

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО"**

Факультет електроніки

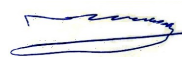
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем

(повна назва кафедри)

"До захисту допущено"

Завідувач кафедри



С.А. Найда

(ініціали, прізвище)

" 10 " червня 2022 р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності

171 Електроніка

(код і назва)

на тему:

**«Підвищення ефективності доставки контенту до кінотеатрів
розподіленої мережі»**

Виконав

студент IV курсу, групи ДВ-81

(шифр групи)

Лакіза Владислав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

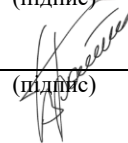


(підпис)

Керівник

асистент Бакіко В.М.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)



(підпис)

Консультант

(назва розділу) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище,
ініціали)

(підпис)

Рецензент

доцент каф. ЕІ, к.т.н., доц. Попов А.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)



(підпис)

**Засвідчую, що у цій дипломній
роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.**

Студент



(підпис)

Київ – 2022 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Електроніки

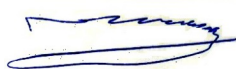
Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 171 Електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



(підпис)

С.А. Найда
(ініціали, прізвище)

«02» 05 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Лакізі Владиславу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Підвищення ефективності доставки контенту до кінотеатрів розподіленої мережі»

керівник роботи асистент Бакіко В.М.

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

затверджені наказом по університету від «06» червня 2022 р. №911-с

2. Строк подання студентом роботи 09.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Структура сучасного цифрового кінотеатру, формат DCP, алгоритми доставки відеоконтенту, DRM-шифрування, топологія CDN-платформ

4. Зміст роботи: 1) Аналітичний огляд систем перегляду візуального контенту 2) Засоби транспортування контенту розподіленою мережею 3) Аналіз систем підвищення ефективності доставки та захисту контенту 4) Реалізація ефективної структури доставки контенту до кінотеатрів розподіленої мережі

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових, плакатів, презентацій тощо) презентація (10-15 слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

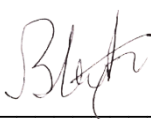
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 03.02.2022 р.

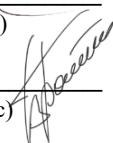
Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Написання першого розділу	23.03.2022	Виконано
2	Написання другого розділу	29.05.2022	Виконано
3	Написання третього розділу	30.05.2022	Виконано
4	Написання четвертого розділу	06.06.2022	Виконано
5	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	09.06.2022	Виконано
6	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	15.06.2022	Виконано

Студент


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

Лакіза В.О.

(ініціали, прізвище)

асистент Бакіко В.М.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Лакіза В. О. «Підвищення ефективності доставки контенту до кінотеатрів розподіленої мережі»: дипломна робота бакалавра: 171 Електроніка. - КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2022. - 93 с.

Дипломна робота: 93 с., 47 рис., 4 табл., 1 дод., 25 джерел.

КІНОТЕАТР, КІНОЗАЛА, РОЗПОДІЛЕНА МЕРЕЖА, АУДІОВІЗУАЛЬНИЙ КОНТЕНТ, ДОСТАВКА КОНТЕНТУ, ЕКРАН, ЦИФРОВИЙ ПРОЄКТОР, DCP, CDN, DRM.

Актуальність роботи полягає у тому, що з кожним днем мережеві технології набувають все більшої популярності, зокрема для передачі та відтворення аудіовізуального контенту, що передбачає поступове навантаження обмежених ресурсів, тому підвищення ефективності цих мереж є однією з найбільш перспективних тенденцій розвитку в сфері культури комфортного перегляду контенту.

Метою дипломної роботи є розробка рекомендацій задля подальшої реалізації та впровадження технічного рішення для ефективнішої системи розподіленої структури кінотеатрів з використанням сучасних методів доставки аудіовізуального контенту.

Для виконання мети дипломної роботи потрібно:

- Провести аналіз необхідного обладнання для цифрових кінотеатрів;
- Дослідити варіанти доставки контенту;
- Вибрати найоптимальнішу CDN систему;
- Розробити розподілену структурну схему побудови мережі кінотеатрів;
- Порівняти ефективність побудованої мережі з вже існуючими кіномережами

Об'єктом дослідження є сучасні кінотеатральні глядацькі зали та системи доставки цифрового контенту в розподілених мережах.

Предмет дослідження: система безпеки контенту цифрових кінозалів, DCP, CDN мережі в системі цифрової доставки DCP.

Результатом дослідження є висновки та рекомендації щодо ефективності застосування оптимальної розподіленої структури для мережі кінотеатрів.

ABSTRACT

Lakiza V. O. "Increasing the efficiency of content delivery to cinemas of a distributed network": Bachelor's thesis: 171 Electronics. - Igor Sikorsky KPI, Kyiv, 2022. – 93 p. Diploma work: 93 p., 47 figures, 4 tables, 1 appendix, 25 sources.

The urgency of the work lies in the fact that with each passing day network technologies are becoming more and more popular, in particular for transmission and playback of audiovisual content, which involves a gradual load of limited resources, so increasing the efficiency of these networks is one of the most promising trends in the culture of comfortable viewing content.

The aim of the thesis is to develop recommendations for further implementation and implementation of technical solution for more efficient system of distributed cinema structure using modern methods of audiovisual content delivery.

In order to meet the objectives of the thesis, it is required to:

- Analyze the necessary equipment for digital cinemas;
- Explore video content delivery options and select an effective method
- Review current data transfer protocols;
- Choose the best CDN system;
- Develop a distributed cinema network design scheme

The object of the study is modern cinema auditoriums and digital content delivery systems in distributed networks.

Subject of study: The system of content security digital cinema, DCP, CDN networks in the system of digital delivery DCP.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	6
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМ ПЕРЕГЛЯДУ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТЕНТУ	7
1.1 Класифікація кінотеатрів	7
1.1.1 Огляд роботи плівкових кінотеатрів	8
1.2 Сучасний цифровий кінозал та його можливості	9
1.3 Аналіз технічних специфікацій обладнання для показу цифрового кіно ..	11
1.3.1 Кінопроектор	11
1.3.2 Сервери цифрового кінотеатру	13
1.3.3 Акустична система	15
1.3.4 Приклади застосування сучасного сервера	21
1.3.5 Розмір кіноекрана	22
1.3.6 Формати кіноекранів	23
1.3.7 Типи поверхонь кіноекранів	24
1.3.8 Цифровий однозальний кінотеатр і його функціональна схема	25
1.3.9. Структура багатозального кінотеатру	27
1.4 Висновки до розділу	29
2. ЗАСОБИ ТРАНСПОРТУВАННЯ КОНТЕНТУ РОЗПОДІЛЕНОЮ МЕРЕЖЕЮ	30
2.1 Аналіз розподіленої мережі	30
2.2. Структура мережі кінотеатру	31
2.3 Мережа доставки контенту (CDN)	34
2.3.1 Опис мережі CDN	34
2.3.2 Причини появи CDN	35
2.3.3 Аналіз роботи технології	36
2.3.4 Принцип кешування даних	37
2.3.5 Еволюція технології	39

2.3.6 Дослідження послуги CDN	40
2.3.7 Приклад використання CDN.....	41
2.3.8 Розвиток технології CDN у мережі 5G від ZTE.....	41
2.3.9 Недоліки традиційних CDN.....	44
2.4 Висновки до розділу	45
3. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ТА ЗАХИСТУ КОНТЕНТУ	46
3.1 DCP як основний формат фільмів	46
3.1.1 Визначення DCP.....	46
3.1.2 Композиція.....	46
3.1.3 Структура композиції	48
3.1.4 Варіації назв.....	50
3.1.5 Список відтворення композиції (CPL)	53
3.1.6 Варіації транспортування контенту	55
3.1.7 Шифрування файлів доріжок.....	56
3.2 Контейнер для транспортування зображення та звуку MXF	58
3.3 Реалізація доставки контенту на прикладі DCDC	60
3.4 Технології передачі контенту KenCast	62
3.5 Висновки до розділу	65
4. РЕАЛІЗАЦІЯ ЕФЕКТИВНОЇ СТРУКТУРИ ДОСТАВКИ КОНТЕНТУ ДО КІНОТЕАТРІВ РОЗПОДІЛЕНОЇ МЕРЕЖІ.....	66
4.1 Структурна реалізація мережі.....	66
4.2. Реалізація центральної апаратної розподіленої мережі кінотеатрів.....	67
4.3 Особливості реалізації CDN мережі	69
4.3.1 Реалізація CDN мережі на прикладі одного регіону	69
4.3.2 Транспортування контенту від сервера до проєктора.....	71
4.4 Технічна реалізація мережі	72
4.4.1 Сервери	73
4.4.2 Ноутбуки.....	76
4.4.3 Екрани	77

4.4.4 Проектори	78
4.4.5 Акустична система.....	79
4.4.6 Стільці та інше обладнання для залів	80
4.4.7 Особливості операційної діяльності мережі кінозалів	81
4.5 Висновки до розділу	82
ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	85

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ПК	Персональний комп'ютер (ноутбук);
CDN	Content Delivery Network (мережа розподілу ресурсів);
DCP	Digital Cinema Package (формат пакування контенту);
DRM	Digital Rights Management (засоби захисту авторських прав);
5G	5th Generation (п'яте покоління мобільних мереж);
HDMI	High Definition Multimedia Interface;
HTTP	HyperText Transfe9r Protocol (протокол передачі гіпертексту);
DLP	Digital Light Processing (цифрові світлові проєктори);
MPEG	Moving Picture Experts Group (група стандартів на цифрове стиснення аудіо й відео).

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМ ПЕРЕГЛЯДУ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТЕНТУ

127 років тому у Парижі відбувся перший показ кіно. На той час це було чимось неймовірним – слайди з фотографій швидко змінювалися один за одним, що створювало рухливе зображення. Цією подією брати Люм'єри докорінно змінили буденне життя пересічних людей, додавши в плани на вихідні новий обов'язковий пункт – відвідати кінотеатр. Протягом століття дана культура постійно технічно еволюціонувала, що принесло додатковий комфорт під час перегляду фільмів. А саме об'ємний звук, якісне та кольорове цифрове 2D й 3D зображення. Тому варто копнути історію і детальніше розібратись в деталях.[1]

1.1 Класифікація кінотеатрів

Кінотеатр – громадське місце, головною функцією якого є публічний показ кінофільмів. Головне приміщення кінотеатру - зал для глядачів зі спеціально широким екраном розміром до 30 м і акустичною системою. У сучасних кінотеатрах часто є кілька залів для глядачів, обов'язкове система кондиціонування повітря, а сучасні акустичні системи складаються з безлічі окремих звукових каналів. Для високоякісного кінотеатру характерні акустично пристосовані стіни та стеля, декоративне освітлення. В кінотеатрах зазвичай також є фое для глядачів, гардероб, буфет, службові приміщення. Перші кінотеатри були великими й вміщували до 400-х людей. Однак з набуттям популярності, кінотеатри стали досить великими та вже в середині XX століття типовий зал вміщував до 2500-4000 глядачів одночасно. Більш сучасні кінотеатри повернулись то початкової тенденції й тому розраховані на меншу кількість глядачів, зазвичай по 200-300 посадочних місць в одному кінозалі. Кінопроекційний комплекс кінотеатру часто складається з одного або декількох

кінопроекторів для демонстрації фільмів з кіноплівки шириною 35 мм, але є і спеціальні кінотеатри, пристосовані для демонстрації тривимірного кіно. Розберемо трохи термінології:

- Моноекран – кінотеатр з одним екраном;
- Мініплекс – комплекс з кількістю екранів від 2 до 5;
- Мультиплекс – кінотеатр від 5 до 10 залів;
- Мегаплекс – від 10 залів;
- Кіноплекс – кінотеатр, розташований в торгівельно-розважальному центрі;
- Кінотеатри «першого екрану» – випускають фільми в день прем'єри по всій країні(а також влаштовують допрем'єрні покази);
- Кінотеатри «другого екрану» – демонструють фільми через два-три тижні після прем'єри на «першому екрані».[2]

1.1.1 Огляд роботи плівкових кінотеатрів

Перші кінотеатри мали, зазвичай, один великий проєктор у вигляді сильної лампи, перед якою швидко прокручувалась плівка з вже відзнятим і підготовленим матеріалом. Світло виводилось через віконце на велике біле полотно, перед яким сиділи глядачі. Часто плівка була склеєна з багатьох частин, що давало певний шум для зображення на екрані. Насамперед тривалий час, поки замість цифрового носія, для зображення картинки використовувалась плівка, траплялось чимало проблем, наприклад її банально не вистачало. Ось як про роботу Одеського кінематографу згадує М. Капчинський:

«Спочатку дивилися кінотеатр Уточкіна на Дерибасівській. Принесли повний мішок заплутаної плівки, пронизуючи розірвані шматки... Вони створили цех з виробництва фільмів, обладнані студії, але плівки для зйомок не вистачило. Спробуйте використовувати плівку, яку вже використовували. Професор Є. Кирилов розробив пристрій, за допомогою якого фарбу змивали з плівки та наповнювали її новим шаром емульсії. Але час йшов, а фільм так і не знайшли,

якби не щасливий випадок. До Одеського порту прибуває італійський пароплав, власником судна є ще й власник кінокомпанії «Китай», і навіть родом з Одеси. Договір підписано, Одеська кіностудія отримала плівку та хімікати... Картинка на екрані з'являється дуже швидко, потім фільм ледве повзає, а глядачі переважно хлопці.»[3]

1.2 Сучасний цифровий кінозал та його можливості

Ще відносно нещодавно кінотеатри в нашій країні працювали приблизно так, як і півстоліття тому. Але тепер багато що змінилося. Сучасний кінотеатр – це безліч цікавих технічних рішень, кожне з яких було створено для максимального комфорту глядачів. А зображення на екрані стає все яскравішим, об'ємнішим та реалістичнішим. Епоха цифрового кіно дарує глядачам можливість насолоджуватися фільмами навіть з ефектом присутності (так зване 5-7D).[4]

А починалося все з плівки, коли чотири канадські підприємці виявили один австралійський винахід — спосіб прокрутки плівки «петлею, що біжить». Після експериментів із кількістю екранів та проєкторів зупинилися на варіанті 1:1, вирішивши, що він створює найсильніше зорове враження. Щоб збільшити ефективний розмір екрана, зробили власну, широку плівку – 70 мм та 15 ділянок перфорації замість звичайної 35 мм x 5 прорізів. На початку двохтисячних плівку витіснила цифра, і IMAX-технології, в тому числі довелося слідувати за прогресом. Для консерваторів-фанатів плівки залишилися можливість перегляду лиш в комунальних кінотеатрах на радянських проєкторах. Фільм на плівці – дороге задоволення для прокатника: 1 катушка з фільмом коштує близько 20 тисяч доларів, а ціна деяких фільмів – таких довгих і масштабних, як Аватар, могла бути та до сотні тисяч. Касета-носій DCP, яка прийшла на зміну плівці, коштувала набагато дешевше. А вже на теперішній час фізичні носії зникли, і кінотеатр просто завантажує ліцензійну копію фільму з сервера студії.

Зазвичай зараз у кожному цифровому кінотеатрі можна зустріти два

IMAX-проектори; обидва вони показують той самий фільм, і записи нічим не відрізняються між собою. Якщо, звичайно, не йдеться про 3D-версію стрічки. У такому випадку проектори працюють з ортогональними поляризаційними фільтрами, кожен з яких пропускає ту частину світлових хвиль, поляризація якої відповідає поляризації фільтра. Такі ж фільтри знаходяться і в окулярах, які надягає глядач, збираючись подивитися тривимірне кіно. Кожне око глядача бачить тільки одну, правильно поляризовану частину світлових хвиль, і це дозволяє обдурити зорову кору, змусивши її повірити в тривимірність зображення.

Якщо показують не 3D, тоді другий проектор використовують, щоб компенсувати можливі помилки першого, і зображення буде однаково яскравим і чітким у кожній частині екрана. Також між проекторами встановлена камера. Під час зустрічей вона надсилає записи безпосередньо в центральний контрольний пункт (також є два в Канаді та Китаї). Комп'ютер аналізує дані камери, щоб перевірити, чи яскравість зображення та гучність звуку відповідають вимогам фільму. Режисер може бути спокійним: абсолютно всі глядачі побачать фільм у такому кольорі й об'ємі на його власний вибір та схвалення. Кінематографістів замінили оператори комп'ютера, які почали показ. Ця особа повинна вміти налаштовувати мережу, вмикати та вимикати проектор і виправляти раптові помилки. Не забули творці технології та про те, що будь-яка передача даних є потенційною вразливістю. В результаті камера і канал, по якому вона передає запис, захищені: якщо хтось спробує направити передачу на сторонній комп'ютер, зображення негайно переривається, а від центрального управління буде отримано повідомлення про порушення. точка.[5]

1.3 Аналіз технічних специфікацій обладнання для показу цифрового кіно

На сьогоднішній день технології настільки розвинулись, що перед нами відкривається велика можливість вибору систем відтворення аудіовізуального контенту. На щастя, ринок пропагує розвиток здорової конкуренції серед виробників, тому опиратись можна на якість, необхідні вимоги та виділений бюджет.

1.3.1 Кінопроектор

Найголовнішим пристроєм для кінозали, звісно ж, є проектор. Для аналізу візьмемо модель перевіреного роками бренду Panasonic.



Рисунок 1.1-2 – зовнішній вигляд Panasonic PT-RQ50KE

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики

Технологія	DLP
Оригінальний дозвіл	4K DCI (4096x2160)
Основний формат зображення	1.89 : 1
Роздільна здатність 4K	реальне
Яскравість, Лм	50000
Контрастність, :1	20000
Джерело світла	лазер
Ресурс джерела світла, годинника	20000
Об'єктив	без об'єктиву
Фокусування	моторизована
Розмір зображення по діагоналі min, см	254
Розмір зображення по діагоналі max, см	2540
3D	є
В*Д*Ш	72*107*45 см
Вага	130 кг

1.3.2 Сервери цифрового кінотеатру

Не менш важлива частина будь-якого мультикомплексу. Саме тут зберігається закодований контент, доступ до якого відкривається лише на час зазначених сеансів.



Рисунок 1.3 – зовнішній вигляд GDC SX-2001A

Переваги даного серверу:

- Підтримка субтитрів USL та WGBH
- "Гаряча" заміна, RAID масив 4 Тб
- Слот для швидкісного завантаження фільмокопій CRU
- "Гаряче" переміщення фільмокопій між залами
- Миттєве відтворення з бібліотеки TMS Media
- Віддалений доступ до системи керування екраном

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики

Розміри	482 (В) x 616 (Д) x 177 (Ш) мм 4RU
Вага	25 кг (55 фунтів)
Робоча температура	от 5° до 40°С (41° to 104°F)

Відносна вологість повітря	від 20% до 90%, без утворення конденсату
живлення	Від 100 до 240 В, від 60 до 50 Гц, від 6 до 3 А
споживана потужність	320 Вт
Блоки живлення	2 блоки живлення з "гарячою" заміною
Формати упаковки	SMPTE Digital Cinema Package (DCP), Interop DCP, DSR®
Частота кадрів	23,98, 24, 25, 29,97, 50, 59,94, 60 кадрів/с
Нестиснене аудіо	16/24-розрядний AES/EBU, 16 каналів, 48/96 KHz 25-контактний D-sub
Відео виходи	SMPTE 292M 10-біт 4:2:2 YUV SMPTE 372M 12-біт 4:4:4 RGB/X'Y'Z', Подвійний SMPTE 292M 10-біт 4:2:2 YUV (для відтворення 3D) Подвійний SMPTE 372M 12-біт 4:4:4 RGB/X'Y'Z'
Інтерфейси	2 x RJ-45 [1x10/100 BaseT] 6 x USB A-Type Female 2 x USB A-Type Female

	Швидкість читання 8x CRU-порт даних BNC, стандарт CENELEC EN 50083-9 D-sub 9-контактний
Сховище	2000GB (розширюється до 4000GB)

1.3.3 Акустична система

Кожна акустична система кінозали повинна складатись зі звукового процесора та колонок, встановлених по всій залі.

Звуковий процесор – електронний пристрій або програмний комплекс, призначений для управління багатокомпонентними звукопідсилювальними системами кінотеатрів. Використовуються їх як в студії перезапису (в «еталонному кінозалі») при зведенні звукової доріжки фільму, так і в кожному залі кінотеатру. При мікшуванні та при відтворенні використовується один той самий процесор. При зведенні в студії прилад підключається до пульта мікшера в розрив (insert) каналу прослуховування, а в кінотеатрі – між звуковою головкою в кінопроекторі (якщо плівкові) або кіносервером і підсилювачами. На відміну від концертних та театральних залів, в кінозалі звук не надходить безпосередньо від виконавця до слухача, а попередньо проходить складну систему обробки при записі та відтворенні. Незалежно від системи просторової звукопередачі, для якої розроблено кінопроцесор, його найважливішим завданням є

- здійснення частотної корекції стаціонарної системи звуковідтворення кінозалу з урахуванням його акустичних параметрів;
- забезпечення необхідного рівня сигналу в кожному з каналів системи звуковідтворення.

Характеристики звукового кінопроцесору:

- Призначення (можуть бути як для плівкових , так і для цифрових кінотеатрів).

- Канали відтворення. Наприклад процесор Dolby CP-650 приймає до восьми PCM (оцифрованих) каналів з сервера цифрового кінотеатру. Три додаткових цифрових входи приймають PCM або максимум 5.1-канальний звук Dolby Digital з джерел пре шоу і альтернативного контенту. 8-канальний аналоговий вхід може приймати звук від наявних звукових процесорів для змішаних плівково-цифрових установок. Крім того, CP-650 може обробляти звукову доріжку для людей з неповноцінним слухом/зором.

Характеристики звукового кінопроцесору:

- Призначення (можуть бути як для плівкових, так і для цифрових кінотеатрів).
- Канали відтворення. Наприклад процесор Dolby CP-650 приймає до восьми PCM (оцифрованих) каналів з сервера цифрового кінотеатру. Три додаткових цифрових входи приймають PCM або максимум 5.1-канальний звук Dolby Digital з джерел пре шоу та альтернативного контенту. 8-канальний аналоговий вхід може приймати звук від наявних звукових процесорів для змішаних плівково-цифрових установок. Крім того, CP-650 може обробляти звукову доріжку для людей з неповноцінним слухом/зором.
- Система перевірки та налаштування електроакустичних параметрів кінозалу.
- Декодування та відтворення форматів кінотеатрального звуку (AES / EBU у формат кінотеатрального звуку).
- Суміщена робота (наявність цифрових і аналогових входів / виходів для комутації та живлення).



