

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА**

**Навчально-науковий інститут  
«Інститут інформаційних технологій в економіці»**

**Кафедра інформаційних систем в економіці**

**ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА  
«Системи штучного інтелекту»**

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| галузь знань  | 12 Інформаційні технології |
| спеціальність | 122 Комп'ютерні науки      |

Форма навчання: очна (денна)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

на тему: **«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ МЕРЕЖЕВОГО  
ТРАФІКУ В ОТТ – СЕРВІСАХ»**

здобувача Кравцова Сергія Олександровича

Науковий керівник: д.е.н., професор Мозгаллі О. П.

---

*(підпис)*

**Робота допущена до захисту перед екзаменаційною  
комісією з атестації здобувачів вищої освіти (ЕК)**

Завідувач кафедри: к.е.н., доцент Тішков Б. О.

---

*(підпис)*

**Київ 2024**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА**  
**Навчально-науковий інститут «Інститут інформаційних технологій в економіці»**  
**Кафедра інформаційних систем в економіці**

**ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА**

**«Системи штучного інтелекту»**

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| галузь знань  | 12 Інформаційні технології |
| спеціальність | 122 Комп'ютерні науки      |

**ПОГОДЖЕНО:**

Керівник проєктної групи (гарант)  
освітньо-професійної програми

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри інформаційних  
систем в економіці

\_\_\_\_\_ Рамазанов С.К.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ р.

\_\_\_\_\_ Тішков Б.О.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_ р.

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ**

здобувача вищої освіти \_\_\_\_\_ **Кравцова Сергія Олександровича**  
*(прізвище, ім'я, по батькові)*  
\_\_\_\_\_ *денної* \_\_\_\_\_ форми навчання

на підготовку кваліфікаційної магістерської роботи  
**на тему: «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ**  
**В ОТТ - СЕРВІСАХ»**

Тему затверджено наказом ректора Університету від «23» \_січня\_ 2024 р. №\_126-ст\_

**Кваліфікаційна магістерська робота виконується на матеріалах**  
\_\_\_\_\_ **ТОВ «Ліско»** \_\_\_\_\_

|                   |                                                                                                                                                             |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | <b>План кваліфікаційної магістерської роботи</b>                                                                                                            |
| <b>Розділ I</b>   | <b>Необхідна якість обслуговування ОТТ-сервісу</b><br><i>(назва розділу)</i>                                                                                |
| <b>Розділ II</b>  | <b>Основні аспекти технології глибокого контролю пакетів</b><br><i>(назва розділу)</i>                                                                      |
| <b>Розділ III</b> | <b>Моделювання мережі з дрп для ідентифікації ОТТ-сервісів та</b><br><i>(назва розділу)</i><br><b>забезпечення необхідної якості обслуговування трафіку</b> |

**Об'єкт дослідження:** Якість послуг потокового мультимедіа

**Предмет дослідження:** інтелектуальні системи

**Мета кваліфікаційної магістерської роботи:** полягає в тому, щоб довести актуальність теми дослідження і важливості впровадження інтелектуальних систем в сфері потокової мультимедіа.

**Конкретні завдання, які здобувач повинен виконати для досягнення поставленої мети:**

**У розділі I** Аналіз задачі. Опишіть проблеми, які вирішує ваш OTT-сервіс: визначте цільову аудиторію та їхні потреби. . Проаналізуйте ринкові тенденції та конкурентів. Огляд існуючих OTT-сервісів: порівняйте функціонал, ціни та інші характеристики основних OTT-сервісів.

**У розділі II** Оцінити можливість використання системи DPI для ідентифікації трафіку в мережі і використовувати цю технологію для забезпечення якості обслуговування.

**У розділі III** Узагальнити результати дослідження впливу сигнатур для OTT-сервісів різних типів трафіку на подальші дослідження та перспективи впровадження технології. Вказати проблеми, пов'язані з використанням DPI, і наведені варіанти їх вирішення

**Завдання підготував  
науковий керівник**

\_\_\_\_\_  
(підпис) О. П. Мозгаллі  
(ініціали, прізвище)

«23» січня 2024 р.

**Завдання одержав  
здобувач**

\_\_\_\_\_  
(підпис) С. О. Кравцов  
(ініціали, прізвище)

«23» січня 2024 р.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота містить 111 сторінок, 15 таблиць, 38 рисунків.

### **«ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ В OTT - СЕРВІСАХ»**

*Об'єктом дослідження* кваліфікаційної магістерської роботи є виступає послуги потокового мультимедіа.

*Предметом дослідження* є інтелектуальні системи.

*Мета і завдання дослідження* полягає в тому, щоб довести актуальність теми дослідження і важливості впровадження інтелектуальних систем в сфері потокової мультимедіа. Розробка інтелектуальної системи аналізу мережевого трафіку в OTT-SERVICES

Відповідно до поставленої мети визначені такі *завдання*:

- дослідити предметну область, виконати аналіз існуючих систем OTT сервісів;
- представити обґрунтування вибору підходів і технологій для створення системи;
- описати методи та моделі в системі інтелектуальної взаємодії OTT-сервісів;
- описати програмне забезпечення для системи інтелектуальної взаємодії OTT-сервісів;
- описати технічне забезпечення для системи інтелектуальної взаємодії OTT-сервісів;

Апаратура використана при дослідженні:

Для обробки DVB IP-потоків - мережеві карти/плати на базі мікросхем Intel/Broadcom. Для обробки DVB ASI сигналів - плати PCIe виробництва DekTec або Deltacast. Для прийому DVB-S/S2/T/T2/C/C2 сигналів - будь-який сумісний з Windows апаратний інтерфейс (BDA). Сервер Supermicro SYS-2029P-E1R24 19" 2U, рекомендована ОС: Windows 10 IoT Enterprise LTSC з певним налаштуванням групової політики.

*Теоретична, методична та практична значущість отриманих результатів.* Кваліфікаційна магістерська робота має теоретичну та практичну цінність. Зокрема, в роботі досліджені теоретико-методологічні положення щодо функціонування інтелектуальних систем наскрізної аналітики. Практичне значення роботи полягає у розроблених проєктних рішеннях щодо проєктування інтелектуальної системи аналізу мережевого трафіку в OTT-сервісах, які можуть бути використані при проєктування подібних систем.

Рік виконання кваліфікаційної магістерської роботи – 2024.

Рік захисту роботи – 2024.

*Ключові слова:* OTT, сервіси, обмін, обробка, DPI, інтелектуальна система.

## ABSTRACT

The qualifying master's thesis contains 111 pages, 15 tables, 38 figures.

"INTELLIGENT NETWORK TRAFFIC ANALYSIS SYSTEM IN OTT - SERVICAX"

*The object of research* of the qualifying master's work is streaming multimedia services.

*The subject of research* is intelligent systems.

*The purpose and task of the research* is to prove the relevance of the research topic and the importance of implementing intelligent systems in the field of streaming multimedia. Development of an intelligent network traffic analysis system in OTT services.

In accordance with the set goal, the following tasks are defined:

- research the subject area, analyze the existing systems of OTT services;
- to present the rationale for choosing approaches and technologies for creating a system;
- describe methods and models in the system of intelligent interaction of OTT services;
- describe the software for the intelligent interaction system of OTT services;
- describe the technical support for the system of intelligent interaction of OTT services;

The equipment used in the investigation:

For the processing of DVB IP streams - network cards/boards based on Intel/Broadcom microchips. For the processing of DVB ASI signals - PCIe cards manufactured by DekTec or Deltacast. To receive DVB-S/S2/T/T2/C/C2 signals - any hardware interface (BDA) compatible with Windows. Supermicro SUS-2029P-E1R24 19" 2U server, recommended OC: Windows 10 IoT Enterprise LTSC with some group policy settings.

*Theoretical, methodological and practical significance of the results.* The qualifying master's thesis has theoretical and practical value. In particular, the theoretical and methodological provisions on the functioning of intelligent systems of end-to-end analytics are investigated in the work. The practical significance of the work lies in the developed design solutions for the design of an intelligent system for analyzing network traffic in OTT services, which can be used in the design of similar systems.

The year of completion of the qualifying master's thesis is 2024.

The year of job protection is 2024.

*Keywords:* OTT, services, exchange, processing, DPI, intelligent system.

**Відгук**  
про кваліфікаційну магістерську роботу  
здобувача навчально-наукового інституту  
«Інститут інформаційних технологій в економіці»  
освітньо-професійної програми «Інформаційні управляючі системи і технології»  
**Кравцова Сергія Олександровича**  
на тему **«Інтелектуальна система аналізу мережевого трафіку в  
OTT-системах»**

**1. Актуальність теми:** Актуальність теми дослідження зумовлена стрімким розвитком інформаційних технологій та зростаючою роллю Інтернету та інтернет-технологій, програмного забезпечення з елементами штучного інтелекту в сучасному світі, зокрема технології підтримання доставки потокового медіа, так звані OTT-сервіси. Внаслідок цього зростає потреба в ефективних методах аналізу мережевого трафіку. Цей аналіз необхідний для оптимізації роботи сервісів, забезпечення якості обслуговування користувачів та виявлення потенційних проблем. Саме тому обрана тема кваліфікаційної магістерської роботи є актуальною та своєчасною.

**2. Позитивні риси кваліфікаційної магістерської роботи:** Розроблена автором інтелектуальна система для аналізу мережевого трафіку в Ott-системах дозволяє ефективно аналізувати мережевий трафік в реальних OTT-сервісах. Це дозволить покращити роботу сервісів, підвищити якість обслуговування користувачів та своєчасно виявляти потенційні проблеми. Результати кваліфікаційної магістерської роботи можуть бути використані для подальшого вдосконалення процесів аналізу мережевого трафіку. Розроблена інформаційна система може слугувати основою для майбутніх досліджень та розширення функціональних можливостей у цій предметній області.

