

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 621.397.63

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Г.Г. Власюк

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 171 «Електроніка»

(код і назва)

на тему: «Удосконалення технологій безпроводових відеотрансляцій
в процесі телевиробництва»

Виконав: студент II курсу, групи ДВ-72мп
(шифр групи)

Синиця Орест Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник професор, д.т.н., проф. Власюк Г.Г.

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

(підпис)

Консультант доцент, к.т.н. Попович П.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

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

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

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

Факультет електроніки

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 171 «Електроніка» («Електронні та інформаційні технології кінематографії та аудіовізуальних систем»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Г.Г. Власюк
(ініціали, прізвище)

«___» _____ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Синиці Оресту Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Удосконалення технологій безпроводових відеотрансляцій в процесі телевиробництва»

керівник роботи Власюк Ганна Григорівна, професор, д.т.н..
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом по університету від « 7 » листопада 2018 р. № 4114 -с

2 Строк подання студентом дисертації 1 грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження технології кодування, передавання та декодування відеосигналу під час прямих відеотрансляцій в процесі телевиробництва

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) вплив параметрів прямої відеотрансляції та каналів передавання на якісні показники відеозображення

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати процес кодування відеосигналу, способи його передавання, проаналізувати існуючі рішення для проведення прямих безпроводових відеотрансляцій, запропонувати технології, що дозволяють підвищити якісні характеристики передавання, дослідити та порівняти дві моделі: покращення параметрів відеопотоку, які впливають на відеозв'язок і застосування бондингового об'єднання каналів.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 12 слайдів презентації: характеристика роботи, формулювання завдання роботи, загальні характеристики кодування відеозображення, готові рішення для проведення прямих відеотрансляцій, технології, що дозволяють підвищити якісні характеристики передавання відеоданих, аналіз і порівняння результатів дослідження трактів передавання відеоданих безпроводовим шляхом, висновки

7. Орієнтовний перелік публікацій:

1) Особливості реалізації відеотрансляцій за допомогою інформаційних відеосервісів / Канцедал О. В., Синиця О. А. // I Всеукраїнська науково-технічна конференція «Сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем - 2018» 2) Практичні аспекти реалізації прямих відеотрансляцій / Синиця О. А., Канцедал О. В. // I Всеукраїнська науково-технічна конференція «Сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем - 2018»

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Шляхи удосконалення технологій прямих відеотрансляцій	Попович П.В, доцент, к.т.н.		

9. Дата видачі завдання 26 вересня 2017 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання першого розділу	15.03.2018	
2	Написання другого розділу	19.06.2018	
3	Написання третього розділу	15.10.2018	
4	Написання четвертого розділу	12.11.2018	
	Написання п'ятого розділу	27.11.2018	
5	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	01.12.2018	
6	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	10.12.2018	

Студент

(підпис)

О.А. Синиця

(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Г.Г. Власюк

(ініціали, прізвище)

УДК 621.397.63

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 103 с., 35 рис., 35 табл., 1 дод., 20 джерел

БЕЗПРОВОДОВА МЕРЕЖА, WI-FI, 3G, КОДЕК, ВІДЕОКОДЕР, ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ, ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ, ВІДЕОКОНТЕНТ, ЯКІСТЬ, YOUTUBE, H.264, БІТРЕЙТ, ТЕХНОЛОГІЯ LIVEU, SPEEDFUSION, ТЕХНОЛОГІЯ WAN SMOOTHING

Актуальність роботи. Методи передавання телевізійного сигналу вдосконалюються з кожним роком. Завдяки розвитку безпроводових мереж (зокрема, технологій 3G та LTE) швидкісний інтернет став доступним скрізь, де є мобільний зв'язок. Використання інновацій в передаванні цифрової інформації зумовлює появу нових варіантів технологічних процесів передавання телевізійного контенту. До того ж, можливим стало передавання відеосигналу у високій якості завдяки розвитку стандартів стиснення аудіовізуального контенту та зростанню швидкості безпроводового та мобільного інтернет.

Основним недоліком безпроводового передавання даних є нестабільний рівень сигналу та як наслідок - падіння швидкості передавання даних. Використання новітніх технологій для потокового мовлення підвищує шанси на безперебійне передавання даних у реальному часі.

Мета і завдання дослідження. *Метою* роботи є підвищення якісних показників відеозображення та зменшення часу затримки передавання відеосигналу в умовах проведення онлайн трансляцій в процесі телевиробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі *завдання*:

- проаналізувати процес кодування відеосигналу;
- дослідити існуючі рішення для проведення прямих відеотрансляцій безпроводовим шляхом;

– запропонувати технології, що дозволяють підвищити якісні характеристики відеозображення та зменшити час затримки передавання відеосигналу;

– еспериментально дослідити якісні показники відеозображень, отриманих під час прямих відеотрансляцій з використанням різних технологій.

Об’єкт дослідження – технології кодування, передавання та декодування відеосигналу під час прямих відеотрансляцій.

Предмет дослідження – вплив параметрів прямої відеотрансляції та каналів передавання на якісні показники відеозображення.

Методи дослідження – теоретичне дослідження процесу кодування та декодування відеозображення, аналіз готових систем для проведення безпроводових прямих відеотрансляцій.

Наукова новизна одержаних результатів.

Запропоновано використовувати під час прямих відеотрансляцій технології для підвищення надійності передавання відеоданих безпроводовим шляхом, які полягають у застосуванні спеціальних пакетів, що відновлюють втрачені дані на приймальному боці, та в передаванні відеопотоку з використанням технології бондингу.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений макет системи для проведення безпроводових прямих відеотрансляцій в умовах низького рівня радіопокриття з використанням технології SpeedFusion забезпечує затримку сигналу приблизно 195 мс та високу якість відеозображення.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, що включені до дисертації, оприлюднені на I Всеукраїнській науково-технічній конференції «Сучасні технології кіно та аудіовізуальних систем» (2018).

Публікації. Результати досліджень, наведених в дисертації, оприлюднено в таких виданнях:

1. О.В. Канцедал, О.А. Синиця. Особливості реалізації відеотрансляцій за допомогою інформаційних відеосервісів / П.В. Попович, О.В. Канцедал, О.А.

Синиця // Матеріали конференції «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі». – К: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. - С. 20.

2. О.А. Синиця, О.В. Канцедал. Практичні аспекти реалізації прямих відеотрансляцій / П.В. Попович, О.А. Синиця, О.В. Канцедал // Матеріали конференції «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі». – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. - С. 30.

SUMMARY

Object of this research is how online video broadcasts via wireless networks.

This work is aimed to find the optimal solutions to problems that arise in online video streaming via wireless networks.

The result of the thesis are recommendations for the use of transmission protocols of real-time video; clarify the impact of the structure of the process online streaming by the amount of time delay, recommendations to address the problem of failure modems, and determine the impact of packet loss on the quality of the transmitted video.

The results of this work can be used to improve technology of live video streaming via wireless networks in the TV production.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	10
ВСТУП.....	11
1 ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПРОВОДОВИХ ВІДЕОТРАНСЛЯЦІЙ.....	12
1.1 Класичний метод з використанням ПТС.....	12
1.2 Системи супутникового зв'язку.....	16
1.3 Мобільні технології.....	18
1.3.1 Особливості відеосервісу YouTube.....	19
1.3.2 Особливості відеосервісу Facebook Live.....	21
1.4 Технології LiveU та Teradek.....	22
1.4.1 Технологія LiveU.....	22
1.4.2 Технологія Teradek.....	26
2 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПРОВОДОВОЇ ВІДЕОТРАНСЛЯЦІЇ.....	31
2.1 Протоколи, що використовуються під час прямих відеотрансляцій.....	31
2.1.1 Протокол RTP.....	31
2.1.2 Протокол RTSP.....	36
2.1.3 Протокол LRT.....	38
2.1.4 Апаратно-програмне рішення для протоколу LRT.....	40
2.2 Способи кодування та відеокодеки.....	44
2.3 Затримка в процесі прямої трансляції.....	47
3 ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРЯМИХ ВІДЕОТРАНСЛЯЦІЙ.....	50
3.1 Сучасні стандарти кодування.....	52
3.2 Зв'язування каналів.....	54
3.3 Широкопasmового з'єднання. Приклади технологій.....	54
3.3.1 Streamer PRO Mushroom Networks – потокове відео через мережі 3G/4G/LTE.....	55
3.3.2 Vprinet VPN для потокового мовлення.....	58

3.3.3 Технологія Replink Speedfusion.....	60
4 ПРАКТИЧНЕ ПОРІВНЯННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРЯМИХ ВІДЕОТРАНСЛЯЦІЇ.....	66
4.1 Практична реалізація прямих відеотрансляцій за технологією LiveU....	66
4.1.1 Проблема відмови модемів.....	66
4.1.2 Проблема зміни якості відео.....	67
4.2 Практична реалізація прямих відеотрансляцій за допомогою технології SpeedFusion.....	69
4.2.1 Особливості відеокодера Teradek Cube 155.....	69
4.2.2 Налаштування прямої трансляції.....	71
4.2.3 Налаштування мережі Teradek Cube.....	72
4.2.4 Налаштування роутера Perwave On-the-Go MAX.....	72
4.2.5 Налаштування з'єднання Perwave On-the-Go та Replink Balance 310....	75
4.2.6 Дослідження параметрів прямої трансляції за допомогою макету.....	77
5 СТАРТАП-ПРОЕКТ.....	81
5.1 Основні відомості.....	81
5.2 Технологічний аудит ідеї стартап-проекту.....	83
5.3. Аналіз можливостей ринку для запуску проекту.....	84
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	88
5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	90
ВИСНОВКИ.....	94
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	96
Додаток А.....	98

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЗС	–	земна станція;
КА	–	космічний апарат;
ССЗ	–	супутникові системи зв'язку;
ПТС	–	пересувна телевізійна станція
ТВЧ	–	телебачення високої чіткості;
CODEC	–	Coder/Decoder (кодер/декодер);
RTP	–	Real-Time Transport Protocol (транспортний протокол реального часу);
RTCP	–	Real-time Transport Control Protocol (протокол управління передачею);
RTMP	–	Real Time Messaging Protocol (протокол передавання повідомлень у реальному часі);
LRT	–	LiveU Reliable Transport (надійний транспортний потік LiveU);
SIP	–	Session Initiation Protocol (протокол встановлення сесії);
TCP	–	Transmission Control Protocol (протокол керування передачею);
TDM	–	Time Division Multiplexing (Мультиплексування з розділенням за часом);
UDP	–	User Datagram Protocol (протокол датаграм користувача);
VPN	–	Virtual Public Network (віртуальна публічна мережа);
WAN	–	Wide area Network (глобальна мережа);
QoS	–	Quality of Service (якість обслуговування);
VBR	–	Variable Bitrate (змінний бітрейт).

ВСТУП

Методи передавання телевізійного сигналу вдосконалюються з кожним роком. Завдяки розвитку безпроводових мереж (зокрема, технологій 3G та LTE) швидкісний інтернет став доступним скрізь, де є мобільний зв'язок. Використання інновацій в передаванні цифрової інформації зумовлює появу нових варіантів технологічних процесів передавання телевізійного контенту. До того ж, можливою стала передача відеосигналу у високій якості завдяки розвитку стандартів стиснення аудіовізуального контенту та зростанню швидкості безпроводового та мобільного інтернет.

Основним недоліком безпроводового передавання даних є нестабільний рівень сигналу та як наслідок - падіння швидкості передавання даних. Використання новітніх технологій для потокового мовлення підвищує шанси на безперебійне передавання даних у реальному часі.

Наразі існують такі технології, що підвищують надійність передавання відеоданих безпроводовим шляхом під час проведення відеотрансляції та полягають в застосуванні спеціальних пакетів, які відновлюють втрачені дані на приймальній стороні та в передаванні відеопотоку з використанням технології бондингу: Streamer PRO від Mushroom Networks, Viprinet VPN та Peplink Speedfusion.

1 ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПРОВОДОВХ ВІДЕОТРАНСЛЯЦІЙ

Відеокомунікації відіграють все більшу роль в сучасному світі. Після реалізації передавання звукового сигналу на відстань постало аналогічне завдання передавання відеосигналу. Зараз способи передавання відеосигналу можуть бути аналоговими і цифровими, проводовими і безпроводовими. Серед безпроводових способів передавання першим було використання радіорелейних ліній. Проте для прямих відеотрансляцій вони не дуже підходять. Наземні радіорелейні лінії не можуть в повній мірі задовольнити умовам коректного передавання відеосигналу, особливо якщо вони сильно віддалені один від одного. Між ретрансляторами не може бути великих відстаней, тому розміщення наземних ретрансляторів пов'язано зі значними технічними і економічними труднощами, а зв'язок через океани і важкодоступні території просто неможливий. Від цих недоліків вільні супутникові системи зв'язку (ССЗ). Вони можуть ретранслювати сигнали з висоти в десятки тисяч оцілодобовий зв'язок між будь-якими кінцевими пунктами, а також обмін відеосигналами та одночасну роботу без взаємних завад великої кількості ліній.

1.1 Класичний метод з використанням ПТС

В процесі сучасного телевиробництва важливу роль відіграють позастудійні відеотрансляції, що надходять від телевізійних пунктів або пересувних телевізійних станцій (ПТС).

Пересувна телевізійна станція - це телевізійний центр в мініатюрі, тобто транспортний засіб, який здатний забезпечити необхідну мобільність і оперативність, що дуже важливо для сучасних великих телекомпаній (рис. 1.1).

ПТС використовують як для транспортування телевізійних передач до місця зйомки, так і для здійснення процесу зйомки і передавання телевізійного сигналу на центральну телестудію.



Рисунок 1.1 – ПТС на базі мікроавтобуса

Апаратна з пультами управління розміщена безпосередньо в автобусі. Камери сполучені з автобусом за допомогою кабелів. Передавачі ПТС працюють в дециметровому або сантиметровому діапазоні та зазвичай розташовуються на даху автобуса або на даху найближчої будівлі.

Один з передавачів — постійно працюючий, натомість інший знаходиться в резерві. Антени передавачів ПТС орієнтують на башту телецентру, де розміщені приймальні антени. З метою забезпечення прийому з будь-якого сектора міста на башті встановлюють три антени, орієнтація яких налаштовується дистанційно з приймальної апаратної. У приймальній апаратній радіосигнали перетворюються в стандартний телевізійний сигнал.

Ефективність роботи всього комплексу ПТС значною мірою залежить від зручності її експлуатації та обслуговування, тобто – від чіткої організації внутрішнього простору.

Зазвичай автомобіль ПТС містить такі відсіки:

- відеорежисера;
- звукорежисера;
- інженерний;

- операторів відеомагнітофонів та / або операторів відеосерверів повторів;
- інженерно-технічний;
- електроживлення;
- комутаційний;
- багажний;
- інші.

Тим не менше, на практиці, деякі відсіки можуть бути об'єднаними, або й зовсім відсутніми, залежно від розміру ПТС.

Як правило, відсік відеорежисера – це робоче місце відеорежисера, асистента, продюсера, редакторів, оператора графічної станції та операторів відеоповторів. В випадку, коли передбачено формування декількох програм, на кожен додаткову програму необхідно оснастити відсік ще одним-двома робочими місцями.

У відсіку відеорежисера встановлюють панель управління відеомікшера, панелі службового зв'язку, моніторний стелаж, панель управління додатковим відеомікшером, який використовують для формування другої програми та пульт управління відеосервером (для формування відеоповторів).

У відсіку звукорежисера розміщують звуковий мікшер (один або декілька), панель службового зв'язку (інтерком), з метою контролю параметрів звукового супроводу використовують акустичні системи, індикатори рівня сигналу і гоніометри, для контролю відеоряду присутні кілька відеомоніторів. Іноді відсік звукорежисера оснащують робочим місцем асистента або звукоінженера.

Інженерно-технічний відсік містить робочі місця оператора відеомагнітофонів, операторів камерних каналів, старшого інженера та / або спеціаліста з освітлення. Тут також встановлюють монтажний контролер або контролер управління відеомагнітофонами, контрольово-вимірювальне обладнання, панелі службового зв'язку і панелі управління матричним

комутатором, пульти дистанційного управління камерними каналами, прецизійний монітор і монітор форми сигналу.

До стандартного оснащення ПТС входять:

- відео-і телекамери (від 3 до 30 шт.);
- апаратура обробки і перетворення сигналу;
- відеомагнітофони (2шт.);
- відеоконтрольні пристрої (по кількості камер);
- відеомікшерний і звуковий мікшерні пульти;
- блоки відеоефектів;
- програвач компакт-дисків;
- цифрові графічні станції;
- блоки безперебійного живлення і т.д.

Сучасні пересувні телевізійні станції – найскладніші комплекси телевізійного виробництва, основна задача яких - працювати навіть в екстремальних умовах в режимі реального часу. Дану установку можна назвати повноцінною ефірною студією на колесах. Обслуговування ПТС здійснюється лише висококваліфікованими професіоналами, які повністю відповідають за відзнятий і переданий в прямий ефір матеріал. Це ключова і незмінна умова як для творчої, так і для технічної бригад.

У випадку виникнення неполадок під час прямої трансляції, фахівцям необхідно вміти негайно усувати їх і завжди підтримувати устаткування в робочому стані. Творчу бригаду формують в залежності від того, для яких завдань використовується ПТС, наприклад, це може бути музичний концерт, спортивна трансляція і багато інших подій.

1.2 Системи супутникового зв'язку

Ідея встановлення ретранслятора на космічному апараті (КА) лежить в основі побудови супутникової системи зв'язку. Рух космічного апарату довгий час відбувається без енергетичних витрат, а енергопостачання всіх систем забезпечують сонячні батареї. КА, що розміщується на досить високій орбіті, в змозі «охопити» досить велику територію – близько третини Земної поверхні. Через його бортовий ретранслятор можуть зв'язуватися будь-які станції, що розміщуються на цій території. Принцип супутникового зв'язку полягає в ретрансляції сигналу апаратурою супутника від передавальних наземних станцій до приймачів. Супутник - це пристрій зв'язку, що отримує сигнали від земної станції (ЗС), підсилює їх і транслює в широкомовному режимі одразу на всі ЗС, що розташовуються в полі видимості супутника. Супутник не ініціює і не термінує жодної користувацької інформації, за винятком сигналів контролю і корекції технічних проблем, що з'являються, і сигналів його позиціонування. Супутникове передавання розпочинається в деякій ЗС, проходить через супутник, і завершується в одній або більшій кількості ЗС. ССЗ складають три базові елементи: космічного сегменту, сигнальної частини і наземного сегмента (рис. 1.2). Космічний сегмент вирішує питання проектування супутника, розрахунку його орбіти і запуску. Сигнальна частина відповідає за питання спектру частоти, що використовується, впливу відстані на організацію та підтримання зв'язку, джерела інтерференції сигналу, схем модуляції і протоколів передавання. Наземний сегмент включає розміщення і конструкцію ЗС, види антен, що використовуються для різних додатків, схеми мультиплексування, що забезпечують ефективний доступ до каналів супутника.

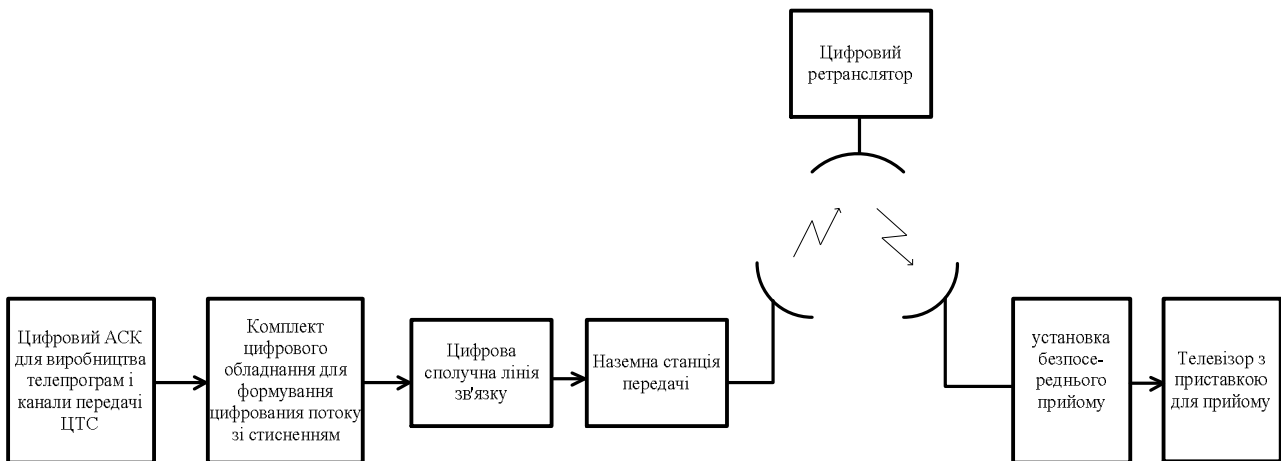


Рисунок 1.2 – Структурна схема типового тракту цифрового супутникового телебачення

ССЗ мають унікальні особливості, що відрізняють їх від інших систем зв'язку. Деякі особливості забезпечують переваги, які роблять супутниковий зв'язок привабливою для ряду додатків. Інші створюють обмеження, які неприйнятні при реалізації деяких прикладних задач. ССЗ має ряд переваг:

1. Стійкі витрати. Вартість передачі через супутник по одному з'єднанню не залежить від відстані проміжній ЗС. Більш того, всі супутникові сигнали - ширококомвні. Вартість супутникової передачі, отже, залишається незмінною незалежно від числа приймаючих ЗС.

2. Широка смуга пропускання.

3. Мала ймовірність помилки. У зв'язку з тим, що при цифровій супутникової передачі побітові помилки досить випадкові, застосовуються ефективні та надійні статистичні схеми їх виявлення та виправлення.

Виділимо також ряд обмежень у використанні ССЗ:

1. Значна затримка. Велика відстань від ЗС до супутника на геосинхронній орбіті призводить до затримки поширення, довжиною майже в чверть секунди. Ця затримка цілком відчутна при телефонному з'єднанні і

робить надзвичайно неефективним використання супутникових каналів при адаптованою для ССЗ передачі даних.