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд звукового цифрового кінопроцесора CP-650
Dolby Digital

Принципові відмінності кінопроцесорів пов'язані більшою мірою з системою звукопередачі (форматом), на яку вони розраховані. В аналогових кінотеатрах звук зчитувався безпосередньо з кіноплівки. Крім того, в аналогових кінотеатрах була можливість відтворювати звукові фонограми в форматах Dolby Digital, Dolby Surround EX, Digital Theatre Systems (DTS). Опис звукопідсилювального комплексу кінотеатру. Зазвичай зал розділений на функціональні зони:

- звукова система для кіно;
- заекранна фронтальна система;
- система оточення (surround).

Кінопроекційний комплекс складається з:

- кімнати управління звукопідсилювальним комплексом кінотеатру;
- звукопідсилювального комплексу;
- фое.

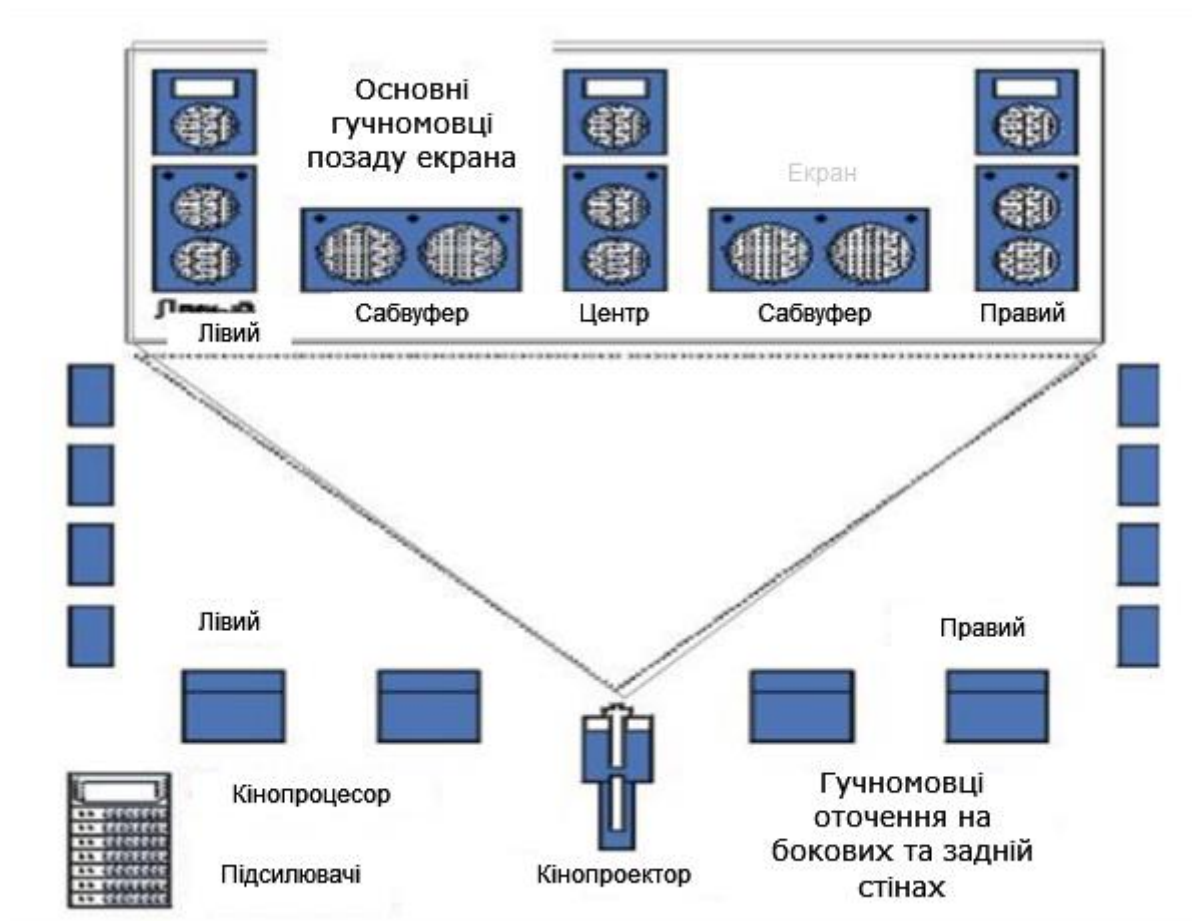


Рисунок 1.5 – Звукопідсилювальний комплекс кінотеатру

Основною зоною озвучування залів, для глядачів, в режимі кінопоказу є партер. Принцип отримання звукової інформації глядачем відмінний від концертного. Заскранна фронтальна система забезпечує високий рівень звукового тиску, ясність відтворення музичного матеріалу, розбірливість мови, чистоту й багатство спецефектів і повний частотний діапазон. Сучасні кінотеатри, як правило, обладнуються тими або іншими багатоканальними звуковими системами відтворення фонограми кінофільму. Приклад розташування гучномовців для відтворення звуку в описаних вище форматах, наведено на рис. 1.6:

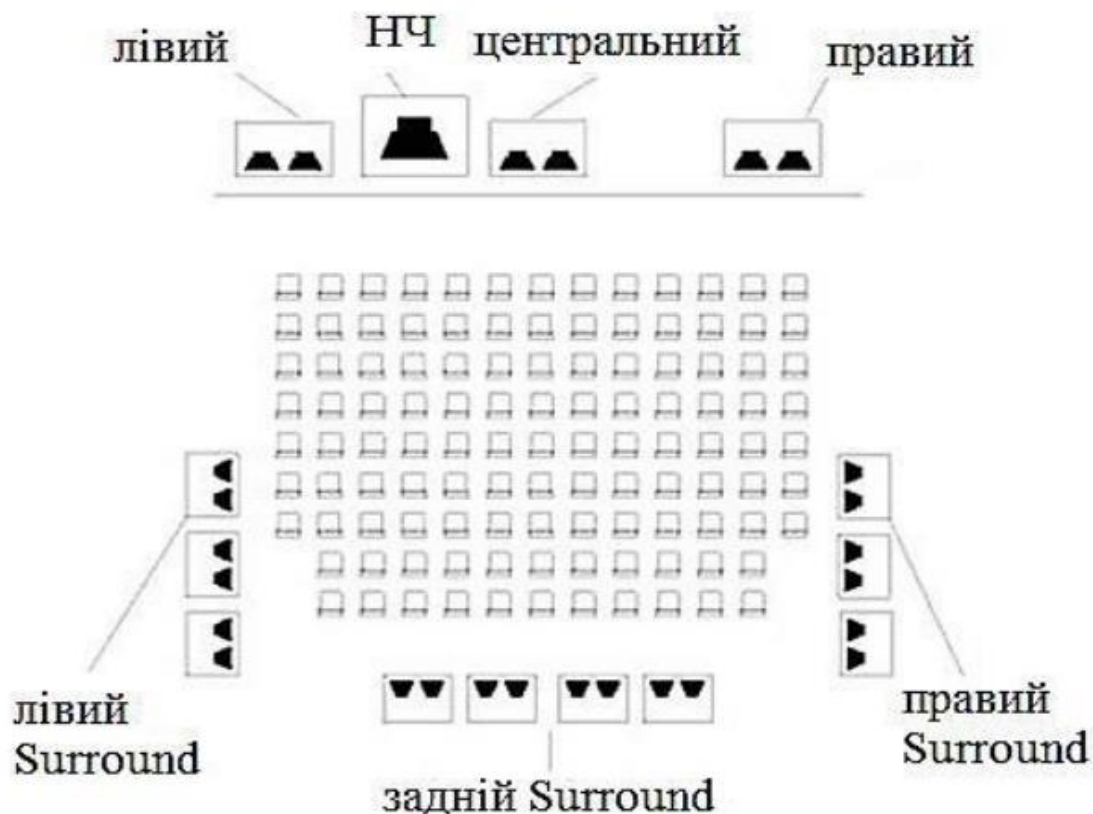


Рисунок 1.6 – Схема розташування гучномовців для відтворення звуку у форматі Dolby Surround EX

Нижче наведено перелік найбільш поширених систем багатоканального звуку у сучасних цифрових кінотеатрах. Dolby Digital (SR-D) – 6 каналів звуку, розподіл каналів: L, R, C, LFE, LS, RS. У SR-S – використовується цифровий канал запису, якщо апаратура дає збій, може перейти на аналоговий сигнал з 4 каналами. Dolby Surround EX – 7 цифрових каналів звуку, розподіл каналів: L, R, C, LFE, LS, RS, Rear Surround Digital Theatre Systems – 6 цифрових каналів звуку, розподіл каналів: L, R, C, LFE, LS, RS



Рисунок 1.7 акустичні колонки JBL 8320

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики

Частотний діапазон	50 Гц - 20 кГц (-10 дБ)
Частотна характеристика	65 Гц - 18 кГц (± 3 дБ)
Потужність	150 Вт постійний рожевий шум, 600 Вт пікова
Чутливість	94 дБ-SPL, half-space, 1В на 1м 91 дБ-SPL, вільне поле
Максимальне пікове SPL	122 дБ/1 м
Номінальний опір	8 ом

Кут горизонтального покриття (-6 дБ)	100 ° середній 400 Гц-12 кГц
Кут горизонтального покриття (-6 дБ)	90 ° середній 400 Гц-12 кГц
Коефіцієнт спрямованості (Q)	7 середній 400 Гц-12 кГц
Номінальний діаметр	25 мм звукова котушка
Розмір (ВхШхГ)	406 мм х 343 мм х 224 мм
Вага нетто	5 кг

1.3.4 Приклади застосування сучасного сервера

Прикладом застосування сучасних серверів відтворення є сервер CineCloud від італійської компанії Cinemecanica. Медіа блок ІМВ встановлюється прямо в кінопроектор. Система має єдиний модульний сервер і медіабібліотеку для цифрового кінотеатру. Забезпечує найвищу надійність, можливість моментальної «гарячої» заміни несправного модуля без зупинки кінопроекції в кінозалах. Зберігання різних фільмів, реклами, ключів відразу для всього кінотеатру. Відправка фільмів незалежно в кожен зал в режимі реального часу відразу в кінопроектор, на вбудований інтегральний медіа через локальну мережу кінотеатру. Автоматично виконується розклад кінопоказу для всього кінотеатру. Виконання сервером будь-якого графіка кінопоказу. Завантаження потрібного 26 контенту через Інтернет, отримання ефірного аудіовідеосигналу і

потокowego відео з супутника і з кабельної мережі, розклад фільмів відразу для всього мультиплексу

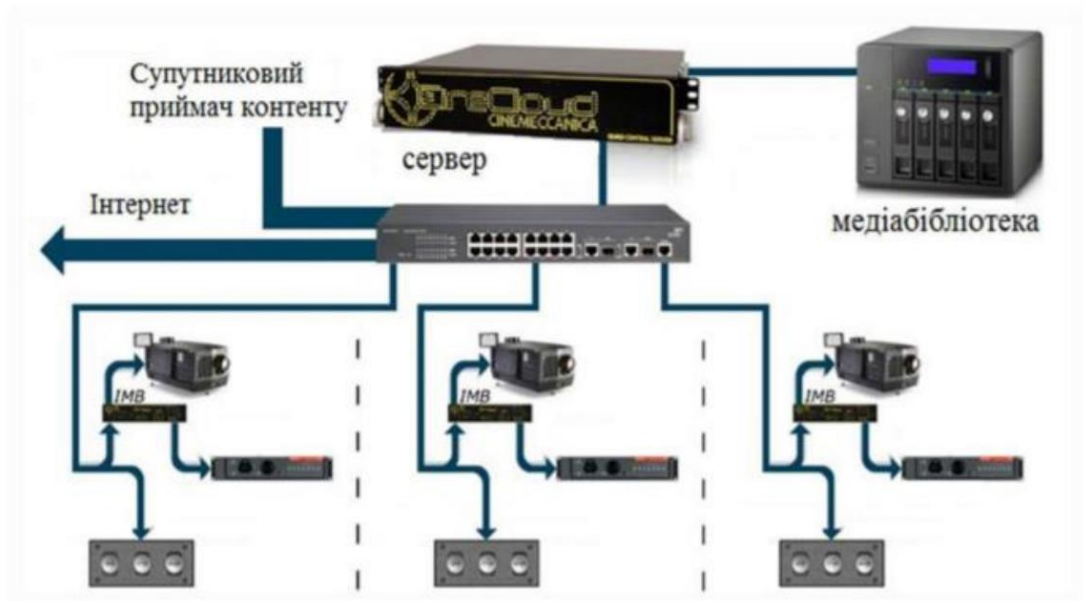


Рисунок 1.8 – Комутація сервера CineCloud

1.3.5 Розмір кіноекрана

Підбір і монтаж екрана виконується з урахуванням технічних особливостей використовуваного проекційного обладнання, загальною площею зображення, інтер'єру та освітлення аудиторії, а також кількості та розташування місць для глядачів. Незалежно від положення проектора щодо екрану його розмір підбирається з урахуванням наступних факторів: Горизонтальні параметри. При визначенні ширини екрана можна допускати, щоб його розмір був менше, ніж відстань до першого ряду для глядачів або відстані до останнього ряду, поділеного на 6-ть. Кіноекрани, ширина яких відрізняється від вищенаведених параметрів в більшу сторону, як правило, тільки посилюють враження від перегляду. Однак не рекомендується розташовувати глядацькі місця ближче, ніж на половину ширини екрана (або одна висота). Вертикальні параметри. Проекційне полотно не повинно розташовуватися нижче, ніж 1,2 метра від підлоги (це правило не обов'язково для залів з похилою підлогою або ярусним розташуванням глядацьких місць – амфітеатром). Власне висота екрана

безпосередньо залежить від ширини та визначається форматом зображення, яке планується проектувати найчастіше. Розмір екрана і положення глядацьких місць повинні забезпечувати комфортний перегляд з будь-якої точки аудиторії, в тому числі та з найбільш віддалених і кутових місць.

1.3.6 Формати кіноекранів

Співвідношення ширини до висоти зображення називають форматом. Підбирають його виходячи з матеріалу, який буде проектуватися на екран. Якщо точно не відомо, який контент буде переважно відображатися, враховують особливості всіх передбачуваних до показу форматів. Найбільш вірний в таких випадках вибір – екран з максимальною висотою.

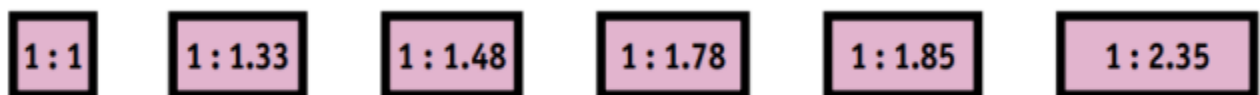


Рисунок 1.9 – Співвідношення сторін для традиційних форматів

По співвідношенню ширини та висоти розрізняють наступні формати зображень: Аудіовізуальний. Призначений для відображення контенту з більшості типів проєкційного обладнання. Попри те, що рівностороннє співвідношення передбачає квадратну форму відображуваного зображення, в рамках цього формату також відтворюють широкі горизонтальні кадри. Традиційно AV-екрани виготовляють без чорних кромek по периметру, крім тих випадків, коли передбачається постійний натяг полотна. Формат застарів і зараз практично не застосовується. NTSC (формат 4: 3). Поширене співвідношення сторін, використання якого поступово втрачає актуальність, поступаючись більш широкоформатним моделям. Таке співвідношення сторін застосовували для відображення телевізійних каналів або касетного відео (VHS, S-VHS). HDTV-екрани (формати 16: 9 або 16:10). Більш сучасний формат, який використовується для супутникового або цифрового телебачення високої чіткості, а також для відтворення DVD-фільмів. Формат Wide Screen (формат 1:

1.85). Дослівно – широкий екран. На ряду з форматом Cinemascope (2,35: 1) вони найчастіше застосовуються у виготовленні полотен екранів для сучасних кінотеатрів.[6]

1.3.7 Типи поверхонь кіноекранів

В якості основи екранної площини використовують полотно тканого або нетканого типу. В основі текстильної поверхні – неткане полотно зі скловолокна, а іноді навіть і кевлару. Властивості проекційного екрану, що роблять його відмінним від звичайного простирадла, забезпечуються світловідбиваючим шаром, який наносять на поверхню. При виборі матеріалу для кіноекрану в першу чергу враховують конфігурацію аудиторії та специфіку розташування місць для глядачів. Декілька типів екранних поверхонь: Звичайні матово-білі (MW або Matt White). Зараз це найбільш поширений тип полотен, які використовуються для фронтального проектування. Це зумовлено збільшенням яскравості та контрастності проекційного обладнання – навіть серед бюджетних моделей. MW-покриття слід використовувати в аудиторіях, де необхідний значний кут огляду (близько 170°), оскільки матові екрани забезпечують найбільш рівномірне розсіювання світлового потоку в широкому куті огляду. Традиційно кіноекрани типу MW відрізняються низьким коефіцієнтом посилення (1.0, 1.2), тому їх переважно використовувати в приміщеннях, які можна повністю затемнити. Для приміщень з розсіяним зовнішнім освітленням. Тут також переважають матово-білі полотна, проте з вираженим світло-підсилюючим ефектом. Коефіцієнт посилення в таких екранах досягає значення 1.8, що дозволяє помітно підвищити яскравість відображуваного відеоконтенту і здійснювати проектування в аудиторіях з неповним затемненням. Слід пам'ятати, що з підвищенням коефіцієнта відображення знижується кут огляду. При використанні для проектування світло-підсилюючих екранів глядачі повинні розташовуватися в межах 60° від перпендикуляра до екрану. Полотна з високим коефіцієнтом посилення призначені для 3D проектування. 3D

кіноекрани відрізняються найбільшим коефіцієнтом відображення (близько 2.8-3). При цьому істотно знижуються оглядові кути (не більше 40°), але самою головною відмінністю 3D поверхонь є їх здатність зберігати поляризацію світлового потоку проєктора. Плюс ще одна вимога – для досягнення якісного відображення необхідна ідеально гладка площина, яка досягається тільки рівномірної посиленою розтяжкою полотна. Така розтяжка можлива виключно при стаціонарній інсталяції кіноекрана з полотном на люверсах або в моторизованих системах - з системою додаткового натягу полотна. • Просвітні полотна. Окрема категорія екранів, коли зображення проєктується на них з тильного боку. Такі поверхні, як правило, мають гарну яскравість і контрастність, досить великий кут огляду (в кращих зразках він досягає 90°), і при наявності відповідного проєктора картинка виходить яскравою і контрастною навіть при ще більших кутах перегляду. Кіноекрани зворотного проєктування частіше використовують в погано затемнених приміщеннях, а для отримання більш насиченого зображення, зокрема реалістичного відображення чорного кольору, виготовляють сірі полотна, а іноді – навіть чорні. Останні використовуються як задник сцени. Але вони вимагають дуже яскравих проєкторів. Крім цього, перфоровані полотна дозволяють розміщувати акустичні системи за проєкційним полотном, в результаті чого створюється враження, що звук виходить безпосередньо від зображення. Досягається такий ефект перфоруванням (до 350 тисяч отворів на 1 м²), а вийшов в результаті екран називають акустично прозорим.

