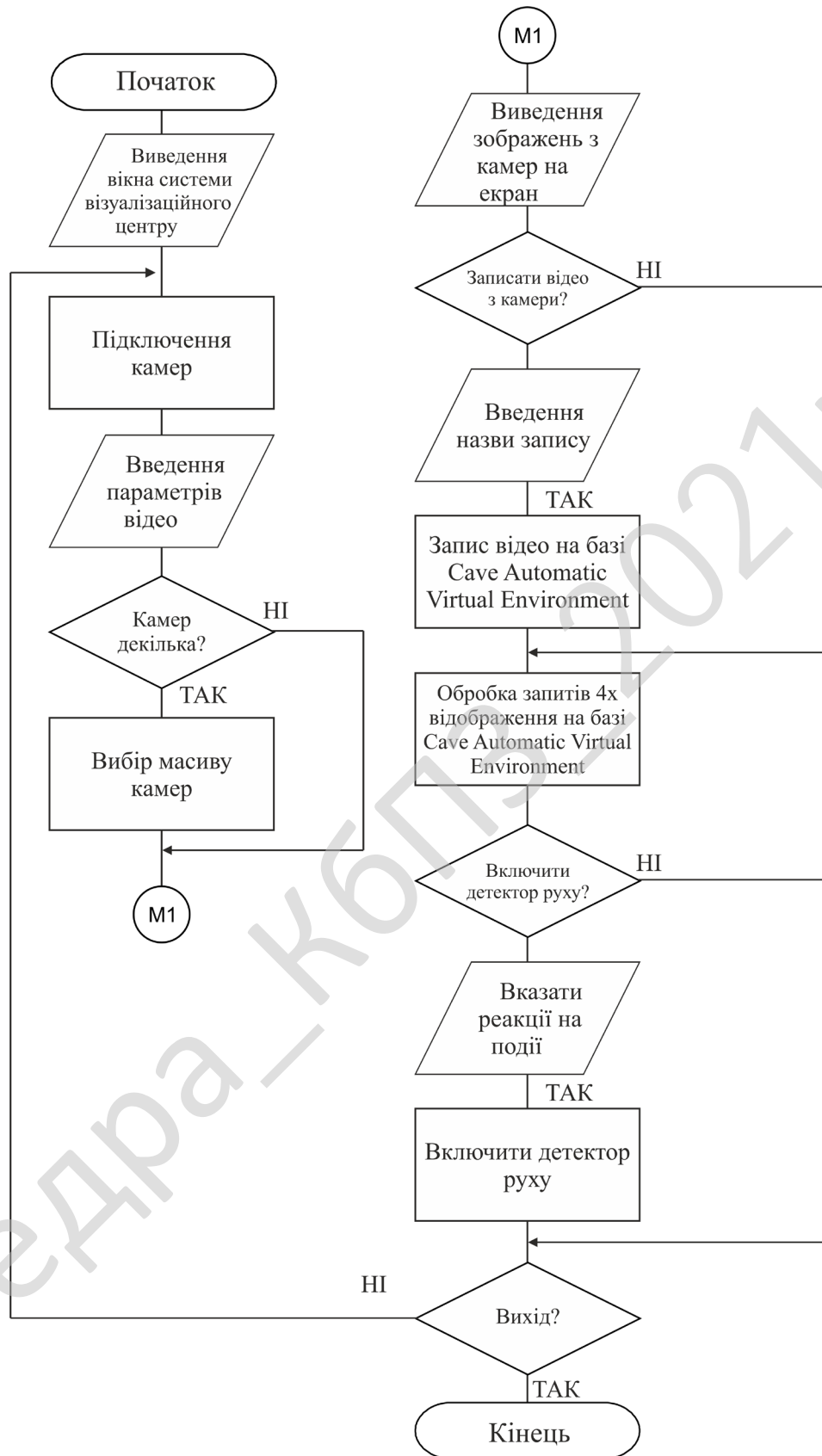


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

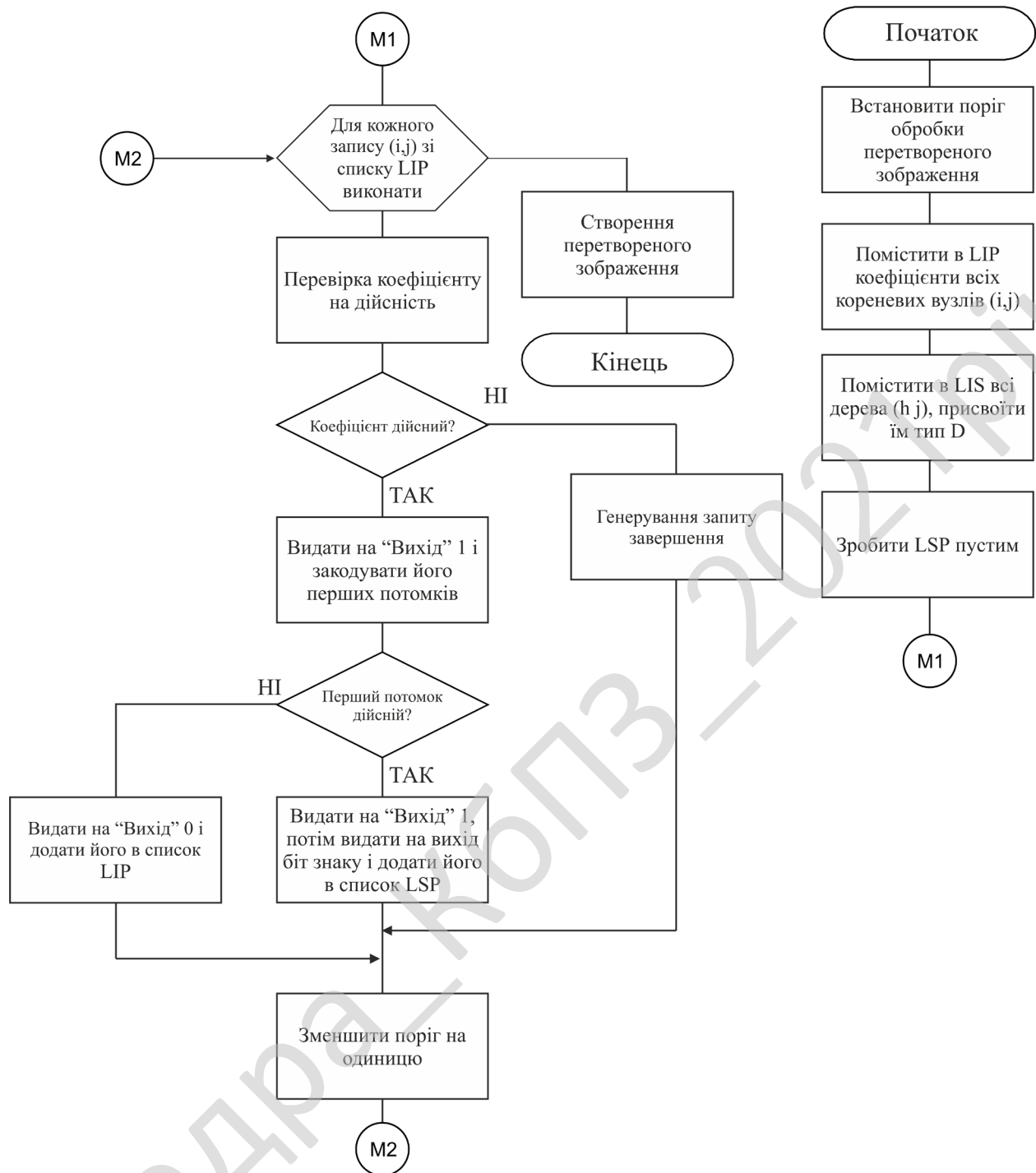


Рисунок 4.2 – Блок-схема підпрограми

```

    get { return source; }
    set { source = value; }
  }
  // Властивості підключення
  public string Login
  {