**3. Наявність самостійних розробок автора:** Представлена кваліфікаційна магістерська робота є самостійною розробкою автора, зокрема в роботі застосовано машинне навчання та інші методи штучного інтелекту для аналізу трафіку в режимі

реального часу, що дозволяє їм виявляти аномалії, оптимізувати продуктивність мережі та забезпечувати кращий досвід користувачів. Автор роботи пропонує нову інтелектуальну систему аналізу мережевого трафіку, яка враховує специфіку OTT-середовища. Ця система є більш ефективною, ніж традиційні методи аналізу, і може бути використана для вирішення ширшого кола задач.

**4. Цінність теоретичних висновків та практичних рекомендацій:** У ході виконання кваліфікаційної магістерської роботи Кравцов С.О. проаналізував наявні теоретичні підходи до створення інформаційних систем аналізу мережевого трафіку із застосуванням елементів штучного інтелекту, на основі чого розробив проєкт інтелектуальної системи, яка поєднує весь функціонал аналізу мережевого трафіку в Ott-системах, що є перспективним з погляду оптимізації витрат та ефективного використання часу.

**5. Наявність недоліків.** Представлене проєктне рішення потребує подальшого вдосконалення й розвитку для використання у промисловій експлуатації.

**6. Загальна оцінка кваліфікаційної магістерської роботи та її допущення до захисту перед ЕК.** Загалом, представлена кваліфікаційна магістерська робота відповідає встановленим вимогам методичних вказівок щодо структури, обсягу та змісту та **рекомендується до захисту з позитивною оцінкою.**

**Науковий керівник:** професор кафедри інформаційних систем в економіці,  
професор, д.е.н.

---

(підпис)

---

Мозгалі О. П.

(прізвище, ініціали)

“10” травня 2024 р.

## Рецензія

на кваліфікаційну магістерську роботу  
здобувача вищої освіти

Кравцова Сергія Олександровича

---

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

Тема: Інтелектуальна система аналізу мережевого трафіку в ott-сервісах

**Актуальність теми кваліфікаційної магістерської роботи і доцільність її розроблення:** OTT-сервіси стають все більш популярними, пропонуючи користувачам доступ до телебачення, музики, фільмів та інших видів контенту через Інтернет. Це призводить до значного зростання мережевого трафіку, що робить його аналіз складнішим. Інтелектуальні системи аналізу мережевого трафіку (Intelligent Network Traffic Analysis Systems) можуть допомогти OTT-сервісам вирішити цю проблему. INTAS використовують машинне навчання та інші методи штучного інтелекту для аналізу трафіку в режимі реального часу, що дозволяє їм виявляти аномалії, оптимізувати продуктивність мережі та забезпечувати кращий досвід користувачів.

**Якість проведеного дослідження:** Основними задачами роботи магістранта полягали у виявленні існуючих проблемних аспектів; аналізу вимог стандартів та інших нормативів щодо IP-мовлення. Велика кількість опрацьованих матеріалів та здійснення теоретичних розрахунків та практичних вимірювань на різному типі обладнання свідчить про проведений ґрунтовний аналіз. Робота має чітку й логічну будову. Результати дослідження повною мірою відображено у висновках магістерської роботи.

**Позитивні риси кваліфікаційної магістерської роботи:** Тема розкрита достатньо глибоко, опрацьовані літературні джерела як вітчизняні, так і зарубіжні. Висновки магістерської роботи чітко аргументовані та закономірно впливають із результатів досліджень. Це дозволяє стверджувати, що мета досліджень досягнута, а пов'язані з нею завдання виконані.

**Зауваження:** Суттєвих зауважень до роботи немає. Магістерська робота виконана належним чином, відповідає всім вимогам.

**Практична значимість висновків і рекомендацій:** Дана робота має практичне значення з огляду на актуальність теми. З міркувань комерційної таємниці деякі аспекти практичної побудови навмисно пропущені. Загалом можна зробити висновок, що дана проблема є актуальною і потребує подальших глибоких досліджень

Заступник директора ТОВ «Ліско», к.т.н.

\_\_\_\_\_ Маслов П.М.  
(підпис, ПІБ)

Підпис засвідчую:

В.о. Генерального директора

ТОВ «Ліско»

\_\_\_\_\_  
(підпис, ПІБ)

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....</b>                                                                                                  | <b>11</b>  |
| <b>ВСТУП.....</b>                                                                                                                      | <b>13</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ .....</b>                           | <b>19</b>  |
| 1.1 Дослідження предметної області. Збір інформації та аналіз провідних ОТТ-сервісів в Україні.....                                    | 19         |
| 1.2 Аналіз існуючих інтелектуальних систем аналізу трафіку.....                                                                        | 24         |
| 1.3 Постановка проблеми. Якість обслуговування (QoS) с ОТТ-сервісах. ....                                                              | 26         |
| 1.4 Загальні аспекти якості обслуговування: критерії та параметри .....                                                                | 29         |
| 1.5 Обґрунтування вибору підходів і технологій в розрізі типів трафіку. ....                                                           | 33         |
| Висновок до Розділу 1 .....                                                                                                            | 39         |
| <b>РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЇ ГЛИБОКОГО КОНТРОЛЮ ПАКЕТІВ.....</b>                                                             | <b>41</b>  |
| 2.1. Основи технології DPI .....                                                                                                       | 41         |
| 2.2. Архітектура системи DPI.....                                                                                                      | 47         |
| 2.3. Аналіз і контроль трафіку DPI системою .....                                                                                      | 50         |
| 2.4. Впровадження забезпечення якості обслуговування.....                                                                              | 54         |
| Висновок до Розділу 2 .....                                                                                                            | 62         |
| <b>РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ З DPI ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОТТ-СЕРВІСІВ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАФІКУ .....</b> | <b>64</b>  |
| 3.1 Експериментальна модель .....                                                                                                      | 64         |
| 3.2 Статистичний аналіз результатів .....                                                                                              | 73         |
| 3.3 Результати статистичного аналізу .....                                                                                             | 76         |
| 3.4 Результати дослідження.....                                                                                                        | 76         |
| 3.5 Пріоритетний аналіз системи масового обслуговування .....                                                                          | 82         |
| 3.6 Моделювання сервісної мережі з впровадженням системи DPI .....                                                                     | 92         |
| Висновок до Розділу 3 .....                                                                                                            | 97         |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>                                                                                                                  | <b>99</b>  |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>                                                                                                | <b>100</b> |
| <b>ДОДАТКИ.....</b>                                                                                                                    | <b>103</b> |

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.**

4G - FOURTH GENERATION (четверте покоління мобільного зв'язку)

5G- FIFTH GENERATION (п'яте покоління мобільного зв'язку)

ACL – ACCESS CONTROL LIST (список контролю доступу)

API - APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE (інтерфейс прикладного програмування)

AVOD - ADVERTISING VOD (сервіс VOD з рекламою)

CBS - COMMITTED BURST SIZE (встановлений розмір серії)

CIR - COMMITTED INFORMATION RATE (коефіцієнт відданої інформації)

COS – CLASS OF SERVICE (клас обслуговування)

DPI - DEEP PACKET INSPECTION (глибока перевірка пакетів)

DSCP - DIFFERENTIATED SERVICES CODE POINT (кодова точка диференційованих послуг)

EBS – EXTENDED BURST SIZE (збільшений розмір серії)

FIFO/FCFS - FIRST IN FIRST OUT/FIRST COME FIRST SERVED (першим прийшов / першим обслужений)

HTTP – HYPER TEXT TRANSFER PROTOCOL (протокол передачі гіпертексту)

IEEE - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS

ENGINEERS (інститут електротехніки та електронної інженерії)

IP – INTERNET PROTOCOL (інтернет-протокол)

IPP - IP PRECEDENCE (пріоритет IP)

IPTV - INTERNET PROTOCOL TELEVISION (інтернет-протокол телебачення)

LIFO/LCFS - LAST IN FIRST OUT/LAST COME FIRST SERVED (останнім прийшов- першим вийшов/ останнім прийшов - першим обслуговано)

NGN - NEXT GENERATION NETWORKS (мережі нового покоління)

NMS SERVER - NETWORK MANAGEMENT SERVER (сервер управління мережею)

OTT – OVER THE TOP (метод надання відеопослуг через інтернет)

PCRF - POLICY AND CHARGING RULES FUNCTION (функція політики та правил стягнення плати)

QOE - QUALITY OF EXPERIENCE (якість досвіду)

QOS - QUALITY OF SERVICE (якість обслуговування)

PNPN – PRIORITY SERVICE (пріоритетне обслуговування)

RED – RANDOM EARLY DETECTION (ВИПАДКОВЕ РАННЄ ВИЯВЛЕННЯ)

SDN - SOFTWARE DEFINED NETWORK (програмно-визначена мережа)

SIP - SESSION INITIATION PROTOCOL (протокол ініціації сесії)

SIRO – SERVICE IN RANDOM ORDER (обслуговування в довільному порядку)

SVOD - SUBSCRIPTION VOD (vod за підпискою)

TCP – TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL (протокол управління передачею)

TOS – TYPE OF SERVICE (вид послуги)

TVOD - TRANSACTIONAL VIDEO ON DEMAND (транзакційне відео за запитом)

UA – люба ненька Україна

UDP - USER DATAGRAM PROTOCOL (протокол користувацьких дейтаграм)

VLAN - VIRTUAL LOCAL AREA NETWORK (віртуальна локальна мережа)

VPN - VIRTUAL PRIVATE NETWORK (віртуальна приватна мережа)

WRR - WEIGHTED ROUND ROBIN (зважена кругова система)

БД – База даних

ЄС – Європейський союз

MCE-T - Сектор стандартизації електрозв'язку

СМО – Система масового обслуговування

## ВСТУП

Активне впровадження високошвидкісного доступу з одночасними витратами на передачу даних і розвиток мережевих технологій призвело до появи таких сервісів, як ОТТ.

Телекомунікаційні послуги можна розділити на керовані та послуги, що надаються ОТТ-сервісами.

