

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО
“ _____ ” _____ 2022 р.

**ДИПЛОМНА
(КВАЛІФІКАЦІЙНА)
РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

Тема: «Телекомунікаційна мережа Triple Play на базі обладнання Alcatel»

Виконавець: _____ Артем ІВАЩЕНКО
(підпис)

Керівник: _____ Віталій КУРУШКІН
(підпис)

Нормоконтролер: _____ Денис БАХТІЯРОВ
(підпис)

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ _____ ” _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ на виконання дипломної роботи

Івашенка Артема Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної (кваліфікаційної) роботи: «Телекомунікаційна мережа Triple Play на базі обладнання Alcatel»

затверджена наказом ректора від «25» квітня 2022 р. №433/ст

2. Термін виконання роботи: з 23.05.2022 р. по 17.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: мультисервісна мережа зв'язку

4. Зміст пояснювальної записки: архітектура, технології і мережеві аспекти мультисервісних мереж зв'язку, побудова мережі на основі обладнання фірми Alcatel, побудова мережі доступу для нових груп користувачів

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: слайди презентації в програмному пакеті Microsoft PowerPoint

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів дипломної (кваліфікаційної) роботи	23.05.2022- 25.05.2022	Виконано
2	Вступ	25.05.2022	Виконано
3	Написання першого розділу	26.05.2022- 29.05.2022	Виконано
4	Написання другого розділу	30.05.2022- 02.06.2022	Виконано
5	Написання третього розділу	03.06.2022- 08.06.2022	Виконано
6	Усунення недоліків та захист дипломної роботи	09.06.2022- 17.06.2022	Виконано

7. Дата видачі завдання: “20” травня 2022 р.

Керівник дипломної роботи

(підпис керівника)

Віталій КУРУШКІН

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

(підпис випускника)

Артем ІВАЩЕНКО

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота «Телекомунікаційна мережа Triple Play на базі обладнання Alcatel» містить 69 сторінок, 17 рисунків, 2 таблиці, 24 використаних джерела.

ALCATEL, TRIPLE PLAY, QUALITY OF SERVICE, МОДЕЛЬ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ, МУЛЬТИСЕРВІСНА МЕРЕЖА ЗВ'ЯЗКУ.

Мета – дослідження послуг Triple Play мультисервісних мереж зв'язку та побудова даної мережі на базі обладнання Alcatel.

Об'єктом дослідження – є процес передавання мультимедійного трафіку.

Предметом дослідження – є послуги IP-TV у складі Triple Play мультисервісних мереж зв'язку.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРА, ТЕХНОЛОГІЇ І МЕРЕЖЕВІ АСПЕКТИ	10
1.1. Базові поняття технології Triple Play	10
1.2. IP телебачення	12
1.3. Структура елементарного потоку відеоданих	16
1.4. Принципи відеокompresії	16
1.5. Вибір відео - компресії	17
РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ОБЛАДНАННЯ ФІРМИ ALCATEL	24
2.1. Принципи побудови	24
2.2. Головна станція IP-TV мережі	26
2.3. Вибір обладнання	29
2.4. Архітектура рішення відкритого медіа блоку Alcatel	30
2.5. Медіа-платформа Alcatel 5950	31
2.6. Архітектура продукту	33
2.7. Відео сервер Alcatel 5959	36
2.8. Система умовного доступу	39
2.9. Головна приймальна супутникова станція SkyStream Networks iPlex	41
2.10. Обладнання SkyStream Networks iPlex	42
2.11. Проектована мережа	43
РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА МЕРЕЖІ ДОСТУПУ ДЛЯ НОВИХ ГРУП КОРИСТУВАЧІВ	44
3.1. Розрахунок продуктивності вузла доступу	44
3.2. Вимоги до смуги пропускання	53
3.3. Розрахунок часу і швидкості обслуговування одного пакету	59
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЙЧХ - ймовірно-часові характеристики.

МВВС – модель взаємозв'язку відкритих систем.

ММЗ - мультисервісні мережі зв'язку.

НСВ – несанкціонований вплив.

ПЗ – профіль захисту.

ЗЗ - з'єднання захисту.

ССЗ - структура сполук захисту.

ВП - вирішальний пристрій.

QoS - Quality of Service (якість обслуговування).

ВСТУП

Актуальність теми. Широкополосні мережі не тільки революціонізували світ телекомунікацій, але і змінюють медіа-індустрію, відкриваючи новий спосіб доставки прогресивних послуг десяткам мільйонів користувачів.

Усе зводиться до трьох основних сервісів: телефонії, телебачення і Інтернету. Для користувача це виглядало як телефонний дріт, телевізійний кабель та "інтернетний" провід або розетка. Відповідно різні оператори надавали різні послуги: телефонний зв'язок - традиційні телефонні оператори, телерадіомовлення, послуги Інтернету інтернет-провайдери.

Сьогодні ринок завойовує технологія мультисервісної мережі Triple Play, надає доступ до всіх видів стандартних та інтерактивних послуг зв'язку: високоякісної телефонії, швидкісного доступу в Інтернет, цифровому телебаченню високої чіткості, відео на запит - по одному інформаційному каналу в квартирі, вдома або в офіс.

Телекомунікаційна мережа Triple Play об'єднує всі збудовані комплекси компаній телекомунікацій. Ви можете жити в котеджі, працювати в офісному центрі, гостювати у друзів і при цьому користуватися одним телефонним номером. Поряд з телепрограмами, можливо слухати і радіопрограми, будуть доступні мережеві комп'ютерні ігри, web-чати. Художні і документальні Фільми, можуть зберігатися на мережевих серверах та по Вашому запиті відтворюватися на екрані телевізора.

Головна перевага мережі Triple Play - комплексність послуг для абонента, має сенс вже на рівні оплати одного рахунку замість безлічі різних: телефон, Інтернет, телебачення, а наявність власної мережі, дає можливість суттєво знизити витрати на доступ усім видам стандартних та інтерактивних послуг зв'язку.

Суть технології Triple Play - підключившись один раз по каналу широкосмугового доступу, абонент отримує три сервіси: високошвидкісний Інтернет, цифрове телебачення та телефонію [1-24].

Сервіси, які надає Triple Play:

- традиційна телефонія;

- відеоконференції;
- "єдиний" телефонний номер;
- скорочений набір;
- утримання виклику і і т.д.

Мета – дослідження послуг Triple Play мультисервісних мереж зв'язку та побудова даної мережі на базі обладнання Alcatel.

Об'єктом дослідження – є процес передавання мультимедійного трафіку.

Предметом дослідження – є послуги IP-TV у складі Triple Play мультисервісних мереж зв'язку.

Апробація отриманих результатів. Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися на таких конференціях:

- Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», м. Київ, 2022 р.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРА, ТЕХНОЛОГІЇ І МЕРЕЖЕВІ АСПЕКТИ

1.1. Базові поняття технології Triple Play

Сучасні оператори зв'язку знають, що для суттєвого збільшення доходів і подальшого розвитку недостатньо одного транспорту, навіть по «товстим» каналам, які не відповідають очікуванням інвесторів і вимогам користувачів.

Для нових послуг необхідний зсув у бік рентабельності, особливо з обліком зростання конкуренції і збільшенні рівня рентабельності.

Операторам зв'язку потрібно проста і гнучка мережева архітектура, здатна надати послуги голос/відео/дані, що допомагають суттєво збільшити поточний середній дохід від одного абонента [10].

Архітектура Triple Play формує базову інфраструктуру для швидкого надання споживачам повного пакету покращених послуг, що миттєво збільшують прибутковість. До послуг цього типу відносяться:

- високошвидкісний доступ в Інтернет «домашніх» користувачів і організацій;
- недорогі телефонні послуги, включаючи обслуговування з фіксованою абонентською оплатою;
- широкомовні та спеціалізовані телевізійні канали;
- відео з оплатою за перегляд PPV;
- відео по запити VoD або абонементні послуги VoD;
- персональна PVR;
- спрямована реклама;
- обслуговування інтелектуальних будинків Smart Home;
- ідентифікація викликаючого абонента для телебачення;
- електронні програми телепередач [10].

Рентабельна реалізація таких послуг можлива тільки в архітектурі Ethernet/IP, що забезпечує масштабованість, надійність та рентабельність. Більш того, опора на

стандартні протоколи та технології, подібні IGMP (Internet Group Management Protocol, протокол управління групами Інтернету) і CoS/QoS (Class of Service/Quality of Service-клас обслуговування/якість обслуговування), гарантує операторам зв'язку надійність надання пакету послуг голос/відео/дані разом з додатковими функціями, генеруючими додаткову вартість і дохід [5].

Будівельними блоками інфраструктури Triple Play є кілька спільно діючих елементів, що забезпечують реалізацію і надання послуг голосу, відео і даних (Рис. 1.1).

В найбільш зручному місці мережі передавальний центр відеомовлення (video head-end) формує, агрегує і керує відеовмістом (Контентом).

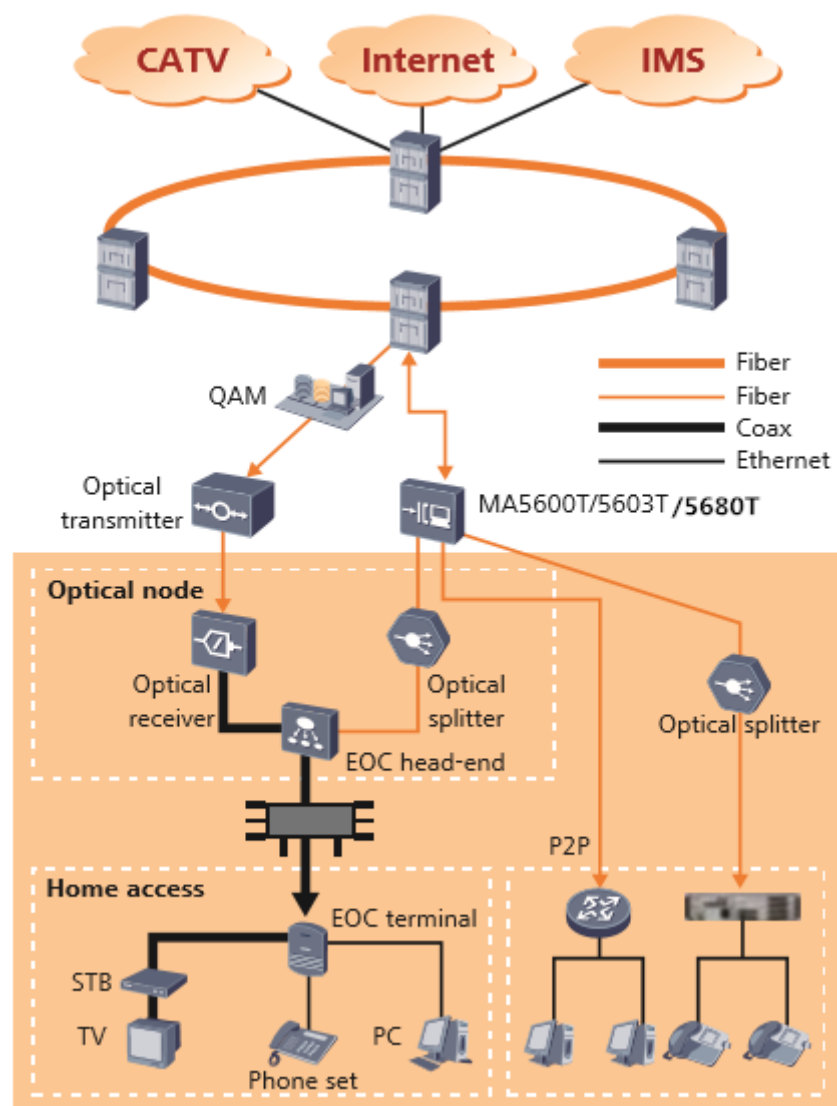


Рис. 1.1. Схема організації послуг Triple Play

Такий центр оснащений антенами, приймачами, кодувальниками, системами цифрового монтажу та відеосерверами, причому все це обладнання необхідно для створення та управління відеопотоками, що передаються в мережу IP. Центр відеомовлення зазвичай має вхідні аналогові і цифрові канали. Прийняті аналогові потоки стискаються кодувальниками реального часу, а цифрові супутникові канали або канали наземного мовлення перетворюються на потоки IP за допомогою цифрових монтажних систем (turn-around) систем). Відеосервери служать для зберігання ресурсів відео по запиту VoD або відео за запитом nVoD (near Video on Demand), а також для забезпечення додаткових функцій [10].

1.2. IP телебачення

Комплекс повинен забезпечувати прийом і декодування наступних каналів [5]:

- прийом і розкодування цифрових пакетів;
- прийом відкритих цифрових каналів супутникового мовлення;
- місцева відеопрограма.
- абонентські пристрої повинні підключатися до мережі через FastEthernet 100Base-TX;
- обладнання мовлення повинно підключатися до мережі по FastEthernet 100Base-TX;
- комплекс має забезпечувати надання абонентам послуг «Відео на запит»;
- комплекс повинен забезпечувати трансляцію в режимі unicast, з наступним розширенням і підтримкою multicast-режиму;
- комплекс повинен забезпечувати формування послуг з допомогою інтерфейсу адміністратора, а також тарифікацію на базі комплексу послуг.

Комплекс повинен забезпечувати можливість надання наступних послуг:

- ТВ-канали в режимі мовлення multicast;
- Радіоканали в режимі мовлення multicast;
- NVOD-канали в режимі мовлення multicast (SPTS CBR MPEG2);

- True VOD у режимі мовлення unicast (SPTS CBR MPEG2) засобами ПЗ Kasenna OmniBase та Kasenna MediaBase XMP;

- Доступ до адаптованих сайтів в Інтернет;

- Робота з електронної поштою на екрані телевізора.

Комплекс повинен забезпечувати можливість наступного впровадження наступних послуг:

- інтерактивні послуги голосування;

- інтерактивні послуги чатів;

- інтерактивні послуги ведення рейтингів матеріалів Video on Demand;

- комплекс повинен забезпечувати ефективне управління розподілом відеоматеріалів в мережі з великою кількістю територіально розподілених серверів Video on Demand;

- комплекс повинен забезпечувати тарифікацію і білінг наданих на базі комплексу послуг;

- комплекс повинен забезпечувати підключення абонентів по процедурі автоматичної авторизації;

- комплекс повинен бути забезпечений інтерфейсом адміністратора на боці оператора для управління системою обслуговування абонентів;

- комплекс повинен передбачати забезпечення захисту відеоматеріалів від несанкціонованого перегляду шляхом шифрування;

- комплекс повинен передбачати операційну взаємодію з системою умовного доступу.

1.2.1. Архітектура IP телебачення

Розвиток сучасних мереж широкосмугового доступу пов'язаний з бажанням операторів зв'язку надати своїм абонентам нові сервіси на додаток до вже існуючої послуги високошвидкісного доступу в Інтернет. Це дозволило б операторам залучити нових користувачів і отримати прибуток від продажу послуг, які, як правило, покривалися операторами супутникового ТБ, традиційної телефонії, кабельного телеба-

чення. Проте надання нових сервісів існуючої інфраструктури веде до надмірного збільшення операційних витрат. Даний факт змушує операторів зв'язку та постачальників рішень замислитися про можливість міграції до нової інфраструктури, яка дозволить ефективно і з найменшими витратами впроваджувати і експлуатувати нові послуги [5].

Істотними питаннями при такій міграції є питання:

- управління передплатниками, послугами і визначення кордонів мережі що відповідає за маршрутизацію трафіку між передплатниками та сервісами на основі IP-адрес. Ця функціональність може бути зосереджена на центральному вузлі або, скажімо, розподілено на безлічі периферійних пристроїв широкосмугового доступу (DSLAM) у безпосередній близькості до абоненту. Деякі підходи, що добре зарекомендували себе, виявляються погано застосовні в умовах нової інфраструктури та вимог з боку нових типів сервісів;

- Ethernet є середовищем, яке при мінімальному відношенні вартість/смуга пропускання дозволяє будувати високонадійні мережі доступу з підтримкою необхідного рівня якості обслуговування (QoS) пакетних мережах, просування (Авто-конфігурації), передачі трафіку групової розсилки (multicast) для додатків та сервісів реального часу. На наступному малюнку схематично представлена картина того, як влаштована типова домашня мережа (рис. 1.2).