2. Розміри ЗС. Вкрай слабка на деяких частотах супутниковий сигнал, який доходить до ЗС (особливо для супутників старих поколінь), змушує збільшувати діаметр антени ЗС, ускладнюючи тим самим процедуру розміщення станції.

3. Захист від несанкціонованого доступу до інформації. Широкомовлення дозволяє будь ЗС, налаштованої на відповідну частоту, приймати транслюється супутником інформацію. Лише шифрування сигналів, часто досить складне, забезпечує захист інформації від несанкціонованого доступу.

4. Інтерференція. Супутникові сигнали, що діють в Ku- або Ka-смугах частот (про них нижче), вкрай чутливі до поганої погоди. Супутникові мережі, що діють в С-смугі частот, сприйнятливі до мікрохвильовим сигналам. Інтерференція внаслідок поганої погоди погіршує ефективність передачі в Ku- і Ka-смугах на період від кількох хвилин до кількох годин. Інтерференція в С-смугі обмежує розгортання ЗС в районах проживання з високою концентрацією жителів [1].

Вплив згаданих переваг і обмежень на вибір супутникових систем для приватних мереж досить значно. Рішення про використання ССЗ, а не розподілених наземних мереж, щоразу необхідно економічно обґрунтувати. Все більш зростаючу конкуренцію ССЗ складають оптоволоконні мережі зв'язку.

1.3 Мобільні технології

Мобільні технології (прямі відеотрансляції з мобільного телефону чи планшету за допомогою 3G-інтернету) не вимагають наявності навіть оператора. Журналіст стає вільним і «мобільним». Навіть, перебуваючи в іншому місті (в разі відсутності регіонального відділу) – здатний засвідчити необхідні події. Проведення онлайн трансляції з мобільного пристрою можливе завдяки використанню таких сервісів, як YouTube, Facebook Live та ін.

1.3.1 Особливості відеосервісу YouTube

Зараз все більше інтернет-користувачів створюють свої канали на сайті YouTube.com. Можна використовувати канал на YouTube, щоб вести свій відеоблог, ділитися з іншими знаннями та досвідом або просто викладати на ньому особисті відео.

Незважаючи на простоту процесу завантаження файлів на сайт, на цьому етапі можуть виникнути проблеми: наприклад, можна побачити повідомлення "Неправильний формат файлу", якщо YouTube не підтримує формат файлу.

На YouTube можна викладати відеофайли в наступних форматах: MP4, AVI, WMV, MOV, 3GP, FLV, MPEG-1,2, MPEG-4, WebM, H.264 [2].

Оптимальним форматом відео для YouTube є MP4 з відеокодеком H.264 і з аудіокодеком AAC, оскільки він дозволяє отримувати відео хорошої якості з невеликими розмірами файлів.

Розширені налаштування кодування

Контейнер MP4:

- монтажні листи: не використовувати (інакше може порушитися синхронізація);
- MOOV atom: на початку файлу (швидкий запуск).

Аудіокодек AAC-LC:

- канали: стерео або 5.1 + стерео;
- частота дискретизації: 96 або 48 кГц.

Відеокодек H.264

- розгортка: прогресивна;
- профіль: високий (High);
- B-кадри: два поспіль;
- GOP: замкнена, довжина дорівнює половині частоти кадрів;
- CABAC (контекстно-адаптивне двійкове арифметичне кодування);

– бітрейт: змінний. Максимальний бітрейт не обмежений; рекомендовані значення у табл. 1.1 [2];

– колірна субдискретизація: 4:2:0;

Частота кадрів:

– частота кадрів: не змінюється вихідне значення;

– зазвичай використовуються значення 24, 25, 30, 48, 50, 60 та деякі інші;

– якщо використовують черезрядкова розгортка, необхідно перетворити в прогресивну. Ролик формату 1080, частотою 60 кадрів в секунду можна перетворити у відео з прогресивною розгорткою і частотою 30 кадрів в секунду.

Таблиця 1.1 - Бітрейт, стандартна якість

Тип трансляції	Бітрейт відео	Бітрейт аудіо (моно)	Бітрейт аудіо (стерео)	Бітрейт аудіо (5.1)
2160p (4K)	35-45 Мбіт/с	128 кбіт/с	384 кбіт/с	512 кбіт/с
1440p (2K)	10 Мбіт/с	128 кбіт/с	384 кбіт/с	512 кбіт/с
1080p	8000 кбіт/с	128 кбіт/с	384 кбіт/с	512 кбіт/с
720p	5000 кбіт/с	128 кбіт/с	384 кбіт/с	512 кбіт/с
480p	2500 кбіт/с	64 кбіт/с	128 кбіт/с	196 кбіт/с
360p	1000 кбіт/с	64 кбіт/с	128 кбіт/с	196 кбіт/с

Таблиця 1.2 - HD-якість (зі швидким підключенням)

Тип трансляції	Бітрейт відео	Бітрейт аудіо (моно)	Бітрейт аудіо (стерео)	Бітрейт аудіо (5.1)
1080p	50 000 кбіт/с	128 кбіт/с	384 кбіт/с	512 кбіт/с
720p	30 000 кбіт/с	128 кбіт/с	384 кбіт/с	512 кбіт/с
480p	15 000 кбіт/с	128 кбіт/с	384 кбіт/с	512 кбіт/с
360p	5000 кбіт/с	128 кбіт/с	384 кбіт/с	512 кбіт/с

Роздільна здатність і співвідношення сторін. На YouTube використовується програвач із співвідношенням сторін 16: 9. Якщо у відео інший формат, з боків (або зверху і знизу) будуть додані чорні смуги. Щоб відео повністю заповнювало вікно програвача, необхідно встановити одне з наступних значень:

- 2160p: 3840 × 2160;
- 1440p: 2560 × 1440;
- 1080p: 1920 × 1080;
- 720p: 1280 × 720;
- 480p: 854 × 480;
- 360p: 640 × 360;
- 240p: 426 × 240.

1.3.2 Особливості відеосервісу Facebook Live

Працювати з сервісом просто. Для того, щоб вести онлайн трансляцію з мобільного пристрою, необхідно використовувати додаток Facebook. Для цього необхідно відкрити програму, натиснути на верхню частину екрану, де написано: «Про що ви думаєте». Відкриється новий екран, на якому потрібно вибрати значок «В ефір»

Почати трансляцію з настільного комп'ютера складніше. Для початку, ви не можете вести мовлення з особистого профілю, використовуючи вбудований додаток. Тільки за допомогою стороннього ПО, наприклад, OBS.

Параметри потокового мовлення для ПО наступні:

- Відео бітрейт не вище 2500 Kbps
- Роздільна здатність не вище 1280 * 720
- Частота кадрів не більше 30 в секунду

Після налаштування програми для стрімінга, на сторінці в Facebook необхідно вибрати опцію «Інструменти для публікації». Тут необхідно натиснути вкладку «Відео => В ефір». Далі необхідно ввести в відповідні налаштування ключ потоку і URL-адресу потоку або сервера. Останній крок - додати опис стріму і почати потокове мовлення [3].

Перевагою сервісу Facebook Live є аудиторія соціальної мережі. До того ж сервіс досить потужний за своїми можливостями. Використовуючи API Facebook можливо проводити трансляції з професійних камер і інтегрувати їх в свій робочий процес.

Однак у Facebook також є і суттєві недоліки. Одним з них є те, що відео контент Facebook вкрай погано індексується пошуковими системами. Це означає, що пошукові механізми Google, Яндекс, Yahoo можуть ніколи не виявити пост. Теж саме стосується і онлайн трансляцій і архівних відео.

Можливо знайти контент всередині самої соціальної мережі, але пошуки за допомогою зовнішніх механізмів іноді просто не приносять користі. Це далеко не найкраща ситуація, особливо якщо порівнювати з YouTube.

Іншим недоліком сервісу Facebook Live є його обмеження на роздільну здатність під час онлайн трансляції - 720p HD. До того ж максимальний бітрейт всього 2500 Kbps. Присутнє також обмеження за часом мовлення, не більше 7 годин [3].

1.4 Технології LiveU та Teradek

Розглянемо сучасні технології професійного стрімінгу – LiveU та Teradek.

1.4.1 Технологія LiveU

Технологія LiveU - це технологія передавання відеоматеріалу з кількох безпроводових каналів зв'язку (GPRS/EDGE, UMTS, CDMA, LTE і Wi-Fi) одночасно. Відеосигнал з камери потрапляє в модуль LiveU і розбивається за

спеціальним алгоритмом на кілька дрібних потоків, кожен з яких спрямовується в окремий, незалежний канал зв'язку. При цьому зберігається формат переданого відео з максимальною роздільною здатністю Full HD (1080p і до 60 кадрів в секунду). Наприклад, пристрій LiveU HD60 заснований на високошвидкісній SmartRF-технології, яка забезпечує стійке передавання відеоданих навіть через мобільні канали [4]. Трансляція відео буде стабільною з мінімальною затримкою і без втрати якості, незалежно від місця розташування оператора, будь то жвава вулиця мегаполісу, пустельний полігон, підземний перехід або висотна будівля.

Технологія передачі відео досить проста: основний потік (10-12 Мбіт/с) розбивається на кілька дрібних потоків, які згодом передаються по каналах CDMA, UMTS, LTE або Wi-Fi. На приймальній стороні, наприклад, в новинній студії, знаходиться комп'ютер зі спеціальною програмою, яка здійснює об'єднання потоків в вихідний відеосигнал. Іншими словами, відео склеюється і передається в мережу Інтернет. LiveU об'єднує кілька нестабільних каналів мобільного зв'язку в один стабільний широкий канал, оптимізований для передачі в прямому ефірі. Відео прямої трансляції кодується і стискається в форматі H.264, а потім передається. Пристрій LiveU HD60 отримує відеопотік через інтерфейси SDI або HDMI. Також в ньому є цифровий відеовихід DV IEEE тисяча триста дев'яносто чотири Firewire.



Рисунок 1.3 – Рішення для безпроводових відеотрансляцій (а – LiveU, б – Dejero)

З цією технологією вже працюють провідні телеканали Америки, Великобританії, України і Росії, з використанням обладнання LiveU велися прямі трансляції з Олімпійських Ігор в Лондоні [5].

Технологія Dejero LIVE - платформа, яка дозволяє транслювати HD відео через 3G, 4G, LTE, Wi-Fi, Ethernet, супутникові та інші канали зв'язку. Вона дозволяє вести прямі трансляції як для традиційних глядачів, так і для інтернет-користувачів, при цьому картинка віддається в високоякісному HD або SD форматі.

Платформа Dejero автоматично завантажує відео з різних записуючих пристроїв і передає його по різних каналах зв'язку на швидкості близько 2 Мбіт/с. Відеоматеріали завантажуються на віртуальне хмарне сховище, з якого вже можна здійснювати трансляцію в інтернет або здійснювати прямий ефір на ТБ (рис.1.3). Відеосигнал йде з невеликою затримкою для того, щоб встигнути перервати трансляцію або вирізати непотрібні відеофрагменти. Підтримується передача відео з роздільною здатністю до 960p [6].

Технологія Vomodo - це, по суті, рюкзак, який здатний передавати відеосигнал з будь-якого місця. Технологія Vomodo забезпечує ефективну доставку відеосигналу з використанням будь-якого оператора мобільного зв'язку. Це дуже зручно при трансляції оперативних новин і спортивних змагань з будь-якої точки планети. Послугами Vomodo користуються такі компанії як Comcast, CBS, FOX, ABC і ін.

Технологія Vomodo SplitSolid - це мобільний пристрій для відеотрансляції, який можна використовувати в будь-якому місці і в будь-який час. Він може захоплювати і передавати відео в форматах 4: 3 або 16: 9, з роздільною здатністю 320x240, 640x480, 720x480, HD 720i, HD 1080i. Батареї живлення вистачить приблизно на 2-4 години відео зйомки [7].

У табл. 1.3 представлені порівняльні характеристики обладнання для прямих трансляцій.

Таблиця 1.3 - Порівняльні характеристики обладнання для прямих трансляцій

	ССЗ+ПТС	Камера+LiveU/Aviwest	Мобільні технології
Оперативність подачі новин	40 хв.	10 хв.	5 хв.
Швидкість розгортання	30 хв.	5 хв.	3 хв.
Вартість	Висока	Середня	Низька
Якість зображення	+	+/-	-/+
Затримка сигналу	5-7 сек.	5-7 сек.	5-7 сек.
Стійкість сигналу	+	+/-	+/-
Простота використання	-	+	+
Вартість	Від 1 млн. грн.	Від 200 тис. грн.	Від 1000 грн.

1.4.2 Технологія Teradek

Teradek Beam

Teradek Beam - це повнофункціональний H.264-кодер з підтримкою FullHD-камер, що здатний передавати високоякісний відеосигнал зі швидкістю до 50 Мбіт/с. Пристрій має 3 3G-SDI входи і легко інтегрується з усіма популярними професійними відеокамерами. Для налаштування кодера передбачено OLED-екран. В наявності LAN-порт для трансляції по провідним мережам і двонаправлений послідовний порт для управління камерою.

Teradek Beam є багатоадресним пристроєм, що здатний приймати до 4 сигналів від передавачів і включає у себе виділений двонаправлений IFB-канал, який дозволяє координатору служби новин та прямих ефірів говорити безпосередньо з оператором на місці зйомки. Beam підтримує передавання

сигналу з високою потужністю у діапазоні 5.15-5.25 ГГц. Відекодер сумісний з протоколами RTSP та MPEG-TS, що дозволяє передавати відеосигнал через IP-мережу на декодер Beam чи безпосередньо на комп'ютери, які мають високошвидкісний канал зв'язку [8]. Декодер Beam також може виступати у ролі RTSP-сервера, який буде ретранслювати відеопотік безпосередньо на локальний комп'ютер. Характеристики пристрою наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Характеристики Teradek Beam

Відеоформати	1080p/60, 1080p/50, 1080i/60, 1080i/50, 1080p/30, 1080p25, 1080p/24, 720p/60, 720p/50, 525i/60, 625i/50
Кодування відео	HD: 1920, 1440, 1280, 960x1080; 1280, 960, 800, 640x720; 1920x540; SD: 720, 528, 480, 352x480; 320x240; 720, 528, 480, 352x576; 320x288;
Метод стиснення	Streambox ACTL3- AP
Аудіоформати	AAC 1/2/4-канальний, CELP, GSM одноканальний
Мережні інтерфейси	1x Gigabit Ethernet 2x USB 3.0 2x WiFi: 1xStreaming, 1xControl (Hotspot) 802.11 a/b/g/n, підтримка до 6-ти зовнішніх USB-модемів
Протоколи передавання	LDMP 2.0, UDP, TCP
Відеовходи	HD/SD-SDI та HDMI
Аудіовходи	SDI Audio – 4 канали / HDMI audio – 2 канали
Відео пост-фільтрація	Черезрядкова/прогресивна, де-блокінг, анти-аліасинг
Профілі кольору	4:2:0, 4:2:2
Коннектори	2x USB 3.0, 1x Micro USB 2.0, BNC, RJ-45, DC-Jack, HDMI-In, OTG
Корпус	Алюмінієвий, 126 мм Ш x 128 мм Г x 30 мм В

Зовнішній вигляд пристрою показано на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Комплект відеокодер/декодер Teradek Beam

Teradek Cube 155

Teradek Cube – це сімейство портативних кодерів та декодерів для передавання стисненого відеопотоку високої чіткості від мобільного джерела, в першу чергу відеокамери. Кодер, приймаючи на вхід стандартний відеосигнал в цифровому SDI або HDMI або аналоговому композитному форматі (в залежності від моделі), стискає його кодеком H.264 і передає по мережі Інтернет, де може бути прийнятий декодером Cube, власним мовним сервером або хмарними мовними сервісами. До мережі Інтернет відеокодер під'єднується по кабелю Ethernet 10/100 Mbit. За допомогою додаткових пристроїв, таких як WiFi чи 3G/4G/LTE USB модеми, Cube може працювати як клієнт мережі WiFi або 3G/4G/LTE мобільних сервісів. Для підвищення мобільності та компактності частина моделей Cube має вбудований WiFi –модуль, який дозволяє не тільки здійснювати безперервне передавання відео, але і керувати системою з мобільних пристроїв iOS та Android [9].

Вбудована акумуляторна батарея забезпечує до 120 хвилин безперервної роботи відеокодера, а роз'єм зовнішнього живлення дозволяє жити Cube від мережі, додаткового акумулятора чи універсального зарядного пристрою. Cube має вбудований рекордер, який дозволяє зберігати проксі-копії у форматі .mov чи .mp4 файлів на карту пам'яті формату MicroSD чи на під'єднаний мережевий NFS дисковий масив.

Налаштування та керування режимами пристрою забезпечуються OLED дисплеєм та джойстиком навігації.

Декодери Cube проводять декодування отриманого проводимим чи безпроводим шляхом відеопотоку, причому незалежно від того, який тип сигналу (SDI чи HDMI) віддає кодер, декодер видає сигнал в форматі власного виходу (SDI чи HDMI). Завдяки мінімальному часу затримки сигналу Cube дозволяє не тільки здійснювати віддалений моніторинг, але й виконувати дистанційне керування мобільними системами. Для роботи з хмарними сервісами (Zixi, Akamai, Ustream, Justin.tv, Livestream та Youtube Live) відеокодер підтримує широкий діапазон протоколів передавання відеопотоку через мережу Інтернет: протоколи Point to Point (TCP/UDP), Multiple Unicast (UDP), HTTP Live Streaming, RTMP, RTP, RTSP, RTP over HTTP та опціонально MPEG-TS чи Multicast (UDP+IGMP). Новий плагін Stream Reader для NewTek TriCaster та Telestream Wirecast дозволяє отримати в додатку потік з кодера Cube або Sputnik-сервера.



Рисунок 1.5 – Відеокодери Teradek Cube 155 (HDMI та SDI версії)

Характеристики пристрою наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Характеристики Teradek Beam

Відеоформати	1080p/60, 1080p/50, 1080i/60, 1080i/50, 1080p/30, 1080p25, 1080p/24, 720p/60, 720p/50, 525i/60, 625i/50
Кодування відео	HD: 1920, 1440, 1280, 960x1080; 1280, 960, 800, 640x720; 1920x540; SD: 720, 528, 480, 352x480; 320x240; 720, 528, 480, 352x576; 320x288;
Метод стиснення	Streambox ACTL3- AP
Аудіоформати	AAC 1/2/4-канальний, CELP, GSM одноканальний
Мережні інтерфейси	1x Gigabit Ethernet 2x USB 3.0 2x WiFi: 1x Streaming, 1x Control (Hotspot) 802.11 a/b/g/n, підтримка до 6-ти зовнішніх USB- модемів
Протоколи передавання	LDMP 2.0, UDP, TCP
Відеовходи	HD/SD-SDI та HDMI
Аудіовходи	SDI Audio – 4 канали / HDMI audio – 2 канали
Відео пост-фільтрація	Черезрядкова/прогресивна, де-блокінг, анти-аліасинг
Профілі кольору	4:2:0, 4:2:2

Висновки до розділу

1. В сучасному телевиробництві застосування таких технологій потокового відеомовлення, як ССЗ та ПТС має ряд недоліків: значна затримка, великі габарити земної станції та ПТС, проблеми з захистом інформації та інтерференція (вплив погодних умов).

2. Мобільні технології поки що також не можуть широко застосовуватись під час онлайн трансляцій, адже в мобільних сервісах обмежено роздільну здатність під час онлайн трансляції, до того ж - зачасту невисокий максимальний бітрейт (в районі 2500 кбит/с). В деяких випадках присутнє навіть обмеження за часом мовлення.

3. Рекомендовано під час прямих відеотрансляцій використовувати такі технології, як LiveU та Teradek, які оперативно можуть бути розгорнуті і застосовані у найкоротші терміни та яким притаманні мінімальні затримки з використанням 4G-технологій. Якість зображення можна порівняти зі студійною, при тому, що ці технології економічно значно вигідніші, ніж ПТС та ССЗ.

2 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПРОВОДОВОЇ ВІДЕОТРАНСЛЯЦІЇ

2.1 Протоколи, що використовують під час прямих відеотрансляцій

2.1.1 Принципи будови протоколу RTP

Транспортний протокол реального часу – RTP (Real-Time Transport Protocol), який гарантує доставку даних одному або більше адресатам із затримкою в заданих межах, тобто дані можуть бути відтворені в реальному часі.

RTP не підтримує будь-яких механізмів доставки пакетів, забезпечення достовірності передачі або надійності з'єднання. Ці всі функції покладаються на транспортний протокол. RTP працює поверх UDP і може підтримувати передачу даних в реальному часі між кількома учасниками RTP-сеансу.

Для кожного учасника RTP сеанс визначається парою транспортних адрес призначення пакетів (один мережеву адресу - IP і пара портів: RTP і RTCP).

Пакети RTP містять наступні поля: код відправника, який вказує, хто з учасників генерує дані, позначки про час генерування пакета, щоб дані могли бути відтворені приймаючою стороною з правильними інтервалами, інформація про порядок передачі, а також інформація про характер вмісту пакета, наприклад, про типі кодування відеоданих (MPEG та ін.) [10]. Наявність такої інформації дозволяє оцінити величину початкової затримки і обсягу буфера передачі.

У типовій середовищі реального часу відправник генерує пакети з постійною швидкістю. Вони відправляються через однакові інтервали часу, проходять через мережу і приймаються одержувачем, що відтворює дані в реальному часі по їх отриманні. Однак з огляду на зміни часу затримки при передачі пакетів по мережі, вони можуть прибувати через нерегулярні проміжки часу. Для компенсації цього ефекту пакети буферизуються, затримуються на деякий час і потім надаються з постійною швидкістю програмному забезпеченню, що генерує вихідний потік. Тому для

функціонування протоколу реального часу необхідно, щоб кожен пакет містив тимчасову мітку таким чином одержувач може відтворити дані, що надходять з тією ж швидкістю, що і відправник.