Передбачається, що провайдер має частковий контроль над керованими послугами. Провайдер має можливість використовувати елементи управління для вибору параметрів передачі та резервування пропускної здатності мережі, щоб гарантувати необхідну якість обслуговування. Таким чином, керовані служби тісно пов'язані з основною мережею.

ОТТ-сервіси та пов'язані з ними додатки покладаються на загальнодоступний інтернет. При цьому інтернет-провайдер не несе відповідальності за зміст пакетів, а також не зобов'язаний гарантувати якісну доставку.

ОТТ (OVER THE TOP) – це метод доставки контенту через Інтернет на широке коло пристроїв користувачів через мережі передачі даних без участі оператора в управлінні та розповсюдженні контенту.

На відміну від операторів зв'язку, ОТТ-гравці не переймаються обслуговуванням мереж, збільшенням їх пропускної здатності, оскільки користуються чужими мережами.

Послуги, що надаються ОТТ-сервісами, можна розділити на:

- 1) Стрімінг – це безперервна трансляція матеріалів. Не має на увазі довільну зупинку користувачем і подальше програвання з однієї і тієї ж точки;
- 2) Video-on-demand – система доставки контенту користувачеві за запитом;
- 3) Текстові месенджери - сервіс для обміну миттєвими текстовими повідомленнями;

4) Голосові месенджери - сервіс для миттєвого обміну голосовими повідомленнями;

5) Соціальні мережі;

6) Хмарні сервіси;

7) Інший.

Зручні та популярні сервіси дозволяють ефективно використовувати всі його переваги, що не тільки покриває витрати на його розробку, а й перетворює його на стабільне джерело доходу.

Моделі монетизації, на основі яких працюють OTT-сервіси, можна розділити на чотири категорії:

1) Лінійне програмування (ЛП) надає послугу через Інтернет. При цьому OTT-сервіси найчастіше отримують дохід від надання користувачам доступу до сервісу;

2) Модель TVoD (транзакційне відео за запитом) передбачає плату за використання кожного окремого контенту з каталогу OTT-сервісів;

3) Модель SVoD (subscription VoD) включає можливість доступу до всього контенту з каталогу OTT-сервісів за певний період;

4) Модель, за якої OTT-провайдери надають вільний доступ до наявного у них контенту. Монетизація OTT-сервісу досягається за рахунок трансляції реклами під час відтворення контенту. Цю модель часто називають AVoD (advertising VoD).

Обсяг ринку OTT у США оцінюється в 56,61 мільярда доларів США у 2024 році і, як очікується, досягне 102,28 мільярда доларів США до 2029 року, зростаючи із середньорічним темпом зростання 12,56% протягом прогнозованого періоду (2024-2029 роки).[27]

Сполучені Штати Америки є одним із найбільших OTT-ринків у світі. Високе проникнення розумних пристроїв, таких як смарт-телевізори та смартфони, зростаючий попит на VOD-контент та високий рівень плати за користувача є одними з основних факторів, що сприяють розвитку OTT-ринку в країні. Крім того, більшість провідних світових OTT-провайдерів, таких як Netflix і Amazon,

базуються в Сполучених Штатах, що дає перевагу регіональному ринку.

Зростаюча тяга до OTT-контенту звільняє громадян США від кабелів, географічних обмежень і розкладів трансляцій, а також докорінно змінює спосіб продажу, виробництва та споживання відео. Таким чином, зростання популярності зумовлене вузьким вибором жанрів, гнучкістю пакетів, ширшою доступністю пристроїв, проникненням інтернету та нижчими витратами. Netflix і Amazon є найбільш поширеними OTT-платформами в країні.

Зі зростанням доходів зростаючий відсоток перегляду відеоконтенту OTT відображає зростання потокового мовлення та змінює розважальний “ландшафт” країни. За даними Limelight Networks, глядачі витрачають у середньому 6,8 годин на тиждень на перегляд OTT-відео в усьому світі, а в США цей показник перевищує середній показник по країні у 8,55 години.

COVID-19 збільшив кількість глядачів та тривалість стрімінгу, а відсутність нових фільмів у кінотеатрах також сприяв розвитку OTT-платформ. За прогнозами, зростаюче використання віртуальної реальності (VR) і доповненої реальності (AR) на розумних пристроях для ігрових додатків для надання користувачам ігрового досвіду в реальному часі. Крім того, очікується, що швидке впровадження послуг стільникового зв'язку наступного покоління, таких як технологія 5G, сприятиме розвитку OTT-індустрії в країні. За даними OpenSignal, у США власники мобільних телефонів із підтримкою 5G минулого року витратили 25,2% на зв'язок 5G.

Однак деякі витрати OTT-провайдерів також зростають разом зі збільшенням споживання, причому послуги страждають різною мірою залежно від використовуваної моделі мережі доставки контенту. Зі збільшенням кількості переглядів OTT зростає і вартість доставки OTT-провайдера, оскільки послуги CDN зазвичай стягують плату за доставлений контент.

Великі гравці на ринку пропонують дешевші плани підписки, щоб залучити більше клієнтів. Наприклад, у липні минулого року Netflix уклав партнерство з Microsoft. Завдяки цій співпраці компанії планували розробити новий сервіс із підтримкою реклами з дешевшими підписками для залучення нових користувачів. Більше того, у травні минулого року Hulu та Xbox оголосили про співпрацю, щоб

надати існуючим членам Hulu в США три безкоштовні місяці PC Game Pass.

Потокове передавання контенту в регіоні зростає, оскільки власники контенту, такі як Disney, звертаються безпосередньо до споживачів, а також до телекомунікаційних компаній (АТТ) і операторів лише ОТТ, таких як Amazon, і це лише деякі з них. У той же час поява 4K для стрімінгу стимулювала зростання ОТТ-контенту, який став доступним у форматах смарт-телевізорів.

Постійне зростання використання потокових пристроїв, збільшення проникнення Інтернету та попит на смарт-телевізори надали вигідні можливості для медіакомпаній увійти в індустрію Over the Top (ОТТ).

За даними Media Play News, у США впровадження телебачення, підключеного до Інтернету, зросло з 82% у 2021 році до 87% минулого року. Очікується, що зростання популярності телебачення, підключеного до Інтернету, в країні призведе до збільшення споживання контенту вдома.

За даними Digital Entertainment Group, у США споживчі витрати на відео за запитом за підпискою (SVOD) зросли з \$6,4 млрд у другому кварталі 2021 року до \$7,7 млрд у третьому кварталі минулого року. Це збільшення більш ніж на один мільярд доларів США порівняно з аналогічним періодом минулого року, що демонструє колосальну стійкість в умовах економічної кризи.

Більше 90% передплатників SVoD приходять тільки з ринку США в північноамериканському регіоні. Поява платформ SVoD також сприяє розвитку тенденції відмови споживачів від проводів. У найближчі п'ять років кількість підписок SVOD у США зросте більш ніж на 50%. Але це може здатися не таким значним, якщо розбити це сукупне число за домогосподарствами.

На ринку ОТТ США зростає конкуренція, оскільки на нього виходять нові компанії, що призводить до поступової консолідації ринку. Найбільші гравці ринку беруть участь у різних стратегіях розширення своєї частки ринку, включаючи злиття та поглинання. Крім того, телекомпанії виходять на ринок, запускаючи свій додаток або інвестуючи в іншу ОТТ-платформу. В кінцевому підсумку, в найближчі роки очікується, що більшість кабельних операторів будуть інвестувати в ці бізнес-моделі, щоб закріпитися в галузі.

Лідерами OTT-ринку в США є такі компанії:

- 1) Netflix Inc.
- 2) Disney+
- 3) Roku Inc.
- 4) HBO MAX (AT&T INC.)
- 5) Amazon Prime Video

Традиційний доступ до платного телебачення в Європі перебуває в стагнації і, як очікується, охопить не більше половини домогосподарств регіону протягом наступних п'яти років.

Згідно з аналізом Dataxis, це зниження значною мірою буде пов'язане з відключенням кабельного телебачення, коли аудиторія перейде з традиційного платного телебачення на дешевші OTT-сервіси.[21]

Аналіз показує, що кабельне телебачення та система DTH, ймовірно, найбільше постраждають у найближчі кілька років, втративши 16% та 10% своєї абонентської бази відповідно до 2027 року. Однак DTH продовжить повільно зростати на деяких ринках Центральної та Східної Європи, де супутникове телебачення все ще часто є єдиним способом доступу до відеоінформації у віддалених районах.

Тим часом, що стосується кабелю, то можливості зростання, схоже, однозначно вичерпані. Історичний лідер ринку Liberty Global розпродав свої кабельні активи по всьому регіону, останнім з яких є UPC Polska для «Іліади» на початку цього року. За винятком кількох випадків на німецькомовних ринках, де кабельне телебачення останнім часом домінує як у ширококутовому, так і в платному телебаченні, переважна більшість європейських кабельних операторів, швидше за все, перейдуть на оптоволоконні мережі, перенісши свої застарілі телевізійні пропозиції на IPTV. У країнах Бенілюксу (Бельгія, Нідерланди, Люксембург), де кабельне телебачення все ще явно домінує в телепрокаті, Liberty Global вже оголосила про хоча б частковий перехід на оптоволокно.

Але найбільш значне збільшення обсягів, безсумнівно, зумовлене пропозиціями платного телебачення OTT. До 2027 року лінійні OTT-плани

становитимуть близько 19% від загальної кількості тарифних планів платного телебачення в Європі та понад 60 мільйонів абонентів. Все частіше ми бачимо, що в організаційних структурах операторів зв'язку та платного телебачення розрізняють інфраструктуру та сервіс. Незважаючи на те, що ці два аспекти традиційно тісно пов'язані один з одним, зараз їх частіше розглядають як дві абсолютно різні галузі. У міру того, як глядачам стає доступно все більше потокових пропозицій D2C, доставка контенту стає незалежною від мережі, менш специфічною для консолі та здебільшого залежить від характеру контенту, зібраного на одній платформі, і способу його представлення глядачам. З іншого боку, все більше європейських мережевих операторів використовують оптові бізнес-моделі, щоб зробити свою інфраструктуру доступною для третіх сторін, які діють виключно як постачальники послуг.