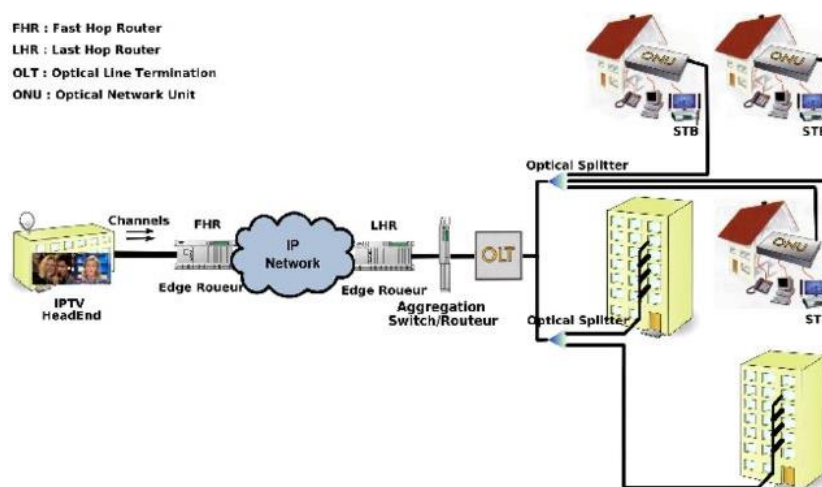


Рис. 1.2. Архітектура IP телебачення

1.2.2. Абонент IP-TV

IP-телебаченням прийнято називати цифрову технологію багатoprogramного інтерактивного телевізійного мовлення в IP- мережі з допомогою пакетної передачі відео-даних по IP-протоколу. На практиці це виглядає так - головне IP-TV обладнання передає, а абонентське обладнання приймає потокове відео. Цей термін позначає технології стиснення, скорочення і буферизації відео-даних, які дозволяють передавати відео в реальному часі через Інтернет. Головна особливість потокового відео полягає в тому, що за його передачі користувач не повинен чекати повного завантаження файлу для того, щоб його переглянути. Потокове відео пересилається безперервним потоком в вигляді послідовності IP-пакетів і програється по мірі того, як передається на абонентський пристрій [5].

Послуга «Відео на замовлення» – фільм з відеосервера оператора персонально транслюється абоненту у будь-який довільно обраний абонентом момент часу. На відміну від послуги «Віртуальний кінотеатр» кількість фільмів тут набагато більше і може досягати іноді кілька тисяч. З'являється ряд дуже зручних користувальницьких функцій віртуального відеоплеєра - перемотування назад, вперед, пауза. У цьому випадку обсяг трафіку тут залежить не від кількості фільмів, а від кількості користувачів цієї послуги, оскільки використовується «персональна» трансляція відеоданих абоненту за технологією IP-адресації "unicast" [5, 11].

Послуга «Платний перегляд» – покупка та перегляд абонентом окремо обраних програм ведеться в режимі реального часу і використовується технологія IP-multicast.

Послуга «Телебачення зі зсувом за часом» – абонент купує послугу перегляду заздалегідь записаних на відеосервері програм. Послуга і реалізовані в ній сервісні функції близькі до «відео на замовлення».

1.3. Структура елементарного потоку відеоданих

Потік відеоданих, визначається специфікацією 13818-2, є ієрархічною структурою, елементи якої будуються і об'єднуються один з одним відповідно до певних синтаксичних і семантичних правил. Існує шість типів елементів цієї ієрархічної структури [11, 13]:

- відеопослідовність;
- група зображень;
- зображення;
- зріз;
- макроблок;
- блок.

1.4. Принципи відеокомпресії

Скорочення просторової надмірності виконується в зображення типу I і досягається на рівні блоку. Набір таких операцій кодування - дискретне косинусне перетворення; зважене квантування, що визначається елементами матриці квантування; ентропійне кодування серії коефіцієнтів косинусного перетворення, отриманої в результаті зигзаг-сканування матриці коефіцієнтів. Метод скорочення часової надмірності - диференціальна імпульсно-кодова модуляція з компенсацією руху при кодуванні зображень типу P і B . При кодуванні формується різниця між вихідним зображенням і передбаченням, отриманим на основі попереднього або наступного зображення. Отримана різниця піддається дискретному косинусному перетворенні, зваженому квантуванню і ентропійним кодуванням. Для підвищення точності передбачення і, тим самим, скороченням обсягу необхідних для уявлення зображення даних, використовується компенсація руху. Оцінюється швидкість переміщення об'єктів від кадру до кадру і при визначенні передбачення виготовляється відповідна корекція в становищі опорного зображення, по відношенню до якому знаходиться помилка передба-

чення. Визначення величини та напрямки усунення рухомих об'єктів від кадру до кадру, званого вектором руху, виробляється лише на рівні макроблока. Оцінка вектора руху – складна процедура, що вимагає великих обчислювальних потужностей. Саме вона визначає асиметрію кодека MPEG-4 [14].

Обсяг даних, які після компресії представляють всю групу з 12 зображень, буде дорівнює 4 зображенням типу *I*. Але якщо б не було скорочення часової надмірності, то необхідний обсяг даних був би в 3 рази більше. Цей коефіцієнт і дає зменшення швидкості потоку даних, досягнене за рахунок використання компресії MPEG-4 з групами з 12 зображень, при приблизно такій помітності спотворень компресії. Чим більше групи зображень, тим більше вираш, що забезпечується за рахунок усунення часової надмірності. Щоправда, треба зазначити, що у випадку застосування систем компресії типу JPEG або DV не було б артефактів, пов'язаних з об'єктами, що рухаються, але, з іншого боку, в системі MPEG-4 око помічає такі спотворення тим менше, чим швидше рухаються об'єкти поля зображення. Як видно, ці два фактори якоюсь мірою компенсують друг друга. Можна коригувати величину вирашу, але те, що цей вираш значний, не підлягає сумніву, тому застосування компресії MPEG-4 з усуненням часової надмірності, звичайно, доцільно в всіх ланках тракту, де бажано зменшення швидкості потоку даних [14].

1.5. Вибір відео - компресії

Існує поширена помилка, що існує лише один формат стиснення, більш ефективний, чим MPEG-2, є MPEG-4.

Насправді сьогодні актуальними є як мінімум три передових формати стиснення - відкритий стандарт MPEG4 AVC (H.264) та H.265 (новий), стандарт VC-1 створений на базі відео кодека Windows Media Video 9 від Microsoft, та стандарт AVS.

Складається з двох частин – AVS для додатків, що вимагають високого дозволу, таких як DVB і BD і AVS- M для мобільних відео додатків. За ефективністю кодування та візуальною якістю AVS близький до MPEG-4, однак сьогодні навряд чи є практичний сенс розглядати його для застосування в IP-TV мережах. І все ж, з огляду

на успішну експансію недорогої китайської продукції, в тому числі і цілком високоякісної, можна, можливо припустити, що завтра стандарт AVS або яка-небудь його нова модифікація буде успішно використовуватися також і в вітчизняних мережах [14].

Стандарти серії MPEG – 4. Стандарти серії MPEG для стиснення відео/аудіоданих розробляє група Motion Picture Expert Group Міжнародної організації зі стандартів (ISO). Нагадаємо, що MPEG-1 (прийнятий як офіційний стандарт 1992 року) розроблявся для доставки відео на CD-ROM (швидкість близько 1,5 Мбіт/с) і отримав широке поширення ось багато в чому завдяки дисків VideoCD.

MPEG-2 призначений для роботи з відео умовної якості (швидкість потоку даних 3–15 Мбіт/с) і використовується як цифрове телемовлення, а також при кодуванні відеоматеріалів для дисків DVD-Video. Група MPEG спочатку виконувала роботу над стандартом MPEG-3, який повинен був забезпечити уніфікацію в компресії потоків даних з швидкостями 20–40 Мбіт/с для телебачення високої чіткості (HDTV), але досить швидко виявилось, що принциповою різницею в підходах між MPEG-2 та MPEG-3 немає, внаслідок чого розробку останнього було припинено, а рамки MPEG-2 розширені. Важливість стандарту MPEG-4 важко переоцінити, це набагато більше, ніж просто опис правил кодування [14, 16].

Нове призначення стандарту MPEG-4 у робочих документах групи MPEG формується так: він задає принципи роботи з контентом (цифровим поданням медіаданих) для трьох областей: власне інтерактивного мультимедіа (включаючи продукти, що розповсюджуються на оптичних дисках та через Мережу), графічних додатків (синтетичного контенту) та цифрового телебачення – DTV. При цьому його головна перевага полягає в тому, що він не просто оформляє ту чи іншу практику, що склалася в якості стандарту але, і є випереджаючим, структуроутворюючим і фундаментальним законом, створюючим основу для виробництва, поширення контенту і методів доступу до нього. У новому єдиному цифровому середовищі відкриваючим – у разі його визнання перерахованими галузями – безліч принципово нових можливостей для авторів, дистриб'юторів і споживачів цього контенту.

MPEG-4 – не лише стандарт, фактично він визначає правила організації середовища. Він має справу не просто з потоками та масивами медіа-даних, а з медіа-об'єктами – це ключова концепція стандарту. Об'єкти можуть бути аудіо-, відео-, аудіовізуальними, графічними (плоскими і тривимірними), текстовими. Вони можуть бути як «природними» (записаними, знятими, відсканованими тощо), так і синтетичними (штучно згенерованими). Прикладами об'єктів можуть служити нерухоме тло, відеоперсонажі окремо від тла (на прозорому фоні), синтезована на основі тексту мова, музичні фрагменти, тривимірна Модель, яку можна рухати та обертати в кадрі [14].

Медіа-об'єкти можуть бути поточковими. Кожен медіа-об'єкт має пов'язаний з ним набір дескрипторів, де і задаються усі його властивості, операції, необхідні для декодування асоційованих з ним поточкових даних, розміщення в сцені, а також поведінка і допустимі реакції на вплив користувача. З об'єктів будуються сцени. Сцена має свою систему координат, відповідно до якої розміщуються об'єкти. Звукові об'єкти також можуть мати та змінювати в часі координати у просторі сцени, завдяки чому досягаються стерео і «навколишні» (surround) ефекти. Об'єкти можуть бути елементарними і складовими, що представляють ту або іншу композицію елементарних об'єктів, наприклад, згенерований тривимірний телевізор, накладена на екран жива відеотрансляція і звук, що виходить з його динаміків. Стандарт задає правила кодування різних об'єктів, їх ієрархії та способи композиції при побудові сцени, а також методи взаємодії користувача з окремими об'єктами всередині сцени. Кожен об'єкт має свою локальну систему координат – з її допомогою об'єкт керується в просторі та часі. При приміщенні об'єкта в сцену відбувається перетворення його локальної системи координат в систему координат старшого по ієрархії об'єкта або глобальну систему координат сцени. Сцена описується за допомогою ієрархічної структури, вузлами цієї структури є об'єктами, і вона динамічно перебудовується в міру того, як вузли-об'єкти додаються, видаляються чи замінюються [12].

Стандарт передбачає як локальне відпрацювання впливів і команд користувача в декодері (client side interaction), так і пересилання їх для виконання на передавальний бік по зворотному «висхідному» каналу, якщо декодер має таку можливість, а

серверна сторона готова реагувати на запити знизу (server side interaction). Відповідно до заяв розробників, багато концепції BIFS запозичені у VRML, і зараз MPEG та Web 3D Consortium продовжують роботу зі зближення MPEG-4 та VRML [14].

1.5.1. Кодування відео в MPEG-4

Як уже згадувалося, MPEG-4 починав розроблятися як спосіб передачі потокових медіа-даних, в насамперед відео, каналами з низькою пропускнуою здатністю (4,8–64 Кбіт/с), в том числі бездротовим. Зараз ця частина представлена блоком VLBV Core (Very Low Bit-rate Video) - ядром, що забезпечує роботу з "відео, що має дуже низьку швидкість потоку даних". Звичайно, таке відео має погіршені Характеристики як по дозволу (до так званого дозволу CIF, Common Interchange Формат - 320 * 240), так і по частоті кадрів (до 15 кадр/с); втім, прогрес методів стиснення постійно підвищує «верхній кордон» показників. Крім ефективних і завадостійких методів кодування послідовностей подібних кадрів, VLBV містить пропозиції щодо реалізації операцій довільного доступу по кадрам відеопослідовності, а також швидкої промотки відеоряду вперед і назад. Це потрібно, в області управління медіа-активами (Digital Asset Management) – для роботи з базами відеоданих [12, 18].

Другий блок, відповідальний за роботу з відео з великими швидкостями потоку, аж до якості по стандарту ITU-R 601, що забезпечує в загалом ті ж функції, що і VLBV, однак тут передбачені можливості роботи з відео, мають не тільки прогресивну, але і черезрядкову телевізійну розгортку. Два названих блоки обробляють звичайні відеопотоки з прямокутними кадрами і фактично включають в себе функціональність MPEG-1 і MPEG-2, а також кодування «живих» текстур.

Особливо цікавим є третій блок - так звані функції, що залежать від контенту. Сюди входить обробка відео з довільним силуетом (з допомогою 8-біт механізму прозорості або двійкових масок) для окремого кодування відеооб'єктів та інтерактивних маніпуляцій з ними. Крім звичайних методів міжкадрового кодування – передбачення та компенсації руху, передбачені механізми роботи зі «спрайтами» – нерухомими зображеннями, які передаються в декодер лише одного разу і щоразу підставляються в потрібне місце кадру з спеціального спрайтового буферу. Механізм спрайтів дозволяє

значно знизити об'єм переданих даних і забезпечує велику гнучкість в побудові сцен. Наприклад, можна запускати різні об'єкти-спрайти поверх «живого» відео-фону або ж побудувати (Виділити з реальних зйомок або згенерувати) нерухому спрайт-панораму шириною в кілька кадрів для «задника» сцени і, запустивши поверх її «живі» відеооб'єкти, панорамувати камерою вправо-ліворуч - в цьому випадку для кожного кадру достатньо передавати замість повної картинки тла тільки параметри камери - напрямок і наплив (Zoom). Для покращення часу реакції спрайт-панорами можуть підкачуватися з «прогресивним дозволом», тобто з поступовим поліпшенням дозволу, як картинка в Інтернет [12, 18].

Цей блок відповідає за «масштабованість» відеооб'єктів. Під цим терміном мається на увазі, що об'єкти кодуються таким чином, щоб декодер мав можливість у разі обмежень пропускної спроможності мережі або параметрів самого декодера (недостатня обчислювальна потужність, мала роздільна здатність дисплея) огрубляти зображення, декодуючи і виводячи лише частину переданої потокової інформації (наприклад, зменшуючи частоту або розширення кадрів, збільшуючи «зернистість»), але зберігаючи тим не менше адекватність передачі контенту. Для відеопотоків передбачено до трьох рівнів зернистості. При кодуванні нерухомих зображень і текстур MPEG-4 застосовується дуже ефективний wavelet-алгоритм, що забезпечує кодування об'єктів довільної форми, 11 рівнів масштабованості по дозволу і плавну масштабованість по якості зображення. Результатуючий закодований потік представляє собою «піраміду» різних дозволів, і в приймачі картинка з часом «проявляється», покращуючись настільки, наскільки дозволяє дане передавальне середовище.

1.5.2. IP – інкапсуляція

Це найголовніший процес, що виконується в IP-TV станції. Для передачі транспортних MPEG-потоків через традиційні мережі з пакетною передачею даних, головна станція IP-TV об'єднує безліч 188-ми байтових MPEG транспортних пакетів і формує їх корисне навантаження кадру PDU (protocol data unit). Рисунок 1.3 ілюструє процес інкапсуляції [12].

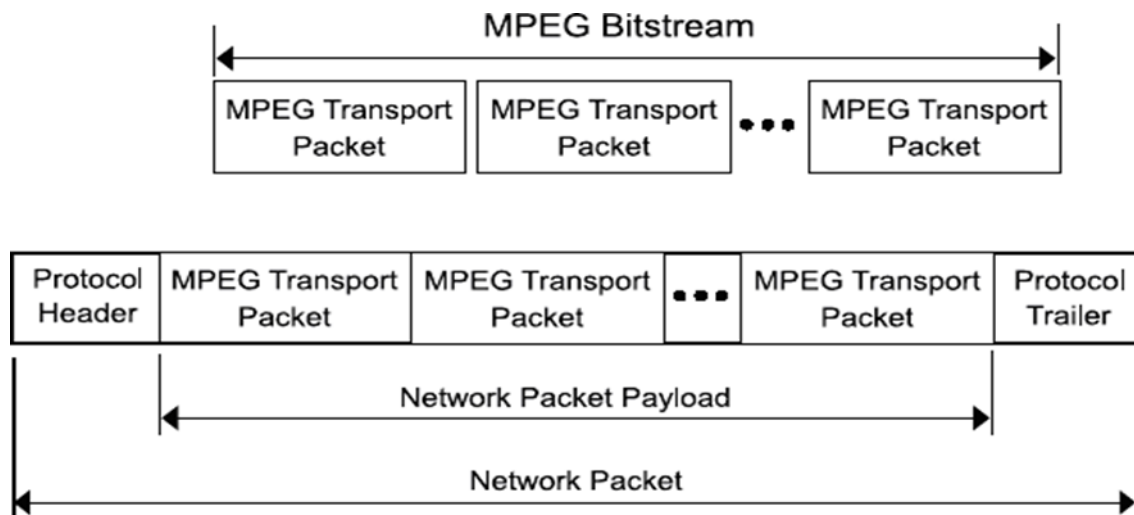


Рис. 1.3. Процес інкапсуляції

Заголовок (Header) і замикаюча частина кадру (Trailer) визначаються використовуваним мережевим протоколом. Інкапсуляція MPEG-пакетів у Gigabit Ethernet мережах рис. 1.4 ілюструє інкапсуляцію MPEG-пакетів в Gigabit Ethernet мережах [12].