Оскільки RTP визначає і регулює формат корисного навантаження переданих даних, з цим безпосередньо пов'язана концепція синхронізації, за яку частково відповідає механізм трансляції RTP – мікшер. Беручи потоки пакетів RTP від одного або більше джерел, мікшер, комбінує їх і посилає новий потік пакетів RTP одному або кільком одержувачам. Мікшер може просто комбінувати дані, а також змінювати їх формат, наприклад, при поєднанні декількох джерел звуку. Припустимо, що нова система хоче взяти участь в сеансі, але її канал до мережі не має достатньої ємності для підтримки всіх потоків RTP, тоді мікшер отримує всі ці потоки, об'єднує їх в один і передає останній новому члену сеансу. При отриманні декількох потоків мікшер просто складає значення імпульсно-кодової модуляції. Заголовок RTP, що генерується мікшером, включає ідентифікатор відправника, чиї дані присутні в пакеті.

Більш простий пристрій – транслятор, створює один вихідний пакет RTP для кожного вхідного пакету RTP. Цей механізм може змінити формат даних в пакеті або використовувати інший комплект низькорівневих протоколів для передачі даних з одного домену в інший. Наприклад, потенційний одержувач може виявитися не в змозі обробляти високошвидкісний відеосигнал, використовуваний іншими учасниками сеансу. Транслятор конвертує відео в формат нижчої якості, що вимагає не таку високу швидкість передачі даних.

Методи контролю роботи. Протокол RTP використовується тільки для передачі призначених для користувача даних, зазвичай багато адресної, всім учасникам сеансу. Спільно з RTP працює протокол RTCP (Real-time Transport Control Protocol), основне завдання якого полягає в забезпеченні управління передачею RTP. RTCP використовує той же самий базовий транспортний протокол, що і RTP, але відрізняється номером порту [10].

Формат заголовка протоколу RTP. RTP – потокоорієнтований протокол. Заголовок RTP-пакета створювався з урахуванням потреб передачі в реальному часі. Він містить інформацію про порядок проходження пакетів, щоб потік даних був правильно зібраний на приймаючому кінці, і тимчасову мітку для правильного чергування кадрів при відтворенні і для синхронізації декількох потоків даних, наприклад, відео та аудіо.

Кожен пакет RTP має основний заголовок, а також, можливо, додаткові поля, специфічні для програми.

Використання TCP як транспортний протокол для цих додатків неможливо з кількох причин:

1. Цей протокол дозволяє встановити з'єднання тільки між двома кінцевими точками, отже, він не підходить для багатоадресної передачі.
2. TCP передбачає повторну передачу втрачених сегментів, що відбуваються, коли додаток реального часу вже їх не чекає.
3. TCP не має зручного механізму прив'язки інформації про синхронізацію до сегментів - додаткова вимога додатків реального часу.

Інший широко використовуваний протокол транспортного рівня - UDP не має частини обмежень TCP, але і він не надає критичної інформації про синхронізацію.

Незважаючи на те, що кожен додаток реального часу може мати свої власні механізми для підтримки передачі в реальному часі, вони мають багато спільних рис, а це робить визначення єдиного протоколу досить бажаним. Протокол RTP переносить у своєму заголовку дані, необхідні для відновлення голосу та відео на приймальному вузлі, а також дані про тип кодування інформації (JPEG, MPEG і т. п.). В заголовку цього протоколу, зокрема, передаються мітка і номер пакету. Ці параметри дозволяють при мінімальних затримках визначити порядок і час декодування кожного пакета, а також інтерполювати втрачені пакети.

RTP не має стандартного зарезервованого номера порту. Єдине обмеження полягає в тому, що з'єднання проходить з використанням парного

номера, а наступний непарний номер використовується для зв'язку з протоколом RTSP. Той факт, що RTP використовує динамічно визначені адреси портів, створює йому труднощі для проходження між мережевими екранів, для обходу цієї проблеми, як правило, використовується STUN-сервер.

Встановлення і розрив з'єднання не входить в список можливостей RTP, такі дії виконуються сигнальним протоколом (наприклад, RTSP або SIP протоколом).

В табл. 2.1 наведено структуру RTP-пакета. Пакет RTP – інформаційний пакет, що містить фіксований заголовок. Один пакет транспортного нижнього рівня, наприклад UDP, зазвичай містить один RTP-пакет, але це вимога не є обов'язковим.

Таблиця 2.1 – Структура RTP-пакета

Біти	0-1	2	3	4-7	8	9-15	16-31
0	Ver.	P	X	CC	M	PT	Порядковий номер
32	Мітка часу						
64	SSRC-ідентифікатор						
96	SSRC-ідентифікатор						
96+(CC×32)	Додатковий заголовок						
96+(CC×32) + (X×(AHL+16))	Дані						

V (2 біта). Поле версії. Поточна версія - друга.

P (1 біт). Поле заповнення. Це поле сигналізує про наявність заповнюючих октетів наприкінці корисного навантаження. Заповнення застосовується, коли додаток вимагає, щоб розмір корисного навантаження був кратний, наприклад, 32 бітам. У цьому випадку останній октет вказує число заповнюючих октетів .

X (1 бит). Поле розширення заголовка. Коли це поле задано, то за основним заголовком слідує ще один додатковий, використовуваний в експериментальних розширеннях RTP.

СС (4 бита). Поле числа відправників. Це поле містить число ідентифікаторів відправників, чиї дані знаходяться в пакеті, причому самі ідентифікатори слідують за основним заголовком.

M (1 бит). Поле маркера. Сенс біта маркера залежить від типу корисного навантаження. Біт маркера використовується зазвичай для позначення меж потоку даних. У випадку відео він задає кінець кадру. У випадку голосу він задає початок промови після періоду мовчання.

РТ (7 бит). Поле типу корисного навантаження. Це поле ідентифікує тип корисного навантаження і формат даних, включаючи стиснення і шифрування. У стаціонарному стані відправник використовує тільки один тип корисного навантаження протягом сеансу, але він може його змінити у відповідь на зміну умов, якщо про це сигналізує протокол управління передачею в реальному часі RTCP (Real-Time Transport Control Protocol).

Порядковий номер (16 бит). Поле порядкового номера. Кожне джерело починає нумерувати пакети з довільного номера, збільшеного потім на одиницю з кожним посланим пакетом даних RTP. Це дозволяє виявити втрату пакетів і визначити порядок пакетів з однаковою відміткою про час. Декілька послідовних пакетів можуть мати одну і ту ж позначку про час, якщо логічно вони породжені в один і той же момент, як, наприклад, пакети, що належать до одного і того ж відеокадру .

Мітка часу (32 бита). поле позначки про час. Це поле містить момент часу, в який перший октет даних корисного навантаження був створений. Одиниці, в яких час вказується в цьому полі, залежать від типу корисного навантаження. Значення визначається по локальних годинах відправника..

Synchronization Source (SSRC) Identifier (32 бита). Поле ідентифікатора джерела синхронізації: сгенероване випадковим чином число, унікальним чином ідентифікує джерело протягом сеансу і незалежне від мережевої адреси.

Це число грає важливу роль при обробці порції даних, що надійшла від одного джерела.

Contributing source (CSRC) Identifier (32 бита). С полів ідентифікаторів джерела, "підмішаних" в основний потік, наприклад, за допомогою мікшера. Мікшер вставляє цілий список SSRC ідентифікаторів джерел, які брали участь у побудові даного RTP-пакета. Цей список і називається CSRC. Кількість елементів у списку: від 0 до 15. Якщо число учасників більше 15 - вибираються перші 15. Прикладом може служити аудіо-конференція, в RTP- пакети якої зібрані промови всіх учасників, кожен зі своїм SSRC – вони то і утворюють список CSRC. При цьому вся конференція має загальний SSRC.

RTP разом з іншими описаними стандартами дозволяє з успіхом передавати відео та аудіо по звичайних IP-мереж. RTP та RTCP – стандартизоване рішення для мереж з передачею даних в реальному часі. Єдиний недолік його, що воно призначене тільки для IP-мереж. Однак це обмеження тимчасове: мережі так чи інакше будуть розвиватися в цьому напрямку. Дане рішення обіцяє вирішити проблему передачі чутливих до затримок даних в мережі Internet.

2.1.2 Протокол RTCP

Протокол управління передачею RTCP (Real-Time Transport Control Protocol) працює з декількома адресатами для забезпечення зворотного зв'язку з відправниками даних RTP і іншими учасниками сеансу. RTCP використовує той же самий базовий транспортний протокол, що і RTP (зазвичай, UDP), але інший номер порту. Кожен учасник сеансу періодично посилає RTCP-пакет всім іншим учасникам сеансу.

Протокол RTCP, як і всякий керуючий протокол, значно складніше і за структурою, і по виконуваних функцій (порівняйте, наприклад, протоколи IP і TCP). Хоча основу протоколу RTCP становить RTP, він містить безліч додаткових полів, за допомогою яких він реалізує свої функції.

RTCP виконує кілька функцій:

1. Забезпечення та контроль якості послуг і зворотний зв'язок у разі перевантаження. Так як, RTCP-пакети є багато адресними, всі учасники сеансу можуть оцінити, наскільки гарні робота і прийом інших учасників. Повідомлення відправника дозволяють одержувачам оцінити швидкість даних і якість передачі. Повідомлення одержувачів містять інформацію про проблеми, з якими вони стикаються, включаючи втрату пакетів і надлишкову нерівномірність передачі. Зворотній зв'язок з одержувачами важливий також для діагностування помилок при поширенні. Аналізуючи повідомлення всіх учасників сеансу, адміністратор мережі може визначити, стосується дана проблема одного учасника або носить загальний характер. Якщо відправник приходить до висновку, що проблема характерна для системи в цілому, наприклад, через відмову одного з каналів зв'язку, то він може збільшити ступінь стиснення даних за рахунок зниження якості або взагалі відмовитися від передачі відео - це дозволяє передавати дані по з'єднанню низької ємності.

2. Ідентифікація відправника. Пакети RTCP містять стандартне текстове опис відправника. Вони надають більше інформації про відправника пакетів даних, ніж випадковим чином вибраний ідентифікатор джерела синхронізації. Крім того, вони допомагають користувачеві ідентифікувати потоки, що відносяться до різних сеансів.

3. Оцінка розмірів сеансу і масштабування. Для забезпечення якості послуг і зворотного зв'язку з метою управління завантаженістю, а також з метою ідентифікації відправника, всі учасники періодично посилають пакети RTCP. Частота передачі цих пакетів знижується з ростом числа учасників. RFC-1889 описує алгоритм, згідно з яким учасники обмежують частоту RTCP-пакетів в залежності від загального числа учасників. Багато адресність RTCP-пакетів дає можливість учасникам групи оцінити якість прийому і повідомити про свої проблеми (наприклад, про втрату пакетів, надлишковість нерівномірності передачі). Зворотній зв'язок з одержувачами важлива також для діагностики помилок при поширенні пакетів [11].

ТСР-пакети містять стандартний текстовий опис відправника, що забезпечує його ідентифікацію. Крім того, вони допомагають користувачеві ідентифікувати потоки, що відносяться до різних сеансів. Наприклад, вони дають можливість визначити, що одночасно відкриті окремі сеанси для передачі аудіо- та відеоінформації.

Оцінка розміру сеансу і масштабування здійснюються управлінням частотою передачі RTCP-пакетів. При невеликому числі учасників один RTCP-пакет посилається максимум кожні 5 секунд. Мета полягає в тому, щоб трафік RTCP не перевищував 5% від загального трафіку сеансу.

2.1.3 Протокол LRT

Протокол LRT (LiveU Reliable Transport) включає адаптивну швидкість передачі даних LiveU, яка контролює швидкість з'єднання і автоматично адаптує контент до доступної пропускної здатності в режимі реального часу для постійного якості та доставки - практично видалення непередбачуваних результатів при в складних мережевих умовах. LRT також включає в себе динамічну корекцію помилок вперед, що допомагає зменшити втрати пакетів - що забезпечує кращу якість можливо, кожен раз, навіть коли продуктивність мережі залишає бажати кращого. Всі кодери LiveU (табл. 2.1) включають інтегровані LRT для забезпечення потоків контенту найвищої якості легко до будь-якого виходу.

LRT виконує кілька функцій:

1. **Замовлення пакетів.** LRT використовує пронумеровані пакети так, що пакети можуть бути повторно запитані, коли вони губляться. Замовлення пакетів є обов'язковою вимогою в випадках, коли дані зазвичай надходять в іншому порядку, ніж передбачалося.

2. **Попереднє динамічне виправлення помилок.** Пряме виправлення помилок FEC (Forward Error Correction) додає деякі накладні витрати на потік,

щоб швидше відновити втрачені дані. LRT автоматично змінює FEC параметри на основі відстежених параметрів мережі.

3. Виявлення та відправка. LRT може виявляти великі групи пакетів, якщо всі вони прибули. Якщо якийсь пакет не прийшов, він може повідомити про це на сторону передавача для повторного відправлення необхідних даних. Одночасно визнаючи великі групи пакетів, завдяки цьому протокол LRT використовує менше накладних витрат і затримок. На відміну від RTP, LRT дає повну петлю зворотного зв'язку, так що користувач знає, що дані правильно приймаються.

4. Адаптивний бітрейт кодування. При зміні умов пропускної здатності, LRT автоматично розпізнає це і повідомляє кодеру відео, щоб дозволити йому адаптувати швидкість передачі бітів відео, щоб забезпечити і підтримувати найкращий можливий потік в межах доступної смуги пропускання в будь-який момент.

Загалом, протокол LRT перевершує протоколи RTP та RCTP майже за усіма параметрами. Він є кращим рішенням для забезпечення передавання контенту високої якості до будь-якого пункту призначення. Протокол LRT – це наступна сходинка в еволюції транспортних протоколів. У табл. 2.2 представлено порівняння можливостей протоколу LRT з протоколами RTP та RCTP.

Таблиця 2.2 – Порівняння протоколів

Можливості	RTP	RCTP	LRT
Забезпечення та контроль якості послуг	Так	Так	Так
Виявлення втрати пакетів та зворотній зв'язок	Ні	Так	Так
Ідентифікація відправника	Ні	Так	Ні
Адаптивний бітрейт кодування	Ні	Ні	Так
Повна петля зворотного зв'язку	Ні	Ні	Так
Мережі для використання	IP	IP та інші	IP та інші

2.1.4 Апаратно-програмне рішення для протоколу LRT

Апарати LiveU's online streaming використовує рішення точка-хмара і точка-точка, що дозволяє зберігати контент в віддалених місцях і данні в хмарі. Та потім доставки контенту в будь-яке місце. Даючи вам найкраще рішення для транслявання якісного потокового відео. LiveU Central управляє і контролює пристрої LiveU з будь-якого віддаленого місця розташування.



Рисунок 2.1 – Варіанти кодерів, які використовують протокол LRT (а – LU200, б – LU200e, в – LiveU Solo)

LU200. Пристрій LU200 дозволяє оснастити кожен камеру, що працює в польових умовах, власним стримером відео, що відкриває нові можливості для висвітлення подій в прямому ефірі (рис. 2.1,а). Стример LU200 підтримує два модему 4G LTE / 3G, а також підключення до мереж Wi-Fi і Ethernet, оснащується фірмовими антенними модулями LiveU, що забезпечують додатковий відмовостійкість.

LU200e. Пристрій LU200e є найбільш економічно ефективним відеокодером на ринку, що дозволяє потоковий веб-розподіл, точка-точка, і точка-многоточка (рис. 2.1,б). LU200e використовує Wi-Fi і LAN з можливістю додавання зовнішнього стільникового модема для захоплення високої якості

трансльованого контенту. LU200e ідеально підходить для ситуацій, що вимагають велику кількість кодерів з декількома каналами. Відео може передаватися на хмарне сховище або на фізичний сервер. LiveU Central може використовуватися для управління декількома потоками і пристроїв віддалено.

LiveU Solo. Пристрій LiveU Solo найновіше онлайн рішення, призначене для потокового відтворення HD відео безпосередньо в Інтернеті (рис. 2.1,в). LiveU Solo автоматично підключається до Wowza Streaming Cloud і YouTube Live, а також до інших популярних мереж доставки контенту CDN (Content Distribution Network) і онлайн відео плеєрів OVP (Online Video Player). LiveU Solo використовує Wi-Fi, LAN і додатковий стільникові з'єднання. Сжатий потік знаходиться на хмарі, і може управлятися і контролюватися дистанційно, за допомогою веб-інтерфейсу або смартфона. Все, що потрібно для цього, це додаток Solo app для настройки і миттєвої зміни якості відео. Доступність і простота керування LiveU Solo робить його ідеальним продуктом, щоб транслювати відео з високою якістю в будь-який час і в будь-якому місці.

LiveU Xtender. Антена LiveU Xtender – це рішення на основі інтеграції додаткової антени, що дозволяє поліпшити якість прийому в мережі і підвищити відмовостійкість прямої трансляції в складних умовах, наприклад з місць великого скупчення людей (рис. 2.2,б). Антена Xtender надає в розпорядження мовних компаній гнучкі можливості використання стільникових мереж як на додаток до існуючих мобільних станцій SNG / ENG за рахунок об'єднання стільникових і супутникових каналів для забезпечення максимальної якості трансляції, так і у варіанті віддаленого підключення до портативних рюкзаків або ручним стримера LiveU.

LU2000. Блок LU2000 – це відео трансивер, який використовується для прийому і передачі будь-якого відеопотока, від польових передавачів LU200, LU400, LU500 та інших (рис. 2.2,а). LU2000 також може бути використаний в якості вузла передачі, при налаштуванні послуги передачі для кількох приймачів LiveU. LU2000 стає невід'ємною частиною вашого живого відео робочого процесу, діючи в якості джерела в студії в польових умовах. LU2000

включає в себе останню версію LiveU Multi-Media Hub (MMX), компонент програмного забезпечення, який реконструює кілька вхідних потоків. Кожен LU2000 може отримати до 14 сигналів одночасно, що дозволяє віддаленому оператору вибрати канал, який передається через SDI для транслявання, або в потоковому режимі реального часу. LU2000 інтегрується в багат шарову екосистему LiveU, що дозволяє операторам відстежувати і контролювати трансляції через LiveU Central, єдиної платформи управління для польових і студійних блоків LiveU.



Рисунок 2.2 – Прилади для онлайн трансляцій, компанії LiveU (а – LU2000, б – LiveU Xtender)

LU-Smart. Також сортовим рішенням крім LiveU Central є мобільний додаток LU-Smart, що підтримує підключення декількох каналів зв'язку під управлінням iOS/Android і виводить мобільну роботу з новинами на абсолютно новий рівень, дозволяючи клієнтам LiveU розширювати зону покриття за рахунок використання смартфона або планшета для трансляції та потокової передачі відео. Рішення LU-Smart ґрунтується на технології об'єднання каналів передачі даних LiveU четвертого покоління і дозволяє об'єднувати вбудовані підключення до мереж Wi-Fi і стільникових мереж для забезпечення оптимальної якості зображення.

Порівняння параметрів програмно-апаратних кодерів LiveU наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри кодерів

	LU200	LU200e	LiveU Solo
Протокол LRT	+	+	+
Технологія LiveU Cellular Bonding	Внутрішній модем	Зовнішній модем	Зовнішній модем
З'єднання	Стільниковий зв'язок, Wi-Fi, LAN, супутниковий зв'язок	Стільниковий зв'язок, Wi-Fi, LAN	Стільниковий зв'язок, Wi-Fi, LAN
Кількість каналів	Кратне число	Кратне число	подвійне число
Потоковий вихід	Хмарне сховище та сервер	Хмарне сховище та сервер	Хмарне сховище
Керування	LiveU Central	LiveU Central	LiveU App
Виходи	RTMP, SDI, HDMI, IFB	RTMP, SDI, HDMI	RTMP

2.2 Способи кодування та відеокодеки

Кодування відео являє собою процес компресії та декомпресії цифрового відеосигналу. Цифрове відео є представлення природної візуальної сцени, розбите на окремі вибірки в просторі і в часі. Сцена дискретизується в певний момент часу, щоб утворити кадр (представлення повної візуальної сцени в момент часу) чи поле (що складається з непарної або парних ліній просторових вибірок). Вибірki проводяться з інтервалами (наприклад, 1/25 або 1/30 секундних інтервалів) для отримання сигналу рухомого відео. Три набори компонент як правило потрібно для подання сцени в кольорі. Найбільш популярні формати для представлення відео в цифровій формі включають в себе стандарт MCE-R 601 і безліч проміжних форматів. Точність репродукції візуальної сцени повинна бути виміряна, щоб визначити ефективність візуальної системи зв'язку, свідомо важкого та неточного процесу. Суб'єктивні вимірювання віднімають багато часу і схильні до змін в людському сприйнятті. Об'єктивні (автоматичні) вимірювання легше реалізувати, але вони поки що не точно збігаються з думкою «реальної» людини.

Типова «натуральна» або «природня» візуальна сцена складається з декількох об'єктів, кожен з яких має свою власну характерну форму, глибину, текстуру і освітлення. Колір і яскравість природньої відеосцени змінюються з різним ступенем гладкості по всій сцені («безперервний тон»). Природня візуальна сцена включає в себе зміну просторових характеристик (текстура в межах сцени, кількість і форму предметів, колір і т.д.) і часових характеристик (рух об'єкта, зміна освітленості, рух камери або точки зору) [12].

Натуральна візуальна сцена неперервна у часі та просторі. Представлення візуальної сцени у цифровій формі включає дискретизацію реальну сцену просторово (зазвичай на прямокутній сітці на площині відеозображення) та у часі (у вигляді серії сталих кадрів, що змінюються за однаковий інтервал у часі). Цифрове відео – це представлення дискретизованої відеосцени у цифровій формі. Кожен з просторово-часових відліків (елемент

зображення чи піксель) представлений числом чи набором чисел, що описують яскравість або колір відліку [13].

Просторова дискретизація. Вихідний сигнал ПЗЗ-матриці представляє собою аналоговий відеосигнал, змінний електричний сигнал, що відображає первинну відеосцену. Дискретизація сигналу в певний момент часу створює дискретизоване зображення чи кадр, який має деякі значення в наборі точок вибірки. Найбільш розповсюдженим форматом для дискретизованого зображення є прямокутник з точками вибірки, розташованими на прямокутній чи квадратній сітці. Використання «грубої» сітки забезпечує вибірку з низкою роздільною здатністю, у той час як збільшення кількості точок дискретизації трохи збільшує роздільну здатність дискретизованого зображення.

Часова дискретизація. Рухоме відеозображення захоплюється шляхом зняття прямокутного «моментального знімку» сигналу з періодичними часовими інтервалами.