Результати кваліфікаційної магістерської роботи доповідались та обговорювались на науково-практичних конференціях, зокрема XVIII Міжнародної науково-практичної конференції «Антикризовий розвиток соціальних та економічних процесів в умовах глобалізації», «Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні» (Додаток Ж).

## РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ

### 1.1 Дослідження предметної області. Збір інформації та аналіз провідних OTT-сервісів в Україні.

Українські OTT-сервіси пережили другий рік повномасштабної військової агресії і зараз відновлюють свою роботу, виробляють та адаптують контент українською мовою та роблять кроки до міжнародної експансії. Згідно з установчим дослідженням Nielsen Media Research [26], за період 2021-2023 років спостерігається стійке зростання абонентів послуг OTT/IPTV (рисунок 1.1).

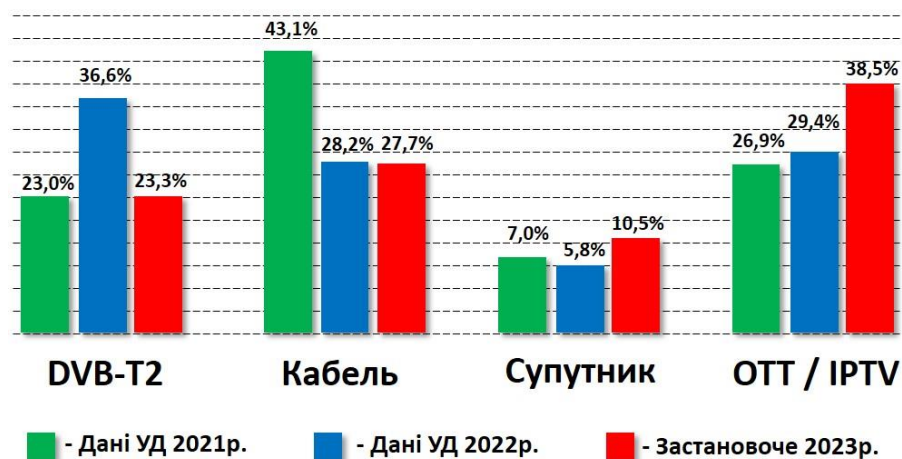


Рисунок. 1.1 - Розподіл домогосподарств в Україні за типом надходження.

Джерело: установче дослідження Nielsen Media Research [26]

Таку тенденцію підтверджують результати опитування, проведеного у грудні 2023 року аналітичною компанією InMind на замовлення USAID-Інтерньюз-Україна. Згідно з опитуванням, під час повномасштабної війни в Україні споживання соціальних мереж українцями для отримання новин зросло до 76%. При цьому кількість людей, які щодня користуються інтернетом, досягла 89%. Використання новинних сайтів, телебачення та радіо показало тенденцію до

зниження (рисунок 1.2).[29]

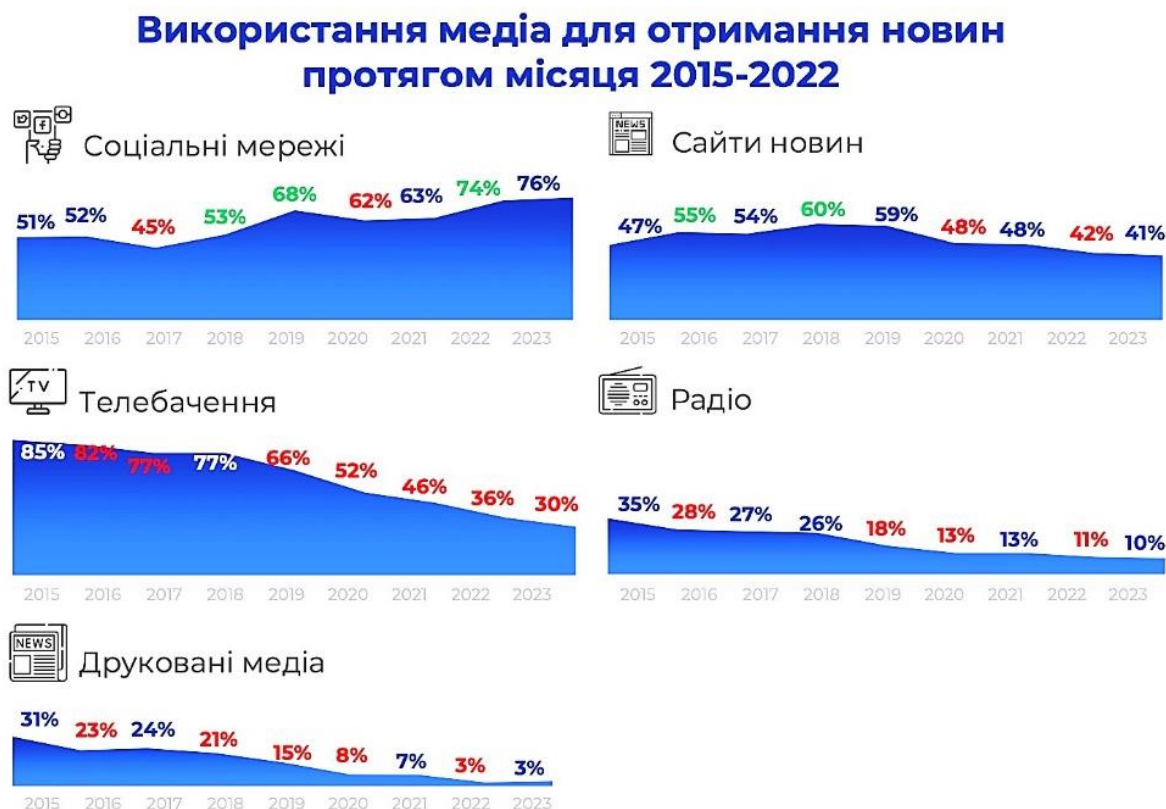


Рисунок. 1.2 - Використання засобів масової інформації для отримання новин протягом місяця за період 2015-2023 рр.

Джерело: Опитування USAID-Інтерньюз-Україна [29]

На початку 2024 року найбільші OTT-сервіси зареєстровані в Національній раді з питань телебачення і радіомовлення. Трійка найпопулярніших на ринку – Megogo, Київстар ТБ та Sweet.tv. Крім згаданих сервісів, в OTT-сегменті є і більш дрібні гравці. Наприклад, Volia TV, YouTV, Omega TV, Ланет ТВ, які також зареєстровані в регуляторі. Крім них, на ринку є ще й тематичні сервіси. Наприклад, спортивна платформа Setanta Sports або онлайн-кінотеатр українського кіно Takflix.

Згідно з установчим дослідженням Nielsen Media Research за 2023 рік, у містах 50+ серед населення віком від 4 років частка домогосподарств у сегменті OTT/IPTV/STREAMING становить 35,6% від загальної кількості домогосподарств в Україні (рисунок 1.3)[26]

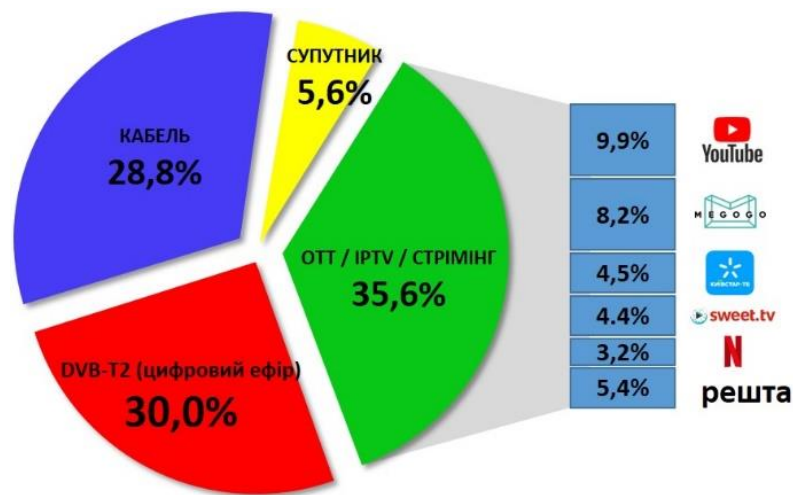


Рисунок. 1.3 - Розподіл домогосподарств за типом прийому (базове дослідження 2023 року).

Джерело: установче дослідження Nielsen Media Research [26]

Бази даних OTT-сервісів зараз вважаються секретною інформацією, принаймні офіційно представники платформ їх не відкривають. Однак, згідно з компетентними джерелами, Megogo має найбільшу кількість користувачів - близько 600 тисяч, за ним йде Київстар ТБ з базою в 350 тисяч, а слідом за ними - Sweet.tv з 300 тисячами.[23]

За неофіційними даними незалежного рейтингового агентства BigDataUA, у жовтні 2023 року найпопулярніші сервіси мали таку кількість користувачів:

- 1) Megogo - 790-820 тис.;
- 2) Sweet.TV - 180-190 тис.;
- 3) Ківстар ТБ - 150-160 тис.;
- 4) Воля (абонентський провайдер) -110–120 тис.;
- 5) YouTV - 17–18 тис.;
- 6) Інші (Tenet, Ipnet, VodafoneTV, OmegaTV, тощо) - 190 тис.;
- 7) Netflix - 200 тис.;
- 8) Google Premium - 100 тис.;
- 9) Apple TV - 90 тис.;

У зв'язку з появою передових технологій та різноманітності застосувань, після перемоги України у війні варто очікувати на появу багатьох представників

OTT-сервісів.