```

```

        get { return login; }
        set { login = value; }
    }
// Властивості паролю
    public string Password
    {
        get { return password; }
        set { password = value; }
    }
// FramesReceived властивості
    public int FramesReceived
    {
        get
        {
            int frames = framesReceived;
            framesReceived = 0;
            return frames;
        }
    }
// BytesReceived властивості
    public int BytesReceived
    {
        get
        {
            int bytes = bytesReceived;
            bytesReceived = 0;
            return bytes;
        }
    }
// UserData властивості
    public object UserData
    {
        get { return userData; }
        set { userData = value; }
    }
// Отримуємо стан вихідного відео
    public bool Running
    {
        get
        {
            if (thread != null)
            {

```

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

```

        if (thread.Join(0) == false)
            return true;
// Якщо стан не заданий, звільнюємо ресурси
        Free();
    }
    return false;
}
}
// Конструктор
public SPIHTSource()
{
}
// Починаємо роботу
public void Start()
{
    if (thread == null)
    {
        framesReceived = 0;
        bytesReceived = 0;
// Створюємо подію
        stopEvent = new ManualResetEvent(false);

// Створюємо й стартуємо нову подію
        thread = new Thread(new ThreadStart(WorkerThread));
        thread.Name = source;
        thread.Start();
    }
}
// Сигнал події до остановки роботи
public void SignalToStop()
{
// Стоп подія
    if (thread != null)
    {
// Сигнал завершення
        stopEvent.Set();
    }
}
// Чекаємо завершення події
public void WaitForStop()
{
    if (thread != null)

```

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ

Арк.

51


```

// Будуємо картинку
        bmp.Dispose();
        bmp = null;
    }
}

// Чекаємо в циклі ?
        if (frameInterval > 0)
        {
// діапазон часу
            span = DateTime.Now.Subtract(start);
// засипання у мілісекундах
            int msec = frameInterval - (int) span.TotalMilliseconds;
            while ((msec > 0) && (stopEvent.WaitOne(0, true) == false))
            {
// засипання ...
                Thread.Sleep((msec < 100) ? msec : 100);
                msec -= 100;
            } } }
            catch (WebException ex)
            {
System.Diagnostics.Debug.WriteLine("=====: " + ex.Message);
// чекаємо у циклі наступну спробу
                Thread.Sleep(250);
            }
            catch (Exception ex)
            {
System.Diagnostics.Debug.WriteLine("=====: " + ex.Message);
            }
            finally
            {
// помилка запиту
                if (req != null)
                {
                    req.Abort();
                    req = null;
                }
// закриваємо потоку
                if (stream != null)
                {
                    stream.Close();
                    stream = null;
                }
            }
        }
    }
}

```

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ

Арк.