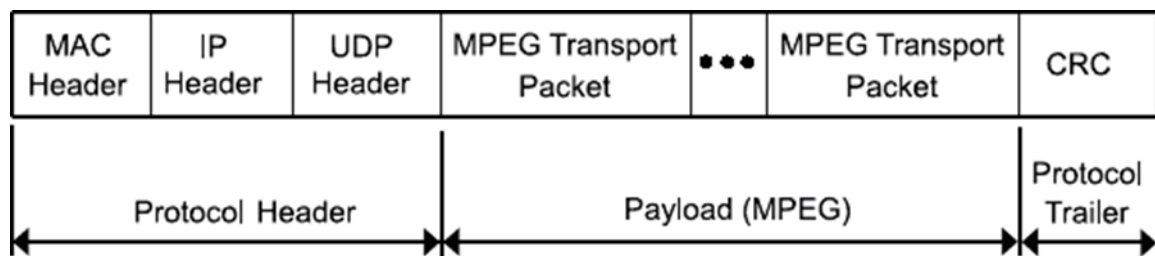


Рис. 1.4. Формат MPEG over UDP/IP over Gigabit Ethernet

Замикаюча частина кадру це як зазвичай CRC (cyclic redundancy code) - контрольний циклічний надлишковий код.

Рис. 1.5 показує інкапсуляцію MPEG over Gigabit Ethernet в реальному часі з використанням протоколу RTP [12].

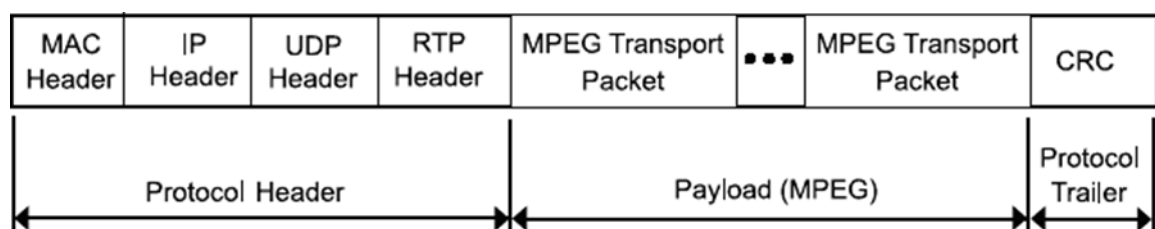


Рис. 1.5. Інкапсуляція MPEG over Gigabit Ethernet

Протокол RTP (Real-time transport protocol) визначає і компенсує втрачені пакети, забезпечуючи безпеку передачі контенту і розпізнавання інформації. Протокол RTP функціонує поверх протоколу UDP (User Datagram Protocol), розташованого у стеку протоколів TCP/IP над протоколом IP. Різниця між двома малюнками лише у додаванні RTP– заголовка в секцію заголовка протоколу (Protocol Header).

РОЗДІЛ 2

ПОБУДОВА МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ОБЛАДНАННЯ ФІРМИ ALCATEL

2.1. Принципи побудови

Сьогодні вже зрозуміло, що IP-телебачення є найважливішою і найперспективнішою складовою пакету послуг Triple Play (телефонія, Інтернет та телебачення) на базі високошвидкісного доступу до транспортної мережі MetroEthernet.

Ще 5-7 років тому IP-телебачення сприймалося як екзотична та дорога цифрова технологія, перспективи якої дуже невизначені. Проте в останній час технічні і економічні проблеми, перешкоджають масового впровадження IP-TV, хоча і не зникли повністю, але ось багато в чому втратили свою гостроту. Зокрема, обладнання MPEG-4 стає більш поширеним та доступнішим. Дуже важливим є також величезний прогрес в доступності високошвидкісного «домашнього» Інтернету і зміни ставлення щодо нього населення. Сьогодні у великих містах склалася ситуація, коли високошвидкісний Інтернет є практично у кожній сім'ї, що належить до «соціально-успішної» групи населення. Для цього соціального шару швидкий Інтернет вдома стає гарним тоном і потрапляє до обов'язкових компонентів споживання [10, 11, 15, 20, 23, 24].

До думки про необхідність створення реальних комерційних проектів IP-телебачення приходять оператори різного профілю. Сьогодні це можуть бути як «класичні» телекомунікаційні оператори, так і оператори кабельного телебачення. Перші добре знають усе, що пов'язано з класичними мережевими технологіями та пакетною передачею даних на базі IP-протоколу, добре розуміють деталі технології Ethernet, однак, як правило, слабо представляють собі елементарні, з точки зору оператора кабельного ТБ, принципи конфігурації цифрових головних телевізійних станцій, склад таблиць сервісної інформації транспортних MPEG-потоків, особливості роботи цифрових супутникових приймальних систем тощо. В свою чергу, оператори кабельного

ТБ чудово орієнтуючись у «класичних» цифрових головних станціях, часто відчувають деяку розгубленість, коли йдеться про принципи підбору та конфігурування головної станції IP-TV. Головна станція IP-TV використовує суміжні прикордонні технології як цифрового кабельного телебачення, так і пакетної передачі даних, тому сьогодні не так багато фахівців, які володіють усім одразу [18-19].

Розглянемо, як і по яким критеріям вибирати і конфігурувати станцію IP-телебачення. На рисунках 2.1 та 2.2 представлені компоненти IP-TV мережі. Розглянемо найважливіші компоненти мережі IP-телебачення.

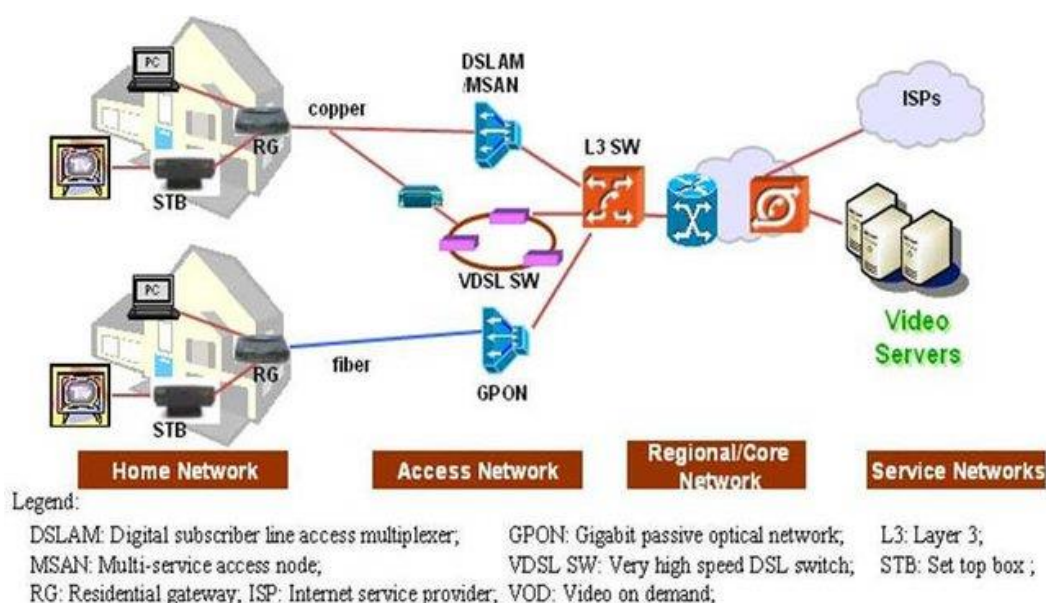


Рис. 2.1. Головна станція IP-TV в складі транспортної мережі

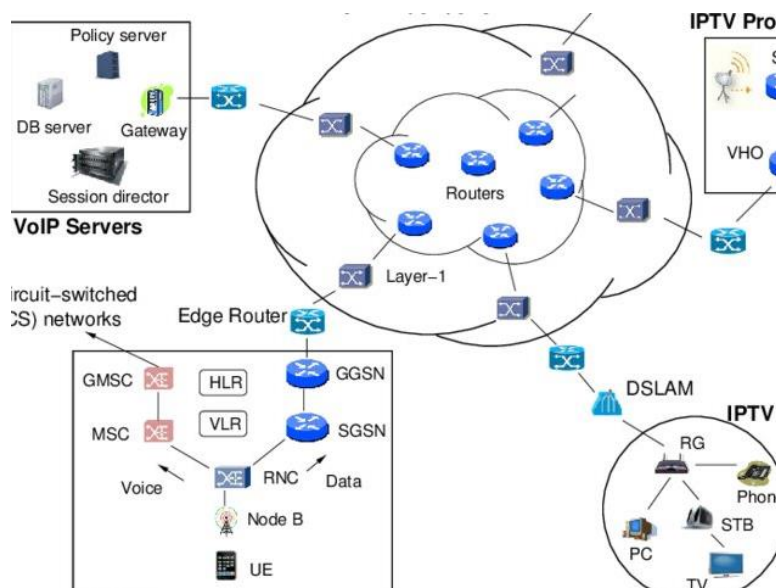


Рис. 2.2. Магістральна частина IPTV і рівень доступу

2.2. Головна станція IP-TV мережі

Компоненти головної апаратної IP-TV системи, в тому числі [4]:

- головна станція;
- система умовного доступу;
- відео-сервери;
- сервери білінгової системи;
- сервери проміжного програмного забезпечення (middleware).

Основна функція головної станції IP-TV це формування відео-контенту і наступна трансляція вихідного потоку відео-даних в форматі Video Over IP (відео по IP протоколу). Також для магістральної (опорної частини мережі) може використовуватися формат IP-Video over ATM (IP відео поверх ATM). Це пов'язано з широким розповсюдженням магістральних ATM мереж. Для трансляції відео-контенту через ATM/SDH мережі багато операторів використовують, наприклад, добре відому станцію цифрового телебачення Teleste ATMux [11].

Розглянемо докладніше вимоги до головної станції IP-TV. Сучасна станція IP-TV має працювати з широким діапазоном вхідних джерел відео-контенту, в тому числі:

- супутникові ТВ канали у форматі DVB-S , що отримуються через DVB-ASI інтерфейс приймачів або «струмових дескремблерів» в режимі однопрограмного транспортного потоку (SPTS) або багатопрограмного транспортного потоку (MPTS);
- аналогове і цифрове некомпресоване відео, одержуване від студійного ТВ обладнання в форматах SDI, S-video, композитний відеосигнал, а також використання цифрових інтерфейсів DVI та HDMI;
- ефірні цифрові програми через DVB-ASI інтерфейс DVB-T - приймачів та з меншою ймовірністю аналогові ефірні канали у форматі композитного відео, отриманого з виходу аналогових ефірних демодуляторів;
- відео-контент, що передається через транспортні мережі у форматах IP-TV (MPEG over IP), Video over ATM; IP-video over ATM.

Формування відео-контенту в форматах DVB-ASI (SPTS/MPTS) виробляється "звичайною" цифровою головною станцією DVB, яка часто вже існує в оператора і вже якийсь час обслуговує його кабельну DVB-C мережу. У найпростішому випадку це комплект супутникових цифрових приймачів з ASI-виходом.

Більш складною та менш знайомою операторам є друга складова частина станції, формуюча вихідні IP-потоків або власне IP-TV станція. Використовують також терміни IP-інкапсулятор та IP-стріммер.

Наведемо терміни, що позначають основні процеси, вироблені IP-TV головною станцією:

- IP-encapsulation («IP-інкапсуляція») - базова функція станції, що забезпечує включення транспортних MPEG-пакетів в якості корисного інформаційного навантаження до складу кадрів протоколу PDU (protocol data unit), та наступну передачу даних в телекомунікаційних мережах Gigabit Ethernet та ATM;

- transrating («трансрейтинг») – зміна (зниження) швидкості потоку даних, використовується також аналогічний за змістом термін rateshaping;

- transcoding («Транскодинг») - транскодування, зміна формату стиску медіа-даних, наприклад потік MPEG-2 транскодується в MPEG-4;

- encoding («Енкодинг») - компресія стисненого відео з метою отримання на виході «енкодера» транспортного потоку у форматі MPEG-2 (4) або VC-1 / Windows Media VC-9 (на вході енкодера відеосигнал може бути в аналоговому, наприклад, композитне відео, S-video або в цифровому, наприклад SDI форматі);

- decoding («декодинг») - декодування, відновлення вихідної стиснутої інформації;

- re-encoding («ре-енкодинг») – у цифровому телебаченні відновлення стиснутої інформації і повторне енкодування з метою значної зміни швидкості потоку (іноді цим терміном називають також зміну формату стиснення, тобто фактично можуть мати на увазі транскодинг);

- scrambling («скремблінг») - буквально шифрування, мається на увазі використання системи умовного доступу (CAS);

- de-scrambling («де-скремблінг») - буквально дешифрування, мається на увазі розкриття скрембльованих ТВ каналів;

- multiplexing або remultiplexing - мультиплексування, в цифровому телебаченні цим терміном зазвичай позначається мультиплексування вхідних однопрограмних транспортних потоків (SPTS) та/або мультипрограмних транспортних потоків (MPTS) до необхідного оператора вихідний мультипрограмний транспортний потік (MPTS), при цьому також проводиться фільтрація незначних та зайвих даних шляхом редакції PSI даних, строго кажучи, навіть однопрограмний транспортний потік є результатом мультиплексування трьох потоків - відео, аудіо та даних;

- demultiplexing - демультимплексування, операція зворотна мультиплексуванню;

- статистичне multiplexing - статистичне мультиплексування, використовується головним чином для MPTS потоків, що направляються від земні станції на супутник (up-link), при цьому при обробці загальна швидкість багатопрограмного потоку є майже постійною, але швидкість кожного з однопрограмних потоків, складових загального MPTS потоку є змінною (VBR). Статистичне мультиплексування дозволяє ефективно використовувати смугу супутникового транспондера, але змушує операторів IP-TV, використовувати трансрейтинг або навіть реенкодинг;

- PSI redaction - редагування таблиць сервісної інформації (PSI, Program Specific Information - спеціальна інформація по програмах).

- функція PSI redaction добре відома операторам в «звичайному» цифровому телебаченні (DVB-S, -C). Передбачається приблизно наступний базовий набір можливостей створення і редагування сервісних таблиць:

- Створення оператором NIT таблиці (Network Information Table), з визначенням мережевих параметрів;

- додавання і видалення оператором власних ідентифікаторів в таблиці PMT (Program Map Table), SDT (Service Descriptor Table), NIT (Network Information Table) або CAT (Conditional Access Table).

2.3. Вибір обладнання

Alcatel Open Media Suite дозволяє операторам впроваджувати комплексні широкопосмугові розважальні послуги і створювати нові джерела доходу. До складу пакету Alcatel Open Media Suite входять такі продукти: 5950 Open Media Platform, 5959 Open Media Content Manager, 5959 Open Media Distribution Manager та відеосервер світового класу 5959 Open Video Server. На базі цих продуктів Alcatel пропонує одне з найкращих рішень у галузі. Alcatel Open Media Suite підвищує керованість та гнучкість послуг та дозволяє створювати і доставляти конкурентні послуги, налаштовані на потреби конкретного ринку [21].

Сама велика в галузі база замовників IP-TV і багатий досвід установки рішення допомагають компанії Alcatel полегшувати складні завдання операторського бізнесу.

Alcatel Open Media Suite (OMS) дозволяє операторам створювати і надавати практично необмежену кількість каналів мовного ТБ, відео на вимогу (VoD), персональних відеозаписів, електронної програми передач (EPG), перегляду Web-сторінок та електронної пошти (e-mail) на екрані телевізора і багатьох інших додатків, включаючи ігри, надані сторонніми розробниками або створені з допомогою наданих інструментів розробника (OMS software development kit) [21].