Серед найпопулярніших міжнародних послуг в Україні варто виділити:

- 1) YouTube – це сервіс, який надає користувачам послуги зберігання, доставки та показу відео. Користувачі можуть завантажувати, переглядати, оцінювати, коментувати та ділитися відео;
- 2) Netflix — постачальник послуг фільмів і серіалів, заснованих на потоковому мультимедіа;
- 3) Telegram – месенджер для смартфонів та інших пристроїв, що дозволяє обмінюватися текстовими повідомленнями та медіафайлами різних форматів;
- 4) Twitter – соціальна мережа для обміну публічними повідомленнями за допомогою веб-інтерфейсу, SMS, миттєвих повідомлень або сторонніх клієнтських програм для користувачів Інтернету;
- 5) Instagram - додаток для обміну фотографіями і відео з елементами соціальної мережі, що дозволяє поширювати їх через свій сервіс і ряд інших соціальних мереж;
- 6) TikTok – це платформа для створення та перегляду коротких відео тривалістю від 15 до 60 секунд.

OTT-контент швидко проникає на всі рівні IT-ринку. Споживачі можуть дивитися відео онлайн замість традиційного телебачення, використовувати комунікаційні платформи, які можуть обмінюватися миттєвими повідомленнями, здійснювати голосові дзвінки через Інтернет і використовувати відеодзвінки. Мобільними месенджерами користуються майже 60% власників смартфонів, а це 50-60 млн осіб.

Теза про те, що мережа подолає класичне телебачення, все частіше присутня в промислових дискусіях, але перші успішні результати взаємодії телебачення та Інтернету набирають обертів.

Процес зростання популярності онлайн-телебачення обумовлений двома основними тенденціями, які проявилися за останні 5-6 років. По-перше, мережа і покриття постійно розвиваються, а, по-друге, телевиробництво все частіше почало інтегруватися в соціальні мережі, OTT-платформи і боротися за простір не тільки

на екранах телевізорів, але і в гаджетах.

Власне, саме тому сьогодні ми можемо спостерігати результат поширення таких тенденцій у вигляді появи та стрімкого розвитку українських платформ онлайн-телебачення, а з появою високошвидкісного інтернету – їх удосконалення та еволюції.

За даними Міністерства цифрової трансформації та оператора мобільного зв'язку «Київстар», станом на початок 2022 року 87% населення України зараз мають доступ до швидкісного мобільного інтернету. А з 1 липня 2020 року найкраще покриття 4G вперше отримали 5,4 млн українців. А 1,7 мільйона людей вперше отримали доступ до мобільного інтернету.

У довоєнних планах Міністерство планувало до 2023 року забезпечити швидкісним інтернетом 95% українців, а до 2024 року – 95% усіх доріг державного значення.

Безперечним є той факт, що розвиток інфраструктури Інтернету працює і на процес надання доступу до телевізійного контенту з будь-якого пристрою - смартфона, планшета, комп'ютера і т.п.

Основні переваги:

1) Простота підключення. Все, що потрібно для установки онлайн-телебачення - це WiFi або мобільний інтернет. Підключення мережі в будинку дозволить уникнути складних організаційних питань з прокладанням кабелів і покупкою дорогого обладнання. Навіть відсутність Smart TV не завадить підключенню такого телевізора. Крім звичайної плазми, можна купити медіаплеєр, асортимент і цінова категорія якого надзвичайно різноманітна. Крім забезпечення досвіду перегляду, ви можете використовувати медіаплеєр для встановлення найпопулярніших месенджерів, а також різних додатків або ігор.

2) Легко переглядати. Здається, що завдяки онлайн-ТБ можуть зникнути всі жарти про одвічну боротьбу за пульт і дилеми «серіал або футбол», адже телеконтент можна дивитися одночасно в різних приміщеннях і на різних пристроях. Тому історія про те, що «телевізор зайнятий», може піти в минуле. Крім того, онлайн-телебачення досить мобільне: почати дивитися улюблену передачу,

фільм або серіал можна, перебуваючи ще далеко від дому. Головне, щоб під рукою був хороший інтернет і гаджети.

3) Необмежений контент та індивідуальний підхід. Кількість контенту – одна з найпривабливіших переваг онлайн-телебачення. Адже, встановивши будь-яку з платформ онлайн-телебачення, ви отримаєте доступ до максимальної кількості каналів, відсортованих за тематикою.

4) Домашній кінотеатр. Окрім великого переліку телеканалів, платформи онлайн-телебачення пропонують своїм передплатникам доступ до бібліотеки фільмів, серіалів та мультфільмів. Особливо актуальна ця функція в період карантинних обмежень, коли кінотеатри закриті, а новинки з'являються на платформах все швидше і швидше після виходу в кінотеатрах. Тому вдома можна мати легальний та ексклюзивний доступ до безлічі найсвіжішого вітчизняного та світового кіноконтенту.

## **1.2 Аналіз існуючих інтелектуальних систем аналізу трафіку**

Статистика свідчить про те, що кількість користувачів інтернету постійно зростає. Тому для покращення якості зв'язку провайдери повинні контролювати мережевий трафік. Для цього існують різні DPI-рішення (Deep Packet Inspection, "глибока перевірка пакетів"). За прогнозами, до 2024 року глобальний ринок DPI виросте до 12,5 млрд долл.

В цілому, кожна така система одночасно вирішує декілька завдань - аналізує трафік, блокує небажані сайти та обмежує використання мережевих протоколів. Вона повинна дотримуватися "золотої середини". З одного боку, не допустити помилкового блокування безпечного трафіку, а з іншого, не пропустити до користувача відверто небажаний контент. Параметри фільтрації системи повинні бути чіткими, щоб безпека користувачів була головним пріоритетом.

Окрім того, DPI-системи вміють збирати дані, які потім можна використовувати для маркетингових акцій. Причому роблять це досить точно - можуть отримати інформацію про використовувані додатки, пристрої, операційні системи, тарифні плани, геолокацію та інше.

При виборі конкретного рішення дуже важливо дивитися на такий показник, як швидкість обробки трафіку. Деякі рішення досі пропонують 160 Гб/сек, в той час, як сьогодні на одному процесорі якісні рішення можуть обробляти до 200 Гб/сек.

Як правило, такі рішення складаються з сервера та програмної частини - самої DPI-системи. Наприклад, в СКАТ DPI використовуються сервери на базі Intel Xeon, завдяки чому її користувачі не залежать від конкретних постачальників обладнання.

Зарубіжні DPI-рішення:

#### 1) Allot Secure Service Gateway

Популярна DPI-система, розроблена в Ізраїлі. Це сімейство мультисервісних платформ, які оптимізують і захищають мережу, знижуючи витрати на обслуговування. Ось особливості рішення:

- інтегрується в мережу безшовно і аналізує пакети в реальному часі;
- є можливість інтегрувати Allot Secure Service Gateway з рішеннями від інших виробників;
- є можливість збирати дані про завантаження мережі для аналізу продуктивності.

З мінусів можна відзначити досить високу вартість і необхідність ліцензування додаткових функцій.

#### 2) Cisco ASR9001

Популярний варіант, який використовують на ринку багато операторів. Серед його переваг: хороша масштабованість, сумісність з транспортними мережами Carrier Ethernet та гнучкість сервісів. Але є і мінус - не найвища пропускна здатність, всего 120 Гб/с.

### 3) Ericsson SmartEdge 1200

Популярне рішення, але працює лише в IPv4-сетях. Але в сучасних реаліях повсюдного переходу на IPv6 воно втрачає актуальність. Ви можете його використовувати в складі невеликих мереж, які точно не будуть масштабуватися, але у всіх інших випадках краще знайти щось більш сучасне.

## **1.3 Постановка проблеми. Якість обслуговування (QoS) в OTT-сервісах.**

Оскільки Інтернет є «некерованою» мережею, передбачається, що користувачі справедливо розподіляють наявні мережеві ресурси на всьому інформаційному шляху. Трафік рухається з максимально можливою швидкістю при наявності наявних мережевих ресурсів, але немає гарантії заздалегідь визначеної якості обслуговування, а значить, немає гарантії, що пакет буде доставлений в даний момент часу або що він буде доставлений взагалі, незалежно від типу трафіку.

Важливо визначити ключові концепції, необхідні для розгляду показників якості обслуговування.

Якість обслуговування (QoS) – це сукупність характеристик телекомунікаційних послуг, які мають відношення до можливості задоволення встановлених та передбачуваних потреб користувача послуги.

Надання послуг - будь-яка діяльність, пов'язана з наданням послуги Постачальником послуг, з моменту отримання замовлення на послугу, доки послуга не стане доступною для її використання передплатник/користувач.



Рисунок. 1.4 - Якість обслуговування у сфері телекомунікацій.

*Джерело: розроблено автором самостійно*

Параметри QoS в сфері телекомунікацій можуть бути визначені в ієрархічному порядку:

Продуктивність мережі — оцінюється через частину мережі або підмережі. Вона оцінюється за технічними параметрами, які описують роботу цієї ділянки мережі в потрібному напрямку.

Загальна продуктивність мережі – застосовується, коли кілька підмереж слід розглядати як єдиний компонент мережі.

End-to-End QoS - оцінюється для визначення якості обслуговування мережі без втручання користувача.

Враховуючи набір визначених умов роботи, на QoS також можуть впливати умови навколишнього середовища, маршрутизація та обсяг трафіку.

Етапи, пов'язані з аспектами якості обслуговування:

Доступність мережі - це ймовірність того, що послуги будуть представлені користувачеві через мережеву інфраструктуру. Імовірність того, що користувач успішно зареєструється в мережі, яка надає послугу.

Доступність сервісу – ймовірність того, що користувач зможе отримати доступ до потрібного контенту.

Цілісність сервісу – описує якість обслуговування під час використання сервісу та містить такі елементи, як якість вмісту, що передається.

Вживання сервісу - описує припинення надання послуг (за бажанням або всупереч волі користувача).