54

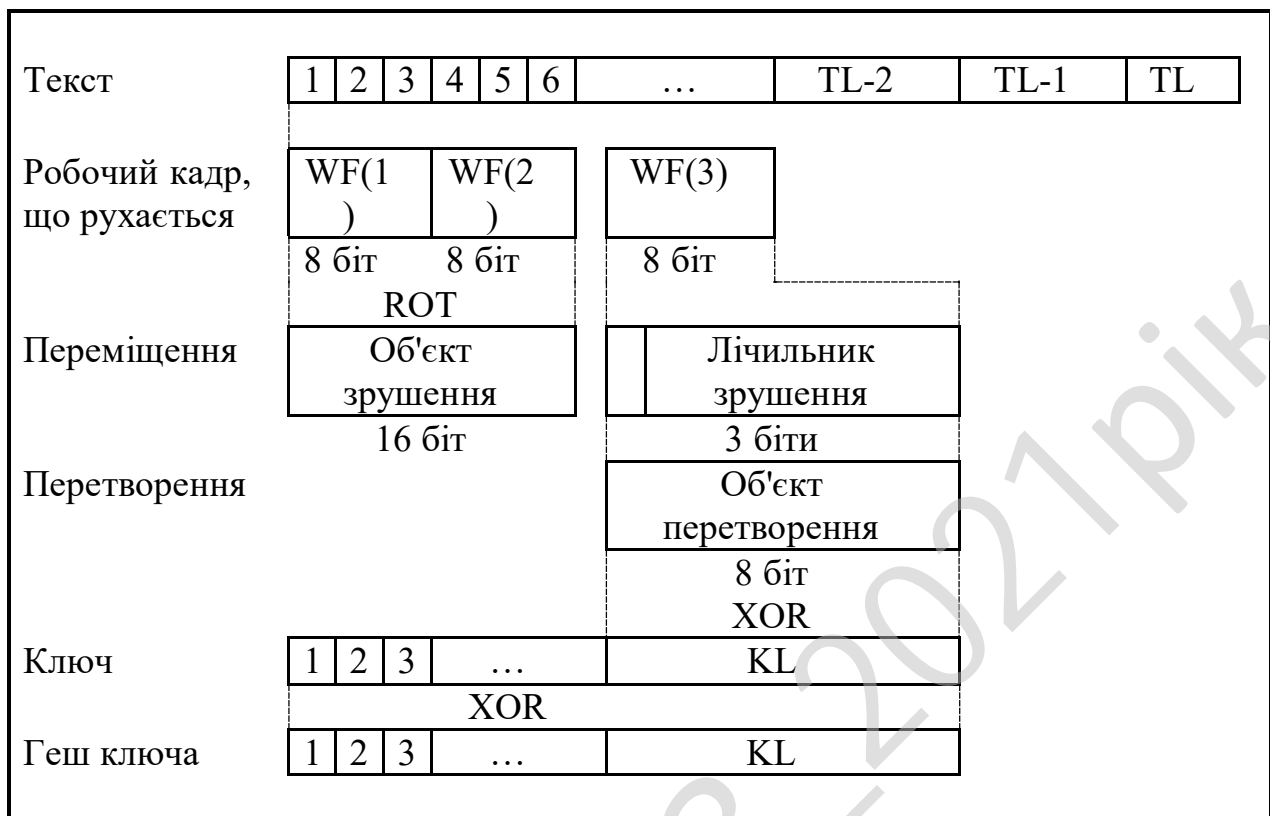


Рисунок 4.3 – Одна ітерація алгоритму Madryga

Оскільки кожний байт даних впливає на два байти ліворуч і на один байт праворуч від себе, після восьми проходів кожний байт шифртексту залежить від 16 байтів ліворуч і 8 байтів праворуч.

При шифруванні кожна ітерація внутрішнього циклу встановлює робочий кадр на передостанній байт відкритого тексту й циклічно переміщає його до третього з кінця байту відкритого тексту. Спочатку весь ключ піддається операції XOR з випадковою константою й потім циклічно зрушується вправо на 3 біти (ключ і дані рухаються в різних напрямках, щоб мінімізувати надлишкові операції з бітами ключа). Молодші три біти молодшого байта робочого кадру зберігаються, вони визначають циклічне зрушення інших двох байтів. Далі конкатенація двох старших байтом циклічно зрушується вліво на змінне число біт (від 0 до 7). Потім над молодшим байтом робочого кадру виконується

операція XOR з молодшим байтом ключа. Нарешті робочий кадр зміщається вправо на один байт і весь процес повторюється.

Випадкова константа призначена для перетворення ключа в псевдовипадкову послідовність. Довжина константи повинна бути рівній довжині ключа. При обміні даними абоненти повинні користуватися однією й тією же константою. Для 64-бітового ключа Madryga рекомендує константу 0x0fle2d3c4b5a6978.

При розшифруванні процес повторюється у зворотному порядку. У кожній ітерації внутрішнього циклу робочий кадр встановлюється на байт, третій ліворуч від останнього байта шифртексту, і циклічно зрушується у зворотному напрямку до байта, розташованого на 2 байти уліво відносно останнього байта шифртексту. 2 байти шифртексту в процесі циклічно зрушуються вправо, а ключ – уліво. Після циклічних зрушень виконується операція XOR.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Програма має простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який зображений на рисунку 5.1. З рисунку головного вікна можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи:

- Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші.
- Верхнього меню: Файл; Камери; Відеозапис; Параметри; Довідка.
- Розділу обрання камер та записів.
- Розділу виведення результату роботи системи у вигляді відео потоку з 4х камер для забезпечення системи візуалізаційного центру.



Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

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.

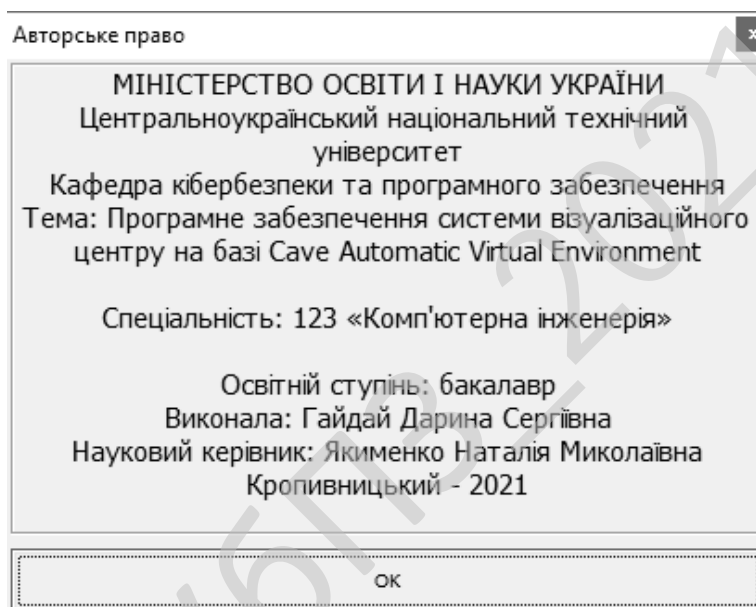


Рисунок 5.2 – Авторське право

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

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи, призначено для системи візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.

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

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

– Був проведений огляд існуючих систем візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.

– Досліджена система візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.

– На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.

Розроблені під час виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment.

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 візуалізаційного центру на базі CAVE Automatic Virtual Environment. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід,

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

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.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм Madryga.

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.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вишне夫斯基 В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишне夫斯基 – М.: Техносфера, 2003. - 512 с.
2. Галкин В.А. Телекоммуникации и сети / В.А.Галкин, Ю.А. Григорьев. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2003. – 608 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.
4. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
5. Городецкий А.Я. Информационные системы. Вероятностные модели и статистические решения. Учебн. пособие / А.Я.Городецкий СПб: Издво СПбГПУ, 2003. 326 с.
6. Гриньов Д.В. Методы стиснення зображень в системах цифрової обробки даних / Д.В. Гриньов, З.З. Закіров // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 2(83). – С. 66-70.
7. Гук М.Ю. Аппаратные средства локальных сетей. Энциклопедия / Михаил Юрьевич Гук – СПб.: Издательство “Питер”, 2000. – 576 с.
8. Донченко В.С. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник / В.С. Донченко, М.В.-С. Сидоров, М.М. Шарапов – К.: ВЦ «Академія», 2009. – 288 с.
9. Дреев А.Н. Использование неравномерного распределения единичных битов для дополнительного сжатия SPIHT кода / А.Н. Дреев, А.А. Смирнов // Информационные системы в управлении, образовании, промышленности: монография. Под редакцией профессора В.С. Пономаренко. – Х.: Вид-во ТОВ «Щедра садиба плюс», 2014. – С. 498.
10. Дреев О.М. Дослідження впливу шляху розгортки на ступінь ентропійного стиснення цифрового зображення / О.М. Дреев,

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

О.В. Слюсар // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Випуск 21. – Кіровоград: КНТУ. – 2008 – С. 115-118.

11. Дреєв О.М. Метод розвантаження телекомунікаційного сервера за рахунок кешування зображень / О.М. Дреєв // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Випуск 25. Ч. I. – Кіровоград: КНТУ. – 2012 – С. 419-424.