Alcatel OMS працює по ланцюжку від провайдера контенту до кінцевого користувача і включає в себе найкращу в світі платформу middleware, повний набір перевірених на практиці прибуткових додатків і систему управління контентом і доставкою послуг, в том числі систему відеосерверів із необхідним програмним забезпеченням. Широкий набір абонентських функцій дозволяє операторам отримувати усі переваги від широкопосмугових мереж доступу і успішно боротися з конкуренцією зі сторони кабельного та супутникового телебачення [21].

Alcatel OMS розроблений для того, щоб зробити широкопосмугові мережі вигідними для сервіс-провайдерів, які перетворюються на мультимедійні компанії, що пропонують послуги "три в одному" (triple play), тобто телефонію, інтернет-доступ і розваги мовленнєве телебачення (BTV), відео на вимоги (VoD), персональний відеоза-

пис (PVR), ігри та багато іншого. Alcatel OMS дає можливість широкосмуговим операторам (тобто тим, хто використовує технології DSL, FTTH та ін.) розкривати всі переваги своїх IP-мереж.

2.4. Архітектура рішення відкритого медіа блоку Alcatel

Alcatel OMS містить всі компоненти, необхідні для доставки самих різноманітних широкосмугових розважальних послуг та спрощення складних завдань, пов'язаних з управлінням та доставкою контенту:

- Alcatel 5950 Open Media Platform (Медіа-платформа);
- Alcatel 5959 Open Media Content Manager (засіб управління контентом);
- Alcatel 5959 Open Media Distribution Manager ();
- Alcatel 5959 Open Video Server (Система відеосерверів);
- Irdeto Access PiSys Conditional Access System (CAS - Система умовного доступу);
- SkyStream Networks iPlex (HeadEnd - Головна приймальна супутникова станція);
- Thomson IP921 STB (Set Top Box – абонентська ТВ префікс) [21].

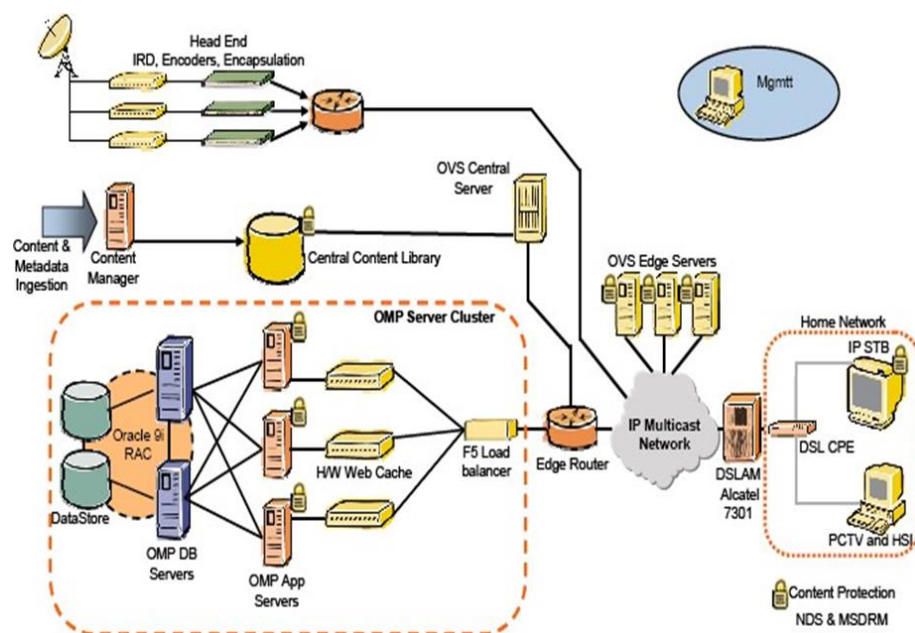


Рис. 2.3. Відкритий медіа блок Alcatel

Рішення Alcatel передачі відео по IP може бути розгорнуто з використанням великої кількості технологій доступу (xDSL, BPON/GPON FTTP, і Ethernet), по багатьох транспортних мережах передачі даних (ATM, IP, MPLS, Ethernet). Може працювати з будь-якою доступною мережею IP, підтримує QoS і відповідає мінімальним технічним вимогам, поза залежності від технології 2 рівня.

Зокрема, для рішення розробляється архітектура MPLS, яка забезпечує побудову магістральних мереж, що мають практично необмежені можливості масштабування, підвищену швидкість обробки графіки та безпрецедентну гнучкість з точки зору організації додаткових послуг. Крім того, технологія MPLS дозволяє інтегрувати мережі IP та ATM, за рахунок чого постачальники послуг зможуть не тільки зберегти кошти, інвестовані в асинхронне обладнання передачі, але й отримати додаткову вигоду із спільного використання цих протоколів.

2.4.1. Переваги та основні характеристики

До переваг відкритого медіа блоку Alcatel можна віднести:

- взаємодія з існуючими мережами та інфраструктурою управління;
- настроювана бізнес-логіка і користувальницькі інтерфейси;
- зниження впроваджувальних ризиків з допомогою заздалегідь інтегрованих модулів;
- завчасна інтеграція продуктів третіх сторін у єдине працездатне Рішення;
- модульна програмна архітектура;
- відкритість практично для будь-якої програми.

2.5. Медіа-платформа Alcatel 5950

Медіа-платформа Alcatel 5950 надає Усе необхідне для ефективного управління широкосмуговими розважальними послугами. Ця модульна платформа є відкритою для множини додатків і користувацьких пристроїв. Ось її основні функції:

Адміністративні послуги. Ці послуги включають облік і управління абонентами, а також управління пакетами послуг, моделями закупівель та цінову політику. Усі ці послуги надаються через зручний графічний інтерфейс користувача (Web based GUI), що забезпечує інтуїтивність та ефективність роботи операторів [21].

Відкриті інтерфейси для зв'язку з операторськими системами. Ці інтерфейси полегшують білінг, розподіл ресурсів і роботу з абонентами (CRM системи). В рамках повного комплексного рішення платформа OMS взаємодіє з відкритою платформою Alcatel 8690 OSP (Open Services Platform) і надає операторам сучасний сервер тарифікації та функції мобільності, телефонії та відео [21].

Відкриті інтерфейси для зв'язку із провайдерами контенту. Open Media Platform пов'язує між собою різних учасників технологічного ланцюжка, включаючи провайдерів контенту. OMP створює відкриті інтерфейси для зв'язку з провайдерами контенту VoD і широкомовних метаданих і підтримує автоматичний потік інформації від провайдерів контенту до абонентів [21].

Набір для розробників програмного забезпечення (Software Development Kit – SDK). SDK дозволяє операторам налаштовувати існуючі інтегровані програми і створювати нові програми для задоволення специфічних потреб ринку. Крім того, OMP підтримує розробників в рамках Open Media Developer Program [21].

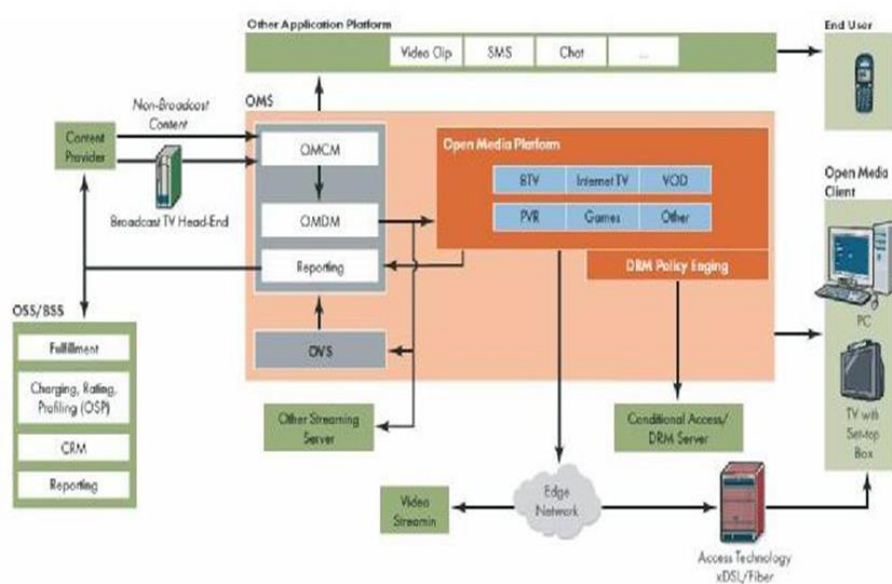


Рис. 2.4. Архітектура OMS

2.6. Архітектура продукту

Модульна архітектура рішення Alcatel призначена для задоволення комерційних та технічних вимог замовників. Дана архітектура заснована на стандартних промислових технологіях та методах, що забезпечують довгострокову надійність, розширюваність і масштабованість рішення в постійно мінливому діловому і технічному середовищі.

Рішення Alcatel має багаторівневу структуру, яка відокремлює користувацькі додатки від загальних системних функцій, реалізованих на рівні платформи. Ця структура використовує поширені технології, такі як HTML, Javascript і Java Server Pages на рівні представлення та XML поверх HTTPS для зв'язку з зовнішніми системами. Такий підхід створює відкритість і гнучкість, які необхідні для швидкої розробки і налаштування додатків і для їх інтеграції зі сторонніми системами управління (OSS).

Використання архітектури, заснованою на стандартах, означає, що оператори зможуть швидко користуватися усіма новими технологічними досягненнями, прискорювати окупність проєктів і уникати впровадження вузькоспеціалізованих і дорогих систем з закритою архітектурою [21].

Архітектура Open Media Suite створює основу для формування найбільш сучасною відкритої медіа-платформи, підтримуючою широкосмугові програми.

- OMP надає доступ до власних даних та додатків для сторонніх систем керування, білінгу;
- доступ в OMP базу даних для вставки, зміни та видалення даних у XML форматі;
- будь-який додаток сторонніх виробників має можливість працювати з OMP з допомогою SOAP (Simple Object Access Protocol, крос-платформна, крос-мовна технологія запуску об'єктів);
- обмін даними з базою даних OMP є незалежним від OMP application server;
- надає можливість операторам і системним інтеграторам поєднувати продукти сторонніх виробників і створювати власні рішення.

Управління відкритим медіа контентом і розробка Alcatel. Доставка ширококосмугових розважальних послуг абонентам – це складний процес, що виходить далеко за рамки простої підтримки додатків і управління замовниками. Цей процес включає усі аспекти управління контентом, його доставкою та абонентським доступом. Open Media Suite включає всі модулі, необхідні для керування контентом та його доставки в рамках єдиного комплексного рішення [21].

Управління медіа контентом Alcatel 5959. Успішне використання послуги IPTV вимагає цікавого і різноманітного змісту, наданого абонентам в рамках послуг VoD і інших послуг, орієнтованих на доставку контенту. Управління цим контентом є дуже трудомістким і потребує автоматизації.

Ефективність розробки, каталогізації, архівування та управління цифровим змістом стає найважливішим фактором скорочення операторських видатків. Великі обсяги контенту вимагають укладання безлічі контрактів зі студіями та агрегаторами. Ці контракти мають свою специфіку і мають на увазі встановлення жорстких правил, обов'язкових для дотримання [21].

Управління цими договорами без засобів автоматизації також дуже важко. Alcatel 5959 Open Media Content Manager (OMCM) дозволяє успішно вирішувати ці завдання Alcatel 5959 OMCM однаково добре підтримує як послуги, надані по графіку, так і послуги, надані на вимогу. Ця платформа ефективно взаємодіє з ручними та зовнішніми системами підтримки операторських бізнес-процесів. Дружній інтерфейс, створений швидше для операторів, чим для інженерів, підвищує ефективність роботи і скорочує поточні витрати.

Сучасна архітектура Alcatel 5959 OMCM розширює можливості операторів у галузі управління контентом та дотримання правил управління цифровим змістом (Digital Rights Management – DRM). Вона надає користувачам доступ до одного і того ж контенту в рамках різних послуг повній відповідності до положень контрактів, укладених з провайдерами контенту.

Засіб Alcatel 5959 OMCM було розроблено для скорочення складності управління великими обсягами контенту і контрактними вимогами в сучасному мультисервісному, мультиплатформному середовищі з різноманітними пристроями доступу [21].

Управління Alcatel 5959. Повномасштабний комерційний бізнес пов'язаний з ширококутовими розвагами, пов'язаний з низкою операційних складнощів і великою кількістю процесів по доставці контенту від провайдера до користувача. Сервіс-провайдер повинен максимально автоматизувати свої процеси, щоб скоротити витрати та складність своєї роботи. Alcatel 5959 Open Media Distribution Manager (OMDM) для управління усім життєвим циклом контенту і його доставкою через розподілену мережу серверів в повномасштабному середовищі IP TV/VoD. При відсутності автоматичної системи управління розподілом контенту, технічний персонал змушений вручну переносити зміст з одного сервера на інший в реальному часі, що різко підвищує витрати і збільшує ймовірність помилок. Alcatel 5959 OMDM автоматизує управління медійними ресурсами і метаданими в виробничих системах і надає клієнтам доступ до найбільш оптимального серверу.

Система Alcatel 5959 OMDM автоматично переміщає і видаляє контент і надає точні дані про поточному стані медійних ресурсів і користуванні цими ресурсами. І нарешті, розробка ширококутових розважальних послуг привела до великим змін в пакетування і доставці контенту споживачам. Тепер один фільм або матеріал не обов'язково демонструється лише на одній системі. Найчастіше один і той же матеріал одночасно демонструється на безлічі користувацьких пристроїв, створюючи по-справжньому конвергентне середовище бізнесу і користувачів. Архітектура Alcatel 5959 Open Media Content Management and Delivery Solution володіє високою гнучкістю і дозволяє доставляти контент через безліч розподільних мереж на кінцеві користувацькі пристрої [21].

2.7. Відео сервер Alcatel 5959

Ще одним компонентом рішення Alcatel OMS є відеосервер Alcatel 5959 Open Video Server (OVS). Alcatel 5959 OVS представляє собою апаратно-програмну систему потокового відео операторського класу. Alcatel 5959 OVS - це одне з найбільш економічних та масштабованих рішень, доступних на сьогодні, для високоякісної передачі відеопотоків по широкосмуговим каналам, через системи кабельного телебачення, по волоконно-оптичним і супутниковим мережам. Використовуючи масові стандартні компоненти замість дорогих спеціалізованих систем, Alcatel різко скоротив вартість свого рішення та створив усі можливості для економічної міграції до технологій нових поколінь. Простота та економічність розподілених відеомереж дозволяє потоковим серверам OVS найбільш ефективно використовувати смугу пропускання та дає можливість операторам керувати цими серверами з єдиного центру. Використовуючи кластерну організацію, в місцях, де вимагають великої кількості обслуговуваних потоків, вирішуються питання масштабованості та відмовостійкості всього рішення:

- навантаження рівномірно розподіляється між членами кластера;
- головний і (резервний) сервер виконують усі програми OVS, інші сервери служать тільки як джерела відеопотоків для захоплення потоків;
- у разі відмови одного з компонентів кластера, кластер динамічно переконфігурується, усе завдання перерозподіляється між рештою серверами;
- кожен сервер у кластері працює на власній копії операційної системи;
- OVS керується як єдине ціле на всіх серверах у кластері;
- загальний дисковий простір для всіх серверів у кластері;
- контент завантажується тільки один раз;
- використовується технологія Fibre Channel SAN.

Рішення Alcatel 5959 Open Video Server складається з наступних компонентів:

- OVS 6 Control Centre (Центр управління);
- OVS 6 Content Capture Server (сервер запису контенту);
- OVS 6 Streaming Server (широкомовний сервер).

Основними перевагами Alcatel 5959 OVS є низька вартість передачі потоку та висока масштабованість. Alcatel 5959 OVS працює на стандартних платформах, включаючи операційну систему Linux, процесори Intel X86 та стандартні засоби зберігання (SAN), такі як Fibre Channel. Оператор може надійно керувати сотнями серверів з єдиного центру управління OVS.