Успіх фази визначається успіхом мережі, спробами та часом відгуку.[25]

Таблиця 1.1 - Основні рекомендації, запропоновані ІТУ-Т для QoS

| №  | Реєстраційний номер | Дата проведення заходів | Ім'я                                                                                                |
|----|---------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | E.800               | 23.09.2008              | Визначення, що використовуються в міжнародних мережах.                                              |
| 2  | E.801               | 08.10.1996              | Межі угоди QoS.                                                                                     |
| 3  | E.802               | 08.02.2007              | Принципи та методи визначення та застосування параметрів QoS.                                       |
| 4  | E.803               | 14.12.2011              | QoS для підтримки сервісних аспектів.                                                               |
| 5  | E.804               | 13.02.2014              | QoS для популярних сервісів мобільного зв'язку.                                                     |
| 6  | E.807               | 13.02.2014              | Визначення розмірів, орієнтованих на користувача для обробки дзвінків у мобільній мережі.           |
| 7  | E.850               | 30.10.1992              | Підключіться та підтримуйте міжнародне підключення.                                                 |
| 8  | E.860               | 29.06.2002              | Структура угоди про рівень обслуговування.                                                          |
| 9  | E.862               | 16.06.1992              | Надійність планування телекомунікаційної мережі.                                                    |
| 10 | E.880               | 25.11.1988              | Збирайте дані та оцінюйте продуктивність мереж, обладнання та надання послуг.                       |
| 11 | G.1000              | 29.11.2001              | Визначення, що використовуються для телекомунікацій.                                                |
| 12 | G.1010              | 29.11.2001              | Категорії QoS для користувачів медіа.                                                               |
| 13 | G.1011              | 29.07.2016              | Довідковий посібник з методу оцінки якості.                                                         |
| 14 | G.1020              | 14.07.2006              | Характеристика для додатків тонального діапазону, які використовують IP-мережі.                     |
| 15 | G.1021              | 15.07.2012              | Буферні моделі для розробки індикаторів ефективності клієнтів.                                      |
| 16 | G.1022              | 29.07.2016              | Буферні моделі для медіапотоків.                                                                    |
| 17 | G.1021              | 15.07.2012              | Буферні моделі для розробки індикаторів ефективності клієнтів.                                      |
| 18 | G.1022              | 29.07.2016              | Буферні моделі для медіапотоків.                                                                    |
| 19 | G.1028              | 06.04.2016              | QoS для голосового зв'язку в мобільних мережах 4G.                                                  |
| 20 | G.1029              | 13.02.2014              | Діагностика для голосових сервісів.                                                                 |
| 21 | G.1030              | 13.02.2014              | Наскрізна оцінка продуктивності в IP-мережах для додатків обробки даних.                            |
| 22 | G.1050              | 29.07.2016              | Мережева модель оцінки передачі мультимедійних додатків по Інтернет-протоколу.                      |
| 23 | G.1070              | 14.07.2016              | Оцінка думки для додатків відеотелефонії.                                                           |
| 24 | G.1071              | 29.06.2015              | Оцінка за висновком для мережевого планування потокового відео та аудіо додатків.                   |
| 25 | G.1081              | 22.10.2008              | Точки моніторингу продуктивності для IPTV.                                                          |
| 26 | G.1082              | 29.04.2009              | Методи підвищення надійності на основі вимірювання IPTV.                                            |
| 27 | Y.1501              | 29.07.2004              | Взаємозв'язок між рекомендаціями щодо показників якості для мереж ISDN, IP-мереж та фізичного рівня |
| 28 | Y.1530              | 13.11.2007              | Процедури виклику в гібридних IP-мережах.                                                           |
| 29 | Y.1531              | 13.11.2007              | Продуктивність обробки SIP-виклику.                                                                 |

Продовження таблиці 1.1

| №  | Реєстраційний номер | Дата проведення заходів | Ім'я                                                                             |
|----|---------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 30 | У.1540              | 29.07.2016              | Налаштування переадресації IP-пакетів і доступності.                             |
| 31 | У.1541              | 14.12.2011              | Продуктивність мережі для мережевих служб IP.                                    |
| 32 | У.1542              | 29.06.2010              | Основа для досягнення бажаної продуктивності IP-пакетів при наскрізній передачі. |
| 33 | У.1545              | 14.05.2013              | Карта QoS взаємопов'язаних мереж за допомогою Міжмережевий протокол.             |
| 34 | У.1563              | 13.01.2009              | Передача кадрів Ethernet і доступність.                                          |
| 35 | У.1565              | 14.12.2011              | Робочі параметри домашньої мережі.                                               |
| 36 | У.1566              | 14.07.2012              | QoS та взаємозв'язок між Ethernet, Інтернет-протоколом та комутацією мережі.     |
| 37 | У.2111              | 29.11.2011              | Ресурси та управління функціями допуску в мережах наступного покоління.          |
| 38 | У.2112              | 13.06.2007              | Архітектура управління QoS для мереж доступу.                                    |
| 39 | У.2113              | 23.01.2009              | QoS для мереж нового покоління.                                                  |
| 40 | У.2173              | 12.08.2009              | Керуйте вимірюваннями продуктивності для мережі NGN.                             |

*Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження*

#### 1.4 Загальні аспекти якості обслуговування: критерії та параметри

При визначенні критеріїв, а також сфери застосування і методів вимірювання параметрів слід враховувати такі основні аспекти:

- 1) Необхідно враховувати для кожної конкретної послуги;
- 2) Має бути визначено для наскрізного зв'язку, кінцевими точками якого є кінцеві точки підключення користувача;
- 3) Критерії та параметри QoS повинні бути визначені в термінах, зрозумілих клієнту;
- 4) Профіль QoS рівня клієнта може змінюватися з часом, і для постачальника послуг надзвичайно важливо помічати мінливі вимоги клієнтів.

Залежно від поставленого завдання оцінки якості використовуються відповідні параметри з необхідною глибиною деталізації оцінки якості. Параметри QoS також можуть бути обрані для вимірювання якості наданої послуги, як її

сприймає користувач.

Різні сторони можуть нести відповідальність за транспортування, надання та утримання, а також надання термінального обладнання.

Тому виникає потреба в моделі, яка дозволяє окремо розглянути ці різні елементи та визначити відповідні критерії якості. Ця модель полегшує визначення та категоризацію критеріїв QoS, які мають відношення до даного типу послуг.

Сукупність видів діяльності з надання мультимедійних послуг, що охоплює створення контенту, управління послугами, мережею доставки та клієнтським обладнанням, називається моделлю чотирьох ринків.

Для конкретної телекомунікаційної послуги ця модель може бути використана для фокусування на кожному з чотирьох компонентів окремо та для визначення критеріїв якості.

На рисунку 1.5 представлений загальний огляд моделі і пояснюються чотири компоненти.



Рисунок. 1.5 - Модель чотирьох ринків

*Джерело: розроблено автором самостійно*

Клієнтське обладнання - обладнання всіх видів, необхідне користувачеві для отримання доступу до мережі і, отже, до сервісу.

Транспортні послуги - телекомунікаційні мережі всіх видів, що використовуються для розподілу телекомунікаційних послуг, такі як мережі

ефірного і супутникового мовлення.

Надання послуг - всі види діяльності та функції, пов'язані з наданням та управлінням телекомунікаційними послугами.

Створення контенту - всі види діяльності, пов'язані зі створенням і поширенням контенту, які надаються за допомогою телекомунікаційної служби.

Пропускна здатність є основним параметром QoS, який має великий вплив на продуктивність, яка сприймається кінцевим користувачем.

Критерії якості, отримані з моделей, повинні бути перетворені в параметри якості, щоб з їх допомогою можна було кількісно і якісно охарактеризувати якість обслуговування телекомунікаційних послуг. Мета полягає в тому, щоб мати узгоджений набір параметрів якості, які можна використовувати для оцінки якості телекомунікаційних послуг, а також мати можливість порівнювати різні пропозиції.



Рисунок. 1.6 - Показники якості мережі. Дані опитування користувачів

Джерело: A Survey of Network Traffic Classification

Якість обслуговування сеансу зв'язку в цілому залежить від того, як дотримуються встановлені норми для більшості відправлених і отриманих пакетів.[28]

Це означає, що метрики повинні виражати такі параметри:

- 1) Розглядати всі аспекти сервісу з точки зору користувача;
- 2) Бути орієнтованим на користувача;
- 3) Незалежно від конкретної мережевої архітектури або технології;
- 4) Бути об'єктивно або суб'єктивно вимірним у точці доступу до послуги;
- 5) Легко співвідносяться з параметрами продуктивності мережі.

Основні параметри, які впливають на користувача:

Затримка – проявляється кількома способами, включаючи час, необхідний для надання певної послуги від початкового запиту користувача до моменту отримання конкретної інформації після створення запиту.

Причини затримок:

- 1) Черги у вузлах;
- 2) Термінуючі пристрої (буфер джиттера);
- 3) Кінцеві точки (кодування, декодування, шифрування);
- 4) Затримка розмноження;
- 5) Механізми обслуговування черги.

Зміни затримки - Варіація затримки зазвичай включається як параметр продуктивності, оскільки вона важлива на транспортному рівні через зміну часу прибуття окремих пакетів.

Причини тремтіння:

- 1) Асинхронність IP-мережі;
- 2) Динамічна маршрутизація;
- 3) Пакетний характер трафіку.

Втрата інформації має найбезпосередніший вплив на якість інформації для користувача. Втрата інформації не обмежується наслідком бітових помилок або втрати пакетів при передачі, вона включає в себе дію деякого погіршуючого фактору, представленого кодуванням для більш ефективної передачі.

Причини збитків:

- 1) Перевантаження вузлів;
- 2) Помилки в каналі;

- 3) Механізми профілювання трафіку;
- 4) Кінцеві точки (через перевищення максимально допустимої затримки).

### **1.5 Обґрунтування вибору підходів і технологій в розрізі типів трафіку.**

Аудіо:

1) Бесіда. Вимоги до бесіди визначаються затримкою в одну сторону. Існує два різних ефекти затримки.