1.3.8 Цифровий однозальний кінотеатр і його функціональна схема

Функціональну схему системного забезпечення цифрового кінотеатру з одним екраном по специфікації DCSS показано на рис. 1.10:

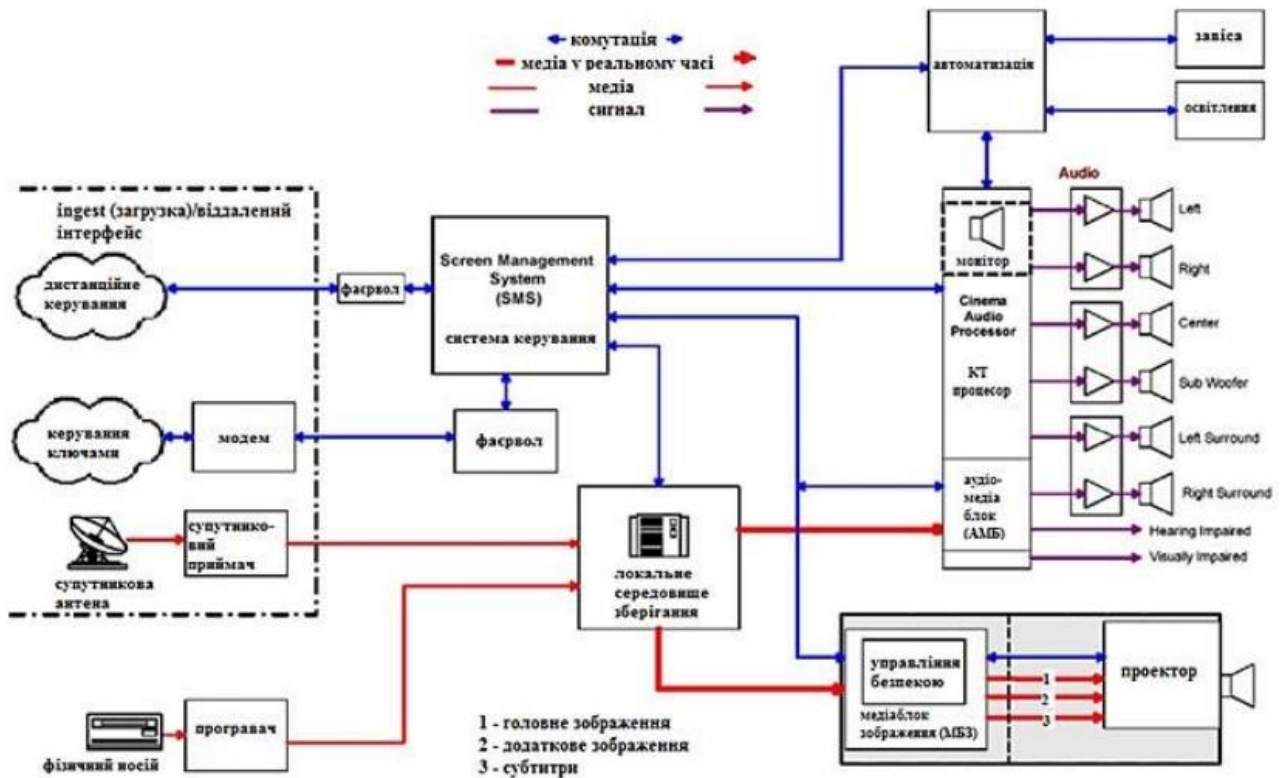


Рисунок 1.10 – Функціональна схема системного забезпечення цифрового кінотеатру з одним екраном по специфікації DCSS

Джерелом сигналу є супутникова антена або фізичний носій інформації, який доставляється кур'єром до кінотеатру. Майстер-файл скануючого з високим дозволом кінофільму займає об'єм більше ніж 10 ТБ. У кінотеатрі файли поступають тільки в компресованому вигляді після цифрової корекції яскравості, колірної палітри зображення і введення цифрових фонограм. Інтерфейси Ingest/Remote кінотеатру забезпечують прийом шифрованого цифрового зображення та звуку, коду доступу Key Delivery Message (KDM) та інформації для його дешифрування. Для одержання контенту можуть використовуватися мідні коаксіальні провідники і оптоволоконні лінії зв'язку Gigabit Ethernet (за IEEE802.3ab та IEEE802.3z відповідно) або антена і приймач супутникового телебачення (Satellite dish та Receiver). Передбачене також зчитування контенту стаціонарним програвачем Fixed Media Player з фізичних носіїв (Physical Media). Одержувані при цьому сигнали зображення і звуку в темпі їхньої передачі надходять у локальну пам'ять (Local Storage) зберігання більших масивів інформації (Disc array). Ключ відтворення, надходить в

кінотеатр окремо від медіаконтенту. Для управління ключами відтворення, а також створення play-листів та управління роботою кінотеатру використовується система керування кінопоказом, що являє собою програмне забезпечення, встановлене на сервері. Медіаконтент надходить та зберігається в локальному середовищі зберігання (медіасервер). З медіасервера контент надходить на медіаблок зображення (МБЗ) та на аудіомедіаблок (АМБ), де відбувається дешифрування відео та звуку з використанням ключів відтворення. Дешифрований звук надходить на кінотеатральний звуковий процесор, який перетворює звук у формат 5.1 (та інші). Дозволяється підтримка восьмиканальної фонограми формату 7.1, два з каналів якої (Hearing Impaired та Visually Impaired) можуть бути каналами для відвідувачів з вадами слуху та/або зору. В свою чергу дешифрований відеоконтент (відео, титри, субтитри) за допомогою проєктора проєктуються на екран. Блоки АМБ та МБЗ фізично можуть розташовуватись як в медіасервері, так і в проєкторі чи в звуковому процесорі. Система автоматизації синхронно з початком демонстрації фільму вимикає освітлення та відкриває завісу.

1.3.9. Структура багатозального кінотеатру

Функціональна схема системного забезпечення інформаційної частини 4-зального цифрового кінотеатру по специфікації DCSS показана на рис.1.6.1. Основною відмінністю цієї схеми від аналогічної схеми кінотеатру з одним екраном є наявність SMS, локальної пам'яті, медіаблоків та підсистем автоматизації для кожного залу, центральної системи (середовища) збереження та керування Theater Management System (TMS) з сітьовими перемикачами. Цифровий контент поступає до мультіплексу по встановленим інформаційним каналам чи засобам транспортування та завантажується у центральну чи локальну пам'ять. Місткість системи запам'ятання та зберігання повинна бути не менш 1 ТБ (1024 Мбайт). Далі, використовується інтерфейс Graphical User Interface (GUI), користувачем складається розклад (XML-playlist) попереднього і

головного переглядів, які можуть доповнюватися рекламними оголошеннями та логотипами. Система управління SMS забезпечує менеджера театру призначеним для користувача інтерфейсом для локального управління відповідним залом, зокрема, завантаженням і редагуванням розкладу демонстрації контенту, початком, перериванням і зупинкою показу.

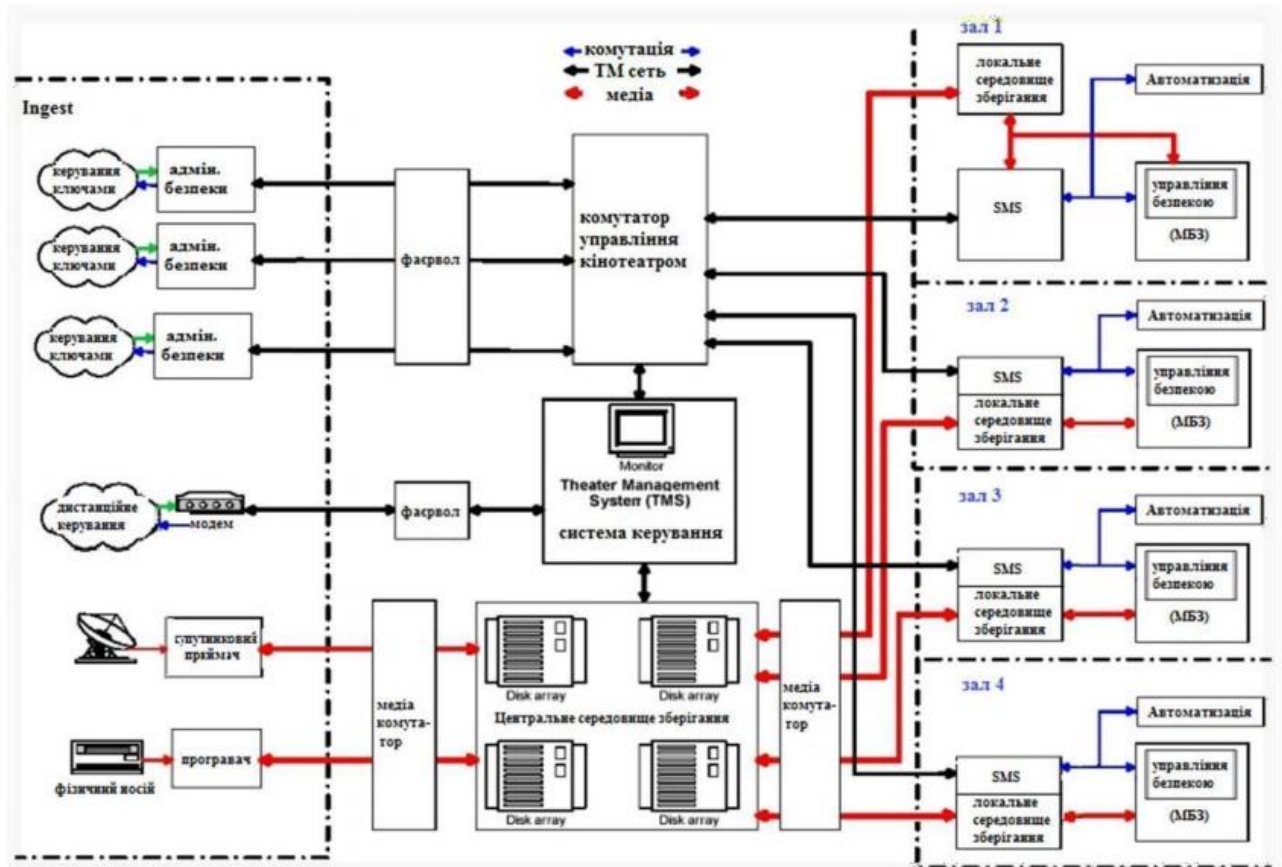


Рисунок 1.11 – Структура багатозального кінотеатру (цифрового мультиплексу)

Система TMS вищого рівня забезпечує програмування та управління поточними режимами роботи всього мультиплексу з центральної диспетчерської та переміщення контенту по його залах. При цьому системи SMS і TMS зобов'язані підтримувати множинні рівні облікових записів користувачів з захищеними пароллями відповідними входами в систему. В процесі відтворення наявного контенту повинні бути передбачені можливості видалення старого матеріалу і завантаження нового. Інтерфейс TMS повинен передбачати пошук несправностей і контроль стану всього цифрового обладнання мультиплекса. У

надзвичайних ситуаціях (наприклад, відмова обладнання) показ повинен починатися з затримкою не більше 15 хвилин. Конструкція системи повинна забезпечувати ремонт або заміну будь-якого відмовив компонента системи протягом двох годин. Кожна система цифрового кінотеатру зобов'язана мати середній час напрацювання на відмову (MTBF) не менше 10 тис. год.

1.4 Висновки до розділу

Проаналізовано компоненти для створення цифрового кіно, а саме: кінопроектори, цифрові сервери, підсилювачі звуку, звукові кінопроцесори, акустичні системи, системи сервера CineCloud.

Також представлено принципову структуру багатозального кінотеатру та аналіз найкращого обладнання, що підтримується кінотехнологією. Окрім того, представлена інформація про вимоги до приміщення кінозали, його кіноекрану, (а саме формат 16:9 або 16:10, матовість поверхні, висока якість розширення) для передачі найкращих емоцій від перегляду відвідувачам. Ця інформація буде корисна для подальшого аналізу технологій, які зможуть швидко та надійно надсилати контент до мережі кінотеатрів.

2. ЗАСОБИ ТРАНСПОРТУВАННЯ КОНТЕНТУ РОЗПОДІЛЕНОЮ МЕРЕЖЕЮ

З початком розвитку локальних та корпоративних мереж до загальнодоступних та швидкісних, пройшло чимало років. За цей період технології розвивались та зараз ми маємо змогу транспортувати файли навіть великого об'єму за лічені хвилини чи навіть секунди. Стрімкий розвиток швидкості передачі даних прибрав проблему у вигляді необхідності постійного транспортування жорстких дисків з фільмами до кожного кінотеатру, що проводили прокат. Завдяки такій мережі, час передавання скоротився з двох тижнів до 1-2 днів, а на теперішній час це лише питання кількох годин.

2.1 Аналіз розподіленої мережі

Розподілена мережа — група територіально віддалених серверних рішень, а також локальних обчислювальних мереж, що об'єднані однією телекомунікаційною мережею.[7]

Вони бувають різних типів і, відповідно, використовуються при своєму сценарії.

Від простих локальних мереж між комп'ютерами в кампусі університету до новітніх блокчейн та високошвидкісних нейронних з'єднань. Одним з прикладів локальної розподіленої мережі є давно відомі нам світлофори на дорогах. Центр управління контролює, щоб на перехрестях не ставалось ДТП, виставляючи зелений колір послідовно на необхідних частинах дороги.

Процес розробки будь-якої подібної інформаційної системи складається з певних етапів. На етапі аналізу формується розуміння проекту – описується функціонування розглянутої предметної області та виділяються користувачі майбутньої системи. У нашому випадку для кінотеатру необхідно зберігати інформацію про квитки для відстеження кількості вільних місць та складання всіляких аналітичних звітів. Кінотеатр займається показом фільмів, яких може

бути величезна кількість. Бо один і той же фільм у кінотеатрі показують кілька разів і в різний час, тому необхідно їх розмежовувати, розбиваючи покази на сеанси. Фільми в кінотеатрах показують у спеціально обладнаних залах, залежно від типу залу та місця в залі визначається ціна квитка. Це все робить одна спеціально запрограмована мережа, яка функціонує як між залами всередині одного мультиплексу, так і між кінотеатрами однієї мережі та мереж по Україні в цілому.

2.2. Структура мережі кінотеатру

Сучасні мультиплекси кардинально відрізняються від тих, що були 100 років тому. Якщо раніше одна з головних вимог до приміщення, була побудова великих апаратних, де помістяться об'ємні бокси з кілометрами плівки, то на сьогоднішній день для цих функцій потрібно вдесятеро менше місця. Адже великі аналогові проєктори замінили цифрові й компактні машини, замість ящиків з касетами необхідний лише один сервер, а всю роботу можна виконувати й контролювати з одного персонального комп'ютера.

Для того, щоб забезпечити нормальну роботу всієї системи, цифровий мультиплекс можна поділити на такі важливі компоненти:

- Цифровий кінопроєктор;
- Mass Storage (великий диск для мультиплексів);
- Processor Cinema Sound для відтворення різних звукових форматів;
- Сервер відображення фільмів, який стрімить потокове відеоканал та декодера цифрового контенту;
- 1000Base-T-світч, що гарантує з'єднання цифрових потоків для багатозального кінотеатру;
- Комп'ютер, з якого можна додатково виводити на екран необхідний матеріал (відео, презентації й т. д.)

На рисунку 2.1 показана типова низькорівнева схема мережі

цифрового кінотеатру з окремо доступним інтернет-з'єднанням (пунктирно-штрихова лінія, показана тут для зручності). Рисунок нижче зображає функціональні підключення для роботи одного залу.

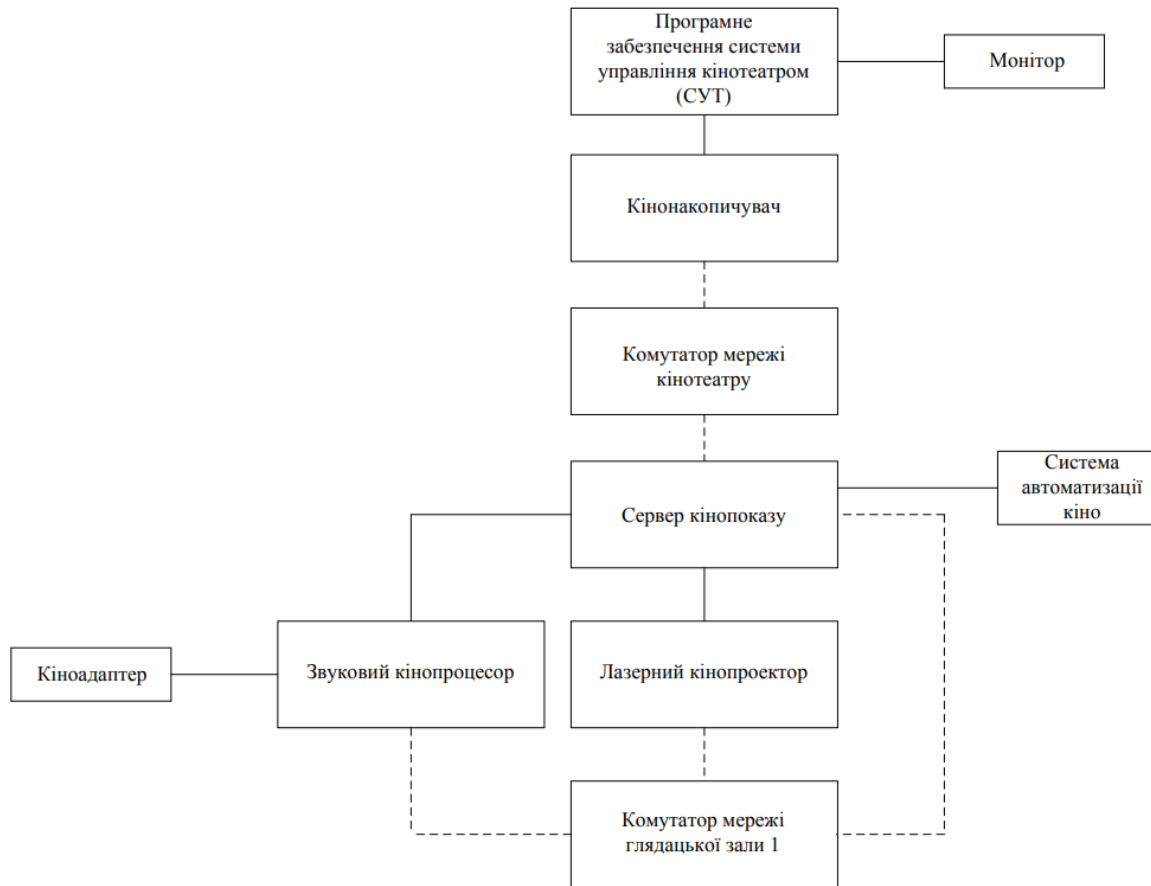


Рисунок 2.1 – Типова мережева схема кінотеатру з одним залом

Автоматична система забезпечує керування світлом і шторами в кінотеатрі, а також може додатково містити функцію керування лазерними проекторами в кінотеатрі. Крім того, система забезпечує завантаження та редагування сесійних плейлистів, на основі яких можна запрограмувати початок, зупинку та паузу фільму. Movie Screen Server поєднує в собі функції потокового сервера та декодера цифрового контенту і може використовуватися для складання розкладів фільмів для кінотеатрів. Мережевий елемент отримує зашифрований і зашифрований вміст з відеопристрою.

Також рекомендується для обслуговування не більше 3 кінотеатрів використовувати один кінопроекційний сервер. Лобі комутатори та Ethernet-з'єднання використовуються для підключення серверів до мережі лобі. Натомість для підключення системи автоматизації театру використовується послідовний порт сервера, який через відповідну лінію зв'язку під'єднаний до програмованого контролера, підключеного до системи автоматизації театру.

На рисунку 2.2 показано взаємодію елементів мережі на високому рівні. Варто звернути увагу на наступні технічні характеристики:

- Програма дозволяє підключатись через мережу ліній супутникового зв'язку;
- Програму можна розширити за допомогою мережі театральних портів;
- Схема дуже гнучка, оскільки є універсальний перемикач, який здатний до налаштування портів.

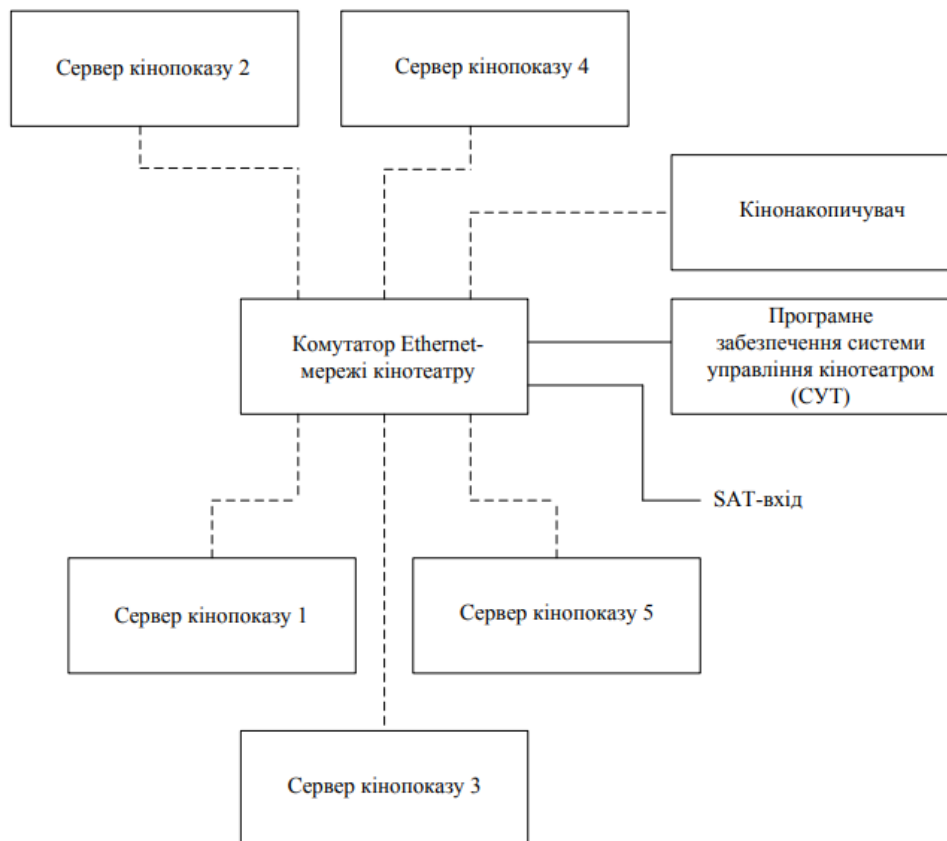


Рисунок 2.2 – Типова мережева схема вищого рівня

Аналізуючи сценарій на рисунку 2.2, варто звернути увагу на те, що в мультиплексі можна встановити систему цифрового кінотеатру в декількох залах і створити мережу в театрі для керування кожним залом у системі «Керування кінотеатром» (рисунок 2.1). Тобто спочатку систему потрібно встановити в кожному залі, а потім підключити до комутаційної мережі кінотеатру сервер кіноекранів і диск в кожній залі.

2.3 Мережа доставки контенту (CDN)

Певно, що кожен користувач інтернету стикався з цим терміном раніше, не розуміючи його значення. Роль доставки на сьогоднішній день виконують ключові гравці в Інтернеті, які полегшують і пришвидшують перегляд контенту на комп'ютері чи мобільному телефоні. Хоча ці інструменти давно зарезервовані для великих гравців у цьому секторі, таких як Akamai, з'являється все більше операторів, які бажають запропонувати цю послугу своїм клієнтам. Тому проведено аналіз технології, який допоможе зрозуміти як працює CDN та які її переваги.

2.3.1 Опис мережі CDN

Ініціали CDN означають Content Delivery Network (мережа доставки контенту). Якщо говорити конкретно, це набір серверів, з'єднаних у мережі через Інтернет. Їхня основна мета – об'єднати та поширити контент в Інтернеті, щоб користувачі могли легко та швидко отримати доступ до нього. Існує два типи серверів CDN. Перші – це звані сервери походження. Вони дозволяють впровадити у мережу відповідний контент. Периферійні сервери, з іншого боку, розташовані в різних географічних сферах і мають завдання тиражування контенту, створеного оригінальними серверами. Для нормального функціонування CDN повинна мати механізм маршрутизації, роль якого полягає

в тому, щоб направити людину, яка шукає певний контент, на сервер, що є географічно найближчим до зробленого запиту.