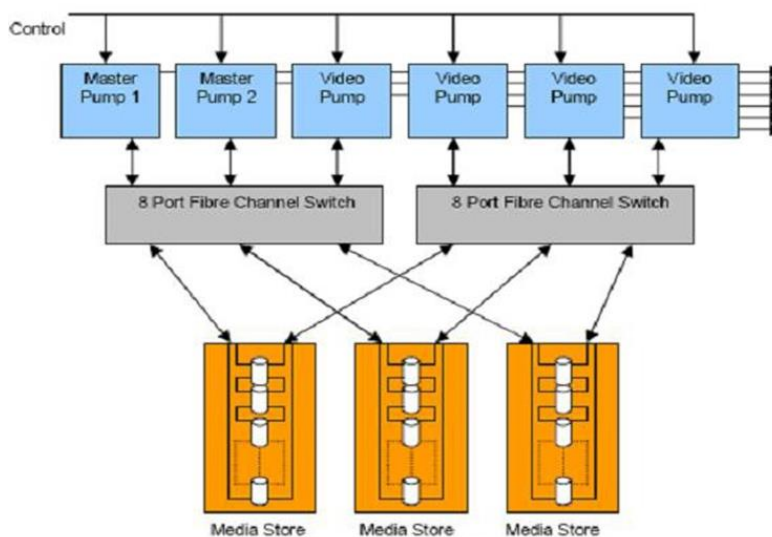


Рис. 2.5. Кластерна організація серверів

Alcatel 5959 OVS використовується провідними постачальниками ширококутових мультимедійних програм для доставки послуг високої якості, таких як відео на вимогу (VoD), відтворення за графіком розкладом (додатки NVoD і PPV) і запис по графіку за розкладом (Додатки PVR і Time-shifted TV). Alcatel 5959 OVS може записувати та відтворювати за вимогою передачі сотень телевізійних каналів.

OVS 6 центр управління. OVS 6 Control Centre підтримує функції розподілу контенту і управління в рамках нового сімейства продуктів Alcatel 5959 Open Video Server (OVS), призначеного для обробки IP-потоків. Разом з пристроями OVS Streaming Server та OVS Content Capture Server він становить відмінно масштабоване розподілене рішення операторського класу для відеопослуг [21].

Основні характеристики OVS 6 Control Centre:

- єдиний центральний контролер для управління 256 розподіленими відеосерверами;

- розподіл контенту за розкладом з центрального сховища FTP на потокові сервери;

- надійна технологія мультикастингу з механізмом корекції помилок;

- FTP;

- будь-які або усі передачі можуть бути обмежені за максимальною швидкістю;

- видалення контенту по графіку з поточкових серверів (Streaming Servers).

Єдина центральна база даних (Oracle 9i), яка забезпечує:

- централізований контроль всіх розподілених серверів;

- запис даних про сесії RTSP;

- використання контенту;

- завантаження серверів;

- управління логічними групами серверів - контент можна передавати на групу поточкових серверів за допомогою однієї команди;

- алгоритм налаштування переадресації RTSP - зазвичай залежить перенапрямок запиту на відтворення в залежності від завантаження поточкового сервера і його стану;

- послуга генерації квитків жетонів і авторизації сесій;

- квитки жетони дозволяють абоненту купувати контент на певну кількість відтворень протягом певного періоду часу;

- Підтримка поточкових серверів OVS 6.0 Streaming Server і доменів серверів OVS 5.1;

- інтерфейс управління: PL/SQL API або новий графічний інтерфейс (GUI) управління;

- вбудований архів контенту/джерело FTP/зовнішній сайт FTP.

Сервер запису контенту. Alcatel 5959 OVS (Open Video Server - відкритий відеосервер) є апаратно-програмною системою поточкового відео операторського класу. Alcatel 5959 OVS - це одне з найбільш економічних і масштабованих рішень, доступних на сьогоднішній день для високоякісної передачі відеопотоків по широкосмуговим мережам різних типів. Цей продукт є найкращим у своєму класі. Він де-факто

став промисловим стандартом з небувало високим рівнем надійності, доступності та масштабованості [21].

OVS 6 підтримує запис широкомовних програм у реальному часу та надання цих записів для перегляду на вимогу. Цей сервер входить до складу нової родини продуктів Alcatel 5959 Open Video Server (OVS), призначеного для мовлення IP-потоків. Разом з пристроями OVS Streaming Server і OVS Control Centre він складає відмінно масштабоване розподілене рішення операторського класу для надання відеопослуг.

Основні Характеристики Alcatel OVS 6:

- запис широкомовних програм за вказаним часом початку та закінчення програми;
- запис програм для архівів;
- розподіл записаного контенту в режимі, близькому до реального часу за допомогою багатоадресної передачі (мультикастингу) з механізмом контролю помилок передачі на потокові сервери OVS (OVS Streaming Servers);
- запис із пропускнуою здатністю до 20 мбіт/с (напр., одночасний запис 5 програм по 4 мбіт/с кожна);
- інтерфейс управління: PL/SQL API або новий графічний інтерфейс (GUI);
- Установка поряд з OVS Control Centre або в будь-який інший точці мережі.

2.8. Система умовного доступу

Усі СА системи на базі ключів засновані на використанні і контрольованому поширенні відкритих/закритих пар ключів. В цих системах смарткарта користувача використовується для зберігання унікального закритого ключа користувача. Відповідні відкриті ключі для кожного користувача зберігаються на сервері СА системи на головній станції оператора.

Крім пари відкритий/закритий ключів користувача, кожен пакет передплати також має свою пару ключів сервісів. Розширення на перегляд окремого сервісу доставляється користувачеві при отриманні закритого ключа цього сервісу (і відповідно можливості відкриття сервісу).

Процес оновлення ключів сервісів в СА системі на базі ключів показаний нижче на прикладі сервісу Sports:

- закритий ключ сервісу Sports шифрується відкритим ключем користувача застосовуючи стандартний алгоритм шифрування (наприклад, AES або DES). Зашифрований ключ упаковується для передачі (EMM);

- ці EMM повідомлення потім передаються по мережі або сегменту мережі оператора;

- закритий ключ користувача використовується для розшифровки отриманих EMM повідомлень та вилучення закритого ключа сервісу, який далі зберігається на смарткарті для подальшого використання;

- після розсилки повідомлень про продовження передплати (ключів сервісів) використовується наступний процес розповсюдження зашифрованого контенту передплатникам;

- генерується керуюче слово (Control Word - CW) випадковим чином;

- цим словом - CW і алгоритмом шифрування DVB-CSA (Common Scrambling Algorithm) шифрується трансльований контент;

- керуюче слово потім шифрується відкритим ключем сервісу стандартним алгоритмом шифрування (напр., AES або DES) утворюючи повідомлення про права доступу ECM (Entitlement) Control Message);

- ECM і контент розповсюджуються по мережі оператора.

- легальний передплатник отримує ECM і розшифровує його наявним на смарткарті закритим ключем сервісу (отриманого в повідомленні EMM) і отримує CW.

- Отримане слово CW дозволяє розшифрувати контент використовуючи загальний алгоритм.

Система Irdeto Access PiSys складається з наступних компонентів:

- Irdeto PIsys server system (Керуючі сервери)

- Irdeto Encryptor (Сервер генерації ключів)

- Irdeto GigaCrypt IP encryptors (Сервер скремблювання контенту в реальному часі)

- Irdeto IP Manager PCs (Управляючі робітники станції)

- Irdeto PES (Сервер скремблювання VOD контенту в офлайновому режимі)

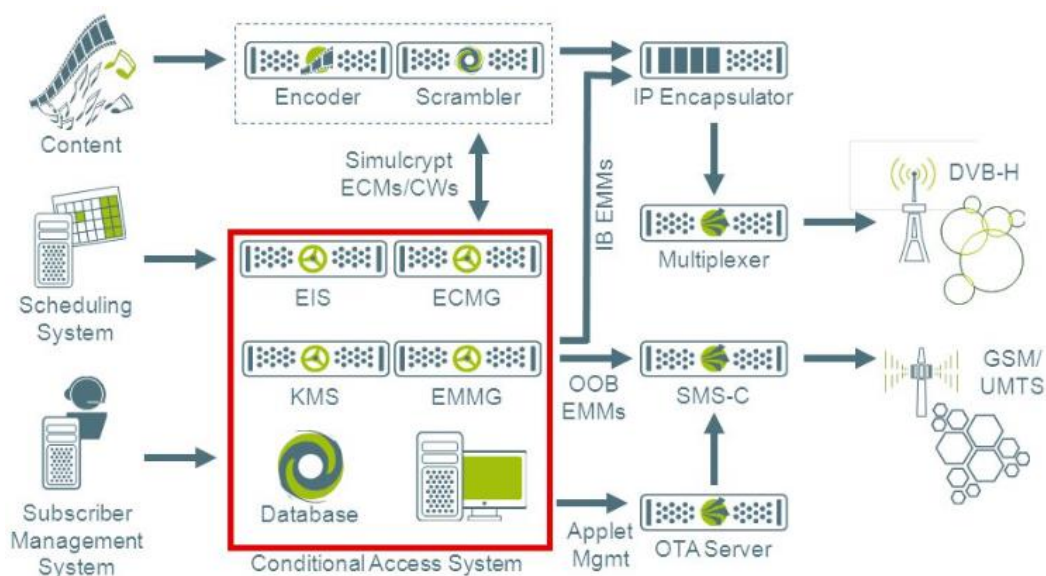


Рис. 2.6. Система умовного доступу

2.9. Головна приймальна супутникова станція SkyStream Networks iPlex

Надання послуги широкомовного ТБ (BTV) оптимально в відео IP мережі, що використовує технологію групової адресації. Пакети MPEG спочатку вкладаються в UDP, потім в групову IP дейтаграму з унікальним IP групи для кожного MPEG-2 SPTS [23].

Групова адресація IP забезпечує поширення по мережі, ґрунтуючись на стандартному механізмі маршрутизації запиту кінцевого пристрої на отримання обраною групи. Цей запит ініціюється з абонентського закінчення використовуючи протокол IGMP.

IGMP – це Internet Group Management Protocol, – протокол управління групами Internet, Котрий використовується хостами і маршрутизаторами, для того щоб підтримувати групове розсилання повідомлень. Він дозволяє всім системам фізичної мережі знати, які хости в даний час об'єднані в групи та до яких груп вони належать. Ця інформація необхідна для групових маршрутизаторів, саме так вони дізнаються, які групові датаграми необхідно перенаправляти і на які інтерфейси [23].

Основний стандарт, використовується сьогодні на ринку розподілу відео

- MPEG-2. Ця специфікація визначила не тільки програмний рівень (відео, звук і стандарт стиску даних), але також і системний рівень відео, яким є Транспортний Потік MPEG-2. MPEG-2 ТП може бути як мультипрограмним транспортним потоком (MPTS), який несе в однієї зв'язці відео програм, як в супутникових і цифрових кабельних мережах, так і моно програмним транспортним потоком (SPTS), який лише несе одну програму (відео, звук + дані). У потоці, крім власне аудіо і відеоданих, обов'язково присутні службові таблиці:

PAT - Program Allocation Table - перелік програм у потоці;

PMT - Program Map Table - список компонент кожної програми.

Також в потоці можуть бути присутні дані про права перегляду кожного передплатника (EMM і ECM повідомлення), якщо аудіо/відеодані закриті (зашифровані, скрембльовані).

2.10. Обладнання SkyStream Networks iPlex

Кодування MPEG відео в реальному часі: модуль MPEG відео екодера кодує аудіо і відео і передає MPEG-2 потоки по мережі в реальному часі. iPlex також демультимплексує MPEG-2 транспортні потоки і розпаковує відео для передачі даних по IP або ATM [14, 17].

Маршрутизація медіа-даних: будь-який вхід можна з'єднати з будь-якою кількістю виходів за допомогою конфігураторів програмного забезпечення. Обробка таблиць здійснюється в автоматичному, або ручному режимі, що дозволяє аналізувати, редагувати і створювати MPEG і DVB Інтеграції з наземними та супутниковими станціями:

Архітектура платформи iPlex ідеально підходить для інтеграції з DVB та IP/ATM мережами.

Можна приймати, агрегувати та передавати цифровий контент мережами будь-якого типу.

Перетворення швидкості потоку і мультиплексування. Модуль Transrater (TRM) забезпечує формування швидкості потоку і статистичне мультиплексування, функції зниження швидкості і динамічного управління шириною смуги частот відео сигналу.

Дублювання медіа даних Mediaplex дозволяє дублювати послуги зв'язку і передавати їх одночасно з різними швидкостями, в різних транспортних потоках через супутники і наземні мережі.

Резервування: Декілька шасі iPlex можуть об'єднуватися в групи резервування. Усі функції по моніторингу та перемикання тих пристроїв у разі відмови вбудовані в обладнання.

2.11. Проектована мережа

Розміщення мережі планується в новому (що будується) мікрорайоні закритого типу. Цей мікрорайон має розвинену інфраструктуру. На початковому етапі планується підключення 500 абонентів.

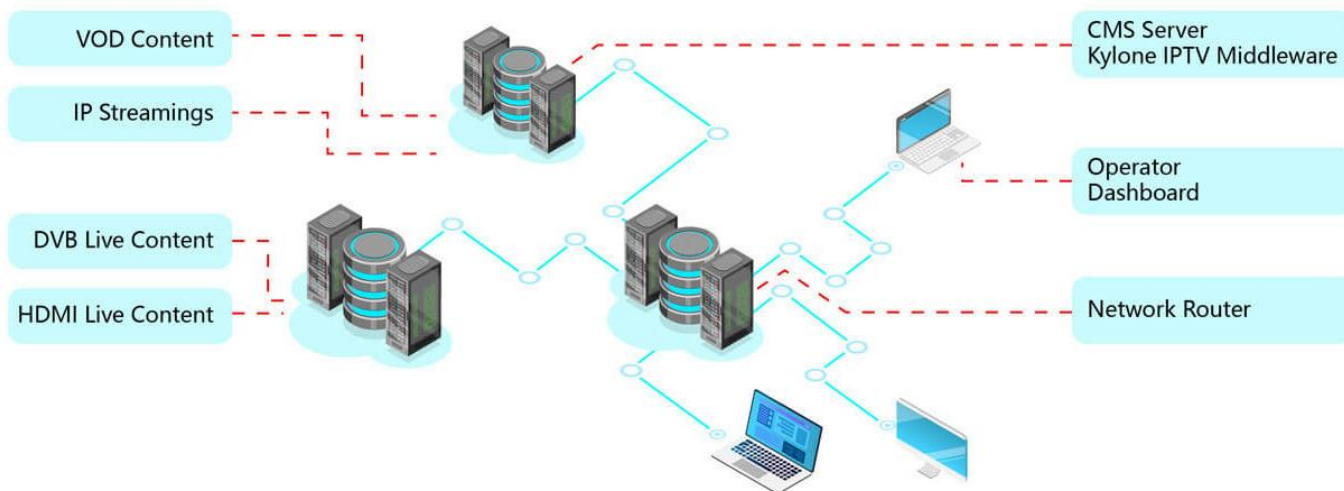


Рис. 2.7. Схема споживання контенту в проектованій мережі мікрорайону

РОЗДІЛ 3

ПОБУДОВА МЕРЕЖІ ДОСТУПУ ДЛЯ НОВИХ ГРУП КОРИСТУВАЧІВ

Очевидно, що вимоги підтримки ширококутових послуг, мобільності і ряд інших натякають на достатньо високі тарифи на інфокомунікаційні послуги. Оплачувати такі послуги готові не усі користувачі. Для операторів і постачальників послуг цікавий аналіз потенційної клієнтської бази, котрий дозволяє виділити характерні групи з ідентичним рівнем платоспроможного попиту.

Усіх потенційних клієнтів оператора за рівнем доходу можна умовно розділити на п'ять груп.

Найбільш численна група абонентів приносить мінімальний рівень доходу, однак відмовитися від її обслуговування оператор не може через соціально значущі надання послуг цим абонентам.

В структурі користувачів можна виділити незначне число абонентів, готових використовувати максимальну кількість наданих послуг. Питома частка доходу цих абонентів найвища. Як правило, серед операторів ведеться боротьба саме за цю частину користувачів. Швидше за все, це корпоративні користувачі, споживаючі весь спектр послуг «Triple Play». Безперечно, для організації обслуговування даного сектора прийдеться організувати ширококутовий доступ. За оцінкою аналітичної групи J'son & Partners, на сьогоднішній день використання ширококутового доступу в офісі спостерігається майже в 85% випадків [10, 23].

3.1. Розрахунок продуктивності вузла доступу

Розрахунок продуктивності вузла доступу для нових груп користувачів необхідно проводити з обліком «старих» груп, що використовують з всього спектра послуг лише телефонію. Крім того, необхідно врахувати ту частину користувачів, яка, крім телефонного зв'язку, користується послугами передачі даних. Кількість таких абоне-

нтів в процентному співвідношенні значно менше кількості «традиційних» користувачів, однак більше «просунутих» абонентів, замовляючих послуги відеоконференцій, VoD і т.п (рис. 3.1).

Частка абонентів групи 1 складає $\pi_1 \approx 80\%$. Це традиційні абоненти, що здійснюють у середньому $f_1 = 5$ викликів за годину середньою тривалістю $t_1 = 2$ хвилини.

Частка абонентів групи 2, які використовують голосові послуги та послуги передачі даних, складає $\pi_2 \approx 15\%$. Навантаження створюване цими абонентами, складається з двох складових: телефонія і інтернет. Параметри телефонного навантаження збігаються з аналогічними параметрами для групи 1, $f_2 = f_1 = 5$ викликів в годину, $t_2 = t_1 = 2$ хвилини. Об'єм переданих даних у годину найбільшого навантаження обмежується 1000 Мб.