Програвання серії кадрів створює видимість руху. Більш висока часова частота дискретизації (частота кадрів) дає, скоріше за все, більш плавний рух у відеосцені, але потребує більшу кількість відліків, які потрібно обробити і зберегти. Частоти кадрів нижчі за 10 к/с використовуються іноді для дуже низької швидкості передавання відеосигналів. Для низькошвидкісних відеокомунікацій зазвичай використовують частоту від 10 до 20 к/с.

Зображення стає більш плавним, але різкий рух може бути помічений у частинах відеопослідовності, що рухаються швидко [14].

Вибірка в 25 чи 30 повних к/с є стандартною для телевізійного зображення. 50 чи 60 к/с забезпечують плавну зміну послідовностей та глядачу здається, що сцена змінюється плавно (за рахунок дуже високої швидкості передавання даних).

Кадри та поля. Відеосигнал може бути обраний як зміна повних кадрів (прогресивна розгортка) чи як послідовність полів, що чергуються (черезрядкова розгортка).

У черезрядковій відеопослідовності половина даних у кадрі (одне поле) відбирається у кожному часовому інтервалі вибірки. Поле складається або з строк з непарним номером, або з парним номером у межах одного повного відеокадру і відеопослідовність, що чергується містить ряд полей, кожен з яких представляє половину інформації у повному відеокадрі. Перевагою даного методу вибірки є можливість подати у 2 рази більшу кількість полей у секунду ніж кількість кадрів в еквівалентній прогресивній послідовності з однаковою швидкістю передавання даних, що дає більш плавний рух зображення. Наприклад, відеопослідовність формату PAL складається з 50 полей у секунду, і при програванні зображення може виглядати більш плавним, ніж в еквівалентній прогресивній відеопослідовності, що містить 25 кадрів.

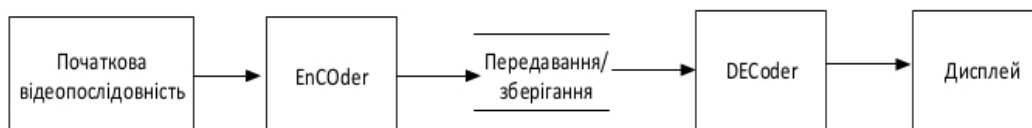


Рисунок 2.3 – Система кодування/декодування відео

Відеокодек - програма / алгоритм стиснення відеоданих (відеофайлу, відеопотоку) і їх відновлення. Кодек - файл-формула, яка визначає, яким чином можна «упакувати» відеоконтент і, відповідно, відтворити відео. Також можливо кодування крім відео і аудіоінформації, з додаванням субтитрів, векторних ефектів і т.д.

Відеокодек кодує початкове зображення чи відеопослідовність у стиснуту форму та декодує їх, щоб отримати їх копію чи відеопослідовність, що наближена до початкової. Якщо декодована відеопослідовність ідентична оригінальній, то процес кодування називається «без втрат»; якщо декодована послідовність відрізняється від оригіналу, то процес називається «з втратами».

Кодек (CODEC) представляє початкову відеопослідовність по моделі (ефективне кодоване представлення, яке може використовуватись при побудові апроксимації раніше отриманих даних). В сутності, модель має представляти послідовність, використовуючи найменшу можливу кількість бітів з найбільшою інформативністю. Ці дві цілі (ефективність стиснення та висока якість) часто конфліктують одна між іншою, тому що зображення, закодоване меншою кількістю бітів призводить до меншої якості зображення при декодуванні.

2.3 Затримка в процесі прямої трансляції

Процедура транслявання відео містить 6 основних етапів: зйомку, стиснення (енкодинг), передавання через локальну мережу від енкодера до медіа-сервера, передавання через інтернет, декодування і відображення на пристрої користувача (рис. 2.4).

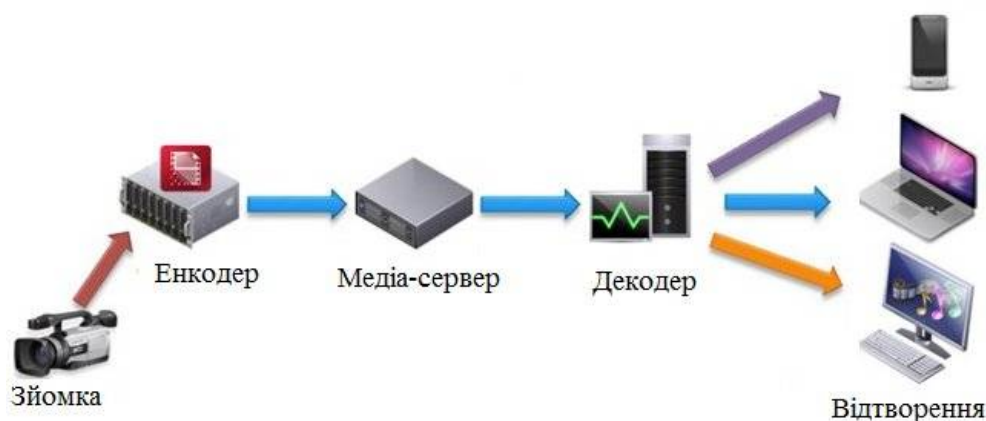


Рисунок 2.4 – Схема процесу відеотрансляції

Розглянемо основні затримки на кожному з етапів і можливості їх усунення:

1. На етапі зйомки відео затримка залежить від камери, яку використовують. Зазвичай вона складає менше 1 мс, тому, вибираючи пристрій необхідно звертати увагу на його споживчі якості – кодеки та протоколи, якість зображення, вартість і т. д.

2. Етап стиснення відео – зменшення його розміру завдяки стисненню потоку за допомогою відповідного кодека. Перебіг цього етапу досить важливий, тому що він безпосередньо впливає на роботу всієї подальшої послідовності.

Перевагу краще віддати апаратним рішенням, тому що програмні збільшують час, необхідний для роботи з ресурсами, і на витрати операційної системи. Якщо енкодер налаштовано правильно, затримка буде незначною, але він задає бітрейт результуючого потоку та його тип.

Розрізняють змінний бітрейт VBR (Variable Bitrate) і постійний CBR (Constant Bitrate). Перевагою VBR є те, що він видає потік з найкращим співвідношенням якості зображення та кількості даних. Але й він потребує більше обчислювальних потужностей. Крім того, в випадку, коли бітрейт перевищує пропускну здатність каналу, відбувається буферизація на етапі декодування. Тому для потокового передавання відео з малою затримкою рекомендовано використовувати саме CBR.

3. Затримку на наступному етапі визначає загалом робота мережі між енкодером і медіа-сервером. Значну роль відіграє налаштування буфера під час стиснення і накладні витрати медіа-протоколу, що використовується. Тому, з метою зменшення часу затримки, варто вказати мінімальну кількість кадрів для буфера енкодера і встановити його якнайближче до медіа-сервера.

4. Етап передавання через Інтернет в більшості випадків дає найбільшу затримку, мінімізувати яку можливо шляхом використання ефективного медіа-сервера, відповідного протоколу і надійного Інтернет-з'єднання.

5. Суттєво вплинути на швидкість передачі може також і етап декодування. Щоб компенсувати цю недостачу даних (пам'ятаємо про попередні кроки), буфер на приймальному боці повинен містити дані одного повного усередненого періоду з урахуванням мережних затримок. Тому буфер може містити від декількох GOP (GOP - group of pictures) до декількох кадрів, залежно від параметрів енкодера і стану мережі. Більшість пристроїв відтворення приймають за мінімальне значення буфера — 1 с і під час роботи

змінюють його. Мінімально можливий об'єм буфера досягається використанням апаратних декодерів.

6. На фінальному кроці - відображення, час затримки досить малий і залежить від можливостей апаратних засобів.

Таким чином, під час прямої трансляції сумарна затримка передавання відеоконтенту становитиме 5-7 с (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 — Затримка передавання на кожному етапі онлайн трансляції

Етапи	1	2	3	4	5	6	Σ
Час затримки	до 1 мс	0,5 - 1 с	1 - 2 с	до 3 с	1 с	менше 0,5 мс	5-7 с

Загалом, зменшення часу проходження сигналу є досить серйозним і необхідним в процесі створення поточкових відеотрансляцій, воно вимагає підбору правильних компонент і їх ретельного налаштування.

Висновки до розділу

1. Найпоширенішим протоколом для прямих відеотрансляцій залишається RTMP-протокол. Через поступову відмову від Adobe Flash нові протоколи займають свою нішу на ринку.

2. Досліджено протокол LRT, який використовується в LiveU, що містить адаптивну швидкість передачі даних, динамічну корекцію помилок та контролює швидкість з'єднання. За цими показниками він перевершує протоколи RTP та RSTP. Використання цього протоколу є кращим рішенням для забезпечення передавання контенту високої якості до будь-якого пункту призначення.

3. Встановлено, що час затримки, який виникає під час онлайн відеотрансляції, в основному залежить від процесу стиснення, затримки мережі (від кодера до сервера) та від затримки передавання в мережі інтернет.

3 ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРЯМИХ ВІДЕОТРАНСЛЯЦІЙ

Для вирішення питання зменшення часу затримки під час безпроводових відеотрансляцій в процесі телевиробництва існує два шляхи:

1. Покращити параметри відеопотоку, які безпосередньо впливають на відеозв'язок, зокрема, використовувати більш ефективне кодування, що буде характеризуватися зменшеним бітрейтом за тієї ж роздільної здатності;
2. Застосовувати технології бондингового об'днання каналів, тобто одночасно використовувати різні технології проводового і безпроводового передавання відеоматеріалів;

3.1 Сучасні стандарти кодування

Новий стандарт кодування - H.265 (HEVC) в першу чергу призначений для застосування в мовному телебаченні, мультимедіа та відеоспостереженні. Він є важливим ключем до переходу на більш високу якість зображення і допоможе зменшити навантаження на мережі. H.265 при вдвічі меншому бітрейті забезпечує таку ж візуальну якість, що і нинішній H.264 / MPEG-4 Part 10 Advanced Video Coding (AVC), яким зараз стискається велика частина відео в Інтернеті. Наприклад, сьогодні онлайн-кінотеатри для передавання стисненого H.264 відеопотоку 1080p/30 використовують бітрейт приблизно 4-6 Мбіт/с, а у зображення еквівалентного якості, стисненого H.265, бітрейт має зменшуватися до 2-3 Мбіт/с. Насправді цифра в 50%, насамперед, стосується відносно нескладних сцен, де відсутні різкі перепади контрастності і не спостерігається інтенсивних переміщень об'єктів і фону.

Стандарт HEVC дає поштовх новому етапу інновацій, починаючи від мобільних пристроїв до телебачення в форматі Ultra HD. Також зміни торкнуться колекції відеоконтенту в онлайн-кінотеатрах, системах VOD, OTT

тощо. А до того ж H.265 буде основою для кодування відео на вже анонсованих дисках 4K Blu-ray.

Можна виділити наступні основні переваги стандарту:

- підтримка роздільної здатності аж до так званого 8K Ultra HD (8192 x 4320 = 35 мегапікселів);

- максимальний розмір блоку. У стандарті H.264 це 256 пікселів (16 x 16), а в стандарті H.265 максимум в 16 разів більше (4096 = 64 x 64). У H.265 розмір блоку вибирається самим алгоритмом в процесі кодування в залежності від вмісту кодованого зображення;

- можливість паралельного декодування. На відміну від H.264, декодери H.265 дозволяють роздільно і одночасно обробляти різні частини одного і того ж кадру, що на повну задіє переваги багатоядерних процесорів і істотно прискорює відтворення;

- вільний доступ до зображень (Clean Random Access). Декодування довільно обраного кадру відеоряду проводиться без необхідності декодування будь-яких попередніх йому в потоці зображень. У H.265 не потрібно вставка проміжних опорних кадрів (I-frames), які ще й помітно збільшують бітрейт відео;

- 10-бітове колірне кодування і високу якість передавання кольору, яке забезпечує «верхній» профіль Main 10. Всі існуючі стандарти пропонують всього 8 біт. Технологія HEVC також може використовуватися і для фотографії (замість 8 біт JPEG можна зберегти знімок з набагато меншим розміром і підняти дискретизацію до 10 біт, що додасть знімку плавні градації яскравості і кольорів).

У таблиці 3.1 наведена порівняльна характеристика сучасних стандартів стиснення відеозображення.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика сучасних стандартів стиснення

	MPEG-2	H.264 / AVC	H.265 / HEVC
Профілі	Simple Main High 422 SNR Spatial	Baseline Main Extended High High 10 High 4:2:2 High 4:4:4	MPEG-H, HEVC, Part 2
Рік створення	1996	2003	2013
Підтримувана розгортка	Черезрядкова, прогресивна	Черезрядкова, прогресивна	Прогресивна
Формат представлення ТВ сигналів	4:2:0, 4:2:2	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4	4:2:0, 4:2:2, 4:4:4
Тип алгоритму кодування	Гібридний (усунення часової та просторової надлишковості)	Гібридний (усунення часової та просторової надлишковості)	Гібридний (усунення часової та просторової надлишковості)
Структура кодування	Ієрархічна підтримка системи профілів та рівнів	Ієрархічна підтримка системи профілів та рівнів	Ієрархічна підтримка системи профілів та рівнів
Типи зображень, слайсів	Зображення I, B, P, R	Слайси I, B, P, SI, IP	Слайси I, B, P і тайли (tiles)
Структура макроблока	16x16	Адаптивна з розбиттям макроблоків 16x16 – 4x4	Блоки з деревовидною структурою кодування від 64x64 до 8x8
Точність оцінки рухів	До ½ відліку	До ¼ відліку	До ¼ відліку
Міжкадрове передбачення	1 режим	9 режимів	35 режимів
Тип перетворення для міжкадрового передбачення	ДКП (плаваюча крапка) 8x8	Цілочислове з точним відновленням 8x8 - 4x4	Цілочислове з точним відновленням 32x32 - 4x4
Підтримувана роздільна здатність	Від 128x96 до 1920x1080	Від 128x96 до 4096x2304	Від 128x96 до 8192x4320

На рисунку 3.1 зображена порівняльна характеристика основних стандартів стиснення зображень та відео.

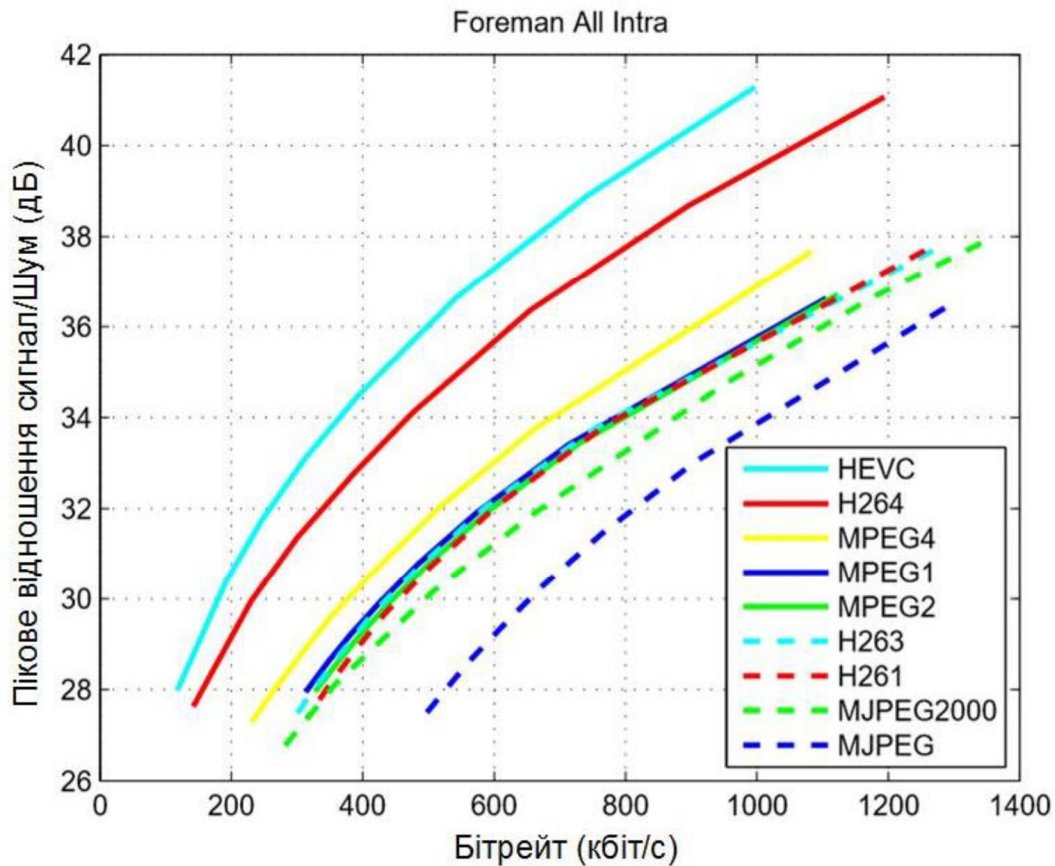


Рисунок 3.1 – Порівняльна характеристика стандартів стиснення

Технології стиснення відеоданих з кожним днем вдосконалюються. На сьогодні найбільш поширеним стандартом стиснення для передавання відео через інтернет є стандарт H.264. Стандарт забезпечує високий рівень стиснення та потребує помірні обчислювальні потужності. Безумовно, новий стандарт HEVC має великі перспективи та поступово буде застосовуватись для безпроводових відеотрансляцій в процесі телевиробництва. Він забезпечує найвищі показники співвідношення сигнал/шум до кількості використовуваних бітів. Проблемою його масового впровадження зараз є те, що далеко не всі апаратні рішення та комп'ютери мають достатні обчислювальні потужності для кодування відеосигналу за допомогою цього стандарту.

3.2 Зв'язування каналів

Для забезпечення стабільності сигналу під час передавання даних у реальному часі в умовах низького рівня радіопокриття необхідно використовувати декілька мереж одночасно. Таку можливість дають технології зв'язування та агрегування каналів.

Зв'язування каналів (бондинг) є компоновкою ліній зв'язку, в якій дві чи більше ліній об'єднані для резервування чи збільшення пропускної здатності каналу. Прикладом може слугувати upstream-downstream зв'язок за допомогою DOCSIS-модему.

Бондинг каналів відрізняється від балансування навантаження тим, що балансування ділить трафік між мережними інтерфейсами на кожен сокет, що відповідає програмному інтерфейсу для забезпечення обміну даними між процесами (4-й рівень моделі OSI), а бондинг каналів полягає у розподілі трафіка між фізичними інтерфейсами на більш низькому пакетному рівні (3-й рівень моделі OSI) або на каналному рівні (2-й рівень моделі OSI).

Для забезпечення бондингу необхідна підтримка як комутатора Ethernet, так і операційної системи сервера, що має розділити доставку пакетів між мережними інтерфейсам так само, як, наприклад, введення-виведення чергується між дисками в масиві RAID 0.

3.3 Широко смугове з'єднання. Приклади технологій

Широко смугове з'єднання – це спосіб зв'язування каналів, який відносять до об'єднання деяких типів каналів на рівнях від 4-го та вище. Канали, які можуть бути зв'язані, можуть бути прощодовими лініями зв'язку, такими як T1 чи DSL. Крім того, можна зв'язати декілька каналів стільникового зв'язку для утворення агрегованих каналів безпроводового зв'язку. Більш ранні методи зв'язування каналів базувались на більш низьких рівнях системи OSI, що потребувало координації з телекомунікаційними компаніями.

Комерційні реалізації бондингу широкосмугових каналів:

- широкосмуговий зв'язок Mushroom Networks;
- програмний додаток Connectify's Speedify Service;
- технологія бондингу SpeedFusion від компанії Peplink;
- багатоканальна технологія бондингу VPN Viprinet;
- багатоканальна захищена лінія передавання даних ElSight.

Розглянемо деякі технології більш докладно.

3.3.1 Streamer PRO Mushroom Networks – потокове відео через мережі 3G/4G/LTE

Єдине підключення до Інтернету є надто ненадійним для передавання відео.

Для потокового передавання відео використання одного постачальника послуг (проводового або стільникового) значно обмежує надійність та продуктивність, адже будь-який збій в мережі призведе до того, що онлайн відеосигнал постраждає.

Супутникове з'єднання коштує досить дорого. Використання супутникових вантажівок також не дешево, до того ж їх складно обслуговувати. Вони не зрівняються з мобільністю стільникових систем.

Streamer PRO - це пристрої зв'язування 3G/4G/LTE каналів, які можуть транслювати пряме потокове відео одразу з камери на відеосервер/CDN (мережа Content Delivery Network) або безпосередньо у студію. Оскільки відео транслюється за допомогою агрегованих карт 3G/4G/LTE з автоматичним виправленням помилок, відеопотік може підтримувати високоякісне відео та мати неперевершену надійність на професійному рівні [15].

Веб-транслятори можуть просто подавати відеосигнал зі своєї камери (за допомогою SDI, S-video, Composite) або відеокомутатора на Streamer PRO, підключити стільникові USB модеми до Streamer PRO та транслювати пряме потокове відео на будь-який CDN / відеосервер. Подібним чином Streamer PRO

може передавати потокове відео на Mushroom приймач з декодером у студії для передавання відео за принципом точка-точка (рис. 3.3).

Особливості рішень від Mushroom Network:

1. Широкопasmове з'єднання – це технологія, яка об'єднує 2 або більше інтернет-каналів для швидшого та більш надійного з'єднання. Технологія широкопasmового з'єднання Mushroom дозволяє ефективно об'єднувати широкопasmові лінії з низькою затримкою, що дозволяє поширювати пакети з одного потоку через різні стільникові канали різних постачальників послуг. Технологія об'єднання працює шляхом інтелектуального вимірювання та відповідно прийняття рішень на пакетному рівні для розподілу ресурсів. Це означає, що користувач Streamer PRO отримає сумарну швидкість всіх ліній з мінімальними витратами та зменшенням затримки.