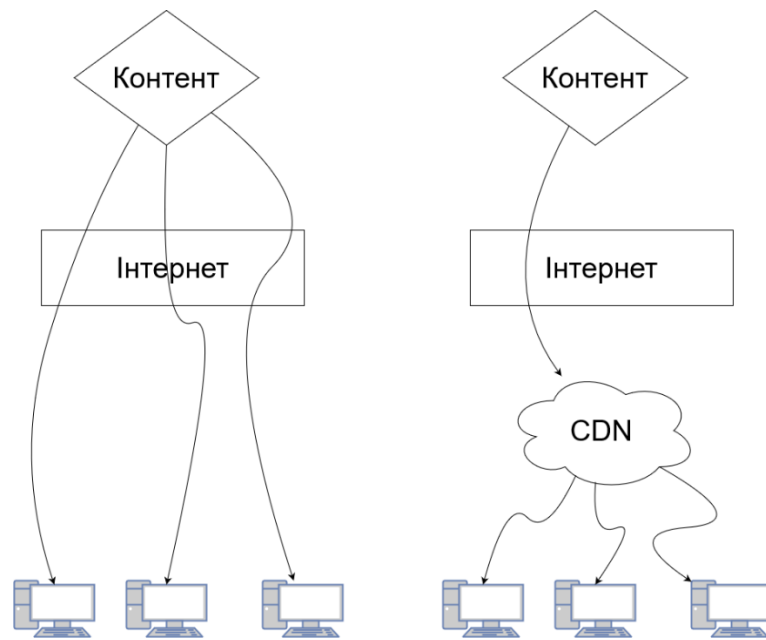


Рисунок 2.3 Спрощена схема відмінності мережі CDN від прямого з'єднання користувачів в Інтернеті

Якщо для прикладу взяти два типи серверів, тобто два типи CDN, то виходить, що перша – це мережа доставки, яка полегшує (кешує) завантаження контенту, впроваджуючи його через так звані динамічні веб-сайти. Другий тип CDN – це мережа доставки контенту для потокової передачі, яка забезпечує спільне використання та доступ до аудіовізуальних потоків. Найвідомішими гравцями в цій галузі є, згаданий раніше, Akamai, а також Level 3, OVH та Coral Content Distribution Network. Деякі з них абсолютно безкоштовні, інші пропонують свої послуги за фіксованими тарифами.[8]

2.3.2 Причини появи CDN

Оскільки кількість веб-сайтів в Інтернеті з кожним днем невідомо продовжує зростати, стало необхідно прискорити доступ до контенту, який вони надають користувачам Інтернету. Ця потреба виникла наприкінці 1990-х років з появою пошукових систем та необхідністю наблизити користувачів до найбільш затребуваної інформації. Оскільки доступ до Інтернету також став більш

поширеним у всьому світі, необхідність скорочення пропускної спроможності, яка використовується для передачі інформації, також стала більш актуальною. Саме через необхідність вирішити ці дві потреби й з'явилися перші мережі доставки контенту.

2.3.3 Аналіз роботи технології

Варто зазначити, що ця технологія не є революційною і заснована на процесі розповсюдження веб-контенту через різні сервери, розташовані по всьому світу, з метою прискорення доступу до цієї інформації. Особливість CDN полягає в тому, що вона дозволяє більш ефективно розподіляти запити користувачів Інтернету в межах однієї мережі, уникаючи надмірного навантаження на ту саму веб-інфраструктуру. Таким чином, CDN відіграє роль у розподілі користувачів Інтернету та запобігає накопиченню запитів, яким для виконання більше не потрібно повертатися до центру мережі. Крім швидкості та ефективності роботи цих серверів, CDN також дозволяють оптимізувати доступ до найбільш релевантного контенту (оскільки він популярний і запитується великою кількістю користувачів). Цей набір функцій та значна економія, яку вони дозволяють отримати, пояснюють важливість сьогоdnішнього ринку CDN та вагу гравців на ньому. За даними Marketsandmarkets, у 2017 році цей ринок складав понад 7 мільярдів доларів, і на ньому переважно домінував відомий гравець, гігант Akamai. Попри розвиток інших мереж, їм поки що не вдається скласти реальну конкуренцію Akamai, яка, як і раніше, значною мірою домінує у цьому секторі.

Щоб зрозуміти, як працює CDN, необхідно розрізняти різних операторів в Інтернеті та їх роль. Перший оператор, з яким доведеться мати справу при роботі в Інтернеті, це, звичайно, провайдер (наприклад, Воля, Київстар, Датагруп і т.д.). Потім пристрій користувача пройде через постачальників послуг чи контенту, таких як Google, Youtube. Третій гравець, який представляє для нас особливий

інтерес у цій статті, це мережі доставки контенту. Це веб-платформи, які дозволяють отримати доступ до вмісту. Останній – це оператори транзиту IP, чиє основне завдання – забезпечити зв'язок між цими різними суб'єктами та контентом, яким вони обмінюються.

Коли відбувається перегляд сайту із загальним доступом до контенту, інтернет-з'єднання користувача спочатку проходить через скриньку, тобто сервер оператора доступу, а потім через CDN (зазвичай Akamai, на якому знаходиться копія даного сайту). Це пов'язано з тим, що цим зайнятим сайтам необхідно зробити свій контент простішим та швидко доступним для користувачів. CDN роблять це, наближаючи юзера до швидкого перегляду вмісту за допомогою копії сайту, який він хоче відвідати. Якщо оригінальні сервери знаходяться в США, то європейська чи навіть українська копія завантажуватиметься у браузері набагато швидше.

Іншою перевагою такого «цифрового трюку» є те, що він розподіляє відвідувачів не по одному, а по кількох серверах. Результат виходить той самий. Але юзер отримує коротший час доступу, щоб сторінка не завантажувалася надто довго на його комп'ютері або мобільному телефоні. У порівнянні з операторами IP-транзиту, які виконують відносно схожі функції, деякі CDN встановлюються у тих самих місцях, що й провайдери доступу. Таким чином, користувач Інтернету стає ще ближчим до вмісту, який він хоче переглянути.

2.3.4 Принцип кешування даних

Для того, щоб користувачі могли переглядати контент і робити це незалежно від країни, де вони знаходяться, CDN повинна перенаправити запит на найближчий сервер. Це забезпечить максимальне скорочення часу завантаження вмісту. Великі гравці CDN, такі як Akamai або OVH мають сотні серверів на кожную країну. Це дозволяє перенаправляти користувачів на сервер,

що знаходиться на відстані не більше ста кілометрів. І таким чином, прискорити доступ до контенту оптимальним методом фізичного скорочення відстані.

Для цього CDN використовує принцип кешування. Це дозволяє зберігати вміст (текст, відео або зображення) на сервері поруч із запитом, щоб прискорити отримання. Для цього вміст "кешується" як тільки запит CDN надіслано користувачеві. Якщо файли кешуються на PoP, їх буде надіслано безпосередньо через кеш. У цьому випадку для сайту, який містить контент, не потрібно буде проходити через додаткові сервери. Це дозволить отримати доступ до інформації набагато швидше. Якщо файли недоступні, CDN не матиме іншого вибору, окрім як отримати їх з іншого місця зберігання хоста. Потім він надішле їх через PoP користувачеві. Останній можливий сценарій полягає в тому, що сторінка, до якої користувач хоче отримати доступ, не є динамічною. У цьому випадку CDN перенаправляє запит користувача на сервер постачальника контенту, щоб він міг надіслати йому відповідний контент.

Якщо сайт не використовує CDN для доставки свого контенту, контенту доведеться долати надто велику відстань від місця розташування сайту до користувача. Оскільки сторінка завантажується надто довго, користувач може залишити її, не встигнувши відобразити вміст. Вони точно не повернуться на це місце. Тому оптимізована робота CDN дозволяє скоротити час завантаження завдяки простому принципу – кешування. Чим ближче сервер, який надає доступ до контенту, знаходиться до користувача, тим швидше він відображатиметься. Це також розвантажує сервери, які використовуються цими великими хостерами, та їх пропускну здатність.[9]



Рисунок 2.4 Візуалізація роботи серверів CDN

2.3.5 Еволюція технології

Комерційні версії CDN існують із 1990-х років. Як і будь-яка інша технологія з тридцятирічною історією, вона пройшла кілька етапів еволюції, перш ніж перетворилися на ефективну платформу для поширення контенту, якою вона є сьогодні. Шлях розвитку CDN визначався ринковими силами, включаючи нові тенденції у споживанні інформації та значні досягнення у галузі швидкісного підключення. Останнє стало можливим завдяки оптоволокну та іншим новим комунікаційним технологіям.

У цілому ж, еволюцію CDN можна розділити на три покоління, кожне з яких принесло нові можливості, технології та концепції в архітектуру мережі. Водночас кожне покоління спостерігало зниження цін на свої послуги, що ознаменувало перетворення технології на продукт масового ринку.

Перше покоління статичних CDN орієнтувалося насамперед на продуктивність, щоб задовольнити потреби великих підприємств із веб-присутністю. З появою другого покоління динамічних CDN ці послуги

поширюються на дрібніших економічних гравців, дозволяючи поширювати динамічний контент, включаючи аудіо та відео. Вартість послуг поступово знижується до появи третього покоління, адаптованого до мобільних технологій. Тепер всі сайти можуть використовувати CDN і користуватися перевагами безпеки, яку забезпечує система для обміну контентом.

Які переваги мережі доставки контенту? Сучасні CDN можуть вирішувати багато ІТ-задач. Зокрема:

- Підвищувати швидкість завантаження сторінок;
- Справлятися з високими навантаженнями на один сервер;
- Блокувати спам та атаку небажаних ботів;
- Знаходити покриття вашого сайту безкоштовно;
- Скорочувати споживання смуги пропускання;
- Розподіляти свій трафік між кількома серверами;
- Захищати від DDoS-атак.

Ну і звісно, транспортувати контент великого об'єму на великі відстані з високою швидкістю.

2.3.6 Дослідження послуги CDN

Технологія представляє широкий спектр послуг, які практично незамінні для будь-якого бізнесу, пояснює чому майже всі зараз використовують CDN. Сьогодні більш ніж половина всього інтернет-трафіку вже обслуговується CDN. Ці цифри стрімко зростають з кожним роком. І якщо частина бізнесу знаходиться в Інтернеті, він майже напевно використовуватимете CDN. Особливо це цікаво, тому що деякі з них пропонують свої послуги безкоштовно. Проте, навіть безкоштовні CDN підходять не всім. Зокрема, якщо це просто сайт, більшість користувачів якого знаходяться в тому ж регіоні, що і їх хостинг, немає особливого сенсу використовувати CDN. У цьому випадку використання CDN може навіть погіршити продуктивність такого сайту внаслідок появи ще однієї несуттєвої точки з'єднання між відвідувачем та сервером, який вже знаходиться

поблизу. Але оскільки більшість веб-сайтів працюють по всьому світу, використання CDN, як і раніше, є популярним вибором у багатьох галузях, представлених в Інтернеті (наприклад, у маркетингу чи електронній комерції). Тому ця технологія дуже широко застосовується при транспортуванні відеоконтенту у дистриб'юторів. Адже це значно скорочує час доставки. Якщо раніше необхідно було чекати фізичні копії з Америки в Україну близько двох-трьох тижнів, то зараз доставка цього ж контенту займе максимум кілька годин, завдяки розвитку технологій та швидкості мережі.

2.3.7 Приклад використання CDN

В ідеальному світі CDN була б невіддільною частиною хостингу всіх сайтів. Однак, коли вони тільки з'явилися наприкінці 1990-х років, вони були надто дорогими та тому були доступні лише великим компаніям. Сьогодні ситуація змінилася, і багато хостинг-провайдерів пропонують своїм клієнтам послуги CDN. Щоб CDN працював, він повинен бути вхідним стандартним шлюзом для всіх користувачів сервера. Для цього потрібно змінити налаштування DNS домену (наприклад, domain.com). Для основного домену необхідно змінити запис A, щоб він вказував на один із діапазонів IP-адрес CDN. Для кожного піддомену вам потрібно буде лише змінити запис CNAME, щоб він вказував на адресу піддомену, надану CDN (наприклад, ns1.cdn.com). В обох випадках це направить DNS-маршрутизацію всіх відвідувачів на налаштований CDN, а не на вихідний сервер.

2.3.8 Розвиток технології CDN у мережі 5G від ZTE

У міру розповсюдження технології 5G по всьому світу мережі з підтримкою 5G будуть передавати високоякісне відео в безпрецедентних масштабах та за наднизькою ціною, що посилить конкуренцію між операторами у сфері відео. В цей час на мобільні дані припадає 14% світового IP-трафіку, а до

2022 цей показник зросте до 20%. Зі всього трафіку мобільних даних відеотрафік становить майже 2/3, причому прогнозується, що до кінця 2022 року ця частка збільшиться до 82%.[10]

Очікується, що найближчими роками відео стане основним драйвером трафіку 5G. Технологія має такі переваги, як висока пропускна здатність, низька затримка та масивні з'єднання, і тому має всі можливості для усунення вузьких місць, з якими в цей час стикається коротке відео з точки зору трафіку, швидкості та вартості.

Однак різке збільшення кількості підключень та трафіку 5G ставить перед операторами такі проблеми:

- У міру впровадження 5G послуги VR/AR та 8K+ надвисокої чіткості (UHD) починають рости та генерувати все більші обсяги трафіку. Але в той самий час мобільні користувачі вимагають якісніших послуг, які можуть бути надані лише за високої пропускної здатності та низької затримки.
- Сценарії, що включають надзвичайні ситуації, онлайн-знаменитості та хітові шоу, а також такі місця, як стадіони, станції метро, станції швидкісних залізниць, аеропорти та густонаселені університетські містечка, створюють висококонцентрований та попередній трафік, який швидко змінює одне одного.

CDN 5G усуває бар'єри традиційних CDN, використовуючи інтелектуальну систему розподілу для більш гнучкого розповсюдження контенту через кілька рівнів і, отже, помітно збільшує ефективність передачі контенту (рис. 2.5).

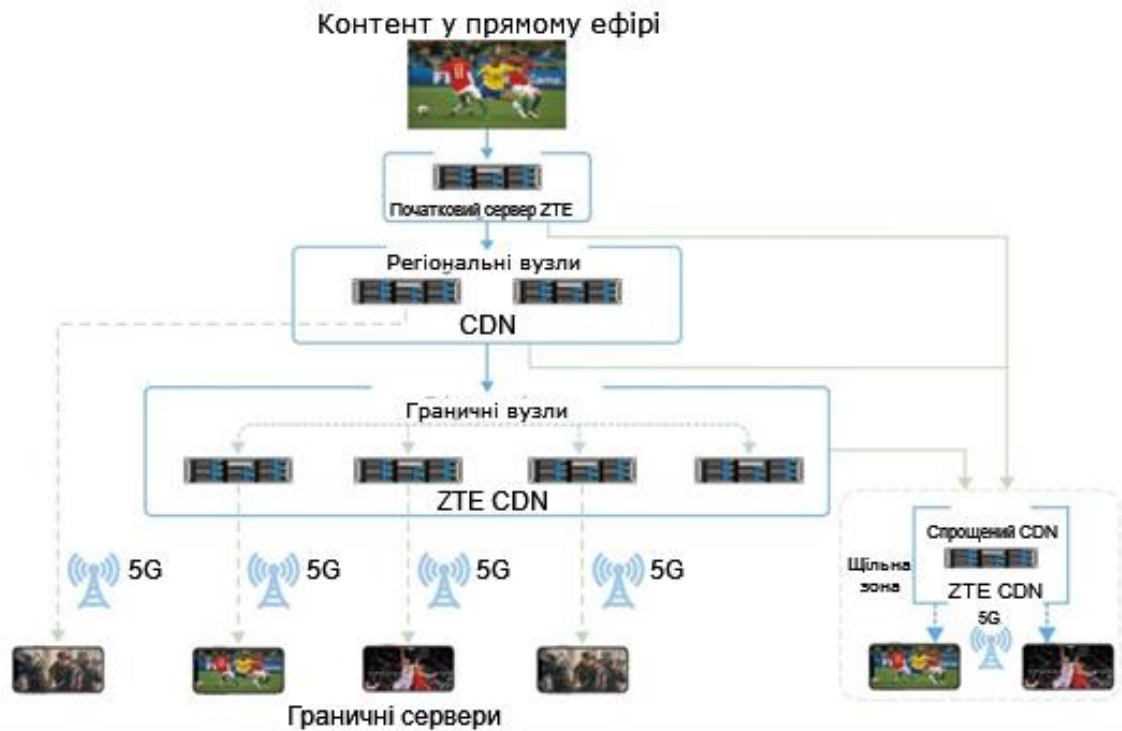


Рисунок 2.5 Архітектура CDN 5G від ZTE

Мобільні оператори можуть розгорнути легкі CDN на периферії мережі 5G крім традиційних прикордонних вузлів. Використовуючи аналіз популярного контенту в реальному часі, що проводиться основним рівнем планування, вони можуть швидко отримувати контент від вузлів CDN на будь-якому мережному рівні, забезпечуючи ефективне кешування для користувачів і знижуючи трафік на граничних вузлах.

ZTE 5G CDN також підтримує контейнерне розгортання віртуальних мереж розповсюдження контенту (vCDN). Вона інтегрує платформу багатодоступних граничних обчислень (MEC) для виділення та управління ресурсами vCDN (рис. 2.6).

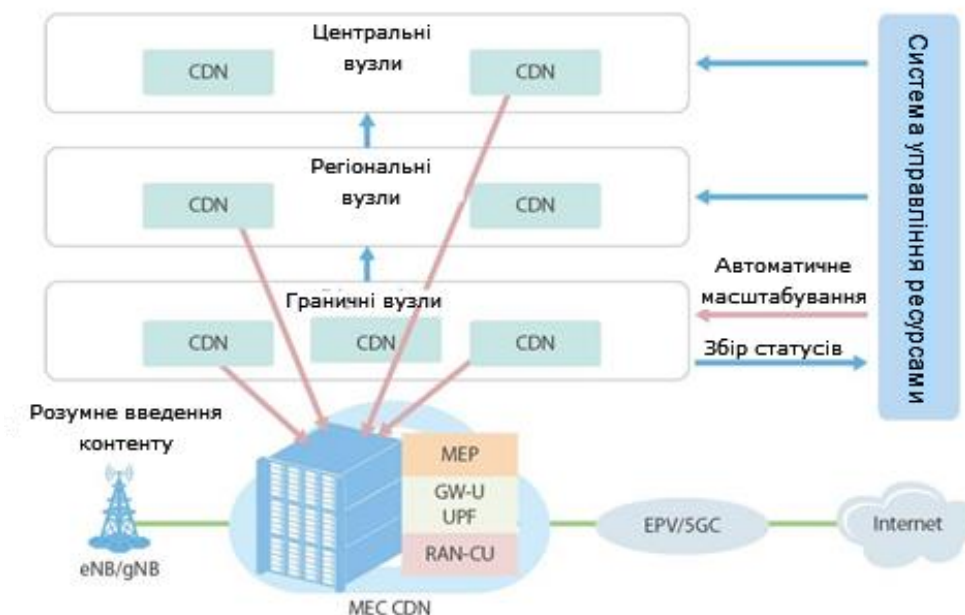


Рисунок 2.6 Гнучке масштабування мережі CDN

Основний рівень планування відстежує загальний трафік у режимі реального часу та інтелектуально прогнозує "гарячі точки" трафіку. Коли рухається трафік, легкі CDN швидко розгортаються за допомогою технології автоматичного масштабування vCDN. Легкі CDN використовують багаторівневу техніку розподілу CDN 5G для отримання популярного контенту від вузлів CDN на різних рівнях мережі та швидко наповнюють себе контентом. Протягом короткого часу вони можуть бути запущені у роботу для усунення шторму трафіку.

2.3.9 Недоліки традиційних CDN

Архітектура традиційної мережі розподілу контенту (CDN) більше не може відповідати трафіку та вимогам користувачів мереж 5G, тому що:

- Традиційна CDN використовує ієрархічну архітектуру надання користувачам послуг потокового відео. Найвіддаленіший від користувачів вихідний сервер має велику місткість зберігання, щоб гарантувати цілісність і надійність збереженого контенту, надаючи при цьому користувачам невеликий обсяг послуг. Найближчі до користувачів

граничні вузли мають вищу пропускну спроможність і локально кешують найпопулярніший контент, так що основна частина запитів на обслуговування може бути виконана безпосередньо на них. Однак, якщо контент, що запитується користувачами, не існує на граничних вузлах, запит повинен йти на регіональні вузли або далі на вихідний сервер після проходження через регіональні вузли. Запит та передача контенту таким каскадним способом створює ряд проблем, включаючи низьку швидкість, великий трафік джерела та надмірний транзитний та магістральний трафік.

- Щоб впоратися зі швидкими коливаннями трафіку в мережах 5G, у CDN часто доводиться додавати нові граничні вузли, які мають розпочати обробляти послуги незабаром після встановлення. При традиційній архітектурі передачі контенту нові вузли потрібні десятки годин, що означає, що коливання трафіку неможливо усунути за короткий період.
- У традиційній CDN контент розподіляється між різними пристроями в одному вузлі. Якщо деякі пристрої зберігають популярний контент, навантаження може бути незбалансованим між різними пристроями вузла.

2.4 Висновки до розділу

Використання CDN надає більше контролю постачальникам контенту, а інструменти, подібні до описаних вище, забезпечують переваги, які стають все більш важливими при масштабній роботі. Хоча для прикладу брався конкретний приклад компанії Akamai, подібні концепції масштабної роботи існують у інших постачальників CDN.

Рішення ZTE 5G CDN використовує технології, що включають контейнерні CDN, динамічне масштабування, статистику гарячого контенту, прогнозування та реплікацію, інтелектуальне планування та низьку затримку, а головне, передаються по зашифрованим каналам нового покоління.

Звісно це потрібно для того, щоб передавати якісний контент великого розширення з великою швидкістю до мереж кінотеатрів.

3. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ТА ЗАХИСТУ КОНТЕНТУ

3.1 DCP як основний формат фільмів

Архітектура композиції цифрового пакету, вперше запропонована наприкінці 2001 року, кардинально відрізнялась від усіх попередніх медіаформатів, що використовувались на той час в дистрибуції. Попередні формати засобів поширення характеризуються тим, що вони поєднували типи сутностей у фізичну форму, таку як книга, DVD, копія фільму на касеті, або в електронну форму, таку як телевізійне мовлення. Зокрема, для кінобізнесу характерне поширення кінофільмів у кілька адаптованих версій, таких як версія з певним форматом звуку, титрами, певним співвідношенням сторін, однією або кількома мовами. Це пов'язано з вимогами спільноти та обмеженнями обладнання, які часто вимагають, щоб кінотеатри представляли більше однієї версії фільму протягом усього прокату. Архітектура «Composition» була задумана для ефективного розв'язання проблеми розповсюдження кількох версій фільму в кінотеатрі шляхом надання механізму обміну файлами сумісними між різними версіями.[11]

3.1.1 Визначення DCP

Мовою цифрового кіно, Digital Cinema Package, або DCP, це назва файлів, що відправляються в кінотеатр. Це "пакувальна скринька" для файлів, які можуть становити або не становити повний фільм. Цифровий фільм, з іншого боку, складається зі структурованого набору файлів, що називається композицією. [11]

3.1.2 Композиція

DCP може містити одну або кілька композицій або лише частину

композиції. Під час перевезення одного або кількох складів ДКП називається пакетом складів. При перевезенні частини активів однієї Композиції ДКП називається Пакетом активів. До кожного DCP надається пакувальний аркуш, в якому вказано файлові активи DCP. Ці поняття проілюстровані нижче та докладніше описані у наступних частинах цього розділу. На рис. 3.1 зображений типовий вигляд вмісту DCP файлу.

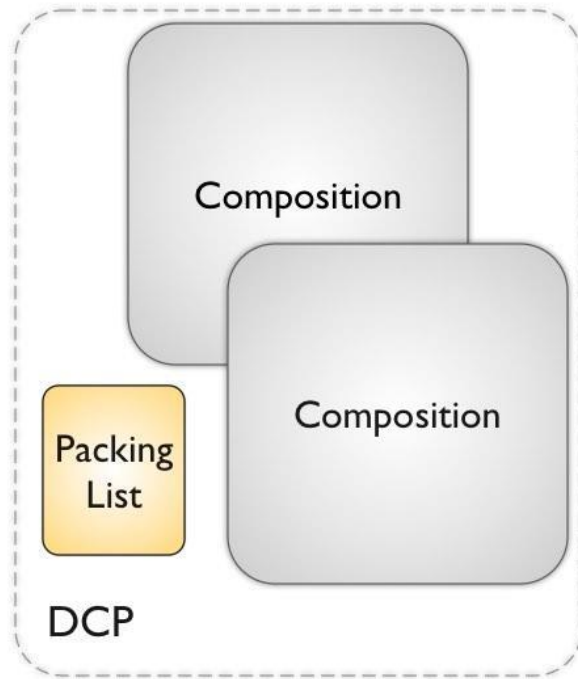


Рисунок 3.1 Пакет цифрового кіно (DCP) як композиційний пакет

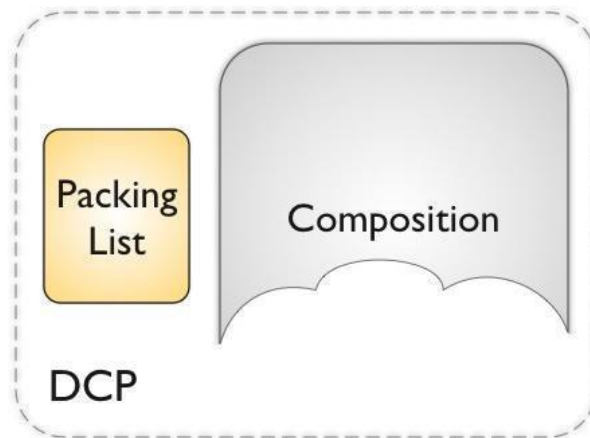


Рисунок 3.2 Пакет цифрового кіно (DCP) як пакет активів

Композиція – це повна версія робочого матеріалу та/або його назва. Композиція складається з декількох файлів, що включають список відтворення та як мінімум два файли доріжок. Для гнучкості та розширюваності кожен файл

доріжки має лише один тип сутності, наприклад, зображення, звук або субтитри. Спосіб відтворення файлів задається у списку відтворення, що називається списком відтворення композиції, або CPL.[11]

3.1.3 Структура композиції

За визначенням, композиція повинна містити щонайменше три файли: список відтворення композиції (CPL), файл запису зображення та файл запису звуку. Крім того, файли доріжок можуть бути розділені на кілька файлів, що складаються з тимчасових фрагментів сутності, які називають барабанами. Назва "котушка" походить від кінопрокату, де фільм поставляється у вигляді тимчасових фрагментів плівки, або катушок плівки. Бобіни полегшують фізичну доставку фільму. Але також легше вносити зміни в останню хвилину при зміні однієї катушки фільму, що може статися через виправлення титрів або зміни розміщення продукту. Аналогічно, певна ефективність у цифровому розповсюдженні та виробництві можлива при організації цифрового контенту в часових відрізках, що призводить до організації композицій у цифрових бобінах.

На рисунку 3.3 показана композиція, що складається зі списку відтворення композиції та чотирьох типів файлів сутнісних доріжок (зображення, звук, субтитри та закриті субтитри), організованих у часі у вигляді двох катушок.[12]

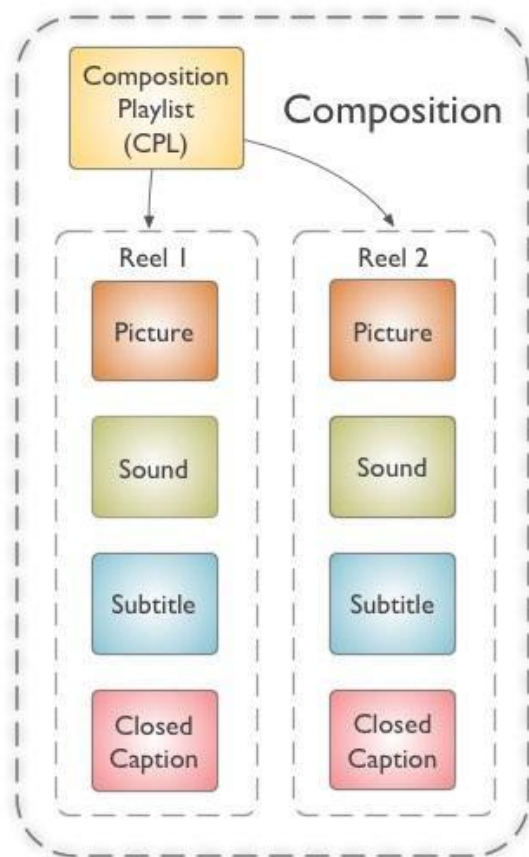


Рисунок 3.3 Структура композиції

На практиці композиція може містити до 100 файлів або навіть більше. Єдине обмеження кількості файлів доріжок накладається правилами шифрування.

Часто існує кілька версій однієї назви. Різні версії можуть бути потрібні для розміщення 3D, субтитрів, цензурних скорочень або звукових доріжок на додаткових мовах. Для кожної версії має бути створена своя композиція. Хоча це може бути неефективним, правило "одна сутність на файл" сприяє підвищенню ефективності, дозволяючи розділяти файлові активи між версіями. Наприклад, різні композиції, що представляють версії назви, призначені для розповсюдження в різних країнах, можуть мати різні файли звукових доріжок, але містити той самий файл доріжки зображення. Цей приклад наведено нижче.

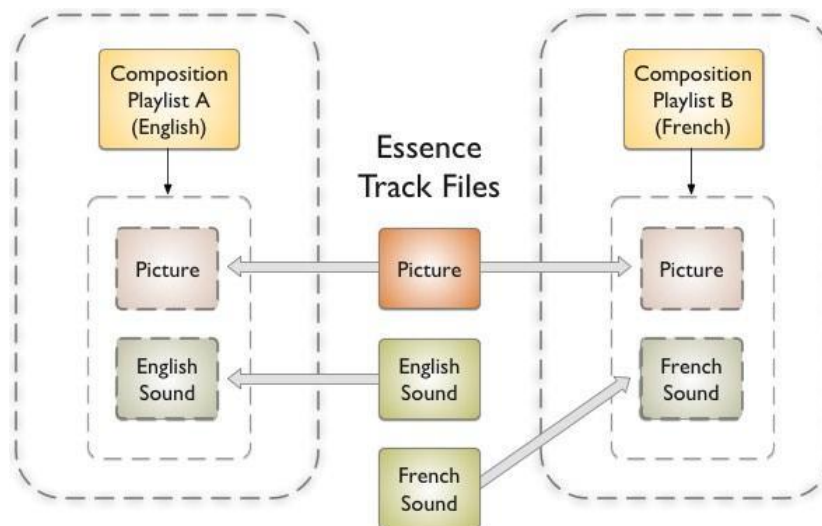


Рисунок 3.4 – Версії композиції зі спільним ресурсом сутності зображення

Аналогічно, файл доріжки 3D-картинки можна замінити на файл доріжки картинки, показаний вище, разом з новими CPL, щоб визначити 3D-версії фільму. Таким чином можна поширювати безліч версій фільму без необхідності посилати дублікати трек-файлів.[11]

Концепції DCP та Composition вперше були реалізовані в попередньому стандарті Interop DCP. Interop DCP використовується і сьогодні, хоча рекомендується, щоб дистрибутиви перейшли на новий і краще документований SMPTE DCP.

3.1.4 Варіації назв

У розділі 3.1.3 йде мова про те, як можна створити кілька версій композиції при спільному використанні сутності, що зберігається у вибраних файлах записів. У розділі 3.1.2 було представлено концепцію єдиного пакета композицій для перенесення кількох композицій. Пакет Composition можна використовувати для перенесення декількох версій назви.

Однак часто бажано розповсюджувати версії титрів як окремих файлів DCP. У таких випадках Composition нестиме повну версію титру, а одна або кілька дочірніх версій Composition створюються для спільного використання окремих трек-файлів композиції. Коли всі CPL та основні Track Files присутні у

загальному сховищі даних, система відтворення матиме все необхідне для відтворення кожної версії назви. Але всі файли, необхідні для відтворення дочірньої композиції, не будуть присутні у DCP, на якому вона записана. Необхідний механізм для правильного керування розподілом основних та дочірніх композицій.[11]

На практиці основній композиції надається мітка "Original Version", або "OV", і вона переноситься у свій власний DCP. Кожній дочірній Composition надається мітка "Version File" або пакет "VF", і вона також зберігається у власному DCP. Коли головний пакет OV та пов'язані з ним дочірні пакети VF завантажуються на сервер цифрового кінотеатру, всі файли, необхідні для відтворення різних версій композиції, є і готові до відтворення.

На рисунках 3.5 та 3.6 показано два способи розповсюдження кількох композицій, що мають спільні файли доріжок.

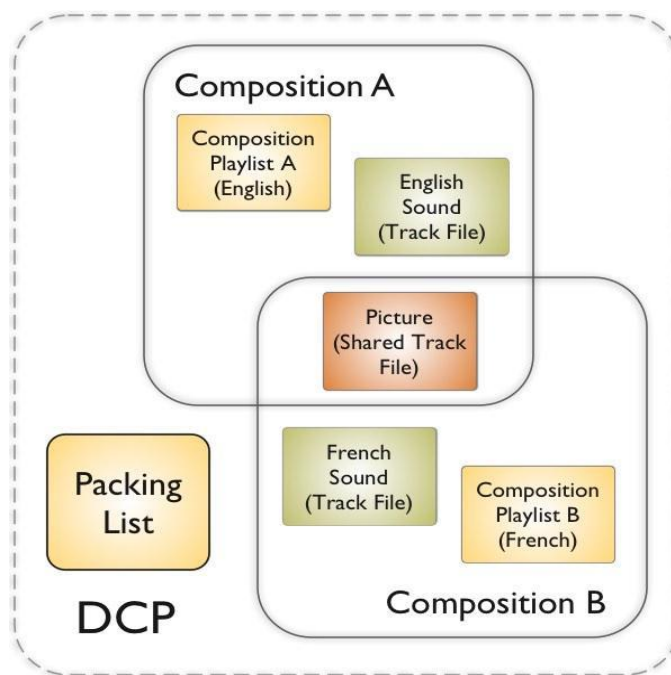


Рисунок 3.5 – Використання одного пакета композиції

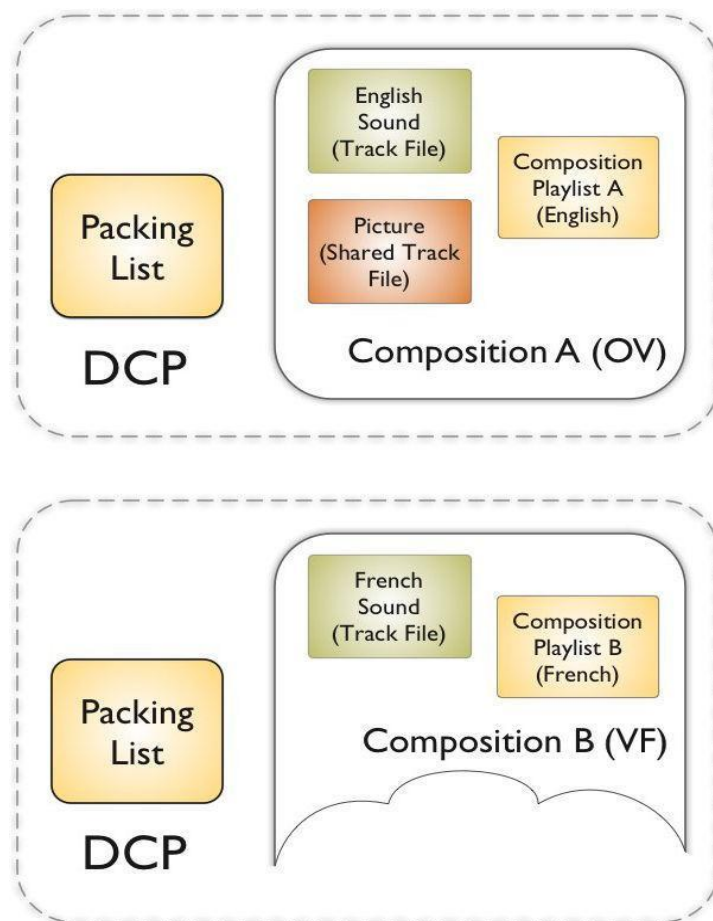


Рисунок 3.6 – Використання кількох DCP

Обидва методи упаковки дистрибутива при повному завантаженні на сервер цифрового кінотеатру призводять до однакового результату, дозволяючи відтворювати обидві версії композиції, як показано нижче.

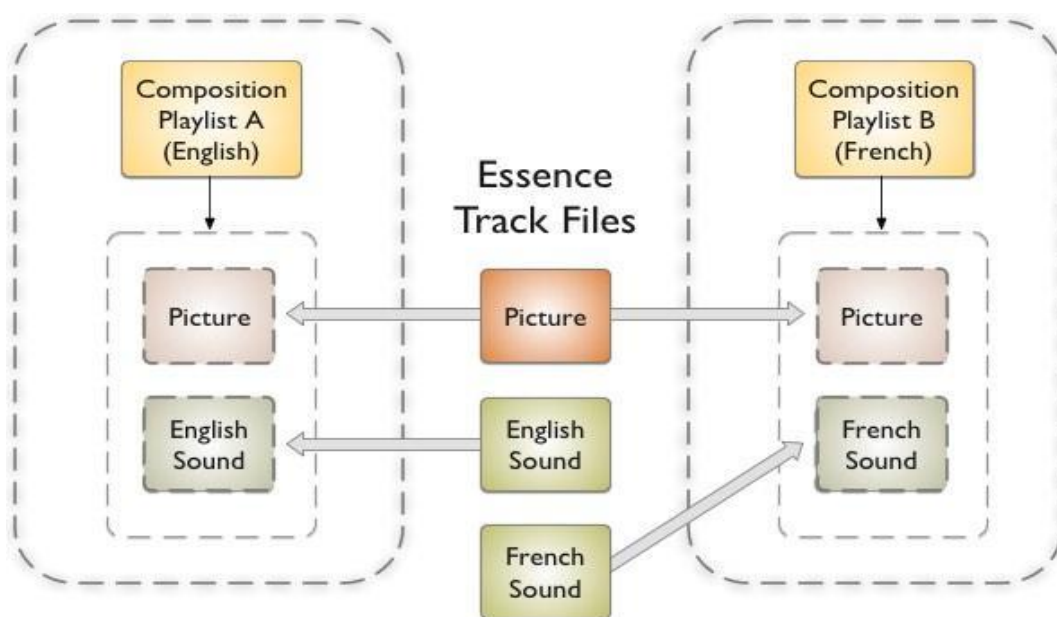


Рисунок 3.7 – Версії композиції, що мають спільні активи

3.1.5 Список відтворення композиції (CPL)

Кожна композиція визначається списком відтворення композиції (Composition Playlist) або CPL. Як випливає з назви, CPL визначає та оркеструє відтворення всіх файлів доріжок, що становлять композицію. Він робить це у часі, за принципом "катушка за катушкою". Кожна версія назви матиме унікальний CPL. Це може бути версія з певним типом зображення (певне співвідношення сторін, або 2D проти 3D), різний звуковий мікс (скажімо, 5.1 або 7.1), звукова доріжка певною мовою, субтитри певною мовою тощо.

У той час як версії назви вимагають унікального CPL, файли записів, пов'язані з кожним CPL, не обов'язково мають бути унікальними. Набір трек-файлів зображення, наприклад, може бути загальним для багатьох CPL, причому кожен CPL визначає іншу версію твору, засновану на тому самому трек-файлі зображення, але має інші трек-файли різних типів сутностей, які унікальні для цієї версії (рис. 3.8).

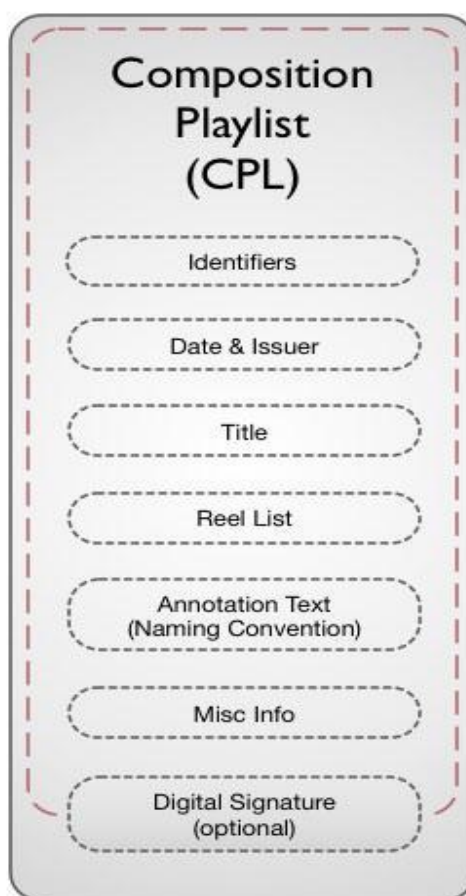


Рисунок 3.8 – The Composition Playlist (CPL)

CPL - це файл даних у форматі XML, метадані якого визначають склад, який він представляє. Опис елементів даних CPL представлений у таблиці 1.4.

Таблиця 3.1 – Детальний опис вмісту CPL

Елемент композиційного списку відтворення (CPL)	Опис
Ідентифікатор CPL	Ідентифікує цей екземпляр композиції, кодується як універсально унікальний ідентифікатор (UUID) відповідно до RFC 4122
Ідентифікатор версії вмісту	Ідентифікує версію вмісту, екземпляром якого є дана Композиція, кодування у вигляді Універсально Унікального Ідентифікатора (UUID).
Список Reel	Список відтворюваних активів трек-файлів у порядку їх відтворення за Reel
Зміст Заголовки Текст	Назва роботи
Текст анотації	Текстове поле, яке зазвичай визначається Конвенцією про іменування цифрових кінотеатрів
Вид вмісту	Атрибут, що називає тип контенту у Composition згідно SMPTE 429-7
Рейтинг	Рейтинг агенції з оцінки цього твору. У США це рейтинг МРАА
дата випуску	Час та дата, коли було видано CPL
Емітент	Необов'язкове текстове поле під назвою емітента
Творець	Додаткове текстове поле, що ідентифікує програму, яка використовується для створення композиції
Підписувач	Якщо підписано цифровим підписом, він містить відкритий ключ об'єкта, який підписав CPL
Цифровий підпис	Необов'язково, використовується для аутентифікації CPL

CPL містить метадані, що описують композицію, але на практиці для користі операторів кінотеатрів потрібно більше даних. Для цього часто використовується спеціальна номенклатура, звана Конвенцією іменування цифрового кіно. Конвенція іменування наказує людину читати текстове поле, яке несе елемент CPL Annotation Text. Вона була розроблена як тимчасова міра, доки не буде розроблено засіб для включення додаткових метаданих до Композиції. Стандарт, який дозволяє це зробити, тепер доступний під назвою ST 429-16 Додаткові метадані композиції та керівні принципи.[13]

3.1.6 Варіації транспортування контенту

MPTE визначає контент як метадані (metadata) та сутність (essence). Сутність у застосуванні до цифрового кіно — це термін, що застосовується до однієї форми виразу, такої як зображення, або звук, або субтитри. Типи сутності поодинокі за своєю природою і діляться на такі варіації:

- Файл зображення 24 кадри на секунду;
- Файл зображення 48 кадрів на секунду;
- Файл 3D зображення;
- Звукова доріжка 5.1;
- Звукова доріжка 7.1.

Використовуючи ці визначення, файл доріжки має один тип сутності, а також необхідні метадані для полегшення його використання.

Незалежність типів сутностей у композиції забезпечує високий рівень розширюваності, дозволяючи у майбутньому запроваджувати нові типи сутностей без порушення структури композиції. Наприклад, коли концепції DCP та Composition вперше введені в цифровому кіно, стереоскопічне 3D не було в дорожній карті. Однак розширюваність композиції дозволила швидко увімкнути файл доріжки стереоскопічного зображення у міру появи цифрового 3D.

3.1.7 Шифрування файлів доріжок

Композиція може бути зашифрована для безпечного розповсюдження. При шифруванні зашифровуються лише файли записів, пофайлово. Список відтворення композиції (CPL) не шифрується. Файли записів можуть бути зашифровані вибірково, коли деякі файли записів шифруються, а інші ні. На практиці рішення щодо шифрування залишаються на розсуд власника контенту.

Наприклад, власник контенту може вирішити зашифрувати зображення, але не звук або текстові файли з таймером. Коли файл запису зашифрований, вся сутність у файлі зашифрована. Сутність у файлі запису не може бути частково зашифрована (рис. 3.9).