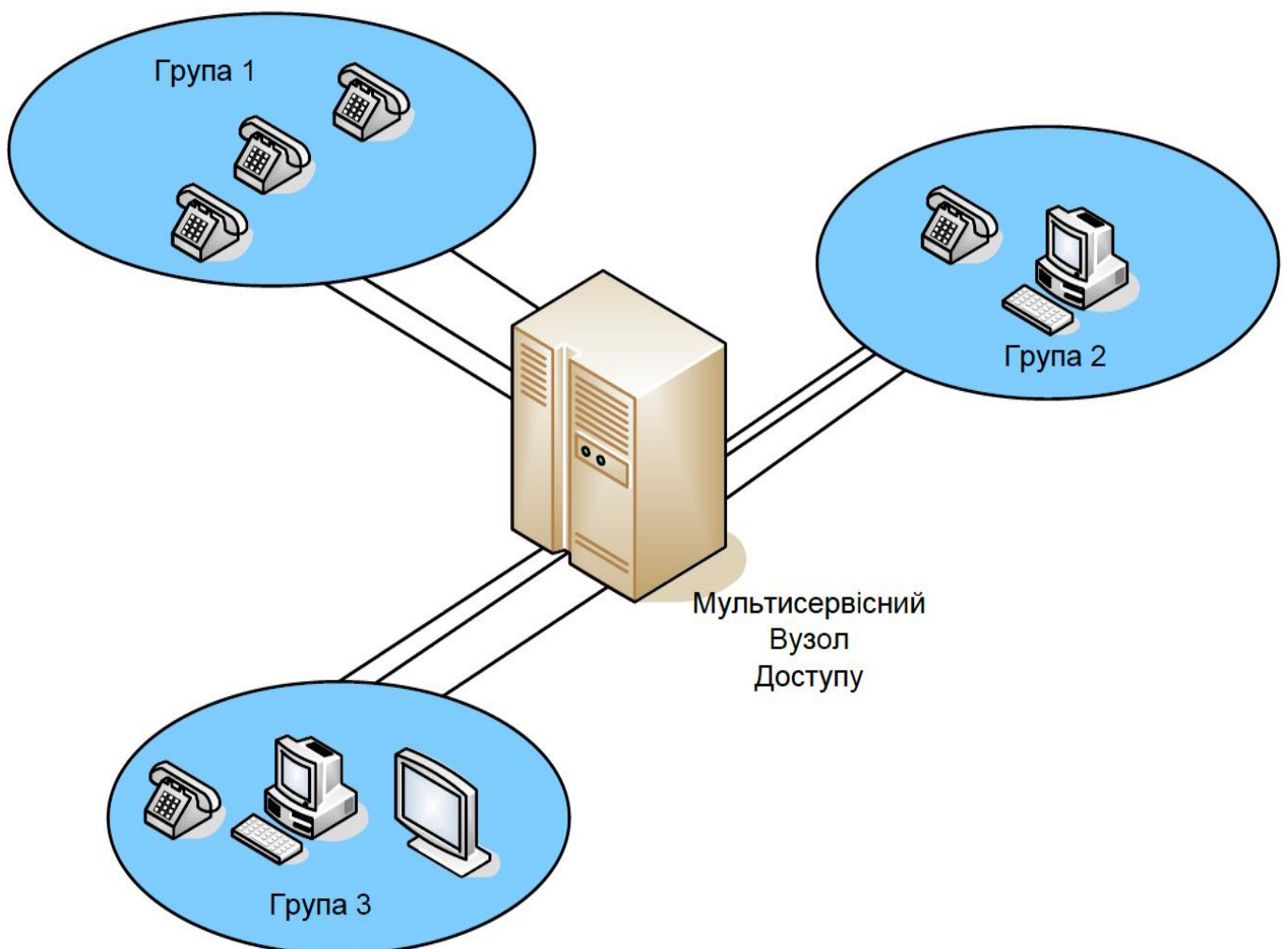


Рис. 3.1. Склад абонентів мережі доступу

Частка абонентів групи 3, що приносять найбільш питомий дохід, становить $\pi_3 \approx 5\%$. Структура трафіку цих користувачів складається наступним чином: телефонія, інтернет, відео. Параметри трафіку телефонії збігаються з аналогічними параметрами групи 2, тобто. $f_3 = f_2 = f_1 = 5$ викликів на годину, $t_3 = t_2 = t_1 = 2$ хвилини. При розрахунку трафіку передачі даних необхідно врахувати, що користувачі цієї групи, як правило, активніше використовують ftp і пірінгові мережі. Допустимо, що вони споживають до 10000 Мбайт трафіку. Час перегляду відео в годину найбільшого навантаження досягає 60 хвилин.

Визначимо число IP-пакетів, генерованих кожною групою в годину найбільшого навантаження, при умові, що мультисервісний вузол доступу обслуговує $N = 4000$ абонентів.

3.1.1. Розрахунок числа пакетів від першої групи (телефонія)

Для розрахунку числа пакетів створюваних користувачами телефонії, необхідно задати типом використовуваного кодеку. На сьогоднішній день в мережах IP-телефонії реально використовуються кодеки, представлені в таблиці 3.1.

Найкращу якість мови забезпечує кодек G.711. Тривалість дейтаграми T-PDU дорівнює 20 мс, згідно з рекомендацією RFC 1889. При цьому в секунду передається [22]:

$$n_1 = 1 / T_{\text{PDU}}, \text{ кадрів}, \quad (3.1)$$

$$n_1 = 1/0,02 = 50, \text{ кадрів в секунду}$$

Параметри кодеків

Кодек	Швидкість передачі, кбіт/с	Тривалість датаграми,мс	Затримка пакетизації,мс	Смуга пропускання для двонаправленого з'єднання, кГц	Затримка у джиттер-буфері	Теоретична максимальна оцінка MOS
G.711u	64	20	1	174,4	2 датаграми, 40 мс	4,4
G.711a	64	20	1	174,4	2 датаграми, 40 мс	4,4
G.726-32	32	20	1	110,4	2 датаграми, 40 мс	4,22
G.729	8	20	25	62,4	2 датаграми, 40 мс	4,07
G.723m	6,3	30	67,5	43,73	2 датаграми, 60 мс	3,87
G.723a	5,3	30	67,5	41,6	2 датаграми, 60 мс	3,69

Розмір пакетизованих даних [22]:

$$h = v \cdot T_{PDU}, \quad (3.2)$$

де v - Швидкість кодування, байт / с;

h - розмір пакетизованих даних;

T_{PDU} - тривалість однієї мовленнєвої вибірки (тривалість пакета).

При використанні кодека G.711 швидкість кодування:

$$v = 64000 / 8 = 8000, \text{ байт/с}$$

$$h = 8000 * 0,020 = 160, \text{ байт}$$

Для визначення розміру пакету необхідно врахувати заголовки:

I_p - 20 байт;

UDP - 8 байт;

RTP - 12 байт.

Сумарний розмір пакету - $160 + 20 + 8 + 12 = 200$ байт.

Для визначення числа пакетів, генерованих першою групою абонентів, необхідно врахувати їх частку в спільній структурі користувачів, кількість викликів в годину найбільшого навантаження, середню тривалість розмови.

$$N_1 = n_1 \cdot t_1 \cdot f_1 \cdot \pi_1 \cdot N, \quad (3.3)$$

де:

N_1 - число пакетів, що генерується першою групою користувачів в годину найбільшого навантаження;

n_1 - число пакетів, генерованих в секунду одним абонентом при використанні кодека G.711;

t_1 - середня тривалість розмови в секундах для першої групи абонентів;

f_1 - число викликів в годину найбільшого навантаження для першої групи абонентів;

π_1 - частка користувачів групи 1 в спільній структурі абонентів;

N - загальне число користувачів.

3.1.2. Розрахунок числа пакетів від другої групи (телефонія і інтернет)

Міркування, наведені для першої групи абонентів, цілком можна застосувати і по другій групі для розрахунку числа пакетів, що виникають в результаті користування голосовими сервісами. Різниця буде лише в індексах:

$$N_{2_г} = n_1 \cdot t_2 \cdot f_2 \cdot \pi_2 \cdot N, \quad (3.4)$$

де:

$N_{2_г}$ - число пакетів, що генерується другою групою користувачів в годину найбільшого навантаження при використанні голосових послуг;

n_1 - число пакетів, генерованих в секунду одним абонентом при використанні кодека G.711;

t_2 - середня тривалість розмови в секундах для другої групи абонентів;

f_2 - число викликів в годину найбільшого навантаження для другої групи абонентів;

π_2 - частка користувачів групи 2 в спільній структурі абонентів;

N - загальне число користувачів.

Для розрахунку кількості пакетів, що генеруються другою групою користувачів при використанні сервісів передачі даних необхідно задатися розміром пакетів. При побудові мережі, як правило, на одній або кількох ділянках мережі на рівні ланки даних використовується той або інший різновид технології Ethernet, тому використовувати пакети, що перевищують максимальну довжину поля даних Ethernet не має сенсу. Дуже довгий пакет рано або пізно буде фрагментований, що приведе, по-перше, до зайвого навантаження на комутатори, і, по-друге, до можливих перезапиту в випадку втрат. Крім того, використання пакетів великого розміру ускладнює забезпечення якості обслуговування і у магістральній мережі, і в мережі доступу. Більше того, як правило, корпоративні користувачі встановлюють на межі своєї мережі фаєрвол, який, іноді, обмежує максимальний розмір кадру. Тому для розрахунку об'єму однакові розміри пакетів і під час передачі даних, і під час передачі голосового трафіку – корисне навантаження 160 байт. При передачі даних замість протоколів RTP та UDP використовується TCP, що вносить точно таку ж надмірність (20 байт).

Для розрахунку числа пакетів в годину найбільшого навантаження необхідно задатися обсягом переданих даних. Припустимо, що абоненти другої групи належать до інтернет-серферів, тобто в основному переглядають веб-сторінки. Середній об'єм даних, переданих за годину при такому способі підключення, складе близько $V_2=10$ Мбайт = 80 Мбіт. Число пакетів, переданих у ГНН, буде:

$$N_{2_д} = \pi_2 \cdot N \cdot V_2 / h, \quad (3.5)$$

де

$N_{2_д}$ - кількість пакетів, генерованих в ГНН абонентами другої групи при використанні сервісів передачі даних;

π_2 - частка користувачів групи 2 в спільній структурі абонентів;

h - розмір поля даних пакета;

N - загальне число користувачів.

Сумарна кількість пакетів, що генеруються другою групою користувачів в мережі в ГНН, буде:

$$N_2 = N_{2_т} + N_{2_д}, \quad (3.6)$$

3.1.3. Розрахунок числа пакетів третьої групи абонентів (triple play)

Усі міркування, проведені щодо перших двох груп, залишаються в силі та для третьої групи, стосовно до сервісів передачі голосу, а саме:

$$N_{3_т} = n_1 \cdot t_{3_т} \cdot f_3 \cdot \pi_3 \cdot N, \quad (3.7)$$

де:

$N_{3_т}$ – число пакетів, що генерується третьою групою користувачів за ГНН при використанні голосових послуг;

n_1 - число пакетів, генерованих в секунду одним абонентом при використанні кодека G.711;

t_3 - середня тривалість розмови в секундах;

f_3 - число викликів в ГНН;

π_3 - частка користувачів групи 3 в спільній структурі абонентів;

N - загальне число користувачів.

Припустимо, що абоненти третьої групи відносяться до «активних» користувачів інтернету, тобто, використовують не тільки http, але і ftp, а також вдаються до послуг пірінгових мереж. Обсяг переданих та прийнятих даних при такому використанні інтернету становить до $V_3 = 100 \text{ Мбайт} = 800 \text{ Мбіт}$.

Число пакетів, переданих у ГНН, буде:

$$N_{3_д} = \pi_3 \cdot N \cdot V_3 / h, \quad (3.8)$$

Для розрахунку кількості пакетів, що генеруються користувачами відео-послуг, скористаємося міркуваннями щодо розміру пакета, наведеними в попередньому пункті. Розмір пакета не повинен перевищувати 200 байт (разом з накладними витратами).

Однією з найбільш перспективних послуг, що динамічно розвиваються є IPTV – передача каналів телемовлення з допомогою протоколу IP. При організації даного сервісу для кожного користувача в транзитній мережі доступу не потрібно виділення індивідуальної смуги пропускання. До мультисервісного вузла доходить певна кількість каналів, які розподіляються між замовниками послуги, причому є можливість організації ширококомовного розсилання. Припустимо, що у мультисервісній мережі надається можливість перегляду $K_{tv} = 40$ каналів мовлення. Для забезпечення задовільної якості швидкість кодування має бути порядку 2 Мбіт/с.

Отже, при швидкості передачі $v = 2048000$ біт/с і розмірі корисного навантаження пакету $h = 160$ байт = 1280 біт число пакетів, що виникають при трансляції одного каналу [22]:

$$n_3 = v/h, \quad (3.9)$$

$$n_3 = 2048000/1280 = 1600, \text{ пакетів в секунду}$$

Кількість пакетів, генерованих 40 каналами в ГНН, складе:

$$N_{3_в} = K_{tv} \cdot n_3 \cdot t_{3_в} \cdot 60, \quad (3.10)$$

де:

$N_{3_в}$ - число пакетів, що генерується третьою групою користувачів в ГНН при використанні відео-сервісів сервісів;

n_3 - число пакетів, генерованих в секунду одним абонентом при використанні перегляд відео, стисненого за стандартом MPEG2;

K_{tv} - число каналів мовлення, організованих в мультисервісній мережі.

t_{3_B} - середнє час перегляду каналів в ГНН, хв.

Сумарне число пакетів, генерованих третьою групою користувачів в мережі в ГНН:

$$N_3 = N_{3_T} + N_{3_D} + N_{3_B}, \quad (3.11)$$

3.1.4. Вимоги до продуктивності вузла доступу

Мультисервісний вузол доступу повинен обслуговувати трафік від усіх трьох груп користувачів. Крім того, саме вузол доступу має забезпечити підтримку якості обслуговування шляхом пріоритезації трафіку, яка повинна здійснюватися незалежно від використовуваної технології транспортної мережі доступу.

Сумарна кількість пакетів, яка має обробити мультисервісний вузол доступу, буде:

$$N_{\Sigma} = N_1 + N_2 + N_3 = n_1 \cdot t_1 \cdot f_1 \cdot \pi_1 \cdot N + (n_1 \cdot t_2 \cdot f_2 \cdot \pi_2 \cdot N + \pi_2 \cdot N \cdot V_2/h) + (n_1 \cdot t_3 \cdot f_3 \cdot \pi_3 \cdot N + \pi_3 \cdot N \cdot V_3/h + K_{tv} \cdot n_3 \cdot t_{3_B} \cdot 60) \quad (3.12)$$

Враховуючи, що:

$t_1 = t_2 = t_3 = t$ - середня тривалість розмови в секундах;

$f_3 = f_2 = f_1 = f$ - Число викликів у ГНН;

Отримаємо:

$$N_{\Sigma} = n_1 \cdot t \cdot f \cdot N \cdot (\pi_1 + \pi_2 + \pi_3) + N/h \cdot (\pi_2 \cdot V_2 + \pi_3 \cdot V_3) + K_{tv} \cdot n_3 \cdot t_{3_B} \cdot 60 \quad (3.13)$$

Враховуючи, що $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 1$, отримаємо:

$$N_{\Sigma} = N \cdot (n_1 \cdot t_T \cdot f + (\pi_2 \cdot V_2 + \pi_3 \cdot V_3)/h) + K_{tv} \cdot n_3 \cdot t_{3_B} \cdot 60, \quad (3.14)$$

При $N = 4000$ абонентів, $n_1 = 50$ пакетів на секунду, $t = 120$ секунд, $f = 5$ викликів за годину, $V_2 = 10$ Мбайт, $V_3 = 100$ Мбайт, $t_{3_B} = 60$ хвилин, $n_3 = 1600$, $\pi_1 = 80\%$, $\pi_2 = 15\%$, $\pi_3 = 5\%$ отримаємо:

$$N_{\Sigma} = 4000 \cdot (50 \cdot 120 \cdot 5 + (0,15 \cdot 10^7 + 0,05 \cdot 10^8)/160) + 40 \cdot 1600 \cdot 60 \cdot 60 = 5,129 \cdot 10^8, \quad (3.16)$$

пакетів в годину

Середня кількість пакетів в секунду:

$$N_{\Sigma_сек} = N_{\Sigma} / 3600$$

$$N_{\Sigma_сек} = 142472, \text{ пакетів/сек}$$

Цей показник дозволяє оцінити вимоги до продуктивності маршрутизатора, агрегує трафік мультисервісної мережі доступу.