Перший - поява відлуння за рахунок дво-чотирьохпроводного перетворення. Другий ефект виникає, коли затримка збільшується до такої міри, що починає впливати на розмову, тобто затримка стає помітною. У передачі основне джерело погіршення якості пов'язане з використанням стиснення звукових кодеків і їх характеристик в умовах втрати пакетів;

2) Голосові повідомлення. Вимоги до втрати інформації по суті такі ж, як і для розмови (тобто залежать від звукового кодека), але головна відмінність полягає в тому, що існує толерантність до затримки, оскільки немає прямої розмови. Затримка порядку декількох секунд здається розумною для програми такого роду;

3) Потокowe аудіо. Для потokowego аудіо необхідно забезпечити більш високу якість, ніж в традиційній телефонії, і вимоги до втрати інформації в умовах втрати пакетів будуть відповідно жорсткими. Однак, як і у випадку з голосовими повідомленнями, тут немає розмовного аспекту, і вимоги до затримки можуть бути довільними, хоча керуючі команди повинні оброблятися належним чином.

Відео:

1) Відеотелефон. Відеофон має на увазі повнодуплексну систему, що здійснює обмін як відео, так і аудіо даними, призначену для використання в розмовній обстановці. Вимоги до затримки такі ж, як і для розмови, з додатковою вимогою, що аудіо та відео повинні бути синхронізовані в певних межах;

2) Одностороння передача відео. Головною відмінною рисою одностороннього відео є відсутність розмовного аспекту, а значить, вимоги до затримки будуть не такими жорсткими.

Дані:

З точки зору користувача, основною вимогою до будь-якого додатка для передачі даних є гарантія практично нульової втрати інформації. При цьому варіація затримки зазвичай не помітна для користувача, але має бути обмеження на синхронізацію між медіапотоками в сесії:

1) Перегляд веб-сторінок. У цій категорії ми зосереджуємося на перегляді HTML-компонента веб-сторінки (інші компоненти, такі як зображення, аудіо та відео, розглядаються відповідно до їхніх окремих категорій). З точки зору користувача, основним фактором ефективності є те, наскільки швидко завантажується сторінка після того, як її запросили. Допустимі незначні затримки;

2) Передача даних. У цю категорію входить передача різних файлів. Якщо передається файл, вимоги до затримки дещо нижчі, ніж під час перегляду веб-сторінки;

3) Першочергові операції (електронна комерція). Головна вимога - забезпечення терміновості і надійності, допустима затримка не більше декількох секунд;

4) Інтерактивні додатки. Вимоги до інтерактивних додатків є специфічними для конкретної програми, тому вимогливі програми вимагають затримки не більше частки секунди;

5) Telnet. Для telnet вимоги до затримки обмежені частками секунд, щоб забезпечити майже миттєвий обмін даними;

6) Електронна пошта (доступ до сервера). Може бути затримка на кілька хвилин;

7) Обмін миттєвими повідомленнями. Обмін миттєвими повідомленнями в першу чергу стосується обміну текстовими даними, але він також може включати аудіо, відео та зображення. У будь-якому випадку, незважаючи на назву, це не спілкування в реальному часі і допустимі затримки в кілька секунд;

8) Фонові програми. По суті, єдина вимога до додатків цієї категорії полягає в тому, що інформація повинна бути доставлена користувачеві практично без помилок. Однак затримка має обмеження, оскільки застарілі дані фактично марні;

9) Факс. Факс зазвичай не призначений для супроводу інтерактивного спілкування в реальному часі. Однак у більшості бізнес-сценаріїв очікується, що факс буде отримано протягом приблизно 30 секунд;

10) Служба коротких повідомлень. Допускається невелика затримка.

Необхідно забезпечити оператору зв'язку гарантовану якість обслуговування окремих послуг, щоб отримувати прибуток від ОТТ-послуг.

Оператор може встановлювати пріоритети трафіку, що забезпечить максимальну гнучкість для надання послуг.

Існує чотири рівні пріоритету трафіку:

1) Критичний: єдиний у своєму роді рівень пріоритету, зарезервований для екстреного зв'язку;

2) Високий: державні послуги, послуги для абонентів бізнес-сектору, послуги для VPN;

3) Нормальний: Прикладами таких послуг є телефонний зв'язок для абонентів;

4) Найкраще: Прикладами є інтернет-провайдери.

Кількість класів навмисно обмежена, щоб спростити проектування мереж операторів, тому цілі в кожному класі повинні відповідати потребам багатьох додатків.

Виходячи з цільових вимог, параметри різних додатків можуть бути відображені в таблиці 1.2. Ця таблиця наочно показує, яка якість прийнятна для кожного класу застосувань.[14,16]

Таблиця 1.2 - Цільові показники продуктивності для аудіо-, відео- та інформаційних програм (G.1010)

| Середовище передачі | Застосування                         | Типові тарифи на переказ | Ключові параметри ефективності та цільові значення |                               |                   |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
|                     |                                      |                          | затримки                                           | зміни затримки                | втрати інформації |
| Аудіо               | Бесіда                               | 4-64 кБіт /с             | Бажано < 150 мс<br>Обмеження <400 мс               | <1 мс                         | <3%               |
|                     | Голосові повідомлення                | 4-32 кБіт /с             | <1 с для Відтворення <2 секунди для запису         | <1 мс                         | <3%               |
|                     | Високоякісна потокова передача аудіо | 16-128 кБіт /с           | <10 с                                              | <<1 мс                        | <1%               |
|                     |                                      |                          | затримки                                           | зміни затримки                | втрати інформації |
| Відео               | Відеотелефон                         | 16-384 кБіт /с           | Бажано < 150 мс<br>Обмеження <400 мс               | Синхронізація мовлення <80 мс | <1%               |
|                     | Одностороння передача відео          | 16-384 кБіт /с           | <10 с                                              | -                             | <1%               |
| Дані                | Перегляд WEB-сторінок                | ≈ 10 кБіт                | Бажано 2 с/сторінка<br>Обмеження 4 с/сторінка      | -                             | 0                 |
|                     | Передача даних                       | 10 кБіт – 10 МБ          | Бажано < обмеження 15 секунд <60 с                 | -                             | 0                 |
|                     | Операції з високим пріоритетом       | < 10 кБіт                | Бажано <2 секунди<br>Обмеження <4 с                | -                             | 0                 |

## Продовження Таблиці 1.2

|      |                                  |           |                         |   |                    |
|------|----------------------------------|-----------|-------------------------|---|--------------------|
| Дані | Інтерактивні додатки             | < 1 кБіт  | <200 мс                 | - | 0                  |
|      | Управління                       | ≈ 1 кБіт  | <250 мс                 | - | 0                  |
|      | Електронна пошта                 | < 10 кБіт | Бажано<br><2 сек        | - | 0                  |
|      | Факс                             | ≈ 10 кБіт | Бажано<br><30с/сторінка | - | < 10 <sup>-6</sup> |
|      | Транзакції з низьким пріоритетом | < 10 кБіт | Бажано <30с             | - | 0                  |

Джерело: Джерело: Рекомендація МСЕ - Y.2770, МСЕ - Y.1541

За участю ОТТ-сервісів процеси обміну та розподілу інформації базуються на принципах, притаманних системам передачі даних.

Стандарти параметрів доставки ІР-пакетів за класами обслуговування наведені в таблиці 1.3 (ITU-T Model Y.1541).[15]

Таблиця 1.3 - Стандарти параметрів доставки ІР-пакетів за класами обслуговування

| Технічні характеристики мережі | Класи QoS          |                    |                    |                    |                    |    |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----|
|                                | 0                  | 1                  | 2                  | 3                  | 4                  | 5  |
| Затримка доставки пакету       | 100 мс             | 400 мс             | 100 мс             | 400 мс             | 1 сек              | нс |
| Варіація затримки пакетів      | 50 мс              | 50 мс              | нс                 | нс                 | нс                 | нс |
| Коефіцієнт втрати пакетів      | 1x10 <sup>-3</sup> | 1x10 <sup>-3</sup> | 1x10 <sup>-3</sup> | 1x10 <sup>-3</sup> | 1x10 <sup>-3</sup> | нс |
| Частота помилок пакетів        | 1x10 <sup>-4</sup> | 1x10 <sup>-4</sup> | 1x10 <sup>-4</sup> | 1x10 <sup>-4</sup> | 1x10 <sup>-4</sup> | нс |

Джерело: Джерело: Рекомендація МСЕ - Y.1541

Клас 0: Чутливі до тремтіння, високоінтерактивні додатки (особливо для ІР-мовлення) та окрема черга з пріоритетною обробкою пакетів;

Клас 1: Інтерактивний обмін інформацією в реальному часі, чутливий до тремтіння, обмін інформацією в реальному часі, але з менш жорсткими вимогами, з окремою чергою з пріоритетною обробкою пакетів;

Клас 2: Транзакції даних характеризуються високим рівнем інтерактивності (зокрема, сигнальної інформації), формується власна черга на обробку, яка здійснюється з другим пріоритетом;

Клас 3: транзакції даних, інтерактивні додатки, обслуговування пакетів є другим пріоритетом;

Клас 4: Допускаються додатки з низькими втратами (короткі транзакції, потокове відео і т.п.), довгі пакети пакетів для обробки, що здійснюється з другим пріоритетом;

Клас 5: Традиційні мережеві додатки IP (електронна пошта, файловий сервер), обслуговування є найнижчим пріоритетом.