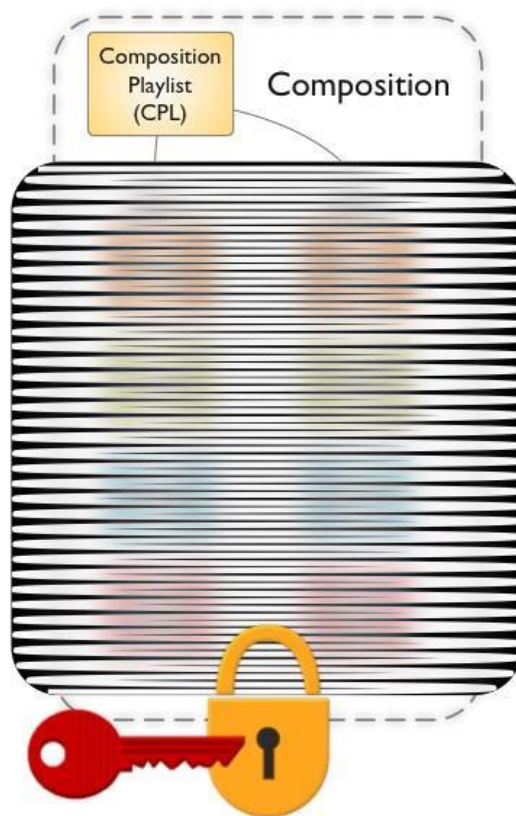


Рисунок 3.9 – Візуалізація зашифрованої композиції

Алгоритм шифрування, що використовується в цифровому кіно, це добре відомий алгоритм Advanced Encryption Algorithm (AES). AES - це симетричний алгоритм шифрування, термін, який пояснюється у розділі "Шифрування". У цифровому кіно використовується 128-бітний ключ. При шифруванні сутність

усередині кожного файлу запису шифрується унікальним ключем. Ніякі два файли записів не використовують один і той же ключ. Повідомлення про доставку ключа (KDM), яке також обговорюється в розділах "Шифрування" та "Повідомлення про доставку ключа", несе зашифровану версію кожного ключа, який використовується для шифрування файлів доріжок у відповідній Композиції. KDM потрібний для розблокування та відтворення композиції.

Тільки сутність або частина "Значення" пакета KLV зашифрована. Метадані, пов'язані з сутністю, відкриті, тому їх можна прочитати під час пошуку файлу. Це також дозволяє оператору відтворювати файл доріжки з будь-якого кадру незалежно від шифрування. KLV-пакет із зашифрованою сутністю загортається в інший "спеціальний" KLV-пакет разом із відповідними криптографічними метаданими. Спеціальний KLV-пакет просто несе зашифрований вміст, не знаючи природи його вмісту. Потім "спеціальний" KLV-пакет, що несе зашифрований KLV-пакет, упаковується у файл доріжки MXF, як би він не був зашифрований. Ця схема проілюстрована на рис. 3.10.

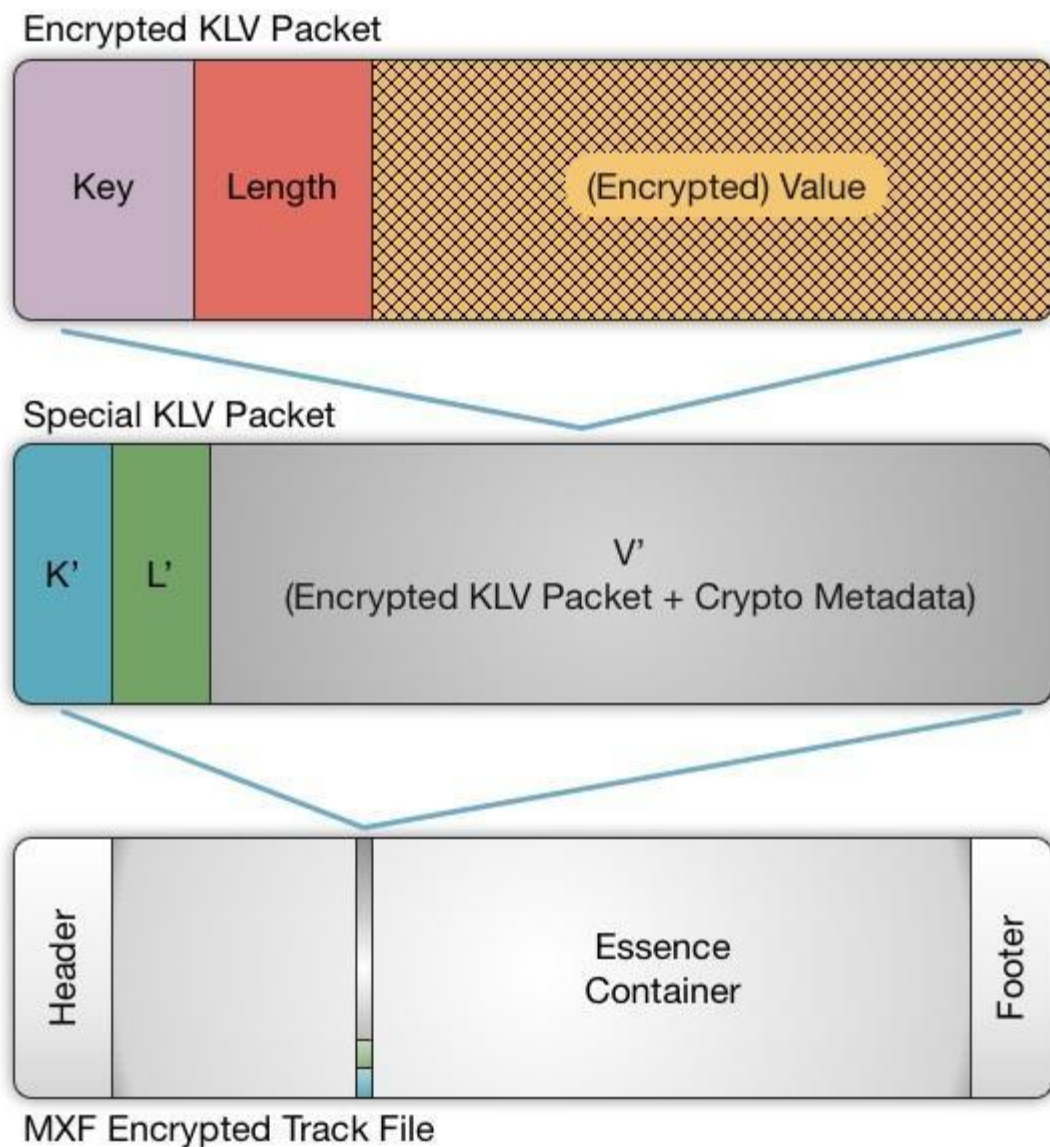


Рисунок 3.10 – Передача зашифрованого пакету KLV передається в рамках спеціального пакету KLV у файлі треку MXF

3.2 Контейнер для транспортування зображення та звуку MXF

Трекові файли упаковані відповідно до обмеженої версії специфікації Формату Обміну Матеріалами (Material Exchange Format) або MXF. MXF забезпечує структурований метод перенесення різних типів сутностей із метаданими. Хоча MXF може передавати більше одного типу сутності в одному файлі, слід підкреслити, що для цифрового кіно потрібен лише один тип сутності

у файлі. Обмеження, що застосовуються до MXF для пакування зображення та звуку цифрового кіно, визначено у SMPTE ST429-3 Sound and Picture Track File. Файли доріжок MXF складаються із заголовка, контейнера сутності та нижнього колонтитулу. Заголовок містить метадані, що описують файл доріжки. Контейнер сутності містить, звичайно, сутність. Нижній колонтитул містить індексну таблицю сутностей.

Сутність зображення та звуку обгорнута рамкою за допомогою KLV (Key-Length-Value). Ключ KLV визначає характер сутності. Довжина належить до довжини поля Value. Саме поле Value містить кадр сутності (a frame of essence).

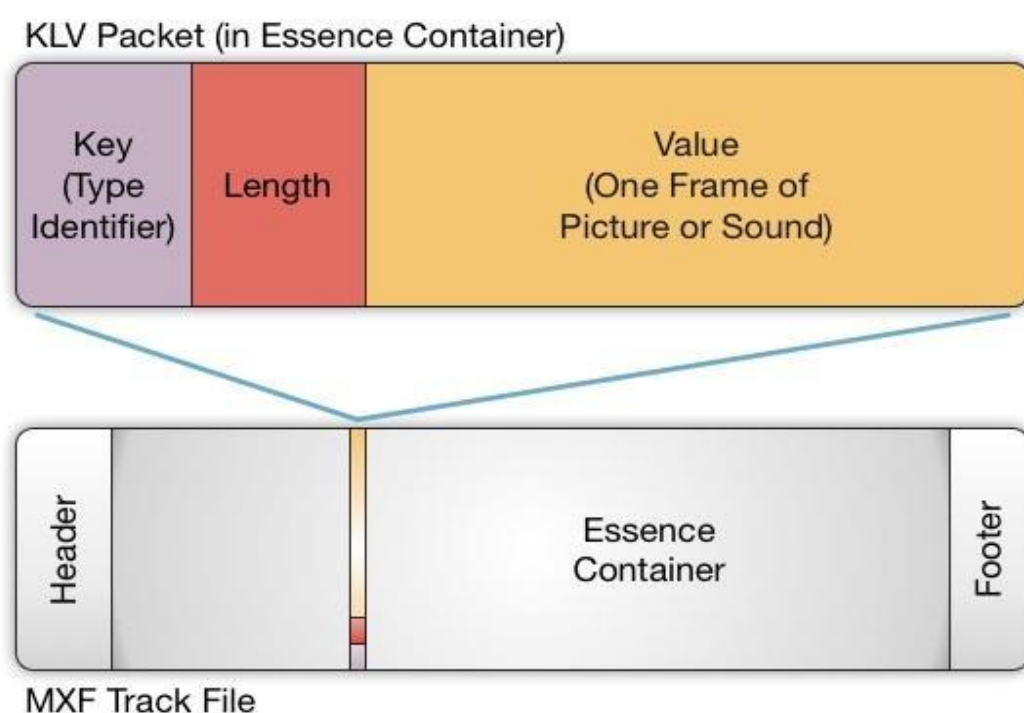


Рисунок 3.11 – Файл треку MXF, що містить пакет KLV

Доріжки тимчасового тексту, такі як відкриті або закриті субтитри та титри, визначаються в XML, а потім загортаються в MXF. Обгортання тимчасового тексту XML аналогічно обгортанню зображення та звуку, за винятком того, що ресурси шрифтів також можуть бути включені у вкладення.

3.3 Реалізація доставки контенту на прикладі DCDC

Digital Cinema Distribution Coalition (скорочено DCDC) відповідає за революцію в доставці фільмів у кінотеатри по всій країні, переміщаючи галузевий стандарт від фізичного жорсткого диска до зашифрованих цифрових файлів, які доставляються через супутник. Мережа DCDC успішно доставила мільйони художніх фільмів, подій, трейлерів та спеціального контенту до кінотеатрів по всій країні.

DCDC — це найсучасніша платформа для розповсюдження, яка здатна надавати широкий спектр фільмового контенту як від Голлівудських студій, так і від незалежних дистриб'юторів, а також передпоказової реклами та контенту в кінотеатрах із безпрецедентною легкістю, доступністю та якістю.[14]

З 2013 року компанія DCDC виросла і на теперішній час обслуговує понад 60 контент-клієнтів та понад 370 кіно-театральних мереж, включаючи майже 3 000 закладів із більш ніж 32 000 екранами у США.

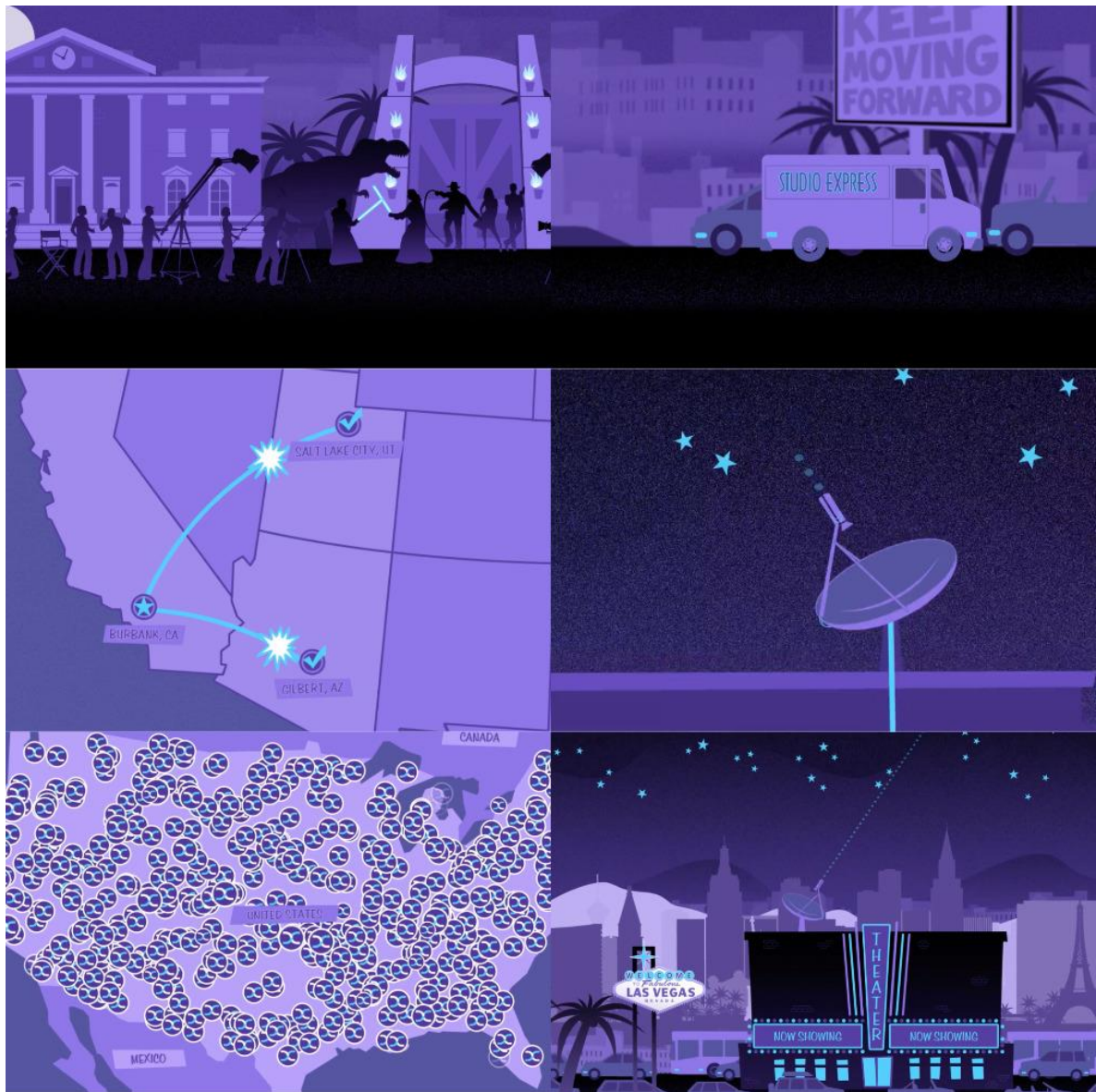


Рисунок 3.12 – Ілюстративний колаж передачі контенту компанією DCDC

DCP плівки доставляється в пункт прийому DCDC Deluxe в Бербанку, де вона зберігається і контролюється висококваліфікованим персоналом у безпечних, найсучасніших умовах. Потім вміст передається по волоконно-оптичному кабелю до висхідного каналу DCDC у Гілберті, штат Арізона, де він ще раз перевіряється, щоб переконатися, що він відповідає необхідним стандартам для безпечної та ефективної доставки. З центру висхідного зв'язку вміст передається на повний транспондер DCDC на EchoStar 105 з охопленням 50 штатів США та розширеним охопленням Мексиканської затоки та Карибського басейну. Звідти вміст передається до окремих кінотеатрів по всій

Північній Америці. Цифрові активи потім завантажуються запатентованим сервером DCDC у кожному місці, де ловить сигнал супутника.

Щойно сайт театру було заброньовано для переданої функції, вміст стає доступним для передавання на локальний сервер керування кінотеатром.

Потім вміст можна перенести до призначеної для нього аудиторії для відтворення для перегляду на великому екрані.

Варто розуміти, чому американські кіновиробники та власники мереж кінотеатрів обирають саме DCDC? Сама компанія відповідає на це питання так:

- Найбільший вибір. DCDC довіряють надавати контент від імені більш ніж 55 клієнтів постачальників контенту, включаючи всі великі студії, незалежні та маленькі компанії;
- Без додаткових витрат. Мережа платить лише за вміст, який показує. Без членства, ліцензування чи щомісячних внесків. Крім того, немає ніяких витрат на встановлення обладнання;
- Постійна підтримка та гарантія роботи. DCDC володіє та обслуговує все обладнання на майданчику театру та забезпечує ремонт жорсткого диска, якщо необхідно;
- Портал для клієнтів. Простий у використанні цифровий портал для перевірки доступності назв, доступу до даних облікового запису тощо.

Плюс цілодобовий центр обслуговування клієнтів.

Оскільки дана система є досить ефективною, мережа поступово буде розширюватись на країни Європи та Азії, забезпечуючи ще більше залів легким доступом до контенту.

3.4 Технології передачі контенту KenCast

Ще однією провідною компанією зі збереження, передачі та транслявання контенту є американська супутникова мережа KenCast. Вже понад 25 років KenCast є піонером у безпечній, надійній та ефективній доставці цінного контенту. Маючи великий портфель патентів, ми впроваджуємо інновації з

самого початку і продовжуємо залишатися на випередження, оскільки цей динамічний ринок розвивається. Наш список давніх клієнтів шатрі включає військові США, провідні кіностудії, великі світові корпорації та партнери з найсучасніших рішень. Компанія надає можливість повноцінно контролювати надсилання та потокове передавання вмісту на будь-яку кількість сайтів – використовуючи єдину систему для супутникових і наземних мереж.

KenCast має привілей працювати з великими клієнтами в різних галузях по всьому світу. Ці організації покладаються на компанію, тому що знають, що вона забезпечить безпечну доставку вмісту та цифрового кіно безперебійно кожного дня.



Рисунок 3.13 – Логотипи найбільших клієнтів мережі

Рішення KenCast Digital Cinema визнано великими студіями та експонентами як наступне покоління супутникового та наземного розповсюдження цифрових фільмів. Наше програмне та апаратне забезпечення наразі дає змогу безпечно, надійно та економічно розповсюджувати художній, рекламний, передпоказовий та живий контент у кінотеатрах, незалежно від того, де вони розташовані. Засноване на нашому флагманському сервері Fazzt Enterprise Server і Professional Client, рішення є результатом тисяч інженерних годин, зосереджених на автоматизації конкретних і точних робочих процесів для безпечної обробки невипущених фільмів у цифровій формі, надійної передачі їх у тисячі кінотеатрів та перевірки пакетів.[15]

Понад десять років тому перші цифрові кінопроектори були встановлені у кількох кінотеатрах-першопрохідцях. На той час відбитки фільмів доставлялися до кінотеатрів у наборах з кількох бобін. Цей процес був громіздким, загрожував

помилками, і за середньої вартості одного відбитка в 2 000 доларів США, фільми, що виходили у широкий прокат, обходилися студіям у мільйони доларів лише за рахунок виробничих витрат. Відправляючи фільми на жорстких дисках ємністю 300 ГБ, які можна було використовувати повторно, студії заощадили мільярди доларів. Завдяки створенню технічних стандартів та спільним зусиллям студій та кінопрокатників, перехід кіноіндустрії на повністю цифровий формат є однією з найбільших історій успіху технології. Незважаючи на витрати до 100 000 доларів на екран, практично всі 160 000 екранів у світі сьогодні є цифровими. Але це ще не кінець історії... У 2012 році керівники провідних американських кіностудій та кінопрокатників створили Коаліцію з розповсюдження цифрового кіно (DCDC). Вони зрозуміли, що ще більше витрат і помилок можна виключити із процесу, замінивши відправлення (і повернення) громіздких жорстких дисків супутниковим мультикастингом. Вони вибрали KenCast як технологічного партнера і через п'ять років встановили супутникові антени та приймачі KenCast CinemaPro у більш ніж 2500 кінотеатрах США. І ця цифра продовжує зростати з кожним днем.

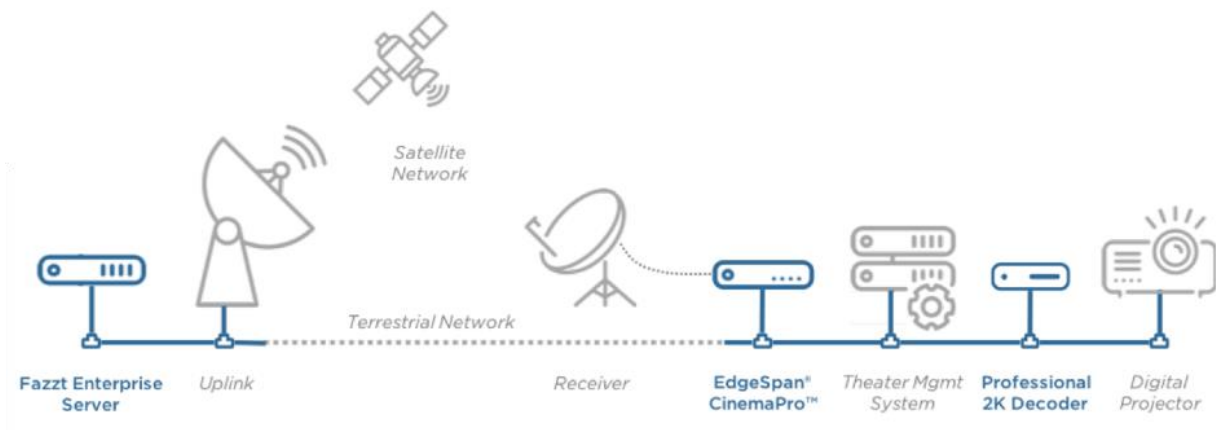


Рисунок 3.14 – Послідовна схема передачі контенту мережею KenCast

KenCast Digital Cinema - це перевірене часом, випробуване рішення, з більш ніж 5 000 пристроїв EdgeSpan CinemaPro у виробництві у США, Канаді, Мексиці, Колумбії, Аргентині, Перу та багатьох інших місцях.