2. Тунель Video Armor (відеозахист) має можливість опрацьовувати мережні проблеми, такі як втрата пакетів, затримка, джиттер та повне відключення каналів з рівня відео-додатків. Це означає, що потоковий відеосигнал буде 100% захищений від проблем у безпроводовій мережі, внаслідок чого забезпечується трансляція відеосигналу високої якості до кінцевого пункту призначення з нульовою втратою пакетів, нульовим джиттером та низькою затримкою. Video Armor реалізує це за допомогою блоку ретрансляції у хмарі (або центрі обробки даних), який може відновлювати втрачені / затримані пакети і передавати безпомилковий потік даних [15].

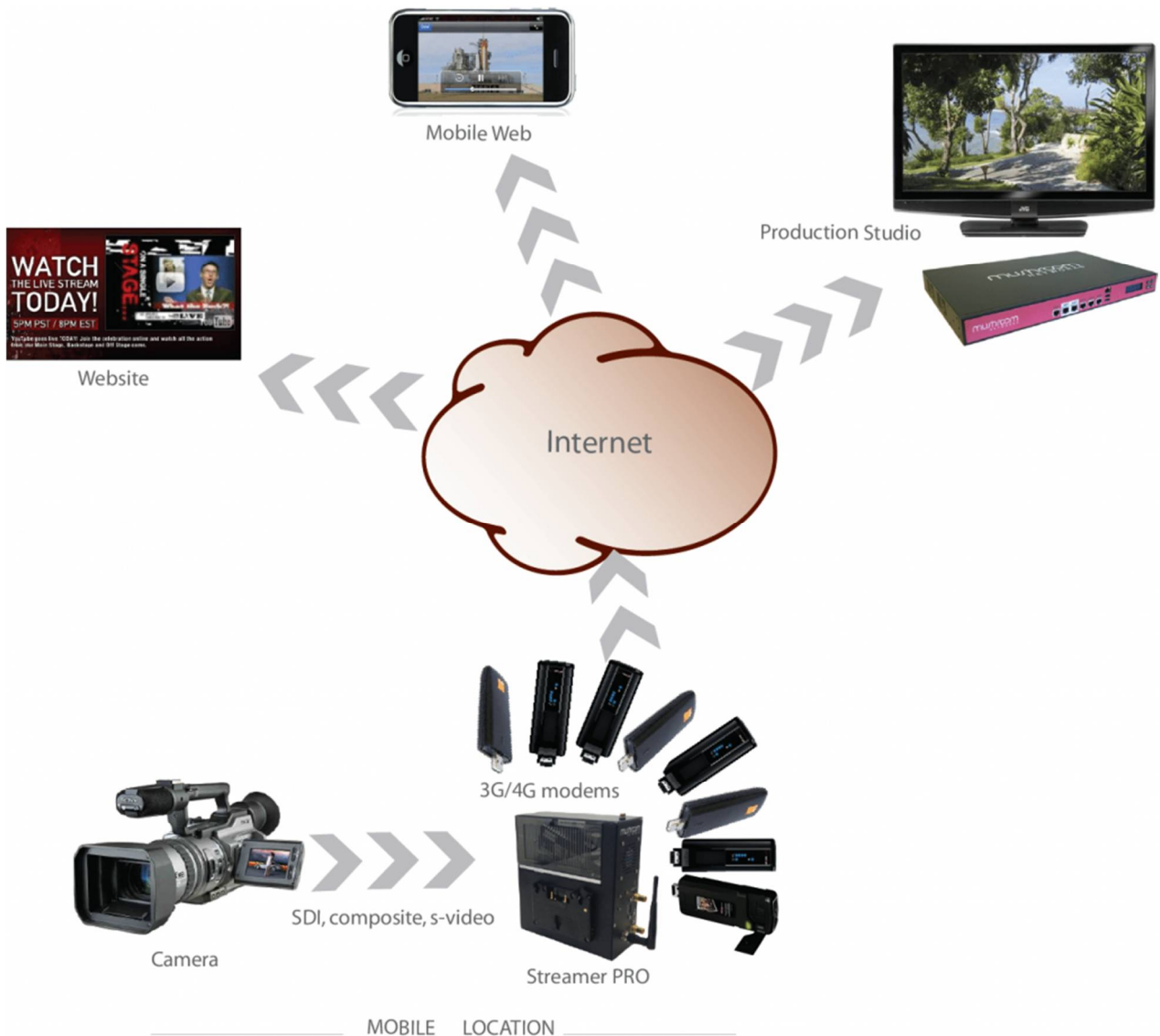


Рисунок 3.3 – Принцип роботи Streamer PRO

Переваги Streamer PRO:

1. Висока якість об'єднаних 3G, 4G, LTE каналів зв'язку.

Streamer PRO - це об'єднання 3G/4G/LTE технологій зв'язку, оптимізоване для прямих потокових відео трансляцій через агреговані безпроводові модеми 3G/4G/LTE. Це забезпечує як вищу якість відео, так і вищу роздільну здатність, вищу частоту кадрів, а також неперевершену професійну надійність.

2. Адаптивне кодування.

Streamer PRO динамічно налаштовує швидкість кодування, щоб забезпечити найкращу якість відео без будь-яких переривань чи зависань навіть

у складних умовах безпроводової мережі. Для кодування відеосигналів Streamer PRO підтримує більшість відеокодерів, включаючи Flash Media Live Encoder, Wirecast, Tricaster, TouchStream та ін.

3. Підтримка всіх відеоджерел та CDN.

Streamer PRO підтримує відеовходи S-video, Composite та SD-SDI / HD-SDI, а також будь-який відеосервер або CDN. Streamer PRO також може використовуватися із власним відеокодером або відеокомутатором, якщо це необхідно.

4. Високошвидкісний доступ до Інтернету.

Якщо онлайн трансляція не ведеться, Streamer PRO можна використовувати як мережний пристрій широкопasmового з'єднання для високошвидкісного доступу до Інтернету через безпроводові модеми 3G / 4G / LTE.

3.3.2 Viprinet VPN для потокового мовлення

Потокове відео за допомогою об'єднання DSL, UMTS та LTE каналів

Viprinet розробив спеціальний режим зв'язку для професійної потокової трансляції відеозображень із застосуванням каналів DSL, UMTS/3G та LTE/4G, що у довільній комбінації стали ідеальним середовищем для високоякісних і надійних відеопотоків.

Переваги передавання потокового відео на основі зв'язування DSL, UMTS/3G та LTE/4G каналів:

1. Viprinet підтримує спеціальні пристрої потокового мовлення.

2. Широко поширені канали WAN (DSL, UMTS / 3G, LTE / 4G) можуть бути об'єднані у довільній послідовності зі спеціалізованими супутниковими каналами для поліпшення пропускної здатності або з метою резерву.

3. Згідно з вимогами об'єднання каналів може бути спрямоване на збільшення пропускної здатності або на зниження затримки передавання.

4. Viprinet розробила ефективні заходи проти джиттеру.

5. Оптимізація потоку за допомогою резервного передавання пакетів: надходить лише найшвидший пакет.

6. За допомогою Viprinet передається не лише потік відеоданих, але й інші дані, що контролюються вільно налаштовуваною системою якості обслуговування [16].

Для коректного функціонування на передавальному боці встановлюють багатоканальний VPN маршрутизатор, наприклад, Multichannel VPN Router 512, який об'єднує канали різних технологій та утворює захищене віртуальне VPN з'єднання, а на приймальному – багатоканальний VPN концентратор, наприклад, Multichannel VPN Hub 2030, який збирає пакети, передані через віртуальний VPN канал (рис. 3.4).

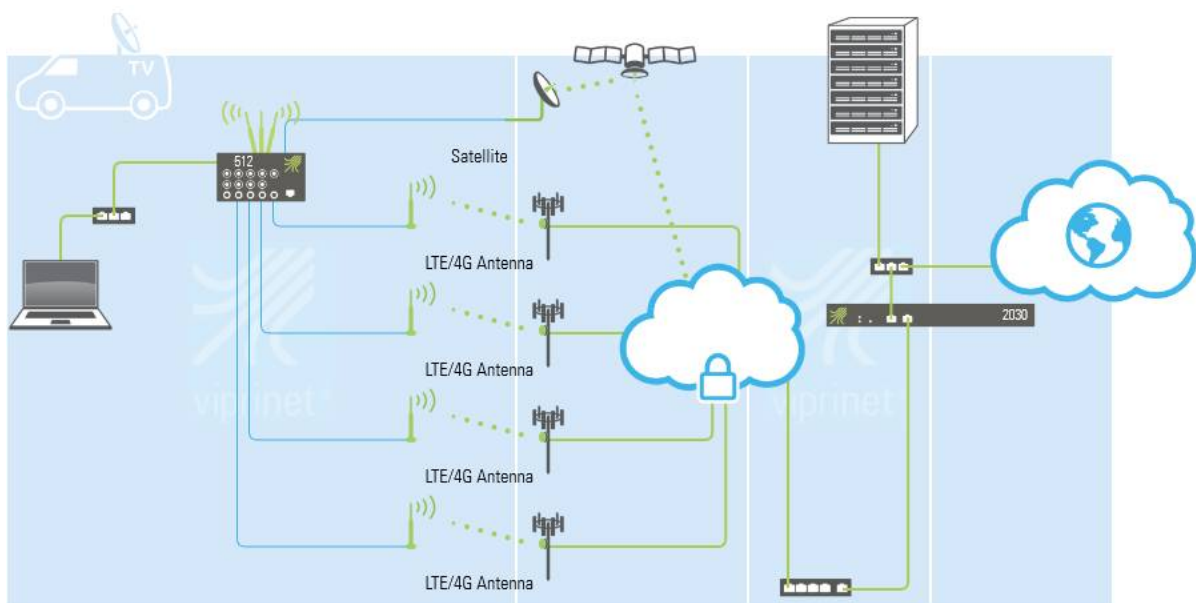


Рисунок 3.4 – Принцип функціонування Viprinet

3.3.3 Технологія Peplink Speedfusion

SpeedFusion - це технологія, на якій заснована робота будь-якого маршрутизатора Balance Multi-WAN і MAX Mobile Router.

Компанія Peplink запропонувала нову технологію передавання IP-пакетів WAN Smoothing, яка дозволяє пристрою, який формує потік передавання, створювати і передавати спеціальні пакети, за допомогою яких приймальний пристрій може реконструювати втрачені пакети, завдяки чому з'єднання буде стабільним, не зважаючи на погіршення сигналу або фізичні перешкоди. Для стабільного передавання IP-пакетів за відмови одного чи більше модемів передбачене налаштування політики вихідних даних Outbound Policy.

Існує сім режимів вихідних політик:

1. Режим Weighted Balance дозволяє налаштувати пропорції вихідного трафіка у відсотках в залежності від статусу кожного з WAN-портів.

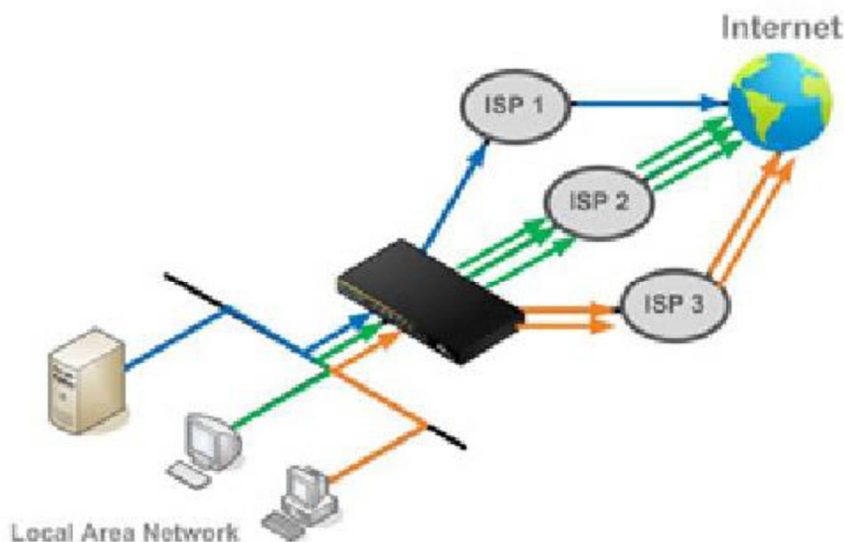


Рисунок 3.5 – Вихідна політика Weighted Balance

2. Режим Persistence робить певний тип трафіку єдиним для конкретно заданого WAN-з'єднання, який базується на основі певного IP-джерела або на приймальному пристрої.

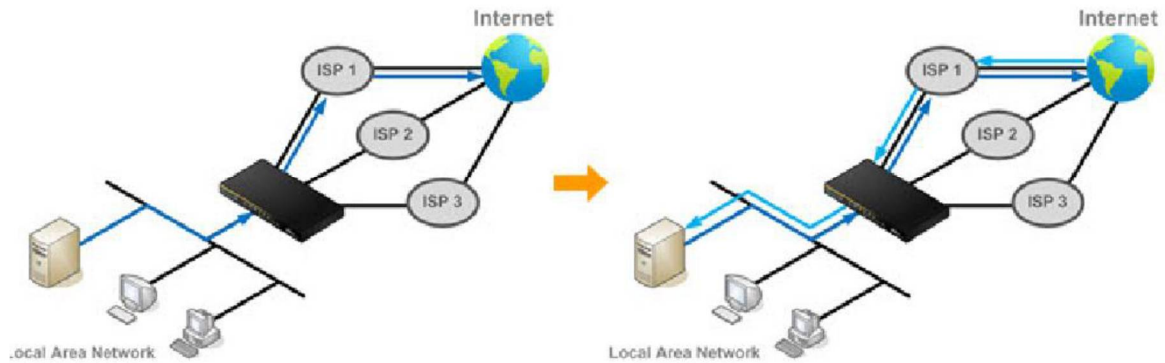


Рисунок 3.6 – Вихідна політика Persistence

3. Режим примусового підключення (Enforced) забезпечує спрямування трафіку через конкретне WAN- або VPN-з'єднання, незалежно від його статусу (встановлене/не встановлене).

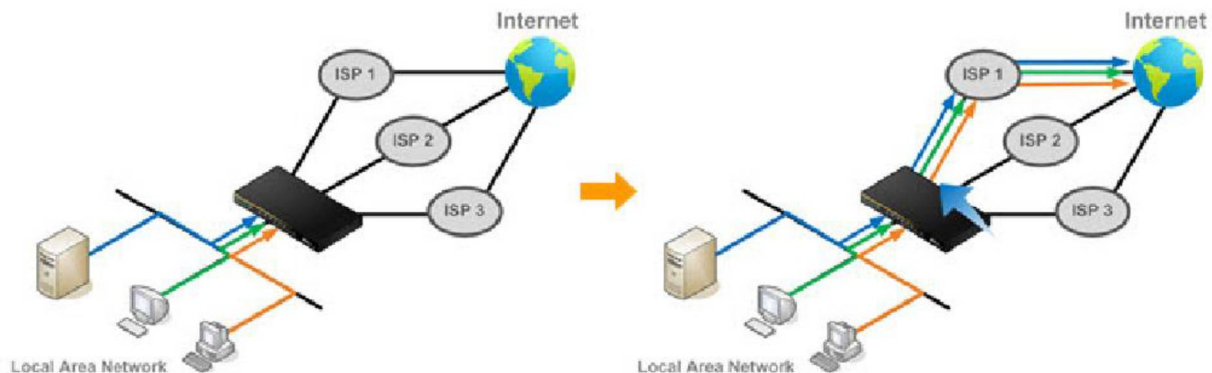


Рисунок 3.7 – Вихідна політика Enforced

4. Режим Priority встановлює порядок використання доступних каналів глобальної мережі або VPN-з'єднань, в які трафік має бути направлений. Значення пріоритету назначається для кожного WAN-каналу; під час передавання даних буде використовуватись WAN-канал з найвищим пріоритетом; канали з нижчими пріоритетами будуть використовуватись лише у випадку недоступності вищого за пріоритетом WAN-каналу (рисунок 3.8):

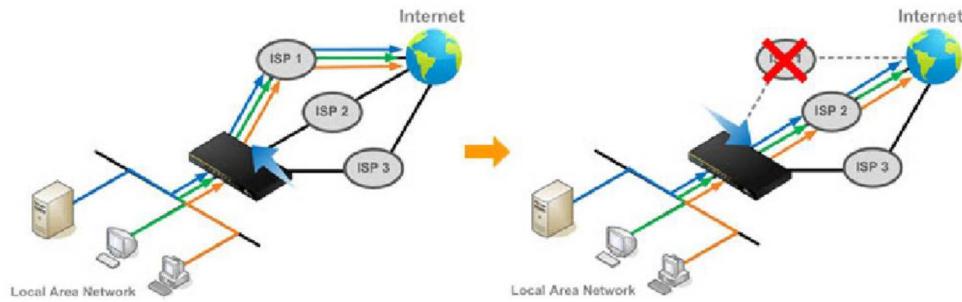


Рисунок 3.8 – Вихідна політика Priority

5. Overflow спрямовує трафік через підняте з'єднання WAN, яке має найвищий пріоритет. Коли пропускна здатність підключення перевантажується, нові пакети буде спрямовано до наступного в пріоритеті WAN-з'єднання, яке ще не повністю навантажене (рисунок 3.9):

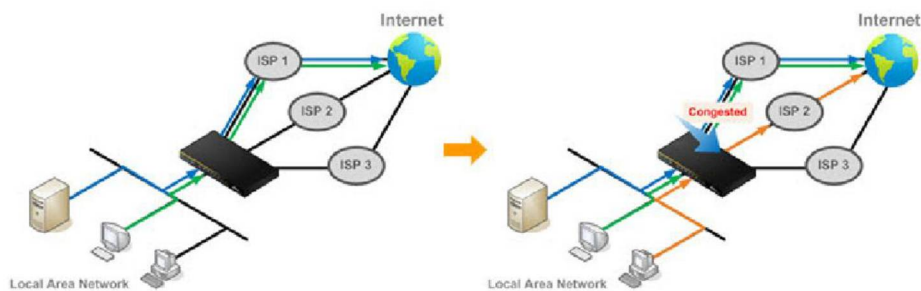


Рисунок 3.9 – Вихідна політика Overflow

6. В режимі Least Used трафік буде спрямовано через з'єднання WAN з найбільшою доступною смугою пропускання (рисунок 3.10):

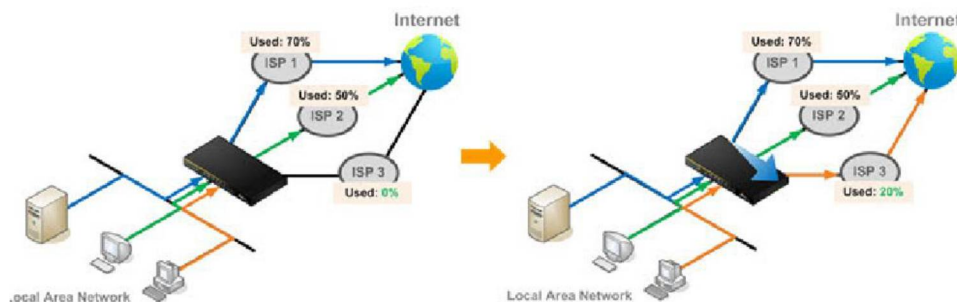


Рисунок 3.10 – Вихідна політика Least Used

7. Low Latency. Трафік буде спрямовано через те з'єднання WAN, що має найнижчу затримку. На інші доступні модеми надсилають перевірочні пакети для визначення величини затримки (рисунок 3.11):

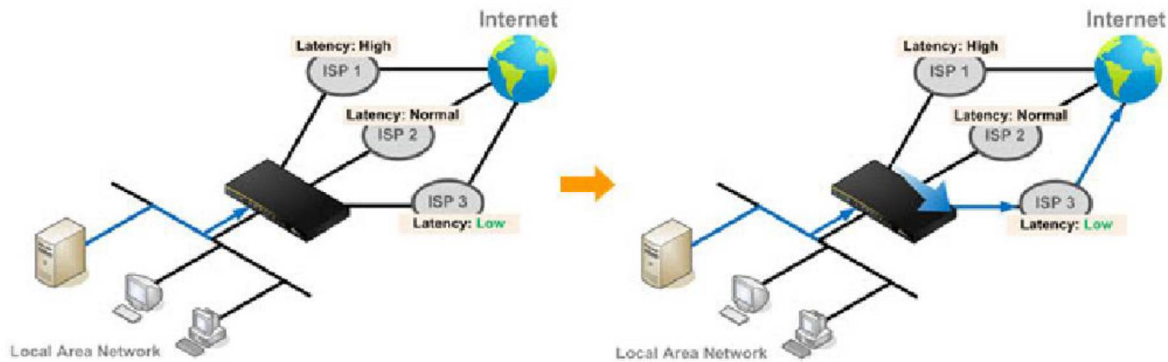


Рисунок 3.11 – Вихідна політика Lowest Latency

Технологія WAN Smoothing

Під час прямої трансляції стільниковий зв'язок може погіршитись, що призведе до втрати дорогоцінних секунд в ефірі. Для боротьби з втратою пакетів компанія Replink розробила технологію SpeenFusion: WAN Smoothing. Використовуючи інтелектуальні алгоритми, передавальний пристрій компанії Replink будує та поставляє спеціальні пакети. Приймальний пристрій Replink, озброєний цими спеціальними пакетами, може відновити втрачені пакети даних, щоб забезпечити постійний зв'язок [17]. У той же час WAN Smoothing буде намагатися назначити канал трафіку для з'єднання WAN з найнижчою затримкою. Таким чином затримка тунельного з'єднання SpeedFusion стає затримкою найбільш чутливого WAN-з'єднання. WAN Smoothing використовує більш широку полосу пропускання ніж зв'язування каналів, але підвищує узгодженість WAN-з'єднань. Цю технологію слід застосовувати, коли необхідне послідовне передавання даних, чутливе до часової затримки [18].

Зв'язані передаючий та приймальний роутери Replink застосовують власне 256-бітне AES VPN шифрування даних. Це забезпечує захист даних, які

можуть бути перехоплені в ефірі. Тому неможливо захоплення важливих даних, які передаються під час трансляції.