Аналіз показує, що вибір такого маршрутизатора здійснюється з дуже обмеженої кількості варіантів.

3.2. Вимоги до смуги пропускання

Вимоги до смуги пропускання визначаються гарантіями якості обслуговування, що надаються оператором користувачеві. Параметри QoS описані у рекомендації ITU Y.1541. Зокрема, затримка розповсюдження з кінця в кінець при передачі мови не повинна перевищувати 100 мс, а ймовірність перевищення затримки порога у 50 мс не повинна перевершувати 0,001, тобто [12, 18, 20, 22]:

$$\bar{t}_d \leq 100 \text{ мс}$$

$$p\{t_p > 50 \text{ мс}\} \leq 0.001$$

Затримка з кінця в кінець складається з наступних складових:

$$t_p = t_{\text{пакет}} + t_{\text{core}} + t_{\text{ад}} + t_{\text{буф}}, \quad (3.17)$$

де t_p – час передачі пакета з кінця в кінець;

$t_{\text{пакет}}$ – час пакетизації (залежить від типу трафіку та кодека);

$t_{\text{ад}}$ - час затримки при транспортуванні в мережі доступу;

t_{core} – час затримки під час поширення в транзитній мережі;

$t_{\text{буф}}$ - час затримки в приймальному буфері.

З таблиці 3.1 видно, що застосування низькошвидкісних кодеків "з'їдає" основну частину бюджету затримки. Затримка у приймальному буфері також велика, тому на мережі доступу і транспортній мережі повинні забезпечувати мінімальні затримки.

Припустимо, що затримка мережі доступу має перевищувати 5 мс. Час обробки заголовка IP-пакета близько до постійного. Розподіл інтервалів між надходженнями пакетів відповідає експонентному закону. Тому для опису процесу, того, що відбувається на агрегуючому маршрутизаторі, можна скористатися моделлю M/G/1 [22].

Для даної моделі відома формула, що визначає середній час виклику в системі (формула Полячека – Хінчина) [22]:

$$\bar{t}_{\text{ад}} = \frac{\tau(1 + C_b^2)}{2(1 - \lambda\tau)}, \quad (3.18)$$

де τ - середня тривалість обслуговування одного пакета;

C_b^2 - квадрат коефіцієнта варіації, $C_b^2 \approx 0,2$;

λ - параметр потоку, $\lambda = 142472$;

$\bar{t}_{\text{ад}}$ - середній час затримки пакету в мережі доступу, $\bar{t} = 0,005$ с.

Ненульовий коефіцієнт варіації враховує можливі відхилення при використанні у заголовках IP полів ToS. Крім того, час обробки IP- пакету значною мірою залежить від використовуваних на маршрутизаторі правил обробки.

З формули (3.18) випливає залежність максимальної величини для середньої тривалості обслуговування одного пакету від середнього часу затримки в мережі доступу:

$$\tau = \frac{1}{\lambda + \frac{1 + C_b^2}{2t_{ад}}}, \quad (3.19)$$

При нормі затримки $\bar{t}_{ад} = 5$ мс середній час обслуговування пакету (для розрахованої вище пропускної можливості) буде:

$$\tau(0.005) = \frac{1}{142472 + \frac{1 + 0.2}{2 \cdot 0.005}} = 7.013 \times 10^{-6}, \text{ секунд}$$

$$\beta = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{7.013 \cdot 10^{-6}} = 1.425 \cdot 10^5$$

Залежність (3.19) представлена на рис. 3.2.

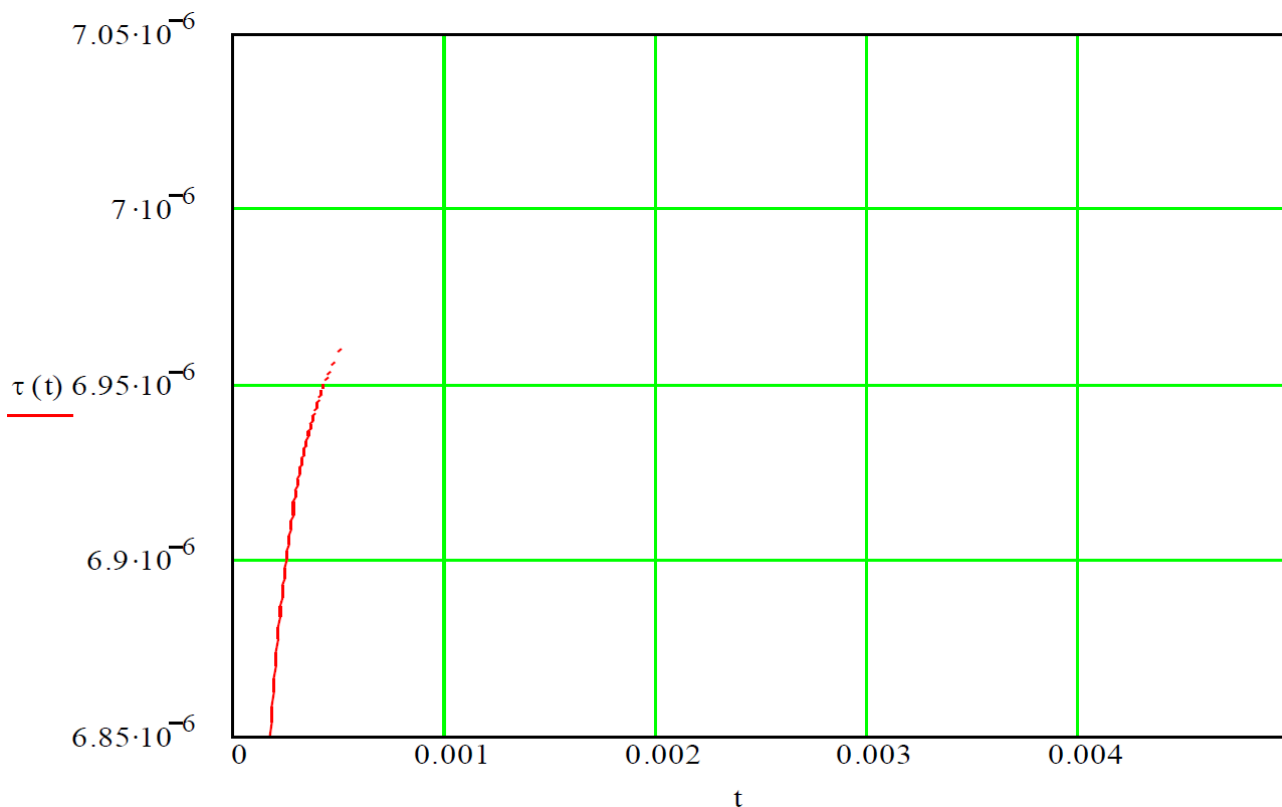


Рис. 3.2. Залежність максимальної величини τ для середньої тривалості обслуговування одного пакета

Інтенсивність обслуговування пов'язана зі середнім часом затримки пакету в мережі доступу обернено пропорційно:

$$\beta = \frac{1}{\tau}, \quad (3.20)$$

Графічно дана залежність представлена на рис. 3.3.

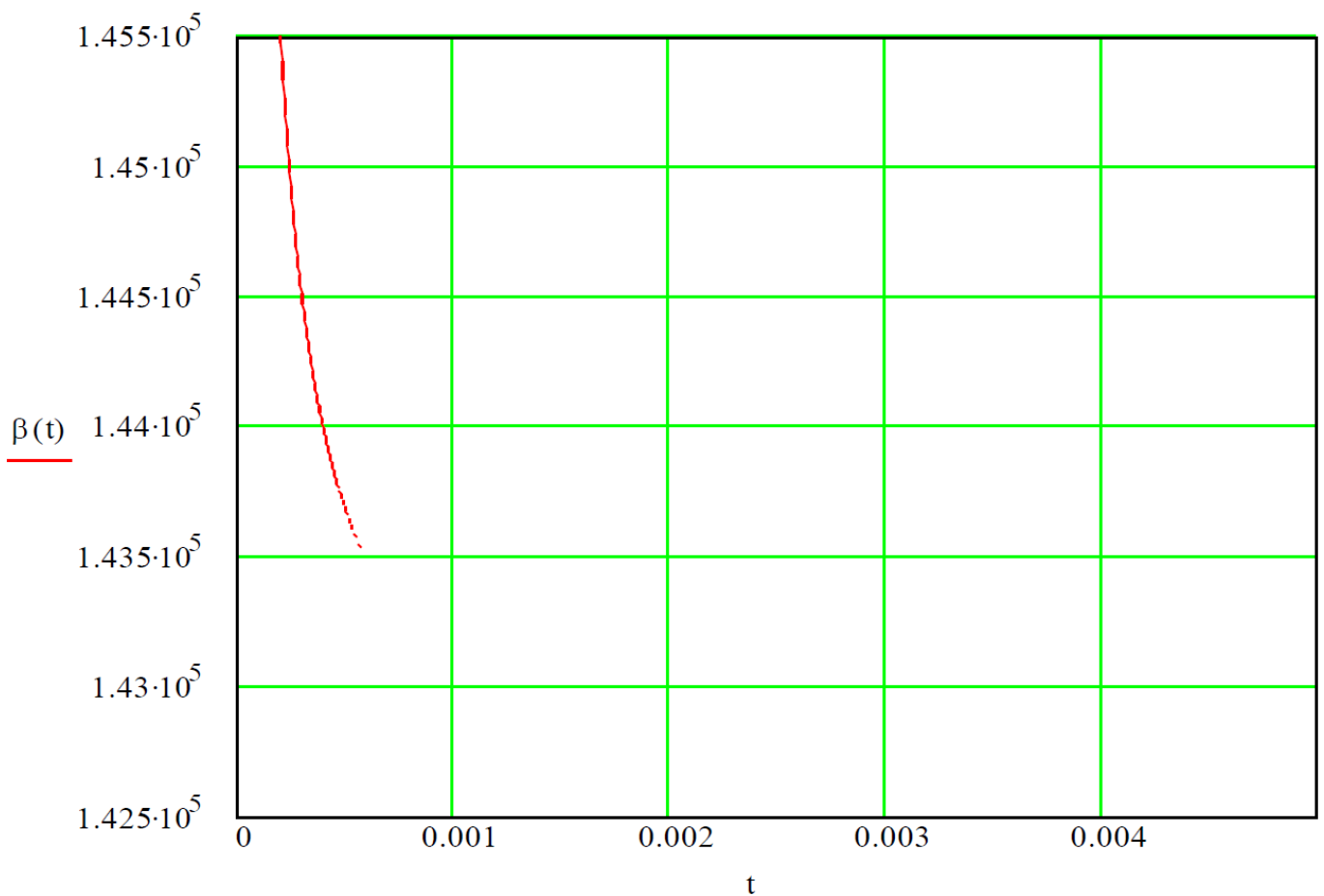


Рис. 3.3. Час τ повинен вибиратися як мінімальне з двох можливих значень

Перше значення - величина, отримана з останньої формули. Друге значення – та величина, яка визначається за умови обмеження завантаження системи - ρ . Зазвичай ця величина не має перевищувати 0,5.

При середньому значенні затримки в мережі доступу 5 мс коефіцієнт використання дорівнює:

$$\rho = \lambda \cdot \tau(0.005)$$

$$\rho = 142472 \cdot 7.013 \times 10^{-6} = 0.999158 \quad , \quad (3.20)$$

При такому високому використанні найменші флуктуації параметрів можуть привести до нестабільної роботи системи. Визначимо параметри системи при її використанні на 50%. Середня тривалість обслуговування дорівнює:

$$\tau = \frac{\rho}{\lambda} \quad (3.22)$$

$$\tau = \frac{0.5}{142472} = 3.509 \cdot 10^{-6} \text{ , секунд}$$

Інтенсивність обслуговування при цьому

$$\beta = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{3.509 \cdot 10^{-6}} = 2.849 \cdot 10^5 \quad , \quad (3.23)$$

А затримка в мережі доступу:

$$\bar{t}_{ad} = \frac{\tau(1+C_b^2)}{2(1-\lambda\tau)} = \frac{3.509 \cdot 10^{-6} \cdot (1+0.2)}{2(1-142427 \cdot 3.509 \cdot 10^{-6})} = 4.211 \cdot 10^{-6} \text{ , секунд}$$

Розраховувати можливість $s(t) = 1 - e^{-\left(\frac{1}{\tau} - \lambda\right)t}$ при відомих λ і τ недоцільно, так як $Y.1541$ ймовірність $P\{t > 50\text{мс}\} < 0.001$ визначена для передачі з кінця в кінець.

При відомому середньому розмірі пакета $h = 200$ байт отримуємо потрібну смугу пропускання:

$$\varphi = \beta \cdot h = 2.849 \cdot 10^5 \cdot 200 = 5.699 \cdot 10^7 \text{ (байт/с)} = 4.559 \cdot 10^8 \text{ , біт/с} \quad (3.24)$$

Дана пропускна спроможність забезпечується системами передач не нижче за STM-4.

Припустимо, що в структурному складі абонентів відсутні "нові" групи користувачів. При цьому в вищенаведеному аналізі слід опустити розрахунок числа пакетів, що виникають при використанні сервісів високошвидкісної передачі даних та відеопослуг.

Число пакетів, що виникають у ГНН, буде:

$$N_{tel} = n \cdot t \cdot f \cdot N, \quad (3.25)$$

N_{tel} - число пакетів, що генерується усіма абонентами в ГНН;

n - число пакетів, генерованих в секунду одним абонентом при використанні кодека G.711;

t - середня тривалість розмови в секундах;

f - число викликів в ГНН;

N - загальне число користувачів.

Число пакетів в секунду:

$$N_{tel_сек} = N_{tel}/3600 = n \cdot t \cdot f \cdot N/3600$$

$$N_{tel_сек} = 50 \cdot 120 \cdot 5 \cdot 4000/3600 = 33333, \text{ пакетів/с}$$

Середній час обслуговування одного пакету при нормі затримки 5 мс:

$$\tau(0.005) = \frac{1}{33333 + \frac{1+0.2}{2 \cdot 0.005}} = 2.989 \times 10^{-5}$$

Коефіцієнт використання:

$$\rho = \lambda \cdot \tau(0.005)$$

$$\rho = 33333 \cdot 2.989 \times 10^{-5} = 0.99632337$$

При використанні системи на 50%:

$$\tau = \frac{0.5}{33333} = 1.5 \cdot 10^{-5}, \text{ секунд}$$

$$\beta = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{1.5 \cdot 10^{-5}} = 6.667 \cdot 10^4$$

Необхідна пропускна здатність:

$$\varphi = \beta \cdot h = 6,667 \cdot 10^5 \cdot 200 = 1,33 \cdot 10^7, \text{ байт/с} = 1,07 \cdot 10^8, \text{ біт/с}$$

Такий концентратор можна підключати по інтерфейсу 1000 BaseTX.

3.3. Розрахунок часу і швидкості обслуговування одного пакету

Для розрахунку швидкості обслуговування задається деяка фіксована Швидкість роботи магістрального каналу. Час обслуговування одного пакету слід визначити по формулі 3.26.

$$t_{\text{обс.пак}} = \frac{L_{\text{пак.}} * 8}{V_{\text{канала}}}, \text{ сек.} \quad (3.26)$$

де $L_{\text{пак.}}$ - довжина переданого пакету, байт;

$V_{\text{кан.}}$ - швидкість обміну інформації в магістральному каналі, біт/с.

$$t_{\text{обс.пак}} = \frac{200 * 8}{(1 \div 401) * 1024 * 1024}$$

Час передачі пакету ототожнюється з часом обслуговування. Швидкість обслуговування є зворотною величиною до часу обслуговування:

$$V_{\text{обс}} = \frac{1}{t_{\text{обс.пак}}} = \frac{V_{\text{канала}}}{L_{\text{пак.}} * 8}, \quad (3.27)$$

В результаті розрахунку швидкості обслуговування можливі дві ситуації:

- швидкість обслуговування пакетів виявляється більше, чим швидкість надходження пакетів. В цьому випадку пропускної спроможності магістрального каналу виявляється більш ніж достатньо. Однак необхідно враховувати, що швидкість надходження пакетів – це середня за часом величина. Існують такі ситуації в ГНН, коли відбувається передача великих порцій інформації, інтенсивність яких перевершує можливості пропускної здібності магістрального каналу;

- швидкість обслуговування пакетів виявляється менше, чим швидкість надходження пакетів. В цьому випадку пропускна здатність магістрального каналу виявляється недостатньою. Магістральний комутатор в даному випадку здійснює буферизацію даних: знову прийняті пакети накопичуються в буферній пам'яті до тих пір, доки не будуть передані попередні пакети. Виникають чергу і затримки. Теорія масового обслуговування дозволяє оцінити час затримки виходячи із швидкості роботи лінії зв'язку. Результати розрахунку для швидкості роботи магістрального каналу від N_1 Мбіт/с до N_2 Мбіт/с з кроком зміни швидкості 5 Мбіт/с занесемо у таблицю 3.2.