12. Дреєв О.М. Метод прогнозування завантаженості серверу телекомунікаційної мережі / О.М. Дреєв, О.А. Смірнов, Є.В. Мелешко, О.В. Коваленко // Системи обробки інформації. Випуск 3(101) Том 2. – Х.: ХУПС. – 2012. – С. 181-188.

13. Дреєв О.М. Оцінка якості стиснення зображень на основі дискретного перетворення Хартлі / О.В. Коваленко, О.П. Доренський, О.М. Дреєв // Системи озброєння і військова техніка. Науковий журнал 2(34)– Х.: ХУПС – 2013. С. 99-102.

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

15. Дреєв А.Н. Сравнение битовых плотностей при использовании различных методов кодирования информации / А.Н. Дреєв, А.А. Смирнов // Системи обробки інформації, 2014, випуск 2 (118), том 2– Харків: ХУПС – 2014. С 64-66.

16. Дреєв О.М. Моделювання впливу інтенсивності трафіку на оперативність доставляння інформації / О.М. Дреєв // Науково-виробничий журнал "Зв'язок". – Київ: ДУТ, 2014. – № 2 (108) С. 24-29.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

17. Дреєв А.Н. Повышение вероятности доставки сообщений в телекоммуникационных системах и сетях для обеспечения информационной безопасности / А.Н. Дреєв, А.А. Смирнов // «Безпека інформації» Том 21, №1 2015 р. – Київ: НАУ – 2015. – С. 22-28.

18. Дреєв О.М. Узагальнення вейвлету Хаара / О.М. Дреєв, Г.М. Дреєва // Збірник тез доповідей Комбінаторні конфігурації та їх застосування, 15-16 жовтня 2010 р. – Кіровоград – С. 58

19. Дреєв О.М. Узагальнення вейвлету Хаара / О.М. Дреєв // Матеріали науково-практичної конференції, присвяченої 80-річчю фізико-математичного факультету КДПУ ім. В. Винниченка 26 листопада 2010 р. – Кіровоград – С. 12

20. Дреєв О.М. Метод прогнозування завантаженості серверу телекомунікаційної мережі / О.М. Дреєв, О.В. Коваленко // Тези доповідей Новітні технології – для захисту повітряного простору. Дев'ята наукова конференція. 18-19 квітня 2011 р. – Х.: ХУПС. – 2012. – С. 206

21. Дреєв О.М. Метод довгострокового прогнозування навантаження серверу телекомунікаційної мережі / О.М. Дреєв, Г.М. Дреєва // Комбінаторні конфігурації та їх застосування. Кіровоград. 13-14 квітня 2012 р. – Кіровоград: «Ексклюзив-систем». – 2012. – С. 50

22. Дреєв О.М. Вдосконалення стиснення зображень SPIHT методу шляхом додаткового кодування та відкладеної передачі уточнення вейвлет коефіцієнтів / О.М. Дреєв // Дискретна математика та її застосування у економіко-математичному моделюванні та інформаційних технологіях. 11-13 жовтня 2012 р. – Запоріжжя: ЗНУ – 2012. – С. 22-23.

23. Дреєв О.М. Методи підвищення якості обслуговування у телекомунікаційних системах та мережах / О.М. Дреєв, Г.М. Дреєва, О.А. Смирнов // Збірник тез доповідей. Академія внутрішніх військ МВС України «Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку» 20-21 березня 2013р. – Харків: АВВ. – 2013. С. – 18-19

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

24. Дреев А.Н. SPIHT кодирование с отложенной передачей значимых битов / А.Н. Дреев // Тези доповідей. Новітні технології – для захисту повітряного простору. Дев'ята наукова конференція 17 квітня 2013 р. – Х.: ХУПС. – 2013. – С. 206

25. Дреев А.Н. Повышение оперативности доставки данных повышенной востребованности в телекоммуникационных системах и сетях / А.Н. Дреев, А.А. Смирнов, Е.В. Мелешко // Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії 25-26 квітня 2013 р. Системи обробки інформації. – Випуск 3 (110). Том 2. – Харків: ХУПС. – 2013. С. – 199.