3.5 Висновки до розділу

З розвитком технологій, така велика проблема як створення, зберігання та транспортування плівкових бобінів, зникла. Це дозволило зменшити витрати на виробництво фільмів, що впустило на ринок нових цікавих гравців.

В третьому розділі була описана робота головного формату, що використовується зараз у великому кіно, тому що DCP – це сучасний і універсальний контейнер для пакування туди аудіовізуального контенту. Його перевагами є можливість вкладати в себе якісне зображення у розширенні 4k та вище, об'ємне 3D-зображення, звукові схеми 5.1 та 7.1. Крім того формат шифрується за сучасними варіаціями ключів типу AES, що дозволяє не переживати за викрадення у момент надсилання контенту на кіносервер. Також корисним є контейнер MXF, що може передавати зручно титри з відповідним таймлайном. Інформація з цього розділу буде корисна для подальшого аналізу необхідних систем захисту, оскільки система DCP має необхідні вимоги для безпеки.

Було розглянуто реалізацію цього формату на прикладі двох провідних компаній, які зараз займаються транспортуванням цифрового контенту, в тому числі кінофільмів до театрів та кінцевих користувачів. DCDC та KenCast використовують у своїй роботі передачу інформації з головного серверу на супутник, що дозволяє пришвидшити передачу даних на тисячі кілометрів в десятки разів. Більше не потрібно чекати одного-двох тижнів поки приїде жорсткий диск з фільмом, власник кінотеатру може замовити прокат фільму та мати його вже через кілька годин у себе на сервері.

4. РЕАЛІЗАЦІЯ ЕФЕКТИВНОЇ СТРУКТУРИ ДОСТАВКИ КОНТЕНТУ ДО КІНОТЕАТРІВ РОЗПОДІЛЕНОЇ МЕРЕЖІ

Провівши аналітичний огляд систем відображення контенту в першому розділі цієї роботи, засоби доставки контенту в другому та розглянувши способи покращення їх ефективності в третьому, в четвертому розділі вирішено реалізувати доставку контенту для мережі з 20-ти кінозалів по всій Україні, враховуючи ковідні обмеження та нестабільну військову ситуацію.

Особливістю даної мережі буде те, що на відміну від вже знайомих нам мереж кінотеатрів, що працюють в основному у великих містах та мають в одному мультиплексі по кілька залів, в даному випадку акцент буде на зменшення собівартості однієї зали задля зменшення ціни квитка й, відповідно, збільшення кількості глядачів у невеликих містах та смт. Крім того, розглядаються в першу чергу міста та селища в яких до цього не було кінотеатрів, що дасть змогу переглядати, на рівні з густонаселеними містами, ліцензійний контент чудової якості у зручних умовах для більшої кількості населення. А для тих, хто не має змоги прийти у кінотеатр, буде створено окремий вебсайт, де за онлайн-квитком можна буде так само переглянути фільм у визначений прокатний час.

4.1 Структурна реалізація мережі

Оскільки однією з передумов підвищення ефективності доставки є саме створення доступного місця для перегляду контенту, було вирішено максимально спростити функції кінозалів, залишивши всю основну роботу з дистрибуції, укладення угод тощо на Центральну апаратну, що також є головним офісом мережі.

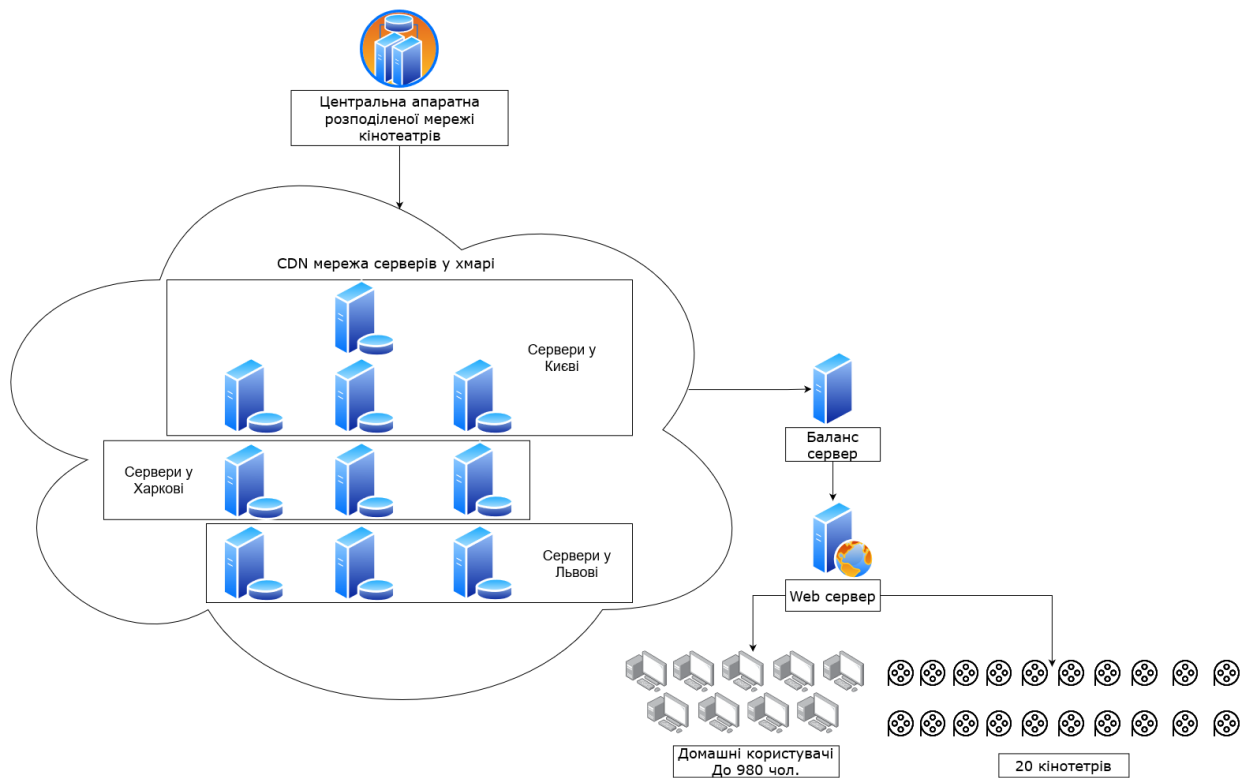


Рисунок 4.1 – Структурна схема реалізації загальної мережі

4.2. Реалізація центральної апаратної розподіленої мережі кінотеатрів

Головний офіс, де відбувається прийом контенту від виробників та дистриб'юторів, його розкодування та надсилання на подальші найближчі CDN сервери. Територіально буде знаходитись в столиці, під виконання необхідних задач виділений окремий 4-й сервер мережі Києва та баланс сервер. На рис. 4.2 зображено етапи транспортування контенту через найпростішу центральну апаратну.

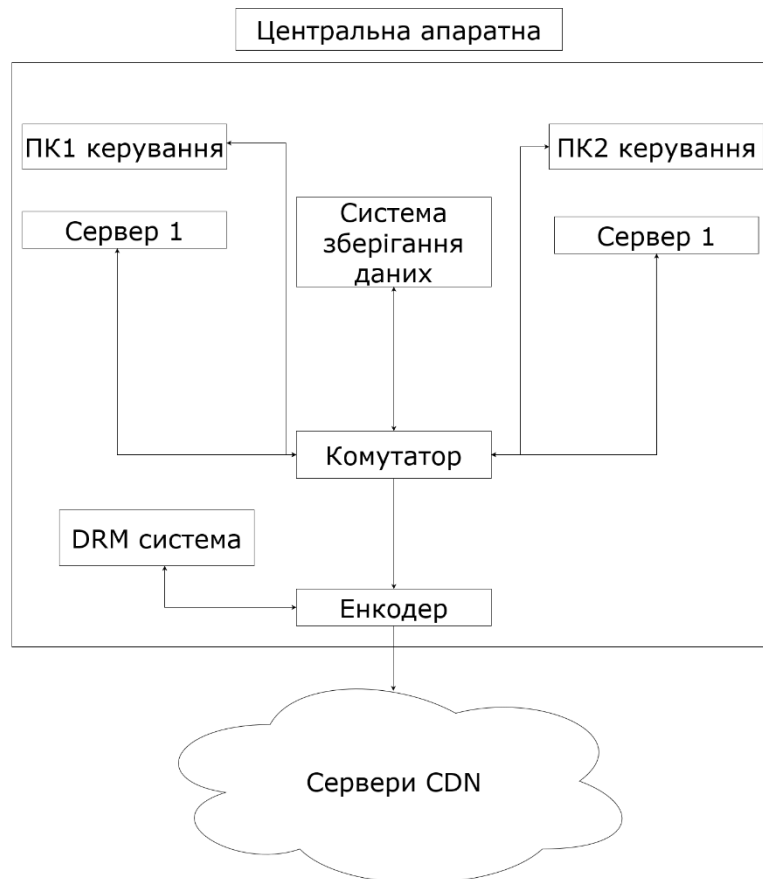


Рисунок 4.2 – Структурна схема центральної апаратної

Апаратна складається з:

- Енкодера – пристрою, що розшифровує вхідний сигнал за допомогою спеціального ключа, який додатково надсилають кіновиробники та дистриб'ютори;
- Робочих ПК – для виконання та контролю усіх процесів;
- Системи зберігання даних – де відразу після розкодування зберігається контент;
- Комутатор – спеціального світча, що перемикає потік на вільний сервер;
- Серверів – для тривалішого зберігання інформації та/або її перерозподілу;
- DRM системи – спеціального софту, що накладає обмеження на відтворення контенту ще десь, окрім ліцензійних проєкторів.

Отриманий контент надходить у форматі DCP, у апаратній переформатовується в легкий і доступний для простих кінопроєкторів контейнер MPEG4.

4.3 Особливості реалізації CDN мережі

Оскільки маємо справу з невеликою кількістю серверів та обмеженим числом користувачів, було вирішено використати 3 великих рівновіддалених міста й їх області як найкращу локацію по вже готовій пропускній можливості швидкості з'єднання. По 3 сервери розміщено у Львівській та Харківській областях, а 1 й 3 в місті Києві і Київській області відповідно (рис. 4.3).

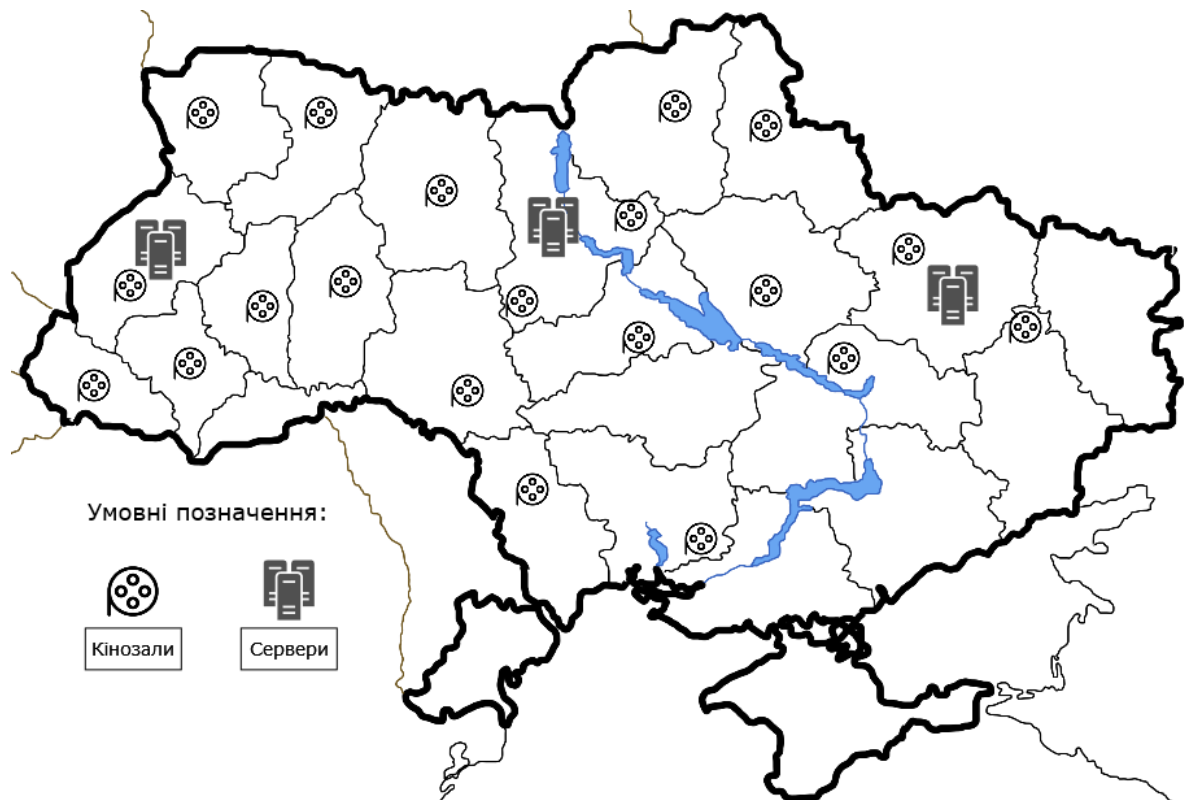


Рисунок 4.3 – Контурна карта України з позначеннями розміщення серверів та кінозалів

За цим проєктом передбачено по одному кінозалу в кожному доступному на даний момент регіоні України, тому вибрані області підходять найкраще по розвитку інфраструктури та віддалені одне від одного.

4.3.1 Реалізація CDN мережі на прикладі одного регіону

Для прикладу, візьмемо серверну частину у Львівській області та розглянемо її детальніше. За умовою, вона повинна покривати доступність для

західної частини областей, як кінозалів, так і для онлайн глядачів, що фізично будуть знаходитись в цьому регіоні (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Фрагмент контурної карти західного регіону

Як вже було вказано раніше, на цю територію виділено 3 сервери: по одному у Львові, Золочівському та Стрийському районах області. Вони постійно з'єднанні між собою для швидкої передачі даних, а безпосередня передача контенту відбувається з найближчого до кінозали сервера.

На львівську область для першої реалізації плану та побудови кінозали було вибрано місто Сколе Стрийського району області з населенням близько 6000 чоловік. Ця кількість не є достатньою для постійного заповнення зали на кожен сеанс, але в розрахунок також береться умова, що місто є туристичним, тому частину квитків купуватимуть відпочивальники. На рис. 4.5 зображено розташування серверів у області.

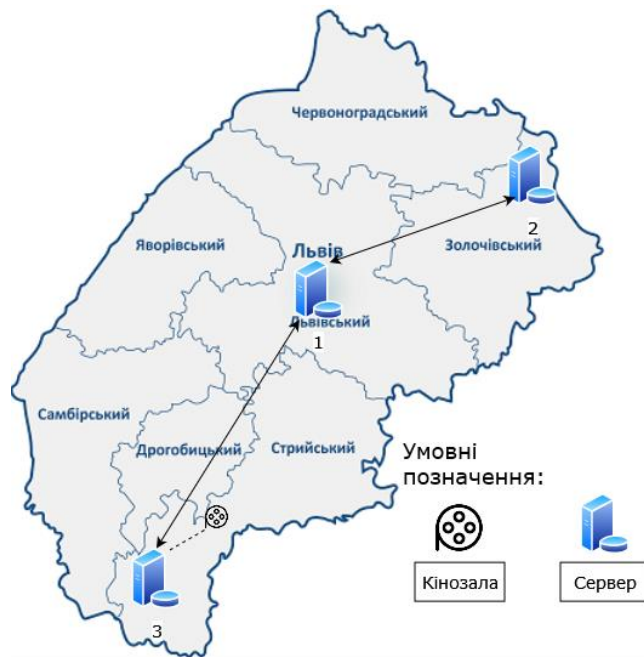


Рисунок 4.5 – Місцезнаходження CDN серверів та кінозали у Львівській області

Зі схеми видно, що найближчим до міста Сколе знаходиться сервер №3, тому саме він передаватиме контент до нової кінозали цього місця. Наступною ланкою є транспортування матеріалів від CDN сервера до кінопроекторної зали мінітеатру.

4.3.2 Транспортування контенту від сервера до проєктора

Оскільки передумовою залу є його дешевизна, компактність та мобільність, із серверу передається вже переформатований у формат MPEG4 відео-контент. Для забезпечення стабільного та якісного зображення, сама трансляція відбувається напряму із сервера зовні, а не в середині кінозали. Єдина вимога для зали тут є ПК, який порівнює хеш-суму контенту з джерела з тією, що йде на проєктор та вмикає останнього, лише якщо вони збігаються. Таким чином правовласник може відслідкувати який фільм, де та скільки разів був показаний. На рис. 4.6 приклад такої схеми.

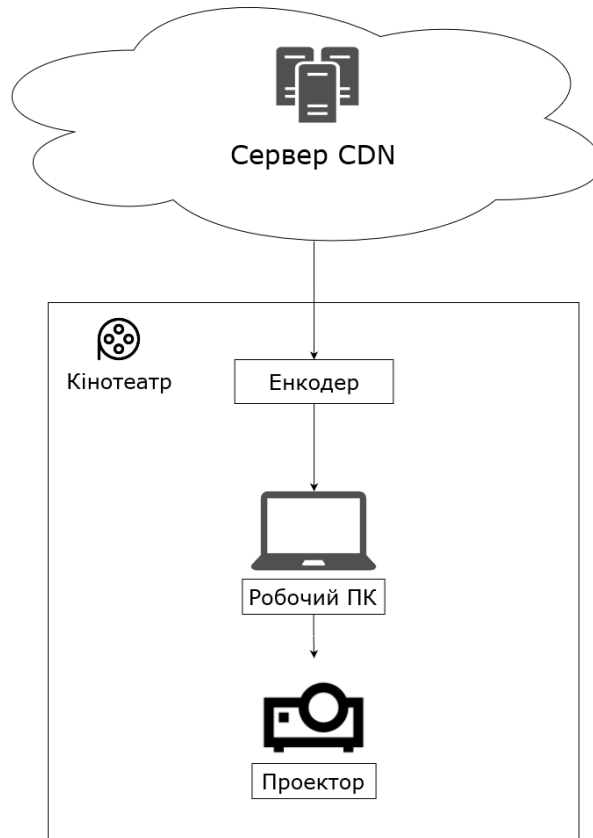


Рисунок 4.6 – Типова схема найпростішої передачі контенту від сервера до проєктора

4.4 Технічна реалізація мережі

По даним на 2017-й рік, вартість відкриття одного кінозалу в Києві стартувала від \$150 тис. і могла рости на ще кілька десятків тисяч доларів, в залежності від типу і якості крісел, ремонтних робіт, матеріалів, розташування тощо.[16]

Тому в цьому розділі буде розглянуто економічні аналоги для реалізації комфортної роботи залів.

На рис. 4.7 зображена структурна схема роботи найпростішого кінозалу.

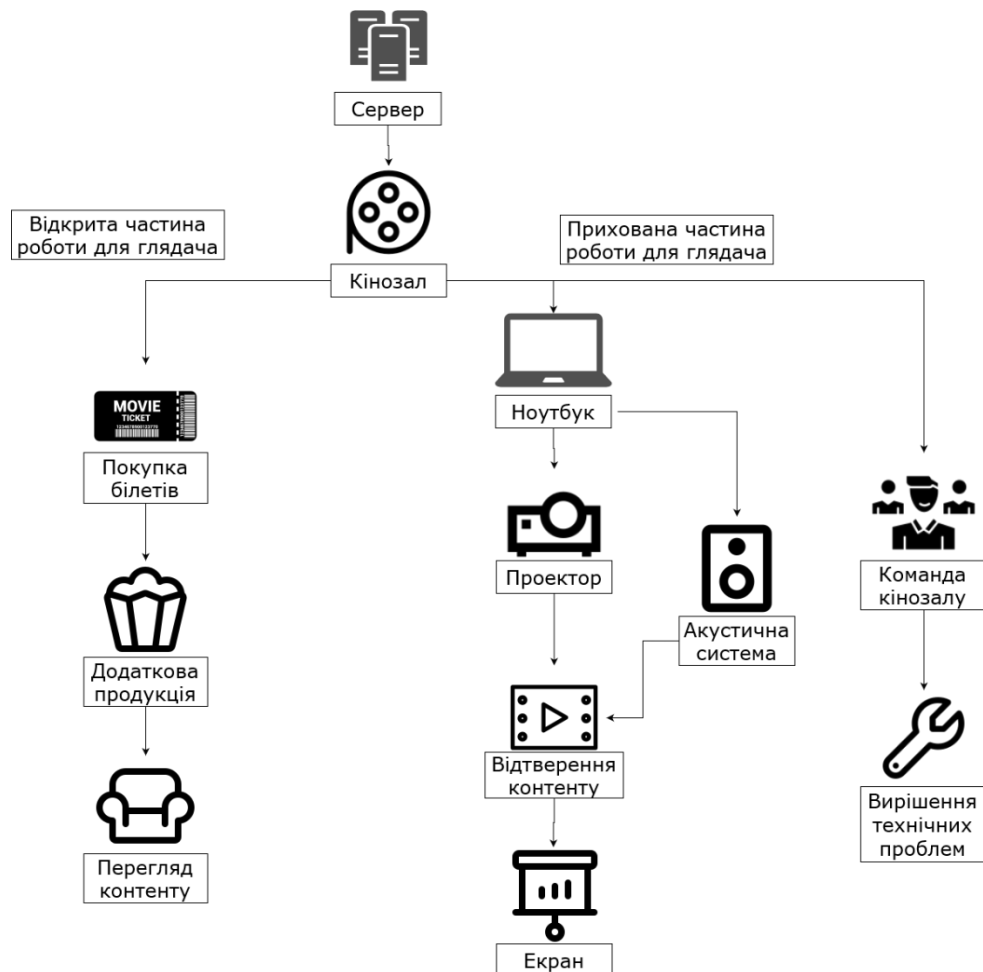


Рисунок 4.7 – Структурна схема реалізації одного кінозалу

Отже, бачимо, що є кілька важливих деталей які потрібно розібрати детальніше для розуміння ефективності створення таких залів.