На рисунку 3.13 показано загальну модель роботи технології SpeedFusion. Кодований відеосигнал від CCTV камери у форматі H.264 поступає на передаючий роутер, де інтелектуально передається на окремий VPN-канал. За допомогою вбудованих вихідних політик цей сигнал передається декількома модемами та шифрується спеціальним 256-бітним AES кодом для того, щоб захистити інформацію від зовнішніх атак. Керуючись вибраною вихідною політикою приймальний роутер Replink Balance приймає передані дані через виділений VPN-канал та дешифрує його. Далі відновлені IP-пакети поступають на декодери, де і відновлюється початковий відеосигнал.

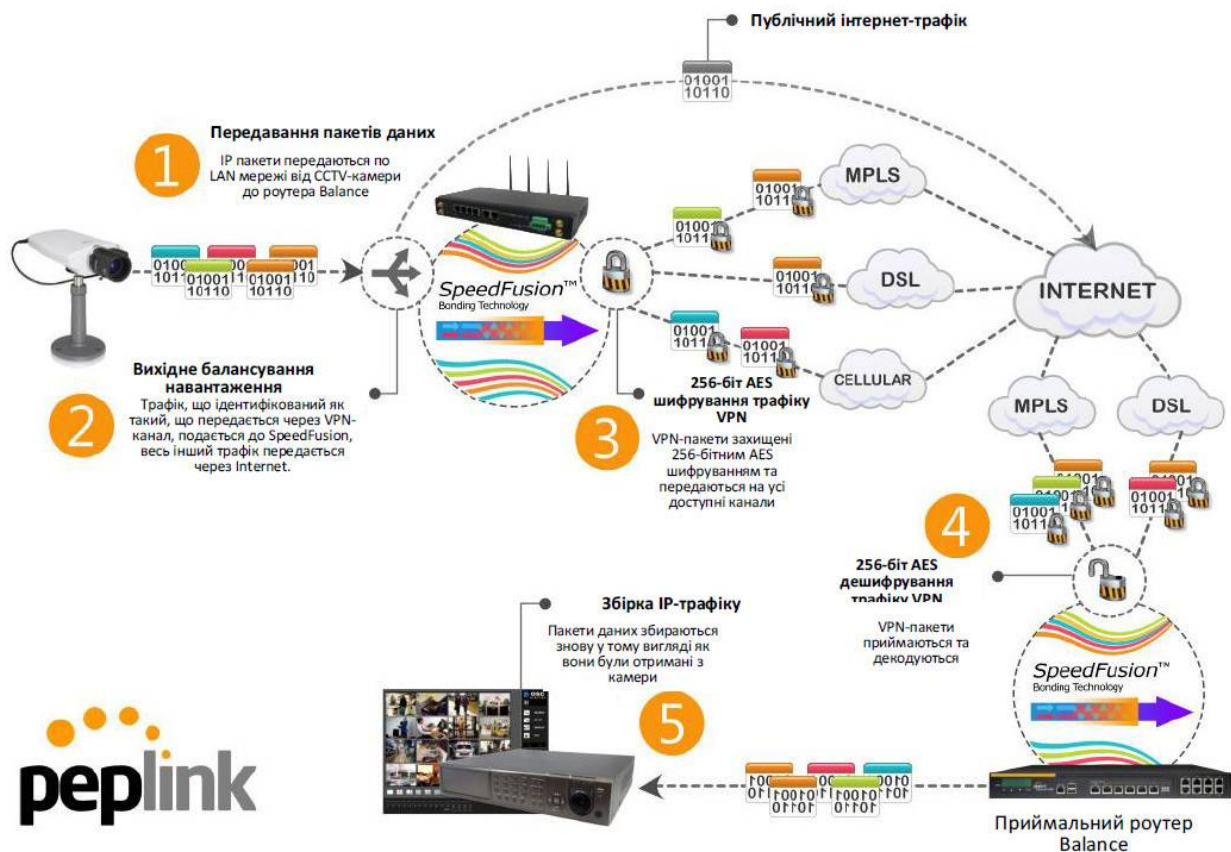


Рисунок 3.13 – Принцип роботи технології SpeedFusion

Висновки до розділу

1. Для удосконалення прямих відеотрансляцій в процесі телевізійного виробництва необхідно в першу чергу зменшити затримку кодування, що можливо досягти шляхом використання нових сучасних відеокодеків. Наприклад, кодек H.265 забезпечує меншу затримку в процесі кодування і декодування в порівнянні з відеокодеком H.264.

2. Для прямих відеотрансляцій доцільно застосовувати технологію зв'язування каналів (бондинг), яка дозволяє розширити пропускну здатність каналу і зменшити затримку. Цю технологію використовують компанії, котрі пропонують апаратно-програмні рішення для прямих відеотрансляцій.

3. Технологія Replink SpeedFusion дозволяє формувати віртуальний VPN-канал, збільшуючи таким чином пропускну здатність каналу і зменшуючи кількість помилок за допомогою додавання пакетів, які дозволяють відновлювати втрачені при передаванні дані.

4 ПРАКТИЧНЕ ПОРІВНЯННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРЯМИХ ВІДЕОТРАНСЛЯЦІЙ

4.1 Практична реалізація прямих відеотрансляцій за технологією LiveU

4.1.1 Проблема відмови модемів

Не дивлячись на всі явні переваги технології LiveU, у неї є недолік. Під час відеозйомки у випадку зміни плану, швидкості пересування камери або зуму швидкість відеопотоку зростає, що призводить до перевантаження каналу зв'язку, викликаного нестабільністю бітової швидкості відеопотоку. Ця проблема є однією з найістотніших під час використання даних технологій. На практиці можливі часті відмови 3G модемів (швидкість передавання падає до 0 Мбіт/с) через таке перевантаження.

Дану проблему досліджено під час тестування систем LiveU-500 і Aviwest DMNG PRO180, які підтримують одночасну роботу з 4 і 8 модемами відповідно. В ході тестування використано модеми операторів 3Mob, lifecell і Kyivstar. Результати тестування представлені в табл. 4.1.

Значення швидкості відеопотоку отримано в умовах швидкого руху камери, збільшення і зменшення зуму, а також під час зміни інших умов зйомки. Проведено 4 вимірювання, в табл.4.1 наведено усереднені значення бітової швидкості за результатами всіх вимірювань. У дужках наведено значення швидкості передавання без урахування відмови модему. Таким чином, аналізуючи дані таблиці, можна відзначити, що найбільш стабільні результати дає застосування модемів lifecell і Kyivstar, оскільки при роботі з цими операторами не були зафіксовані відмови модемів. Робота пристроїв з модемами оператора 3Mob не дає стабільні результати, в деяких випадках спостерігалися відмови модемів. Іноді навіть робота модемів не відновлювалась протягом значного проміжку часу (нульові значення швидкості передачі в таблиці).

Таблиця 4.1 – Швидкість передавання відеопотоку через модем для різних рішень

Технологія	Швидкість передачі відеопотоку через модем оператора, кбит/с								
	lifecell 1	3Mob 1	3Mob 2	Kyivstar	3Mob 3	3Mob 4	3Mob 5	3Mob 6	lifecell 2
LiveU1	1135	220 (394)	299	666	-	-	-	-	-
LiveU3	1442	38 (153)	122 (195)	1328	-	-	-	-	-
Aviwest	1350	1700	0	-	90	0	120	1100	400

Таким чином, під час відеотрансляцій можливі відмови 3G модема через перевантаження каналу зв'язку. Можливими шляхами вирішення проблеми відмови 3G модемів можуть бути: варіативність операторів, підвищення швидкості передачі за рахунок вибору більш дорогого тарифу (в разі оператора 3Mob) або перехід на мережі з технологіями 4G.

4.1.2 Проблема зміни якості відео

Втрати пакетів, що виникають внаслідок помилок в каналі бездротових мереж, можуть призводити до значних спотворень. Оскільки втрати пакетів виникають в каналі випадково, зміна каналних завад у часі може бути досить істотною. Існує дві методики оцінки візуальної якості відео - об'єктивна і суб'єктивна. Об'єктивний підхід полягає в тому, що якість відео оцінюють за допомогою будь-якої формули або алгоритму. Ідея суб'єктивного методу - отримати оцінку якості безпосередньо від експертів чи глядачів, які переглядають відео. В обох випадках порівнюють два відеозаписи - оригінал і запис, отриманий на стороні користувача.

Для дослідження ступеня спотворення і зміни якості, які виникають у відеозображенні через втрату пакетів у безпроводовому каналі, застосовано об'єктивний критерій VQM (Video Quality Metric), який дозволяє виміряти якість відеозображення без залучення експертів.

За допомогою програмного забезпечення MSU Video Quality Measurement Tool виконано об'єктивне оцінювання якості відеопослідовності, що містить пошкоджені внаслідок передавання через безпроводовий канал кадри.

Для порівняння використано відео послідовність, взяту з прямих трансляцій телеканалу Еспресо. Втрати пакетів збільшують варіативність якості відео. Також втратам пакетів сприяє різка зміна швидкості потоку відеоданих. Тому тестування розділено на два випадки: статичне відео та динамічне відео. Результати оцінювання якості представлені на рис. 4.1 – 4.2.

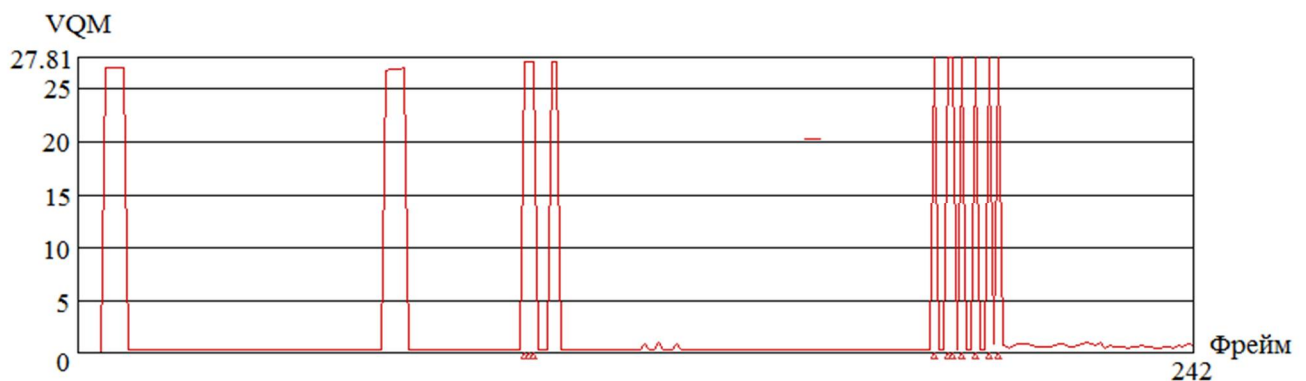


Рисунок 4.1 – Результат оцінки для динамічного відео

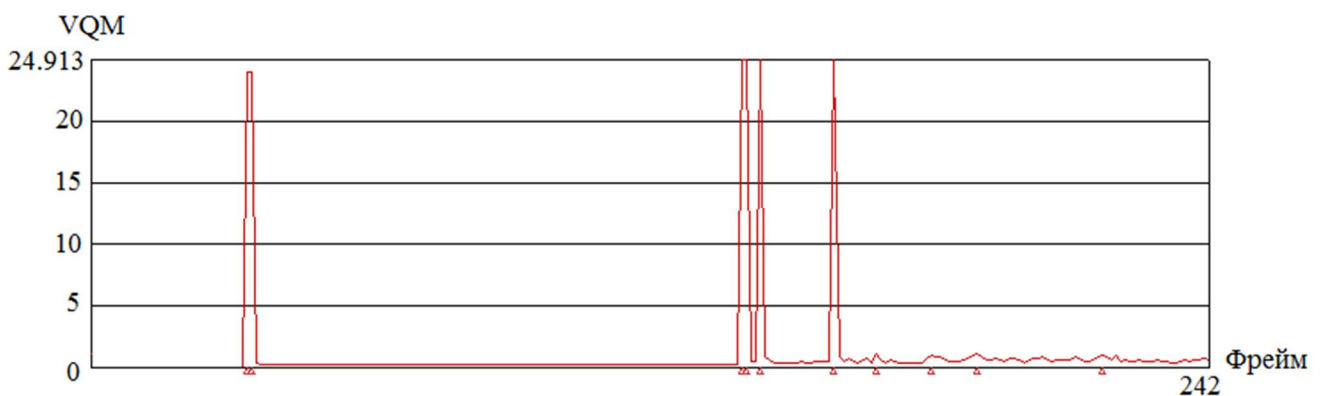


Рисунок 4.2 – Результат оцінки для статичного відео

На графіках наведено залежність об'єктивної оцінки VQM від номеру кадру. Кожний пік на графіках – це кадр, що випав внаслідок нестабільності роботи модему. Чим більший показник VQM, тим більша частина кадру (або більша кількість послідовних кадрів) була втрачена через помилки в каналі. Приклад випадіння кадрів приведено на рис. 4.3.

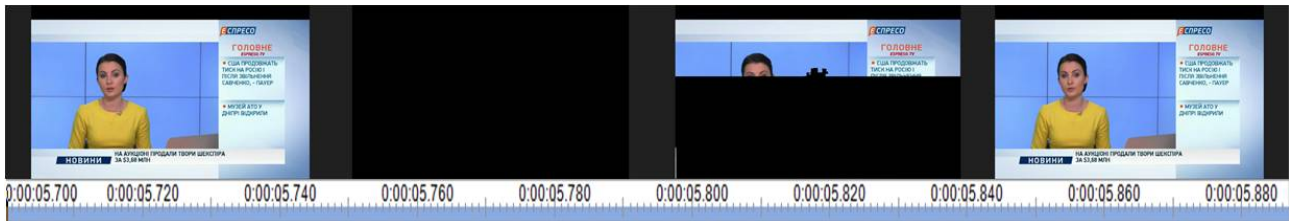


Рисунок 4.3 – Приклад випадіння кадрів

Для прикладу маємо ситуацію репортерської зйомки на околиці міста в умовах приймання лише 2G-сигналу та без доступних Ethernet та Wi-Fi мереж. Необхідно організувати відеотрансляцію з місця зйомки до телевізійної студії, яка знаходиться в 15-ти км від місця зйомки. Отже, для створення та передавання відеосигналу необхідні: джерело інформації (камера чи пристрій захвату), відеокодер для оцифрування контенту і мережа для доставки контенту одержувачу.

4.2 Практична реалізація прямих відеотрансляцій за допомогою технології SpeedFusion

4.2.1 Особливості відеокодера Teradek Cube 155

Відеокодер Teradek Cube 155 приймає FullHD-відеопотік на власному HDMI, SDI чи композитному вході та кодує його кодеком H.264. Відеокодер під'єднується до мережі по проводовому кабелю Ethernet 10/100 Мбіт або як клієнт Wi-Fi мережі або за допомогою 3G/4G/LTE USB модема. В даних умовах можливе використання лише CDMA-модемів. Одного модема для передавання телевізійного сигналу PAL формату 720x576, 25 к/с буде недостатньо. Тому необхідне використання стороннього роутера з можливістю зв'язування

каналів. Відеокодер має свій веб-інтерфейс для його налаштування та моніторингу (рис. 4.4).

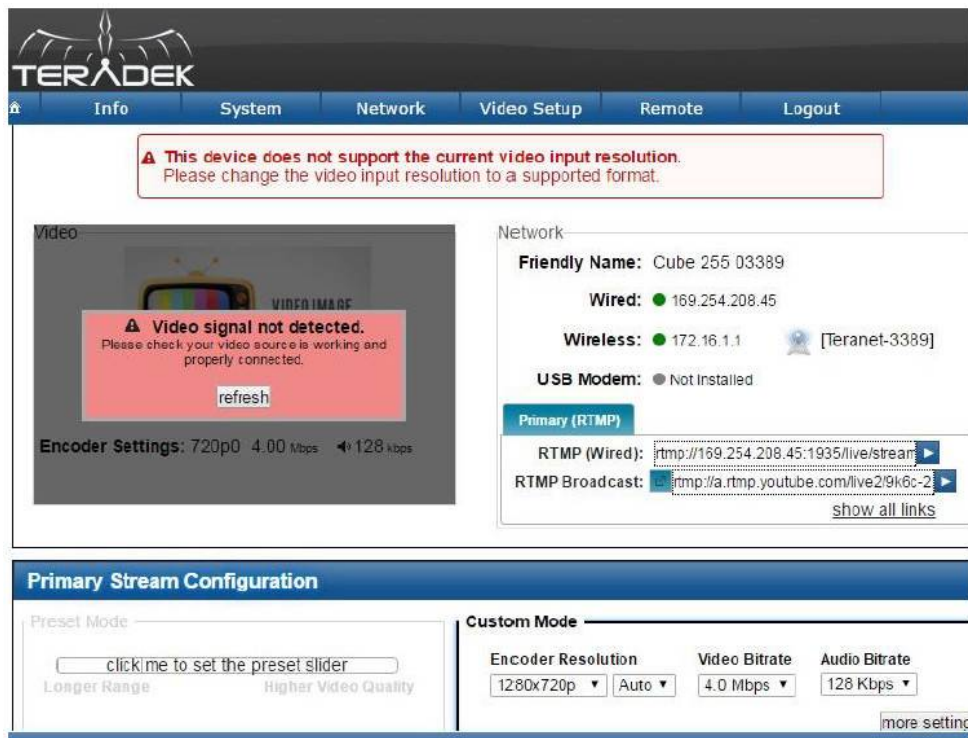


Рисунок 4.4 – Основне вікно стану відеокодера

У цьому вікні вказано тип вхідного відеосигналу і вікно попереднього перегляду відеопослідовності. Також вказано протокол мовлення (на прикладі показані налаштування RTMP-сервера), вихідні налаштування відео (роздільна здатність, бітрейт відео та аудіо). Ці налаштування можна змінити у вікні стану Dashboard. Для розширених налаштувань відео необхідно перейти у вікно налаштувань відеокодера (Encoder Setup). У ньому вікні можна вибрати налаштування вихідного відеосигналу (бітрейт, роздільну здатність, формат кадру, якість звуку, профіль стиснення та ін.). Для репортерської зйомки телевізійного формату зазвичай використовують такі налаштування:

- роздільна здатність – 720x576;
- бітрейт – 1 Мбіт\с – 1,5 Мбіт\с;
- формат кадру: 4:3;
- бітрейт аудіо: 96 кбіт\с;

4.2.2 Налаштування прямої трансляції

Пряму трансляцію можна забезпечити за допомогою різних протоколів передавання даних. У даному випадку стандартний протокол для відеокодера Teradek Streaming використовує у своїй основі UDP-протокол та забезпечує передавання відео на декодери Teradek. Протокол Teradek Streaming – це “Push” з’єднання, через яке відеокодер передає відео та аудіо одержувачу. Адреса назначення може бути як Unicast індивідуальною IP-адресою або як Multicast адресою для забезпечення підключення великої кількості клієнтів до однієї трансляції. З іншої сторони можливе використання RTMP-протоколу, де відеокодер виступає як клієнт медіасервера. Налаштування відеокодера схожі на ті, що використовуються в Adobe Flash Media Live Encoder, де необхідно виділити URL-сервера (CDN-сервер, порт або посилання) та назву трансляції. Вікно налаштування трансляції показано на рис. 4.5:



Рисунок 4.5 Вікно – налаштування трансляції відеокодера

У цьому вікні можливо вибрати тип трансляції, параметри відео, тип приймача сигналу (у даному випадку декодер Teradek Cube), протокол передавання, IP-адресу та порт призначення.

4.2.3 Налаштування мережі Teradek Cube

Відеокодер може передавати IP-поток через Ethernet-мережу, WiFi або 3G/4G модем. Також є можливість прямого з'єднання з декодером у зоні досяжності радіоантени. У вкладці “Network Setup” веб-інтерфейсу відеокодера можна налаштувати усі види з'єднань [19].

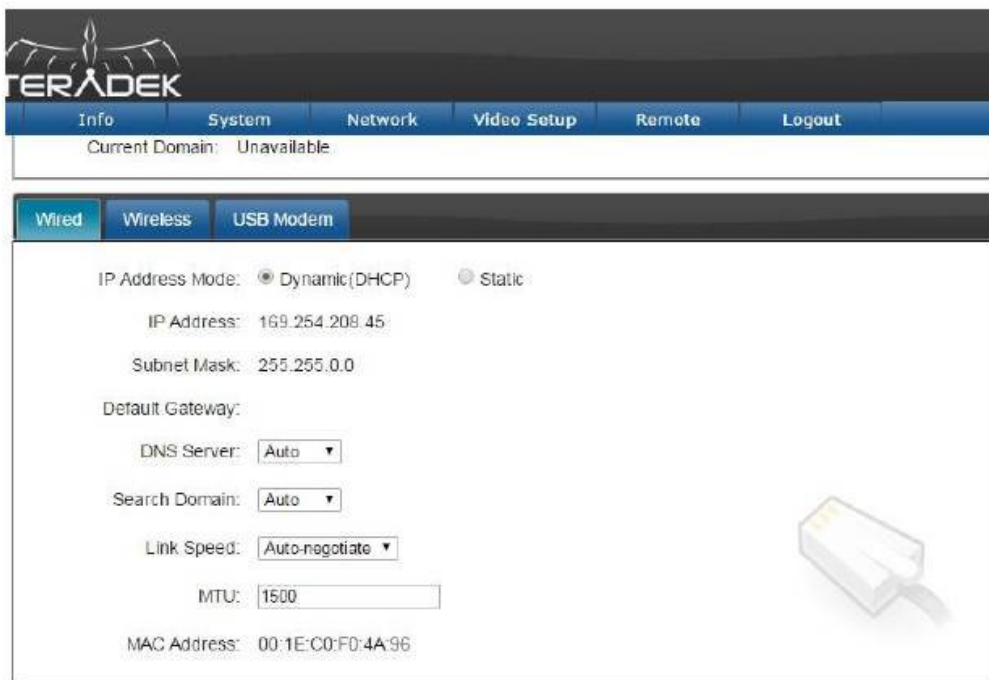


Рисунок 4.6 – Вікно налаштування мереж відеокодера

4.2.4 Налаштування роутера Perwave On-the-Go MAX

Perwave On-the-Go MAX дозволяє розділити IP-потік на 4 менших, тим самим передаючи у реальному часі більший потік інформації. Тому вихідний відеопотік з відеокодера з бітрейтом 2 Мбіт/с може бути розбитий на IP-потоки з бітрейтом 500 кбіт/с, що є прийнятною швидкістю для CDMA-модему. Після

відправки цих потоків з даними для отримання інформації на прийомі використовується Perlink Balance 310. Цей роутер «зклеює» розбиті VPN або SpeedFusion-потоки.