3.3.1. Визначення ступеня використання магістрального каналу

Ступінь використання магістрального каналу зв'язку слід визначити по формулі 3.28:

$$P = \frac{V}{V_{\text{обсл.}}}, \quad (3.28)$$

де V - швидкість надходження пакетів;

$V_{\text{обсл.}}$ - швидкість обслуговування пакетів.

Знаючи ступінь використання магістрального каналу слід розрахувати ймовірність відсутності пакетів в магістральному каналі по формулі 3.29.

$$P_0 = 1 - P, \quad (3.29)$$

де P – ступінь використання магістрального каналу. Результати розрахунку також зведемо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Результати розрахунку

$V_{\text{кан}}$	$T_{\text{обсл}}$	$V_{\text{обсл}}$	P	P_0
1	0,001525879	655,36	175,1597	174,16
6	0,000254313	3932,16	29,19329	28,1933
11	0,000138716	7208,96	15,92361	14,9236
16	9,53674E-05	10485,76	10,94748	9,94748
21	7,26609E-05	13762,56	8,340939	7,34094
26	5,86877E-05	17039,36	6,736912	5,73691
31	4,92219E-05	20316,16	5,650314	4,65031
36	4,23855E-05	23592,96	4,865548	3,86555
41	3,72166E-05	26869,76	4,272188	3,27219
46	3,31713E-05	30146,56	3,80782	2,80782
51	2,99192E-05	33423,36	3,434504	2,4345
56	2,72478E-05	36700,16	3,127852	2,12785

За результатам розрахунку будемо графік залежності ступеня використання каналу і ймовірності відсутності кадрів від пропускної здібності каналу.

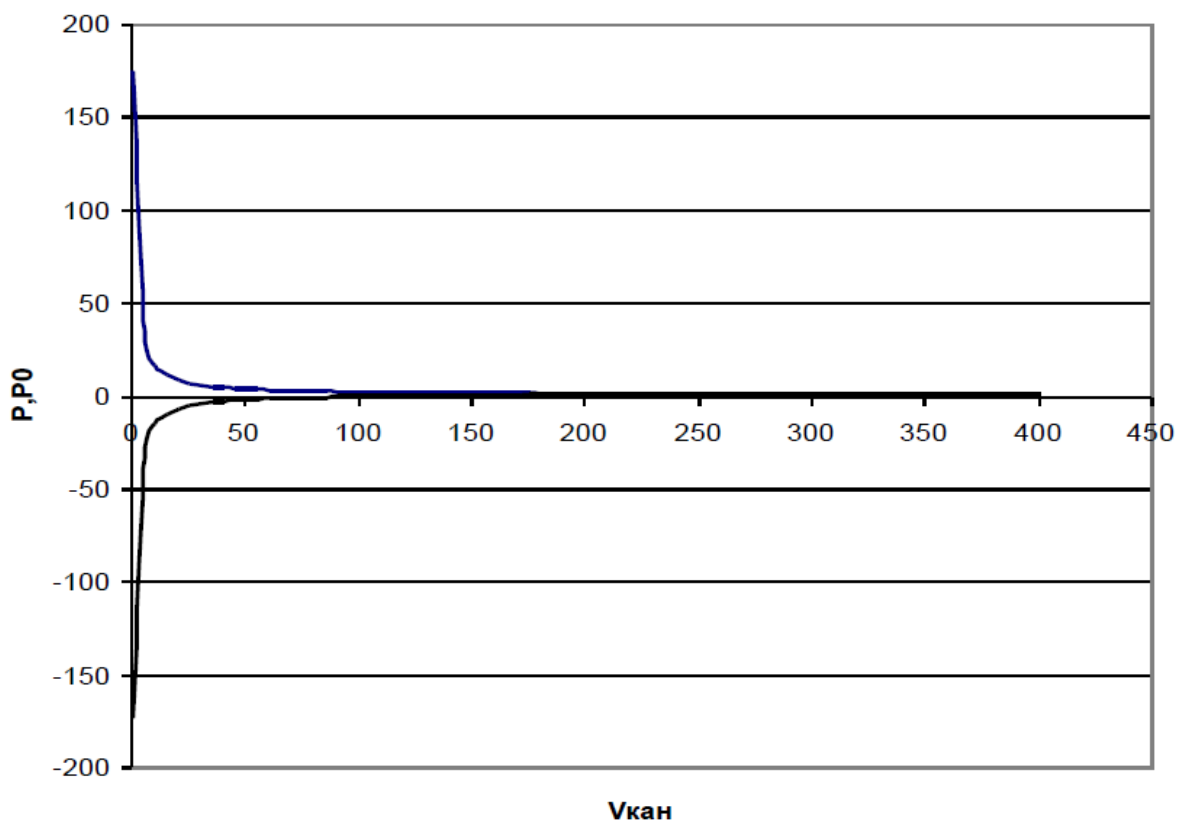


Рис. 3.4. Графік залежності ступеня використання каналу та ймовірності відсутності пакетів від пропускної здібності каналу

Так як на цьому графіку складно визначити точку перетину кривих P і P_0 , то скористаємося програмою Mathcad.

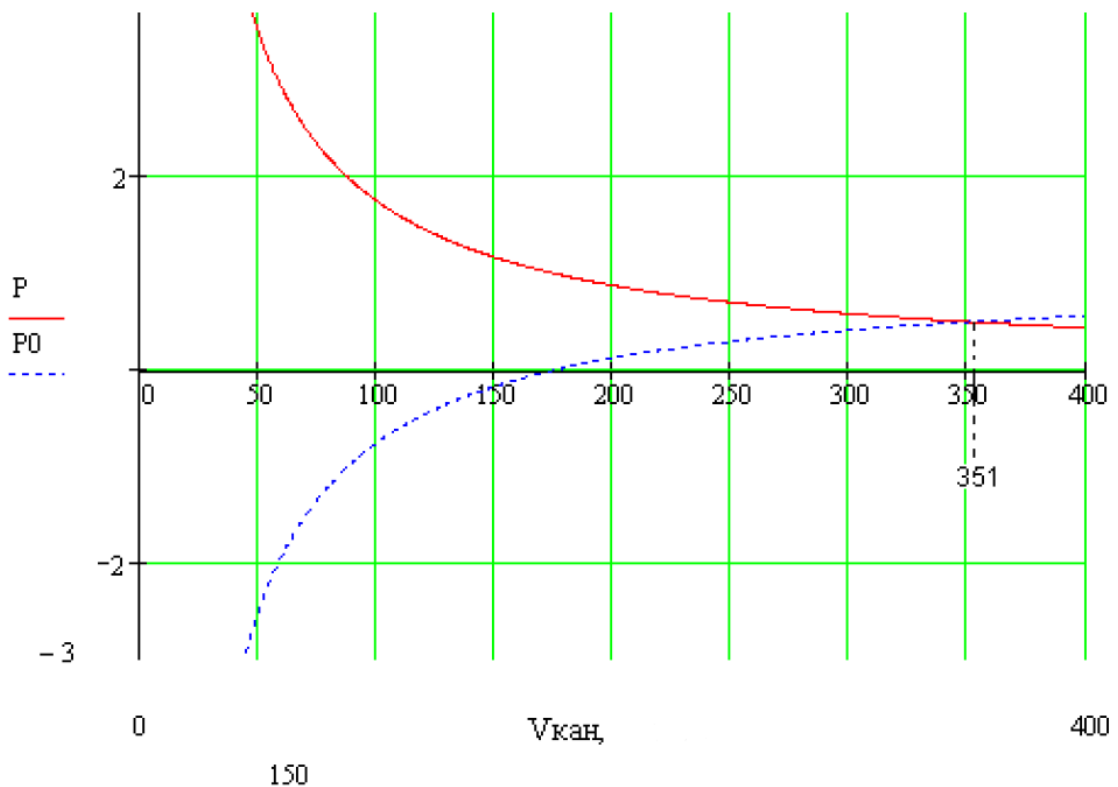


Рис. 3.5. Графік залежності ступеня використання каналу та ймовірності відсутності пакетів від пропускної здібності каналу

Проаналізувавши графік, обираємо пропускну здатність магістрального каналу рівною 351 Мбіт/с з обліком запасу пропускної здібності для ГНН.

3.3.2. Визначення параметрів магістрального каналу

Магістральний канал є системою з певним класом обслуговування - “з очікуванням”. Тому для обраної оптимальної пропускної спроможності магістрального каналу необхідно визначити такі параметри як:

- середнє число пакетів, що одночасно знаходяться в системі;
- середнє число пакетів, що чекають обслуговування в черзі;
- середній час знаходження пакету в системі;
- середній час очікування в черзі.

Середнє число пакетів, що одночасно знаходяться в системі, слід визначити формулою 3.30:

$$L = \frac{V}{V_{\text{обсл.}} - V}, \text{ пакетів}, \quad (3.30)$$

де L - середнє число пакетів, що одночасно знаходяться в системі;

V - середня швидкість надходження пакетів;

$$L = \frac{142472}{230031.4 - 142472} = 1.6271468$$

Для визначення кількості пакетів, що очікують обслуговування у черзі, необхідно скористатися формулою $V_{\text{обсл.}}$ - середня швидкість обслуговування.

$$L_q = P * L, \text{ пакета}, \quad (3.31)$$

де L_q - середнє число пакетів, що чекають обслуговування;

P - ступінь використання каналу.

$$L_q = 0,499031 * 1.6271468 = 0.811996, \text{ пакетів}$$

Середній час знаходження кадру в системі є величиною, зворотною різниці між швидкістю обслуговування та швидкістю надходження пакетів, тобто. визначається формулою:

$$W = \frac{1}{V_{\text{обсл.}} - V}, \text{ сек}, \quad (3.32)$$

де W - середній час перебування пакету в системі,

$V_{\text{обсл.}}$ - швидкість обслуговування;

V - швидкість надходження пакетів.

$$W = \frac{1}{230031.4 - 142742} = 1.1421 \cdot 10^{-5}, \text{ сек}$$

Важливим параметром, що характеризує чергу, є час очікування в черзі, який слід визначити за формулою 3.33:

$$W_q = W * P, \text{ сек.}, \quad (3.33)$$

де W_q - час очікування в черги;

W - час перебування пакету в системі.

$$W_q = 1.1421 \cdot 10^{-5} \cdot 0,499031 = 5.699 \cdot 10^{-6}, \text{сек}$$

Час перебування пакету в системі включає в себе час очікування черги. Різниця часу знаходження і часу очікування дає час обслуговування одного пакета магістральним каналом або час передачі по магістральному каналу:

$$t_{\text{ПЕР}} = t_{\text{обсл.}} = W - W_q, \text{ сек.}, \quad (3.34)$$

$$t_{\text{ПЕР}} = 1.1421 \cdot 10^{-5} - 5.699 \cdot 10^{-6} = 4.3462 \cdot 10^{-6}, \text{сек}$$

$$t_{\text{ПЕР}} = t_{\text{обсл}}$$

ВИСНОВКИ

В дипломній (кваліфікаційній) роботі розглянуті основні питання впровадження мультисервісного доступу Triple Play. Зокрема, передачі відео по IP мережі. Особливу увагу було приділено відео сигналу і його характеристикам. В процесі проектування з'ясувалося, що технологія Triple Play повинна з одного боку, поєднувати у собі гнучкість та можливості швидкого впровадження нових послуг, які потрібні ринку завтра, а з іншої сторони, відкривати шляхи переходу до тих видів обслуговування, які здатні забезпечити високі прибутки вже сьогодні. Складність ринкових умов та неоднорідність потреб, диктованих кінцевими користувачами, вимагають пильної уваги до архітектури цього «нового покоління» мереж, щоб все найкраще, що було закладено в мережах «попереднього покоління», не виявилось розгублено в метушні перехідного періоду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. S. Deering, R. Hinden, “Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification,” Request for Comments 1883, Internet Engineering Task Force, December 2015.
 2. O. Fontana, “Internet Protocol Set-top-boxes”, Microsoft Corporations, May 2014.
 3. FG IPTV meeting report “<http://www.itu.int/ITU-T/IPTV/events/072006/docs/MR/FGIPTV-MR-0001e.doc>” Accessed on 29.04.2022.
 4. “TiVO for Telecom”, Consumer Latest, Issue 496 <http://www.consumerblogs.org.nz/tech/2021/09/tivo-fortelecom.html#more> Accessed on 28.04.2022.
 5. J. Hjelm, “Why IPTV? Interactivity, Technologies and Services”, Wiley publications, 2018.
 6. M. Schmalohr and F. Kozamernik, “Why broadcasters should care about Home networking”, EBU Technical Review, 112 pp, 2019.
 7. J. Goldberg and T. Kernen, “Network structure – the internet, IPTV and QoE”, Cisco System, EBU Technical Review, October 2017.
 8. R. Gilligan, E. Nordmark, “Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers,” Request for Comments, Internet Engineering Task Force, April 2016.
 9. S. Bradner, A. Mankin, “IP: Next Generation (IPng) White Paper Solicitation,” Request for Comments 1550, Internet Engineering Task Force, December 2013.
 10. DSL Forum, “Triple play services quality of experience (QoE) requirements”, DSL Forum Technical Report, TR-126, December 2021.
 11. D. C. Robinson and A. Villegas Nunez, “Intelligent Wrapping of Video Content to Lighten Downstream Processing of Video Streams,” European Patent EP 2071850 (2019).
- A. R. Reibman, V. A. Vaishampayan, and Y. Sermadevi, “Quality Monitoring of Video over a Packet Network,” IEEE Trans. Multimedia, 6:2 (2019), 327–334.

12. R. Reibman and D. Poole, "Characterizing Packet-Loss Impairments in Compressed Video," Proc. IEEE Internat. Conf. on Image Process. (ICIP '17) (San Antonio, TX, 2017), pp. 77–80.
13. Ji-Seon Lee ; Hyun Sook Rhee ; Dong Hoon Lee ; "Efficient and Secure Communication between Set-Top Box and Smart Card in IPTV Broadcasting", IEEE conference,2018.
14. European Telecommunications Standards Institute, "Digital Video Broadcasting (DVB), Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks," ETSI TS 102 034, v1.4.1, Aug. 2019.
15. S. Kanumuri, S. G. Subramanian, P. C. Cosman, and A. R. Reibman, "Predicting H.264 Packet Loss Visibility Using a Generalized Linear Model," Proc. IEEE Internat. Conf. on Image Process. (ICIP '16) (Atlanta, GA, 2016), pp. 2245–2248.
16. Huitema, "The H Ratio for Address Assignment Efficiency," Request for Comments 1715, Internet Engineering Task Force, November 2014.
17. William Stallings. High Speed Networks, TCP/IP and ATM Design Principles. Pages 444 - 457.
 - A. S. Tanenbaum, Computer Networks, Third Edition, Prentice Hall Inc., 2016.
18. International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector, "Objective Perceptual Video Quality Measurement Techniques for Digital Cable Television in the Presence of a Full Reference," ITU-T Rec. J.144, Mar. 2001.
19. P. Pérez and J. J. Ruiz, "Encryption Procedure and Device for an Audiovisual Data Stream," European Patent Filing 09169825.8 (2019).
20. Seaman, Mick and Klessig, Bob, 3 Com Corp. Going the Distance with QoS, Data Communication, February 2020. Pages 120.
21. A Novel Architecture for Triple Play Services, Alcatel APRICOT 2021.
22. F. V. Quickenborne, F. D. Greve, F. D. Turck, I. Moerman, B. Dhoedt and P. Demeester, "Optimization Models for Designing Aggregation Networks to Support Fast Moving Users", chapter in the book "Wireless Systems and Mobility in Next Generation Internet", pp. 66-81, Vol. 3427, 2015.

23. M. Cha, P. Rodriguez, S. Moon, and J. Crowcform, “On Next-Generation Telco-Managed P2P TV Architectures”, in proc. of 7th IPTPS 2008, Tampa Bay 2018.
24. R. Nagarajan and S. Ooghe, “Next-Generation Access Network Architectures for Video, Voice, Interactive Gaming, and Other Emerging Applications: Challenges and Direction”, Bell Labs Techincal Journal, Vol. 17, No. 1, Spring 2018.