4.4.1 Сервери

Використовуючи підхід саме покупки серверів, а не їх оренди, сума в сто тисяч доларів буде витрачена не на один, а на два десятки кінозалів. Тому одне із завдань це розміщення своєї мережі серверів, яка через декілька місяців вийде в 0, а після буде приносити великий дохід.

Взявши до уваги наступні дані:

- Можливість покриття всього регіону України;
- Пропускна спроможність 1 Гбіт/с;
- Великий об'єм SSD сервера, мінімум 2 ТБ;

- Ціна-якість.

Було розглянуто пропозиції на ринку та вибрано сервер, що задовольняє умовам, а саме модель ARTLINE Business T35v18 (рис. 4.8).



Рисунок 4.8 – Зовнішній вигляд сервера ARTLINE Business T35v18

Характеристики даної моделі наступні:

- Процесор: Intel 6-core Xeon E-2336 2.9-4.8GHz;
- Охолодження процесора: Tower;
- Оперативна пам'ять: 32GB DDR4-3200 ECC;
- Об'єм другого накопичувача: 2x1TB SSD Samsung, 2x4TB RE;
- Рівні RAID: 0/1/5/10;
- Модель материнської плати: P12R-M;
- Відеокарта: Інтегрована;
- Блок живлення: 400W 80+ Bronze;
- Гарантія: 38 міс.;
- Вартість: 60 000 грн.[17]

Таких серверів, для забезпечення достатньої потужності потрібно 10, отже сумарна вартість складе 600 000 грн.

Порівняємо вартість оренди схожого за характеристиками сервера, візьмемо до уваги той, що виділений червоною рамкою на рис. 4.9.

Intel Xeon E3-1240 v5 3.50GHz 4 ядра / 8 потоків	32 GB	1 TB SATA	1 Гбіт/с 40ТБ	4362.75	ЗАМОВИТИ	⬆️⬆️⬆️
2x Intel Xeon E5-2690v2 3.00GHz 20 ядер / 40 потоків	32 GB	1 TB SATA	1 Гбіт/с 40ТБ	5182.38	ЗАМОВИТИ	⬆️⬆️⬆️
2x Intel Xeon E5-2620 2.00GHz 12 ядер / 24 потоки	64 GB	2x 1 TB SSD	1 Гбіт/с 40ТБ	6552.00	ЗАМОВИТИ	⬆️⬆️⬆️
2x Intel Xeon E5-2650 v3 2.30GHz 20 ядер / 40 потоків	64 GB	4x 500 GB SSD	1 Гбіт/с 40ТБ	14679.00	ЗАМОВИТИ	⬆️⬆️⬆️
2x Intel Xeon CPU E5-2620 v4 2.10GHz 16 ядер / 32 потоки	128 GB	6x 1 TB SSD	1 Гбіт/с 40ТБ	15183.00	ЗАМОВИТИ	⬆️⬆️⬆️

Рисунок 4.9 – Цінова політика оренди серверів в Україні

Бачимо, що тут два процесори та вдвічі більше оперативної пам'яті, але нам такої великої потужності не потрібно, є необхідність лише у великій кількості швидкої пам'яті, тому єдиний вигідний вибір серед представлених є за ціною 6552 грн на місяць.[18]

Відповідно, якщо сервер купувати, а не брати в оренду, вже на 10-й місяць його вартість окупиться та буде працювати лише на дохід. Такий сервер спокійно пропрацює 3-5 років, тому вигода очевидна.

Крім того, для реалізації перегляду через Інтернет, потрібно додатково 2 сервери. В такому випадку важливий не стільки їх об'єм, скільки швидкість обробки інформації. Тому вибір пав на сервер ARTLINE Business T15v18 (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 – Зовнішній вигляд сервера ARTLINE Business T15v18

Характеристики даної моделі наступні:

- Процесор: Intel 4-Core i3-10100 3.6-4.3GHz;
- Охолодження процесора: BOX;
- Оперативна пам'ять: 16GB DDR4-2666 A-brand;
- Об'єм накопичувача: 2x500GB SSD;
- Об'єм другого накопичувача: 2x1TB;
- Рівні RAID: 0/1/5/10;
- Модель материнської плати: PRIME H570M-PLUS;
- Відеокарта: Інтегрована
- Корпус: QUBE QB07A;
- Блок живлення: TUF 450W 80+ Bronze;
- Гарантія: 38міс.;
- Вартість: 25 000 грн.[19]

4.4.2 Ноутбуки

Оскільки весь контент та контроль інформації для безпеки буде зберігатися на серверах, немає необхідності у потужних ПК у кожному залі. А щоб його легко можна було доставити та перенести за потреби, було обрано бюджетну модель ноутбука, а саме Acer TravelMate P2 TMP214-52 (рис. 4.11).



Рисунок 4.11 – Зовнішній вигляд ноутбука Acer TravelMate P2 TMP214-52

Характеристики даної моделі наступні:

- Дисплей: 14", 1920x1080 (16:9);
- Процесор: Core i3, 10110U, 2.1 ГГц;
- Оперативна пам'ять: DDR4, 8 ГБ;
- Накопичувач: SSD M.2, 256 ГБ;
- Порт LAN (RJ-45): 1 Гбіт/с;
- Вартість: 16 000 грн.[20]

20 ноутбуків по одному в кожен зал, а також 4 для центральної апаратної, 2 для обслуговування клієнтів з онлайн-замовлень та ще 2 на випадок різкого виходу з роботи одного з девайсів. В сумі 28 пристроїв, загальна вартість 448 000 грн.

4.4.3 Екрани

Вибір екрану є не менш важливим за вибір кінопроектора. Тому серед сотень варіантів найкращим варіантом ціна-якість буде екран для проектора ПРО-ЕКРАН 500 на 282 см (16:9), 226 дюймів. А ще це український виробник. Коштує один 7000 грн. Потрібно таких 20 шт + 2 на випадок браку/поломки. Тому загальна вартість вийде 154 000 грн.[21]

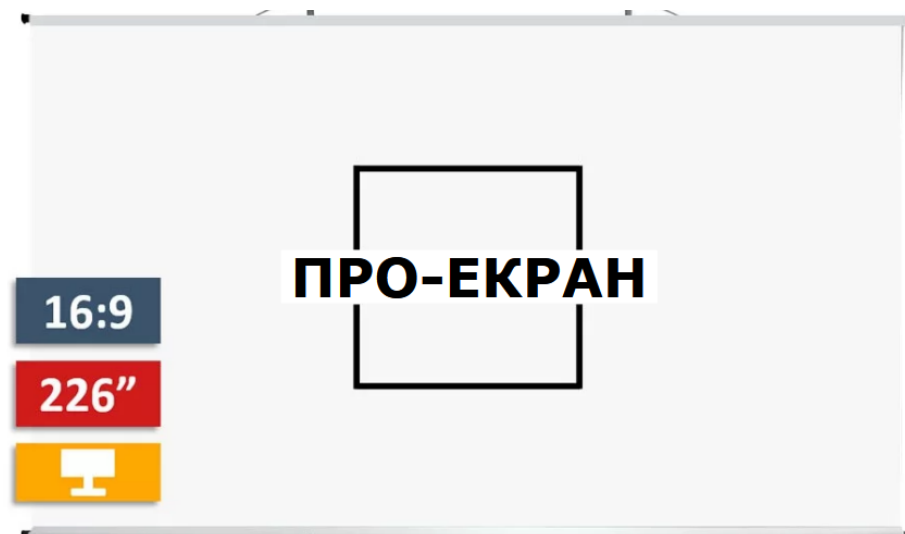


Рисунок 4.12 – Зовнішній вигляд екрана ПРО-ЕКРАН 226"

4.4.4 Проектори

Вибір проектора є одним з найважливіших та найскладніших етапів. Адже потрібно вибрати якісну модель, бажано перевірену часом, з підтримкою усіх необхідних роз'ємів та мереж, необхідною діагоналлю, підтримка 3D, а також з бюджетною вартістю. Тому при огляді ринку найкращим варіантом виявився проектор Optoma EH470.



Рисунок 4.13 – Зовнішній вигляд проектора Optoma EH470

Характеристики даної моделі наступні:

- Технологія відображення: DLP;
- Роздільна здатність: 1080p Full HD (1920x1080);
- Яскравість: 5 000 лмн;
- Контрастність: 20 000:1;
- Співвідношення сторін: 16:9;
- Горизонтальна розгортка: 15,375 ~ 91,146кГц;
- Вертикальна розгортка: 24 ~ 85(120 for 3D)Гц;
- Розмір екрану: 0,66m - 8,25m (25,9in - 324,9in);
- Проекційне відношення: 1,39:1 - 2,09:1;
- Проекційна відстань (м): 1,2m - 10m;
- Фокусна відстань (мм): 20,7 ~ 31,05;
- Входи: 1 x HDMI 1,4a 3D підтримка, 1 x HDMI 1,4a 3D підтримка + MHL, 1 x VGA (YPbPr/RGB), 1 x Audio 3,5 мм, 1 x USB-A Reader;
- Виходи: 1 x VGA (YPbPr/RGB), 1 x Audio 3,5mm;
- Контроль: 1 x USB-A wireless, 1 x RS232, 1 x RJ45, 1 x 12V trigger;

- Сумісність з комп'ютером: FHD, UXGA, SXGA, WXGA, HD, XGA;
- 2D сумісність: NTSC M/J, 4,4MHz 480i/p, 576i/p, 720p(50/60Hz), 1080i(50/60Hz), 1080p(50/60Hz) ;
- 3D сумісність: Side-by-Side: 1080i50/60, 720p50/60;
- Безпека: Security bar, Kensington Lock;
- Вартість: від 35 500 грн. [22]

20 шт. таких проєкторів буде коштувати 710 000 грн.

4.4.5 Акустична система

Оскільки кінозала не розрахована на велику кількість людей, то витратити кошти на великі і потужні акустичні системи немає сенсу. Серед якісних і бюджетних варіантів є модель JBL HPD8320 (рис. 4.14).



Рисунок 4.14 – Зовнішній вигляд акустики JBL HPD8320

Характеристики даної моделі наступні:

- Тип: гучномовець кінотеатральний Surround для цифрової проєкції;
- Частотний діапазон: 50 Гц - 20 кГц;
- Потужність: 150 Вт постійна, 600 Вт пікова;
- Максимальний звуковий тиск: 122 дБ;
- Чутливість: 91 дБ;
- Опір 8 Ом;

- Звукове охоплення: 100х90 градусів
- Кросовер: 3 кГц;
- Кількість смуг: 2.[23]

Вартість: 10 300 грн, відповідно 20 систем буде коштувати 206 000 грн.

4.4.6 Стільці та інше обладнання для залів

Підвищення ефективності перегляду не передбачає саме підвищення комфорту, тому для бюджетного варіанту використаємо недорогі театральні крісла Лоцман українського виробника Mebliх.



Рисунок 4.15 – Зовнішній вигляд театральних крісел Лоцман

Характеристики даної моделі наступні:

- Спинка;
- Відкидне сидіння;
- Універсальна стійка;
- Оббитий тканиною підлокітник;
- Тканина Алоба;
- 3-6 посадочних місць в секції;
- Розмір: 540х670х1050.[24]

Отже, на один кінозал в середньому буде потрібно 10 секцій. Оскільки вартість однієї секції 2300 грн, то для 20 залів загальна сума складе 460 000 грн. Крім стільців, звісно потрібно буде касові апарати, столи, витрати персоналу. Додамо ще по 5000 грн витрат на один зал, а на 20 – 100 000 грн.

4.4.7 Особливості операційної діяльності мережі кінозалів

Якщо брати до уваги не міста-мільйонники, а саме маленькі містечка та СМТ, де ми й будемо розміщувати кінозали, то вартість торгових площ там не є великою і при грубій оцінці складає 100 грн/м². Тож, згідно з оновленими нормами з 1 листопада 2019 року, кінопроекційні приміщення з одним кінозалом, розраховані на обладнання, що працює лише на цифрових носіях, потрібно проектувати за наступними розрахунками:

- кінопроекційна – не менше 15 м², в яку входять 1-2 пости цифрових проекторів та робоче місце оператора комп'ютером керування кінопоказом, з якого запускається і контролюється кінопоказ;
- кімнати оператора комп'ютером керування кінопоказом - не менше 10 м²;
- санвузол – не менше 2 м². [25]

В такому випадку мінімальна площа, яку потрібно використати – це 27 м², а також візьмемо до уваги площу самої зали, це близько 30 м². Тобто в сумі один кінозал вартує орендувати 5700 грн/міс. Відповідно 20 залів – близько 114 000 грн/міс.

Також потрібно додати щомісячну витрату на оплату праці працівників, відповідно по 3 людини в кожен зал, по 10 000 грн кожному це 600 000 грн/міс. А також працівники центральної апаратної, 4 людини по 20 000 грн, це 80 000 грн на місяць.

Груба оцінка ремонтних робіт складає приблизно \$100/м², тобто \$5700 на один зал та 3 648 000 грн в сумі за усі 20 залів.

4.5 Висновки до розділу

У практичному розділі даної роботи було реалізовано структурну схему, яка складається з мережевої системи 20 невеликих кінотеатрів та сайту онлайн-кінотеатру з можливістю перегляду одночасно до 980 глядачів. Схема була реалізована в сумі всього на 10 серверах, що розташовані у великих областях України для швидкого підключення більшості потенційних користувачів.

Також, провівши практичну оцінку реалізації невеликих кінозалів для збільшення кількості доставки цифрового контенту до населення у невеликих містах та селах, зроблено висновок, що практична реалізація двадцяти таких залів можлива при правильному виборі та розрахунку вартості усіх компонентів. Сумарна кількість коштів, яку потрібно витратити на запуск мережі з 20-ти кінозалів складає 6 376 000 грн, що по теперішньому курсу близько 200 000 у.о. Враховуючи інформацію з розділу 4.4, вартість двадцяти кінозалів по всій Україні вартує як 2 кінозали у місті Києві, що доводить ефективність доставки контенту даною системою у цілих 10 разів.

Також варто враховувати операційні витрати на зарплату персоналу та оренду залів, що складуть 794 000 грн/міс. А також те, що CDN-сервери не є орендними, що дозволить в майбутньому розширювати мережу кінозалів з меншою кількістю витрат.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання бакалаврської роботи було вирішено поставлене завдання з підвищення ефективності доставки контенту шляхом побудови самостійної мережі на базі серверних технологій. Запропоновано метод доставки контенту шляхом розподіленої мережі з окремо виділеними серверами. Проаналізовано та обрано необхідне обладнання, що відповідає сучасним вимогам до якості і швидкості транспортування контенту. В основі доставки для постійного та швидкого з'єднання лежить технологія CDN. Наведена практична модель реалізації кінозалів відповідає необхідним стандартам при менших витратах, що є наразі доцільним рішенням для відкриття доступу новим користувачам. Отримані наступні результати:

1. Проведено аналіз структури сучасного цифрового кінотеатру. Розглянуто варіанти кінотеатрів, такі як мініплекс, мультиплекс, мегаплекс. Проведено огляд роботи плівкових кінотеатрів та ознайомлення з роботою сучасних цифрових. Проаналізовано використання необхідного актуального обладнання для роботи кінозалу та його характеристики. Визначено оптимальну структурну схему цифрового кінозалу.
2. Проаналізовано засоби транспортування контенту, його характеристик. Розглянуто структури звичайного кінотеатру та розподіленої мережі кінотеатрів. Визначено систему, через яку найшвидше передавати контент – CDN. Опрацьовано принцип кешування даних та використання даної мережі, її переваги та недоліки.
3. Виконаний аналіз засобів з підвищення ефективності доставки контенту, проаналізовано формат пакування даних DCP, його характеристики та особливості. Проведено аналіз доцільності використання цього формату в порівнянні з форматом MXF. Зображено варіації безпеки та шифрування. На прикладі компанії

DCDC показано, як реалізовується доставка контенту через схему супутникового зв'язку. На прикладі компанії KenCast розглянуто, як такий метод зв'язку реалізується технічно.

4. Проведено практичну реалізацію з підвищення ефективності доставки контенту, розроблено структурні схеми побудови CDN-мережі на території України. Розроблено структурну схему форматування та транспортування контенту через центральну апаратну та хмару до кінцевого користувача. Запропоновано приклад реалізації доставки контенту від дистриб'ютора до кінозалу та глядача.

Таким чином, досягнена мета роботи – реалізовано ефективну мережу з доставки аудіовізуального контенту з використанням сучасного технічного та програмного забезпечення.

Результати роботи можуть бути реалізовані на реальному проекті в межах країни та закордоном. Переваги запропонованого підходу – це низька вартість реалізації (в 10 разів) в поєднанні з ефективною системою захисту контенту на базі DCP, доставкою контенту до глядача в будь-якій точці світу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біле полотно, штатив з ящиком і вражена публіка: як з'явилися перші кінотеатри // Режим доступу: <https://znaj.ua/history/180298-bile-polотно-shtativ-z-yashchikom-i-vrazhena-publika-yak-z-yavilisya-pershi-kinoteatri>
2. Технічне забезпечення кінотеатрів та інформаційно-розважальних заходів: конспект лекцій // Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/23942>
3. СТАНОВЛЕННЯ УКРАЇНСЬКОГО КІНЕМАТОГРАФУ В ОДЕСІ в першій половині 1920-х років (на матеріалах спогадів М.Капчинського) // Режим доступу: <http://chm.onu.edu.ua/article/view/117900/111950>
4. Як влаштовані сучасні кінотеатри // Режим доступу: <http://guyver-world.ru/kak-ustroeny-sovremennye-kinoteatry.html>
5. Як влаштовані кінотеатри IMAX // Режим доступу: <https://www.techinsider.ru/popmem/304042-kak-ustroeny-kinoteatry-imax/>
6. Кіноекрани // Режим доступу: <https://mwscreen.ru/blog-reviews/kinojekrani>
7. Розподілена мережа // Режим доступу: [https://ube.nlu.org.ua/article/Розподілена мережа](https://ube.nlu.org.ua/article/Розподілена_мережа)
8. Content Delivery Network // Режим доступу: <https://www.gridbus.org/content-delivery-network>
9. An Introduction to the Akamai Content Delivery Network // Режим доступу: <https://medium.com/free-code-camp/an-introduction-to-the-akamai-content-delivery-network-806aa16d8781>
10. 5G CDN: New CDN Architecture and Technologies for Video over Gigabit // Режим доступу: <https://www.zte.com.cn/global/about/magazine/zte-technologies/2021/1-en/Special-Topic/4.html>
11. DCP&CDN // Режим доступу: <https://cinopedia.com/packaging>
12. Cinopedia Composition // Режим доступу: <https://cinopedia.com/packaging/composition/>

13. Composition Playlist (CPL) // Режим доступу:
<https://cinopedia.com/packaging/composition-playlist/>
14. WHAT WE DO – DCDC // Режим доступу:
<https://dcdcdistribution.com/services>
15. Digital Cinema KenCast // Режим доступу: <https://kencast.com/digital-cinema/>
16. Скільки коштує відкрити один кінотеатр // Режим доступу:
<https://delo.ua/special/biznes-na-kino-skolko-stoit-otkryt-kinoteatr-336029/>
17. Сервер Artline t35v18 // Режим доступу: <https://artline.ua/uk/product/server-artline-business-t35v18>
18. Оренда серверів Україна // Режим доступу: <https://server.ua/ua/dedicated>
19. Сервер Artline t15v18 // Режим доступу: <https://artline.ua/uk/product/server-artline-business-t15v18>
20. Ноутбук ACER // Режим доступу: <https://ek.ua/ua/ACER-TMP214-52-37Q3.htm>
21. Екран для проєктора // Режим доступу: <https://pro-ekran.com/ua/jekrany/na-trenoge/jekran-dlja-proektora-na-trenoge-500-na-282-sm-226>
22. Мультимедійний проєктор Optoma // Режим доступу:
<https://techzone.com.ua/ru/multimediynyy-proektor-optoma-eh470/p1240115/>
23. Акустична система для кінотеатру JBL // Режим доступу:
https://showtime.ua/akustichna_sistema_dlya_kinoteatru_jbl_hpd8320/
24. Театральні крісла Лоцман // Режим доступу: https://meblix.net/uk/kresla-dlya-zalov/teatralnoe_kreslo_locman.html
25. В Україні кінотеатри будуватимуть за новими нормами // Режим доступу:
<https://konkurent.ua/publication/44982/v-ukraini-kinoteatri-buduvatimut-za-novimi-normami/>

Додаток А
SUMMARY

SUMMARY

In the process of performing undergraduate work, the task of increasing the efficiency of content delivery by building a separate network based on server technology was solved. The method of content delivery by means of distributed network with separately allocated servers was offered. The necessary equipment meeting modern requirements of quality and speed of content delivery is analyzed and chosen. The delivery of constant and fast connection is based on CDN technology. The given practical model of realization of cinemas meets the necessary standards at lower costs, which is a reasonable solution for opening access to new users. The following results are obtained:

1. The structure of a modern digital movie theater is analyzed. The variants of cinemas, such as miniplex, multiplex, and megaplex, are considered. The review of the work of film cinemas and familiarity with the work of modern digital cinemas was carried out. Analyzed the use of necessary actual equipment for cinema work and its characteristics. Determined the optimum structural diagram of the digital cinema hall.

2. The means of transporting the content and its characteristics are analyzed. The structures of a conventional cinema and a distributed cinema network are examined. The system through which the fastest transfer of content is defined - CDN. The principle of data caching and the use of this network, its advantages and disadvantages are developed.

3. The analysis of means to improve the efficiency of content delivery, analyzed the data packaging format DCP, its characteristics and features. An analysis of the feasibility of using this format compared to MXF. The variations of security and encryption are depicted. By the example of DCDC company it is shown how the content delivery is made through the satellite communication scheme. On the example of KenCast company is considered how the method of communication is implemented technically.

4. The practical realization on increase of efficiency of content delivery was carried out, the structural schemes of construction of CDN-network on the territory of Ukraine were developed. The structural scheme of content formatting and

transportation through the central hardware and cloud to the end user was developed. The example of realization of content delivery from the distributor to the cinema hall and the audience was offered.

Thus, the goal of the work is achieved - an effective network for the delivery of audiovisual content using modern hardware and software is implemented.

The results of the work can be implemented in a real project at home and abroad. The advantages of the proposed approach - low implementation cost (10 times) in combination with effective content protection system based on DCP, content delivery to the viewer anywhere in the world.