26. Дреев О.М. Середньостатистичний та найімовірніший час доставки багатопакетного повідомлення в телекомунікаційній системі або мережі / О.М. Дреев, О.А. Смірнов // V Всеукраїнська науково-практична конференція "Інформатика та системні науки" ІСН – 2014, 13-15 березня 2014 року, м. Полтава – С. 92

27. Дреев О.М. Визначення оптимального розміру блоку при бітовому арифметичному кодуванні / О.М. Дреев, Г.М. Дреева // Збірник тез доповідей Комбінаторні конфігурації та їх застосування, 11-12 квітня 2014 р. – Кіровоград – С. 44

28. Дреев А.Н. Экстраполяция квазипериодических процессов с аддитивными помехами / А.Н. Дреев, А.А. Смирнов // П'ята Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології та моделювання в економіці" 15-16 травня 2014 р. – Черкаси – С. 59

29. Дреев А.Н. Статистическая модель передачи многопакетного сообщения в телекоммуникационной системе или сети / А.Н. Дреев, А.А. Смирнов // «Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях (КМНТ-2014)» Харьков, 28-31 мая 2014 года – С. 137-140

30. ДСТУ 2481 – 94 Системи оброблення інформації інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення. – Х.: ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 1994. – 33 с.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

телекомунікаційні системи та мережі / С.В. Карпенко. – Харків: Харківський національний університет радіоелектроніки, 2009. – 22 с.

41. Касимов Р.Р. Вдосконалення алгоритмів QoS маршрутизації в мережах з технологією IP/MPLS на основі прогнозу трафіка: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата техн. наук: спец. 05.12.02 –телекомунікаційні системи та мережі / Р.Р. Касимов. – Київ: Київський державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, 2011. – 24 с.

42. Кириченко Л.О. Влияние методов маршрутизации на QOS в мультисервисных сетях при самоподобной нагрузке / Л.О. Кириченко, Т.А. Радивилова, Э. Кайали // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Информационные технологии. 1/2 (49) 2011. – С. 15-18

43. Кветний Р.Н. Методи та засоби передавання інформації у проблемно-орієнтованих розподілених комп'ютерних системах: монографія / Р.Н. Кветний, А.Я. Кулик – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 362 с.

44. Коваленко А.А. Методи та засоби підвищення оперативності передачі даних у мультисервісних мережах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата техн. наук: спец. 05.13.05 «комп'ютерні системи та компоненти» / А.А. Коваленко. – Харків: Харківський національний університет радіоелектроніки, 2008. – 20 с.

45. Комарова Л.О. Алгоритми управління потоками даних у телекомунікаційній мережі реального часу / Л.О. Комарова // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2014. – №2 – С. 13-18.

46. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ / Томас Кормен, Чарльз Лейзерсон, Рональд Ривест, Клиффорд Штайн. – М.: "Вильямс", 2005. – 1296 с.

47. Конахович Г.Ф. Сети передачи пакетных данных / Г.Ф. Конахович, В.М. Чуприн. – К.: МК-Пресс, 2006. – 272 с.

48. Кононенко В.О. Колебательные системы с ограниченным возбуждением / В.О. Кононенко – М.: Наука, 1964. – 232 с.

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

О.А. Дробот, Д.В. Симоненко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Вип. 1(13), 2007. – С. 66-69.

59. Лемешко А.В. Тензорная модель многопутевой маршрутизации с гарантиями качества обслуживания одновременно по множеству разнородных показателей [Электронный ресурс] / А.В. Лемешко, О.Ю. Евсева // Проблемы телекоммуникаций. – 2012. – No 4 (9). – С. 16 - 31. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2012/4/1/124_lemeshko_tensor.pdf.

Кафедра КБПЗ – 2021 рік

					КБР-123.21.0026.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69