Технологія WanSmoothing дозволяє відновлювати втрачені пакети при передаванні даних по протоколу UDP, не втрачаючи при цьому у швидкості. Ця функція вимкнена за замовчуванням і має бути увімкнена при необхідності. Під час увімкнення роутера є можливість керувати кожним з WAN-портів (під'єднувати, від'єднувати або ставити у режим очікування). За замовчуванням до роутера під'єднано 4 модема з 4-х. І під час прямої трансляції при низькому рівні сигналу будь-який з модемів може почати пропускати пакети або мати надто високу затримку (більше 1000 мс), що вже є небезпечним параметром для задовільної якості трансляції. У такому випадку модем варто перевести у режим очікування, щоб при необхідності відразу його підключити. Ця процедура проводиться у вкладці Dashboard веб-інтерфейсу роутера Perwave On-the-Go MAX.

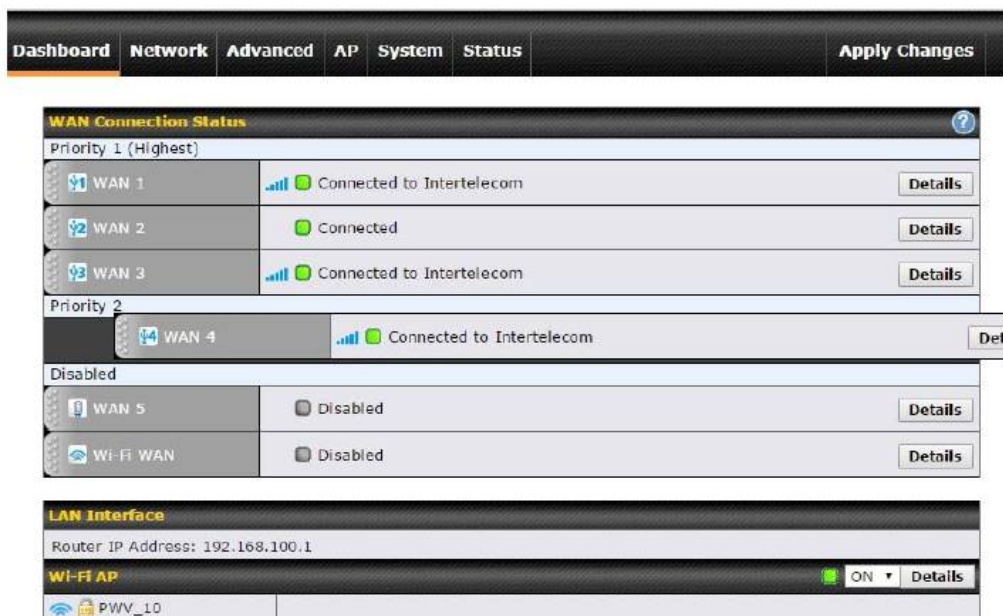


Рисунок 4.7 – Вікно стану USB-модемів роутера Perwave On-the-Go MAX

Швидкість передавання пакетів кожного з WAN-портів, затримку та кількість втрачених пакетів можна переглянути у вкладці SpeedFusion (рис.4.8).

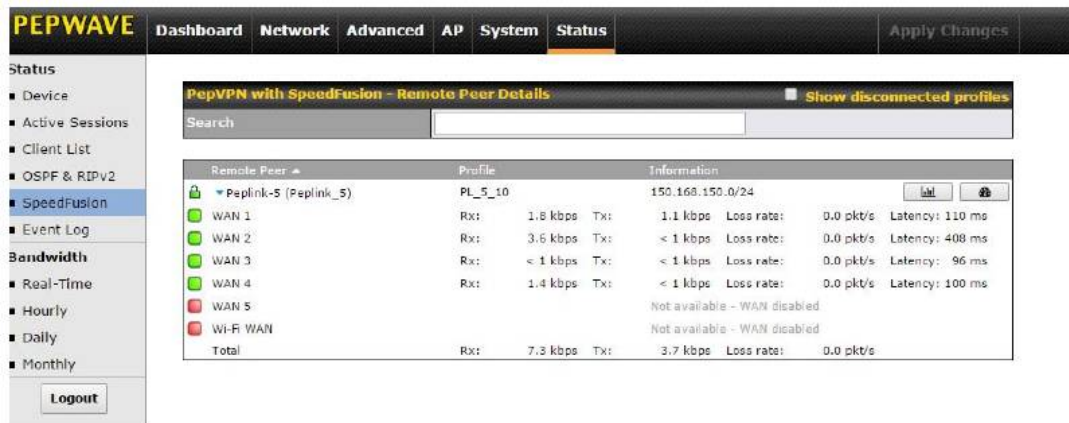


Рисунок 4.8 – Вікно стану USB-модемів Peperwave On-the-Go

Є можливість налаштувати автоматичне переведення модема у режим очікування при досягненні критичного рівня затримки або втрати пакетів. Тому що при виявленні втрати пакетів або при затримці більше 1000 мс та при візуальному падінні якості картинки (зависання, зниження роздільної здатності) буде доцільно відключити модем, що вносить завади. Тоді потік буде розподілятися між трьома стабільними модемами. Якщо технологія SpeedFusion не увімкнена, то її треба увімкнути у розширених налаштуваннях роутера Peperwave On-the-Go MAX (рис. 4.9)

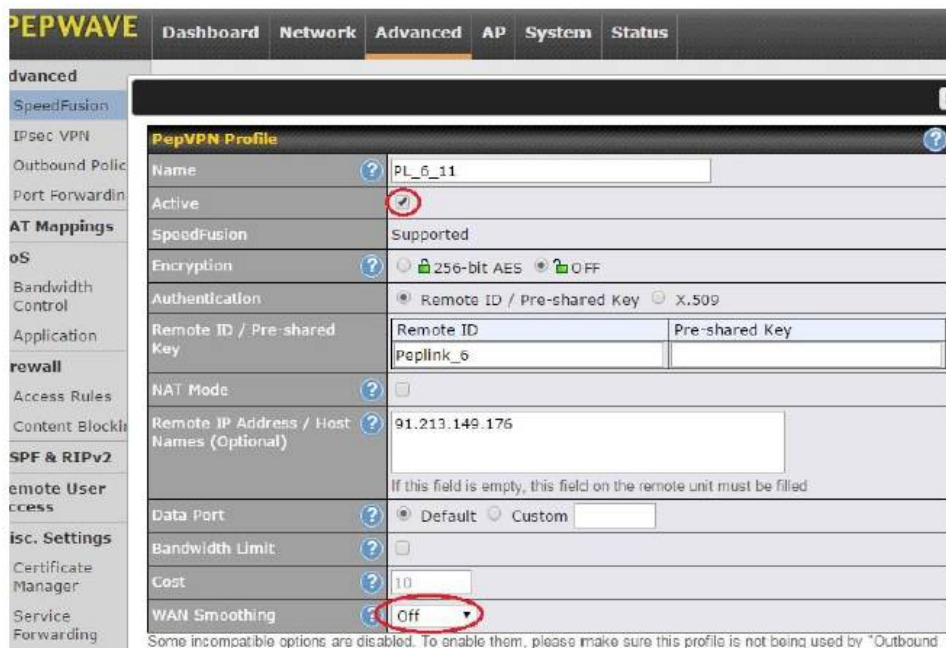


Рисунок 4.9 – Вікно розширених налаштувань роутера Peperwave On-the-Go

Технологія WAN Smoothing дозволяє пристрою, яке формує потік прямого передавання даних створювати та передавати спеціальні пакети, за допомогою яких приймальний пристрій може реконструювати втрачені пакети, завдяки чому з'єднання буде “підняте” та буде стабільним, не зважаючи на зовнішні завади та на зниження рівня сигналу.

4.2.5 Налаштування з'єднання Peplink On-the-Go та Peplink Balance 310

До кожного з маршрутизаторів Peplink Balance 310 можна підключити 2 роутера Peplink On-the-Go MAX, які можуть передавати дані одночасно. Ці два пристрої зв'язуються між собою за допомогою статичної IP-адреси. Наприклад, для Peplink Balance 310 внутрішня IP-адреса – 110.168.110.1 – ця адреса буде пунктом призначення передавання даних роутера Peplink On-the-Go. Роутери також зв'язані за допомогою власної технології Peplink VPN, яка створює між пристроями тунельне з'єднання та забезпечує високошвидкісну віртуальну приватну мережу. Налаштування цієї технології відбуваються на вкладці Peplink VPN на веб-інтерфейсі маршрутизатора Peplink Balance 310 (рис. 4.10).

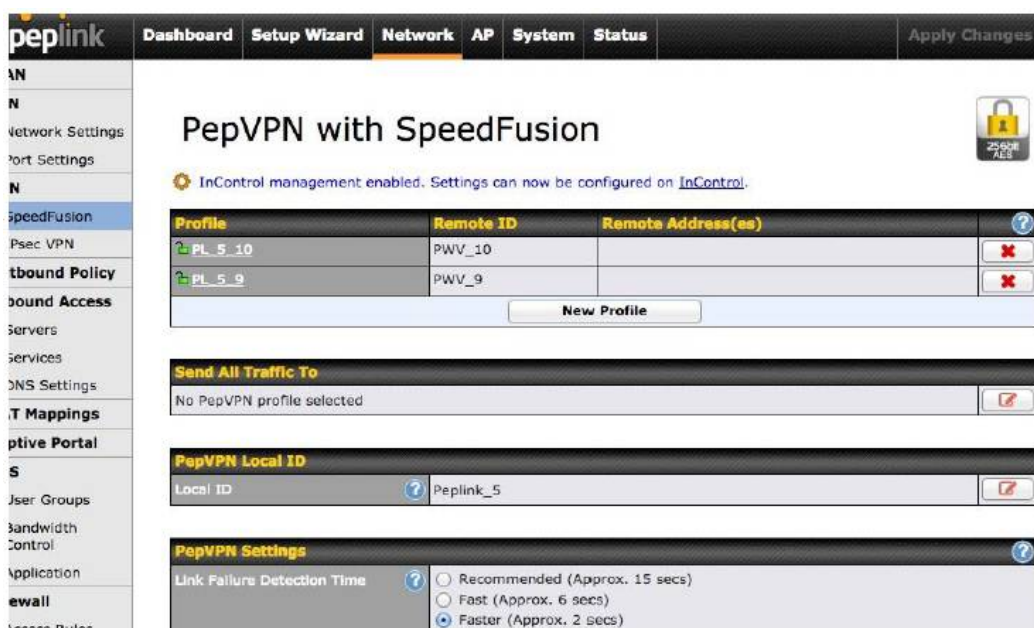


Рисунок 4.10 – Налаштування Peplink VPN на маршрутизаторі Peplink Balance 310

У маршрутизатора Peplink є свій ідентифікатор ID у цій зв'язці (у прикладі Peplink_1). Аналогічно роутер Peplink має свій ідентифікатор (у прикладі PWV_1). На рисунку 4.11 показана типова конфігурація мережі маршрутизатора Peplink.

Details of WAN 1 Close	
Connection Type	Static IP
IP Address	91.213.149.175
Subnet Mask	255.255.255.224
Default Gateway	91.213.149.161
Uptime	5868 mins
DNS Servers	91.213.149.2 91.213.149.3
MTU	1440

Рисунок 4.11 – Конфігурація мережі маршрутизатора Peplink Balance 310

На рисунку 4.12 показано вікно налаштувань локальної мережі маршрутизатора Peplink Balance 310.

The screenshot shows the Peplink web interface with the following sections:

- IP Settings:** IP Address: 150.168.150.1, Subnet Mask: 255.255.255.0 (/24)
- Drop-In Mode Settings:** Enable:
- DHCP Server:**
 - DHCP Server: Enable
 - DHCP Server Logging:
 - IP Range: 150.168.150.10 - 150.168.150.250, Subnet Mask: 255.255.255.0 (/24)
 - Lease Time: 1 Days 0 Hours 0 Mins
 - DNS Servers: Assign DNS server automatically
 - WINS Servers: Assign WINS server
 - BOOTP:
 - Extended DHCP Option: No Extended DHCP Option
 - DHCP Reservation: Table with columns Name, MAC Address, Static IP, and a plus sign.
- Static Route Settings:**
 - Static Route: Table with columns Destination Network, Subnet Mask, Gateway, and a plus sign.

Рисунок 4.12 – Вікно налаштувань локальної мережі маршрутизатора Peplink

4.2.6 Дослідження параметрів прямої трансляції за допомогою макету

Після приймання пакетів під мобільного роутера, Peplink Balance 310 передає пакети на декодер Teradek Cube, який у свою чергу відновлює початковий відеосигнал та декодує кодек H.264, яким він був закодований. Цей відновлений сигнал йде до студії на відеомікшер або на монітори для переглядання відео.

Проведено дослідження роботи технологій SpeedFusion та WAN Smoothing в умовах відсутності 3G покриття на макеті, що складається зі знімальної камери Panasonic AG-DVX100BE, до якої під'єднано відеокодер Teradek Cube 155. Відеокодер з'єднаний з роутером Peplink On-The-Go, до якого підключено 4 CDMA-модеми Інтертелеком, що передають IP-пакети в інтернет-мережу. Приймальна частина складається з роутера Peplink 310, що об'єднує прийняті пакети і передає їх на декодер Teradek Cube 155. На першому етапі дослідження технологію WAN Smoothing на роутері Peplink 310 було вимкнено, на другому – увімкнено. На кожному з етапів досліджено вихідні політики OutBound Policy на роутері Peplink.

Відеосигнал для передавання сформовано у роздільній має роздільну здатності 720x576, відеопотік – 1 Мбіт/с. Для роботи системи задіяно усі можливі модеми. Значення швидкості передавання, затримки сигналу та стан піднятих модемів спостерігали у веб-інтерфейсі роутера Peplink 310. Стабільність картинки, яка полягає у відсутності переривань під час відеотрансляції, оцінювали на відеомоніторі BON BEM-212, що приймав сигнал з декодера Cube 155. Результати дослідження наведені у табл.2. Веб-інтерфейс роутера Peplink Balance 310 під час тестового передавання даних через роутери показано на рис. 4.13

WAN 1	Rx: 8.6 kbps	Tx: 209.7 kbps	Loss rate: 0.0 pkt/s	Latency: 197 ms
WAN 2	Rx: 6.5 kbps	Tx: 141.1 kbps	Loss rate: 0.0 pkt/s	Latency: 122 ms
WAN 3	Rx: 5.8 kbps	Tx: 168.3 kbps	Loss rate: 0.0 pkt/s	Latency: 114 ms
WAN 4	Rx: 10.6 kbps	Tx: 241.1 kbps	Loss rate: 0.0 pkt/s	Latency: 108 ms
WAN 5	Not available - WAN disabled			
Wi-Fi WAN	Not available - WAN disabled			
Total	Rx: 31.5 kbps	Tx: 760.2 kbps	Loss rate: 0.0 pkt/s	

Рисунок 4.13– Моніторинг стану передавання сигналу у веб-інтерфейсі роутера Replink

Таблиця 4.2– Результати дослідження вихідних політик Perwave On-the-Go

WAN Smoothing		Вимк.	Увімк.	Вимк.	Увімк.
Вихідна політика	Кількість задіяних модемів	Середня затримка, мс		Стабільність картинки, бали	
Weighted Balance	4	181	192	4	5
Persistence	1	339	550	2	3
Enforced	4	134	195	4	5
Priority	1	221	254	3	3
Overflow	2	234	245	4	4
Least Used	1	331	334	2	2
Lowest Latency	1	146	190	2	3

З даних табл. 4.2 видно, що система забезпечує отримання плавного зображення без зависнь у випадку політик Enforced та Weighted Balance, коли задіяно усі 4 модема, за увімкненої технології WAN Smoothing навіть в умовах відсутності покриття 3G та середнього рівня сигналу CDMA на місці зйомки [20].

Виконано порівняння з конкуруючою технологією LiveU, яка забезпечує передавання відеоматеріалу через кілька безпроводових каналів зв'язку (GPRS /

EDGE, UMTS, CDMA, LTE і Wi-Fi) одночасно. Для передавання IP-трафіку використано модеми оператора Київстар, покриття якого в місці зйомки є аналогічним до Інтертелекома [29]. Стабільність зображення прийнятого відеопотоку оцінювали на відеомоніторі BON BEM-212. Оцінка «2» у балах означає, що під час трансляції швидкість передавання впала до 0 Мбіт/с і відео помітно зависало. Результати дослідження наведено у табл. 4.3:

Таблиця 4.3 – Результати роботи макету на основі пристрою LiveU

Кількість задіяних модемів	Провайдер мобільного зв'язку	Середня швидкість передавання, кбіт/с	Стабільність картинки, бали
2	Київстар	530	2
4	Київстар	933	3

Таким чином, у випадку відмови одного модему, якщо задіяно для трансляції всього 2 модеми, суттєво погіршується якість трансляції, в результаті чого з'являються зависання зображення чи повна зупинка трансляції. У випадку роботи 4-х модемів одночасно трансляція не переривалась, але були помітні переривання та зависання, що є не прийнятним під час роботи у прямому ефірі.

Висновки до розділу

1. Досліджено ступінь спотворення і зміни якості, які виникають у відеозображенні через втрату пакетів у безпроводовому каналі, а також виконано об'єктивне оцінювання якості відеопослідовності, що містить пошкоджені внаслідок передавання через безпроводовий канал кадри.

Результати показують, що втрати пакетів збільшують варіативність якості відео, в також втратам пакетів сприяє різка зміна швидкості потоку відеоданих.

Виявлено, що чим більший показник VQM, тим більша частина кадру (або більша кількість послідовних кадрів) може бути втрачена через помилки в каналі.

2. Проаналізовано можливості для налаштування обладнання Teradek Cube, визначено прийнятні налаштування відеокодера та декодера для передавання телевізійного сигналу. Проаналізовано особливості зв'язування роутерів Replink та Perwave для забезпечення роботи технологій PerVPN та SpeedFusion.

3. Побудовано макет для проведення безпроводової прямої відеотрансляції, що складається зі знімальної камери Panasonic HC-MDH3E, до якої під'єднано відеокодер Teradek Cube. Відеокодер з'єднаний з роутером Perwave On-The-Go, до якого підключено 4 CDMA-модеми Інтертелеком, що передають IP-пакети в інтернет-мережу. Приймальна частина складається з роутера Replink 310, що об'єднує прийняті пакети і передає їх на декодер Teradek Cube.

4. Досліджено особливості застосування технології WAN Smoothing. На першому етапі дослідження на роутері Replink 310 технологію було вимкнено, на другому – увімкнено. На кожному з етапів досліджено вихідні політики Outbound Policy на роутері Perwave. Результати дослідження показали, що найкращі результати отримано у випадку використання політик Enforced та Weighted Balance, коли задіяно усі 4 модеми, при увімкненій технології WAN Smoothing. За таких налаштувань вдалося отримати більш стабільне передавання відеосигналу. Середня затримка при Weighted Balance – 192 мс, стабільність картинки – 5 балів. При використанні політики Enforced – середня затримка склала 195 мс, стабільність картинки – 5 балів.

5. Проведено порівняння запропонованого макету системи з існуючим готовим рішенням для проведення відеотрансляцій LiveU та доведено, що досліджуваний макет має вищі характеристики якості передавання відеозображення в умовах низького рівня радіопокриття. Результати LiveU: середня затримка більше 1,5 с, стабільність картинки – 3 бали.

5 СТАРТАП-ПРОЕКТ

5.1 Основні відомості

Сутність стартап-проекту. Досліджуючи ринок відеопослуг було виявлено можливість проведення прямих відеотрансляцій за допомогою використання нових рішень. Зміст ідеї стартапу та визначення її характеристик наведено в табл. 5.1 та табл. 5.2.

Таблиця 5.1 – Зміст ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Запропонувати дієве і ефективне рішення для оптимізації потокового мовлення в процесі телевиробництва	1. Телевізійне виробництво	Здешевлення проведення прямих репортажів з місця подій
	2. Відеоблог	Можливість включення з різних куточків світу для аудиторії відеоблогу телеканалу
	3. Соціальна мережа	Проведення високоякісних відеотрансляцій в соціальних мережах заради підвищення рейтингу сторінки телеканалу

Таблиця 5.2 – Визначення характеристик ідеї стартап-проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Запропонований метод	Загальноживаний метод			
1.	Продаж або оренда професійного обладнання для потокового мовлення	Дає змогу	Дає змогу	Досить громіздкий набір обладнання	Цінова політика може не задовільнити кінцевого споживача	Кінцева вартість рішення нижча, ніж аналоги конкурентів
2.	Підвищення якості відеотрансляції за умови низького рівня радіопокриття	Дає змогу	Не дає змогу	Немає 100-відстокової гарантії проведення онлайн трансляції	Необхідною будуть додаткові витрати на периферію	Забезпечення передавання відеосигналу високої якості

5.2 Технологічний аудит ідеї стартап-проекту

У таблиці 5.3 оцінено можливість технологічної реалізації ідеї стартапу та показано технології, які можна застосувати для реалізації проекту.

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Проведення прямих відеотрансляцій на замовлення	Спеціалізоване обладнання для організації потокового мовлення	Присутня	Доступна
2		Використання апаратних систем загального призначення	Необхідно розробити	Доступна в випадку достатнього бюджету
3		Розробка власних апаратно-програмних рішень	Присутня	Доступна в випадку достатнього бюджету

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: застосування спеціалізованого обладнання для організації потокового мовлення

5.3. Аналіз можливостей ринку для запуску проекту

У таблиці 5.4 показано попередню характеристику потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартапу

№ п/п	Показники ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість основних гравців, од	8
2	Обсяг продажів, грн/ум.од	300000
3	Тенденції ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Залучення потенційних клієнтів
5	Специфічні вимоги стандартизування та сертифікування	Ліцензія на телемовлення
6	Середня норма рентабельності в даній галузі, %	$300000/210000 = 143\%$

У таблиці 5.5 показано характеристику потенційних клієнтів стартап-проекту

Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності поведінки потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Стабільний мережевий зв'язок під час проведення онлайн трансляцій	ЗМІ, медійні компанії	Необхідний рівень якості передавання відеоконтенту	Результат повинен відповідати найвищим стандартам якості
2	Необхідність передавання відеосигналу високої чіткості	ЗМІ, медійні компанії	Кожна група має власні вимоги до стандартів відеозображення	Забезпечення передавання відеосигналу в залежності від потреб споживача

У табл. 5.6 наведено основні загрози реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Опис загрози	Планове реагування компанії
1	Недостатній інтерес клієнтів	В випадку невдалого маркетингу клієнта можуть не зацікавити запропоновані послуги	Забезпечення додаткових сервісних послуг
2	Втрата конкурентних позицій	Втрата статусу надійного постачальника	Якісний та кількісний приріст інтенсивності та виважена цінова політика

У табл.5.7 наведено основні можливості під час реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5.7. Основні можливості

№ п/п	Фактор	Опис можливості	Планове реагування компанії
1	Лідерські позиції на ринку медійних послуг	Стрімке зростання попиту	Якісне та кількісне збільшення потужностей
2	Впровадження запропонованих технологій в уже існуючі системи потокового мовлення	Збільшення об'ємів закупівель	Якісне та кількісне збільшення потужностей

У таблиці 5.8 наведено особливості та вплив конкурентного середовища на впровадження проекту [30].

Таблиця 5.8. Аналіз конкуренції

Особливості конкурентного середовища	Прояв даної характеристика	Вплив на діяльність підприємства (планові дії компанії для забезпечення конкурентоспроможності)
1. Конкуренція	Застосування вже існуючих технологій	Проведення стандартизації на високому рівні
2. Локальний	Відсутність єдиного постачальника послуг	Індивідуальний підхід до кожної локальної ділянки
3. Міжгалузєва	Відсутня	Відсутня
4. Товарно-видова	Використання стандартизованих технологій	Застосування загальноживаних апаратних та програмних засобів, за необхідності
5. Цінова	Використання високовартісних спеціалізованих комплексів	Можливість заощадити шляхом застосування загальноживаних апаратних засобів
6. Марочна	Кожна діагностика повинна бути стандартизованою	Здобуття переваги на ринку медійних послуг

У таблиці 5.9 проаналізовано конкуренцію проекту в галузі за М. Портером

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Апаратні постачальники	Потреба пошуку постачальників	Залучення непопулярних постачальників	Самостійність у прийнятті клієнтських рішень	Надання переваги авторитетнішим апаратним рішенням
Висновки:	Середня	Є можливість виходу на ринок	Постачальники встановлюють цінову політику на обладнання	Клієнти встановлюють вимоги до якості	Обмеження є тільки в випадку відмови від діагностики

У табл. 5.10 наведено та обґрунтовано фактори конкурентноспроможності.

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентноспроможності

№ п/п	Фактор конкурентноспроможності	Обґрунтування (чинники, що роблять фактор порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Раціональніша цінова політика	Можливість раціональнішого використання ресурсів
2	Забезпечення сервісних послуг	Сервісне обслуговування апаратної та програмної частини

У табл. 5.11 перелічено сильні та слабкі сторони проекту.

Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентноспроможності	Бали 1-20	Порівняння рейтингу товарів-конкурентів							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Раціональніша цінова політика	15	+							
2	Послуги сервісного обслуговування	12			+					
3	Періодична діагностика	7					+			
4	Потреба в залученні висококваліфікованих кадрів	7							+	

У табл.5.12 представлений SWOT-аналіз стартап-проекту.

Таблиця 5.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: раціональна цінова політика, послуги сервісного обслуговування	Слабкі сторони: періодична діагностика, потреба в залученні висококваліфікованих кадрів
Можливості: Ексклюзивне використання нового методу, впровадження методу в існуючі аудіо логічні комплекси	Загрози: Низька зацікавленість клієнтів, Втрата монополії

Альтернативи ринкового впровадження стартапу показані в табл.5.13.

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження проєкту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність залучення ресурсів	Терміни реалізації
1	Складання договорів з медійними компаніями та оперативне захоплення ринку при використанні нового рішення	висока	короткі
2	Застосування приладів загального вжитку для підвищення конкурентноспроможності	середня	короткі

5.4. Розроблення ринкової стратегії проєкту

Обґрунтування вибору цільових груп потенційних споживачів показано в табл. 5.14 [31].

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Загальний профіль цільової групи потенційних клієнтів	Готовність сприйняття продукту споживачами	Орієнтовний попит цільової групи (сегменту)	Напруженість конкуренції в сегменті	Складність входу у сегмент
1	Медійні компанії Надання якісних послуг	Середня	Високий	Середня	Середня
2	Відеоблогери	Низька	Середній	Середня	Низька

Визначення базової стратегії розвитку наведено у табл. 5.15.

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Основні конкурентоспроможні позиції згідно з обраною альтернативою	Базова стратегія розвитку*
1	Застосування альтернативних технологій та пристроїв	Впровадження нового стандарту якості	Залучення ключових гравців у галузі телебачення	Стратегія диференціації
2	Бюджетність проекту	Оптимізованіші затрати на обладнання, та послуги	Використання загальноживаних апаратних рішень замість спеціалізованих комплексів	Стратегія лідерства по витратах

Визначення основної стратегії конкурентної поведінки показано в табл. 5.16.

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект унікальним на ринку?	Чи необхідно буде компанії шукати нових споживачів, чи опрацьовувати існуючих у конкурентів?	Чи необхідно компанії копіювати основні характеристики товару конкурента?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Так	Опрацьовувати існуючих та шукати нових	Немає необхідності	Стратегія виклику лідера

Визначення стратегії позиціонування показано в табл. 5.17.

Таблиця 5.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги цільової аудиторії до товару	Основна стратегія розвитку	Основні конкурентоспроможні позиції стартап-проекту	Визначення асоціацій, які сформулюють комплексну позицію стартап-проекту (три основних)
1	Належна висока якість послуг	Стратегія диференціації	Новизна, гарант якості, точність дослідження	Якість, точність, надійність
2	Невисокі витрати	Стратегія лідерства по витратах	Універсальність запропонованого рішення	Універсальність, невисока вартість

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Основні переваги концепції потенційного товару показано в табл. 5.18.

Таблиця 5.18. Визначення основних переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Основні переваги перед конкурентами (існуючі або потенційні)
1	Якість	Належна висока якість, надійність	Надійність
2	Невисока вартість	Оптимальне використання коштів, дешевше обладнання	Невисока вартість

Виявлено три рівні моделі товару. Зміст та складові рівнів товару показано в табл. 5.19.

Таблиця 5.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Зміст та складові		
I. Товар за задумом	Якісний товар та послуги, стандартизована якість послуг та обладнання		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1)Вартість обслуговування,	1) М	1)Е
	2)Кількість комплектів обладнання	2) М	2) Пр
	3)Строк безвідмовної експлуатації	3) М	3)Нд
	4)Технологічна собівартість товару	4) М	4)Тх
	Якість: міжнародні стандарти, постійне обслуговування та підтримка обладнання		
	Доставка, встановлення і налаштування		
	Марка: Відеовиробництво		
III. Товар із підкріпленням	До продажу – обладнання та встановлення		
	Після продажу – обслуговування та сервісна підтримка		

Завдяки чому потенційний товар буде захищено від копіювання: специфічна методика обробки даних.

Визначення цінової політики на послугу показано в табл. 5.20.

Таблиця 5.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Цінова політика товарів-замінників	Цінова політика на товари-аналоги	Рівень купівельної спроможності цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	10000 у.о./од. (стандартна методика)	-	Високий	Н.5000 у.о. – В.11000 у.о. (Товар) Н.300 у.о. – В.1000 у.о. (Послуга)

Створення системи збуту послуги вказано у табл. 5.21.

Таблиця 5.21. Створення системи збуту

№ п/п	Закупівельна поведінка цільових клієнтів	Функції збуту, що повинен забезпечувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтована на максимальну якість трансляції	Поставки якісного, точного та надійного товару	Значна	Договірна система збуту

Концепції маркетингових комунікацій показано в табл. 5.22.

Таблиця 5.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій цільових клієнтів	Основні методи позиціонування	Завдання рекламного звернення	Концепція рекламного звернення
1	Зацікавленість в точному та якісному продукті з раціональним використанням ресурсів	Мережні ресурси	Гарантія якості та стандартизація, сервісна політика	Привернути увагу до покращень, пов'язаних із зростаючою популярністю послуг	Позиціонування центру синхронізації відправною точкою на шляху до над якісного контенту
2	Зацікавленість у великих об'ємах продукції із дотриманням умов якості	Мережні ресурси	Глибина каналу постачальників, гарантія якості	Привернути увагу до переваг первісності та в глибині каналу постачання	Позиціонування послуг центру синхронізації єдиним раціональним шляхом забезпечення стабільного трафіку

Висновки до розділу

1. Виявлено, що комерціалізацію стартап-проекту щодо застосування та розвитку запропонованого апаратно-програмного рішення для потокового мовлення можна вважати доцільною. На ринку медійних послуг достатній попит на дану пропозицію, який зараз задовільняють товари замітники та більш дорогі рішення, саме тому необхідно займати нішу конкурента у якості постачальника порівняно вигідного продукту. Рентабельність на ринку послуг забезпечить в першу чергу можливість заміни повної апаратної залежності на універсальність, шляхом застосування не спеціалізованих комплексів, а загальноживаного програмного та апаратного забезпечення.

2. Перспективність впровадження досить висока, адже основними групами клієнтів є крупні телевізійні компанії, і, в разі досягнення відповідного авторитету, існує можливість охоплення у масштабах міжнародних ринків. Конкурентноспроможність проекту забезпечує низька ціна кінцевого продукту та забезпечення високої якості проведення трансляції в тих умовах, де конкуренти відстають за цим параметром. Це є перевагою і основним критерієм входження на ринок запропонованого рішення.

3. Обрана альтернатива впровадження – пошук альтернативних технологій та пристроїв для побудови систем передавання відео. Імплементація проекту доцільна, а сприятливі умови для його розвитку обумовлені рентабельністю та зацікавленістю потенційних груп клієнтів.

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації вирішено проблему підвищення якісних показників відеозображення та зменшення часу затримки передавання відеосигналу в умовах проведення онлайн трансляцій в процесі телевиробництва.

1. Проаналізовано основні технології потокового відеомовлення, які використовують в сучасному телевиробництві: ССЗ та ПТС, мобільні технології, технології LiveU та Teradek.

Використання супутникових технологій має ряд недоліків: значна затримка, великі габарити земної станції та ПТС, проблеми з захистом інформації та інтерференція (вплив погодних умов). Мобільні технології поки що також не можуть широко застосовуватись, адже в мобільних сервісах обмежено роздільну здатність під час онлайн трансляції.

Технологіям LiveU та Teradek притаманні мінімальні затримки з використанням 4G-технологій. Якість зображення можна порівняти зі студійною, але при цьому для коректної роботи необхідний доступ до широкопasmового каналу трафіку.

2. Досліджено протоколи, які використовуються під час прямих відеотрансляцій в телевиробництві. Найпоширенішим протоколом для прямих відеотрансляцій залишається RTMP-протокол, проте через поступову відмову від Adobe Flash нові протоколи займають свою нішу на ринку.

Досліджено протокол LRT, який використовується в LiveU, що містить адаптивну швидкість передачі даних, динамічну корекцію помилок та контролює швидкість з'єднання. За цими показниками він перевершує протоколи RTP та RSTP. Використання цього протоколу є кращим рішенням для забезпечення передавання контенту високої якості до будь-якого пункту призначення.

3. Проаналізовано технології зв'язування каналів (бондинг), які забезпечують якісне передавання відеосигналу під час проведення онлайн відеотрансляції. Запропоновано використання технології SpeedFusion компанії Peplink, яка дозволяє розширити пропускну здатність каналу і зменшити затримку. Технологія Peplink SpeedFusion дозволяє формувати віртуальний VPN-канал, збільшуючи таким чином пропускну здатність каналу і зменшуючи кількість помилок за допомогою додавання пакетів, які дозволяють відновлювати втрачені при передаванні дані.

4. Здійснено дослідження макету обладнання для проведення безпроводової прямої відеотрансляції, який складається з камери Panasonic HC-MDH3E, відеокодера Teradek Cube, роутера Peplink On-The-Go, 4 CDMA-модемів Інтертелеком, роутера Peplink 310 та декодера Teradek Cube.

5. Проведено порівняння різних вихідних політик роутера Peplink та технології WAN Smoothing. Визначено, що найкращі результати дають політики Wighted Balance та Enforced. Середня затримка при Weighted Balance – 192 мс, якість відеокартинки – 5 балів. При використанні політики Enforced середня затримка склала 195 мс, якість відеокартинки – 5 балів. Проведено порівняння з готовим рішенням для проведення відеотрансляцій LiveU та доведено, що досліджуваний макет має вищі характеристики якості передавання відеозображення в умовах низького рівня радіопокриття. Результати LiveU: середня затримка більше 1.5 с, якість відеокартинки – 3 бали.

6. Розроблено стартап-проект, який базується на просуванні на ринок медійних послуг досліджуваного макету обладнання як готового рішення для проведення прямих відеотрансляцій. Проведено дослідження доцільності та рентабельності даного бізнес-проекту та визначено, що комерціалізація проекту є доцільною.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ефимушкин В.А. Технические аспекты систем спутниковой связи URL:
<http://ods.com.ua/win/rus/net-tech/sat/tehaspect.html>
2. Рекомендуемые настройки кодирования URL:
<https://support.google.com/youtube/answer/1722171?hl=ru>
3. Live.FB possibilitys URL: <https://live.fb.com/golive/#section3>
4. Телеконтекст: сборник фактов о телевидении URL:
<http://телеконтекст.ртрс.рф/technology/item332.php>
5. Характеристики LiveU URL: <http://www.liveu.tv>
6. Характеристики Dejero URL: <http://www.dejero.com>
7. Характеристики Vomodo URL: <http://vomodo.com>
8. Teradek Beam URL: <https://www.teradek.com/collections/beam-family>
9. Teradek Cube 155 URL:
https://teradek.com/products/cube_155?variant=1151427449
10. RFC-1889 URL: <https://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>
11. Протокол управления передачей RTCP URL:
http://cdo.bseu.by/library/ibs1/net_1/tcp_ip/transp/rtcp.htm
12. B. Haskell, A. Puri, A. Netravali, Digital Video: An Introduction to MPEG-2, Chapman & Hall, 1996.
13. Конструювання та технологія виробництва техніки реєстрації інформації. У 3 кн. Кн. 1. Системи та пристрої реєстрації інформації: навчальний посібник / Є.М. Травніков, Г.Г. Власюк, В.В. Пілінський, В.М. Співак, В.Б. Швайченко. – К.: КАФЕДРА, 2013. – 216 с.
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/18960>.
14. A. Sadka, Compressed Video Communications, John Wiley & Sons, 2002.
15. Streamer PRO URL: <https://www.mushroomnetworks.com/streamer-pro/>
16. Video streaming by bundling DSL, UMTS and LTE URL:
<https://www.viprinet.com/en/solutions/industries/mobile-video-streaming>

17. SpeedFusion: WAN Smoothing URL:
<https://www.peplink.com/technology/speedfusion-wan-smoothing/>
18. SpeedFusion URL: <https://www.peplink.com/technology/speedfusion-bonding-technology/>
19. Cube Reference Guide URL:
http://cdn.teradek.com/Public/Cube/Docs/Teradek_Cube_Reference_Guide_v1_0911.pdf
20. Лазебный С.Г. О преимуществах и недостатках прямых видеотрансляций через беспроводные системы связи / С.Г. Лазебный, П.В. Попович // IX Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених «Електроніка-2016»: збірник статей. – К.: Кафедра, 2016. – С. 344-347.

Додаток А

РЕФЕРАТ

англійською мовою за темою дипломної роботи

ABSTRACT

Streaming means sending data, usually audio or video, in a way that allows it to start being processed before it's completely received. Video clips on Web pages are a familiar example.

Progressive streaming, aka progressive downloading, means receiving an ordinary file and starting to process it before it's completely downloaded. It requires no special protocols, but it requires a format that can be processed based on partial content. This has been around for a long time; interleaved images, where the odd-numbered pixel rows are received and displayed before any of the even ones, are a familiar example. They're displayed at half resolution before the remaining rows fill in the full resolution.

Progressive streaming doesn't have the flexibility of true streaming, since the data rate can't be adjusted on the fly and the transmission can't be separated into multiple streams. If it delivers a whole file quickly and the user listens to or watches just the beginning, it wastes bandwidth. The user is given the whole file and can copy it without any effort.

"True" streaming uses a streaming protocol to control the transfer. The packets received don't add up to a file. Don't mistake streaming for copy protection, though; unless there's server-to-application encryption, it's not hard to reconstruct a file from the data.

True streaming may be adaptive. This means that the rate of transfer will automatically change in response to the transfer conditions. If the receiver isn't able to keep up with a higher data rate, the sender will drop to a lower data rate and quality. This may be done by changes within the stream, or by switching the client to a different stream, possibly from another server.

Streaming can be broadly divided into on-demand and real-time categories. With on-demand streaming, the client requests a recording or movie and receives it; normally no one else will receive the same recording at the same time. With real-

time streaming, the sender determines what to send, and the receiver plays it back as it's sent, with a slight and consistent delay.

"On-demand" doesn't necessarily imply a request by a human; if a Web page starts playing a movie or song when it's opened, that's on-demand even if it's annoying and unwanted. If it picks up a broadcast in progress, that's real time. "Real-time" doesn't mean "simultaneous with the source"; at a minimum, there's always a speed-of-light delay. Buffering helps to keep a real-time transmission from skipping, and a delay of a significant fraction of a minute may be an acceptable price for this.

Streaming involves protocols at several different layers of the OSI Reference Model. The lower levels (physical, data link, and network) are generally taken as given. Streaming protocols involve:

- The transport layer, which is responsible for getting data from one end to the other.
- The session layer, which organizes streaming activity into ongoing units such as movies and broadcasts.
- The presentation layer, which manages the bridge between information as seen by the application and information as sent over the network.
- The application layer, which is the level at which an application talks to the network.

Most Internet activity takes place using the TCP transport protocol. TCP is designed to provide reliable transmission. This means that if a packet isn't received, it will make further efforts to get it through. Reliability is a good thing, but it can come at the expense of timeliness. Real-time streaming puts a premium on timely delivery, so it often uses UDP (User Datagram Protocol). UDP is lightweight compared with TCP and will keep delivering information rather than put extra effort into re-sending lost packets. Some firewalls may block UDP because they're tailored only for TCP communications.

Support for the right streaming protocol doesn't necessarily mean that software will play a particular stream.

There are a plenty technologies that provide high-quality transmission of video data via IP-networks. One of most used technologies is SpeedFusion by Peplink.

Peplink's patented SpeedFusion technology powers enterprise VPNs that tap into the bandwidth of up to 13 low-cost cable, DSL, 3G/4G/LTE, and other links connected anywhere on corporate or institutional WAN. Whether you're transferring a few documents or driving real-time POS data, video feeds, and VoIP conversations, SpeedFusion pumps all your data down a single bonded data-pipe that's budget-friendly, ultra-fast, and easily configurable to suit any networking environment.

SpeedFusion increases performance across the board with intelligent bonding algorithms, advanced QoS, and VideoFlow video stream optimization. With SpeedFusion, network stays up and running smoothly, without micromanagement, even when network traffic's at its heaviest.

The workflow of streaming using SpeedFusion technology is shown below.

1. IP camera generates network traffic
2. SpeedFusion load balancing engine identifies traffic to send via SpeedFusion VPN
3. Packets are split across available WAN links, secured with 256-bit AES encryption, and sent through SpeedFusion VPN tunnel
4. Receiving location (datacenter, head office, etc.) decrypts and reassembles packets back into the original order
5. Digital video recorder captures video stream to disk

A flexible rule-based configuration design enables the fine-tuning of outbound traffic at a per-service level by allowing multiple rules to be configured.

The following types of Outbound Traffic Rules are available:

- Weighted Balance

- Persistence
- Enforced
- Priority
- Overflow
- Least Used
- Lowest Latency.

Weighted Balance rules enable configuring the proportion of outgoing data traffic to be handled by each WAN link. Persistence rules make specified types of traffic (eg: HTTPS) to always be routed through a particular WAN link based on source or destination IP address(es). Enforced rules result in the routing of specified type(s) of traffic through a particular WAN connection or VPN connection, regardless of its up/down status. Priority rules specify the order of the available WAN links (or VPN connections) in which traffic is to be routed. A priority value is configured for each WAN link; the highest-priority available WAN link will be utilized; lower-priority WAN links will be utilized in priority sequence in the event of WAN link unavailability. Traffic will be routed through the healthy WAN connection that has the highest priority and is not in full load of downlink bandwidth. When this connection gets saturated, new sessions will be routed to the next healthy WAN connection that is not in full load. The traffic matching this rule will be routed through the healthy WAN connection with the most available down link bandwidth. The traffic matching this rule will be routed through the healthy WAN connection with the lowest latency. Periodic latency checking packets are sent to the WAN connection.

The basic idea behind Weighted Balance rules is to govern how Peplink Balance distributes outgoing traffic requests across multiple WAN links.

To illustrate, with the following link configuration:

- Service: General
- Source & Destination IP: Any

- Protocol & Port: Any
- Algorithm: Weighted Balance
- Load Distribution Weight: 3 : 2 : 3 (Derived from 3M : 2M : 3M)

This distributes a larger proportion of traffic to WAN1 and WAN3 to take advantage of the faster links, and a smaller proportion of traffic to WAN2 to prevent over-saturation of the slower link.

WAN Smoothing technology

Using intelligent algorithms, the sending Peplink device builds and delivers special packets. Armed with these special packets, the receiving Peplink device can then reconstruct the lost packets to ensure that communications remains consistent.

At the same time, WAN Smoothing will attempt to assign traffic to the WAN connection with the lowest latency. Thus, the latency of the SpeedFusion tunnel becomes the latency of the most responsive WAN connection. WAN Smoothing consumes more bandwidth than Bandwidth Bonding, but increases connection consistency. It is used when consistent delivery of time-sensitive traffic is needed.