НС : не стандартизований

Таблиця 1.4 - Деякі найкращі практики використання та розробки класів QoS

| Трафік                    | Застосування                                                            | Чутливість до показників QoS                                                                                                               |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| У реальному часі          | IP-телефонія, відеоконференції зв'язок                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- до затримки</li> <li>- до джиттеру затримки</li> <li>- мала до втрат</li> </ul>                   |
|                           | Управління процесами, он-лайн ігри                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- до затримки</li> <li>- до джиттеру затримки</li> <li>- до втрат</li> </ul>                        |
| Потоковий                 | Аудіо за запитом, відео за запитом, потокове передавання через Інтернет | <ul style="list-style-type: none"> <li>- мала до затримки</li> <li>- до джиттеру затримки</li> <li>- до втрат</li> </ul>                   |
| Еластичний (трафік даних) | Документообіг, управління базами даних                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- мала до затримки</li> <li>- мала до джиттеру затримки</li> <li>- висока до втрат</li> </ul>       |
|                           | Анімація, передача файлів, E-mail, WWW                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- дуже мала до затримки</li> <li>- мала до джиттеру затримки</li> <li>- висока до втрати</li> </ul> |

Джерело: Simmross-Wattenberg F., *Anomaly Detection in Network Traffic Based on Statistical Inference and alpha-Stable Modeling*

Розглядаючи якість трафіку ОТТ-сервісів, необхідно чітко і однозначно розмежовувати різні типи ОТТ-сервісів. А також дати єдине визначення для різних видів ОТТ-послуг та встановити єдине регулювання у цій сфері з технічної точки зору.

Системи фільтрації трафіку - хороший спосіб оптимізувати свою мережу. Можна налаштувати пріоритети так, щоб мережа не була забита, наприклад, торрент-трафіком і швидкість у всіх абонентів була високою. Завдяки DPI знижуються витрати на обслуговування інфраструктури. Тому, системи фільтрації трафіку можна вважати обов'язковим до використання інструментом, коли необхідно оптимізувати використання мережі без додаткових витрат.

Окрім того, є можливість завжди знати, який вид трафіку проходить через канали прямо зараз і точно аналізувати пакети даних - це запорука стабільної роботи практично в будь-яких умовах.

З цього логічно випливає задоволеність абонентів якістю.

## **Висновок до Розділу 1**

Як тільки виникає нестача ресурсів, що призводить до збільшення втрати пакетів і збільшення затримки, необхідна якість показників гарантії для додатків в реальному часі не може бути виконана.

В результаті погіршення бітрейта додаток починає видавати погану якість і періодично зупиняє відтворення, або відбувається відмова від виконання тієї чи іншої операції, що негативно позначається на враженнях користувача від якості обслуговування.

Щоб платні моделі почали повноцінно працювати, потрібно гарантувати високу якість доставки контенту.

Тому традиційним операторам потрібно зробити принциповий вибір: або покращувати свою мережу, свій набір послуг і використовувати нові технології,

або прийняти роль традиційного постачальника інфраструктури для інших гравців.

Для того, щоб оператор міг ідентифікувати OTT-сервіси, застосовувати унікальні доповнення (у вигляді класифікації, пріоритезації), подальшого налаштування пропускної здатності та інших характеристик мережі до сервісів, орієнтованих на обмін різними видами трафіку, ми пропонуємо розглянути технологічні рішення для забезпечення QoS в мережі провайдера для виділених OTT-сервісів за допомогою системи DPI в мережі.

## РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ АСПЕКТИ ТЕХНОЛОГІЇ ГЛИБОКОГО КОНТРОЛЮ ПАКЕТІВ

### 2.1. Основи технології DPI

DPI (Deer Packet Inspection) — це збірна назва технології, яка дозволяє накопичувати, аналізувати, класифікувати, контролювати та модифікувати мережеві пакети в режимі реального часу на основі їх вмісту.

Технології інспекції дорожнього руху еволюціонували послідовно, кожна наступна успадковувала деякі з попередніх механізмів і доповнювала нові. На рисунку. 2.1 показані рівні розвитку технологій.[30]

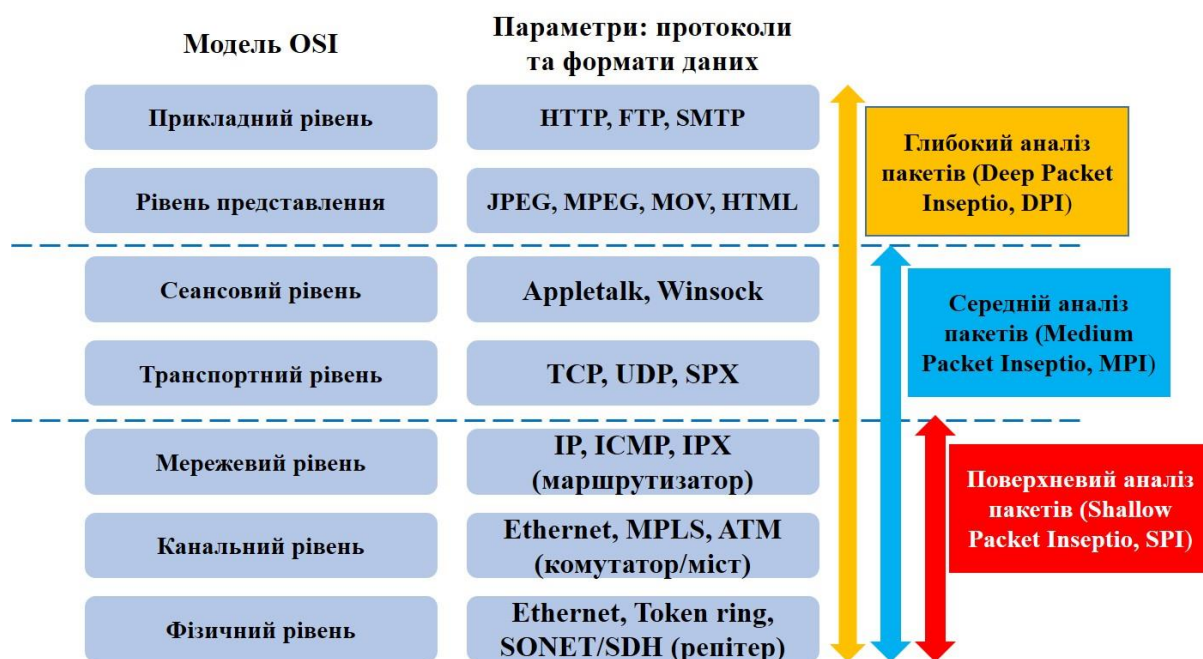


Рисунок 2.1 - Рівні розвитку технології дорожніх інспекцій

Джерело: Slattery T. QoS in an SDN

Поверхневий пакетний аналіз SPI (Shallow Packet Inspection) – це технологія аналізу трафіку, заснована виключно на аналізі заголовків пакетів L2–L3 шарів моделі OSI. SPI перевіряє лише заголовки пакетів, щоб оптимізувати

маршрутизацію, виявити спроби зловживання мережею та виконати статистичний аналіз. Якщо інформація про пакет знаходиться в чорному списку, пакет відкидається. Інструменти поверхневого аналізу пакетів ефективні для брандмауерів, які можуть відокремлювати мережі одна від одної, дозволяючи або забороняючи трафік залежно від обраного протоколу передачі. У зв'язку з тим, що технологія функціонує на каналному і мережевому рівнях моделі OSI, до обчислювальних ресурсів SPI пред'являються низькі вимоги, що дозволяє обробляти великі обсяги трафіку на високих швидкостях. Технологія набула широкого поширення: вона використовується в більшості брандмауерів операційних систем (зокрема, в Windows XP/Vista і OS X), маршрутизаторах та інших мережевих пристроях. Він є основою для реалізації мережевих списків контролю доступу на рівні IP-адрес і портів (ACL, Access Control List). Таким чином, технологія SPI добре підходить для обмеження доступу ззовні до окремих комп'ютерів і служб внутрішньої мережі.

Середній пакетний нюхання MPI (Medium Packet Inspection) – це технологія аналізу трафіку, заснована на перевірці сесій і сеансів зв'язку, ініційованих додатком, але встановлених шлюзом-посередником. Також використовується термін «проксі-сервер програми». У цій технології вміст пакетів аналізується частково і за заздалегідь встановленими правилами. Складні методи аналізу, такі як сигнатура, не застосовуються. Пристрої, що реалізують функціонал, розміщуються між провайдером і кінцевим споживачем. Ці пристрої аналізують заголовки аж до транспортного рівня та невеликої частини пакетних даних, щоб зіставити частину аналізу з деяким списком аналізу. Списки синтаксичного аналізу коротші, ніж списки керування доступом (ACL), і надають ширший спектр дій. Набір протоколів, як правило, дуже обмежений. Наприклад, перші версії CheckPoint FireWall-1 (CheckPoint FW-1) підтримували протоколи Telnet, FTP і HTTP, а Cisco Private Internet Exchange (Cisco PI X) — FTP, HTTP, H.323, RSH, SMTP і SQLNET. Згодом ці набори були трохи розширені.

Технологія MPI більш гнучка, ніж SPI, і, крім контролю доступу, підходить для більшої кількості завдань: кешування контенту, аналізу

стисненого/зашифрованого трафіку, обмеження функціональності окремих протоколів шляхом відключення окремих команд.

Основним недоліком технології аналізу середніх пакетів є погана масштабованість. Це пов'язано з тим, що для кожної команди та протоколу потрібен окремий шлюз (порти введення та виведення). Крім того, робота в режимі проксі сильно знижує швидкість обробки [1]. Ці фактори обмежують використання даної технології на рівні провайдера через необхідність аналізу великої кількості протоколів і команд.

Глибокий пакетний аналіз DPI (Deep Packet Inspection) – це технологія накопичення статистичних даних, перевірки та фільтрації мережевих пакетів за їх вмістом. На відміну від міжмережових екранів, DPI аналізує не тільки заголовки пакетів, але і повний вміст трафіку на рівнях OSI 2 і вище.

Однією з найважливіших функцій DPI є підтримка ефективного управління навантаженням на мережу шляхом обмеження інтенсивного трафіку, такого як файлообмінні мережі P2P (Peer-to-Peer), потокове відео, а також інші ресурсомісткі сервіси. Інструменти DPI дозволяють виявити приналежність пакетного потоку до конкретної програми і потім при необхідності заблокувати або обмежити швидкість його передачі, спрогнозувати рівень перевантаженості каналів для певного трафіку, розподілити мережеві ресурси між різними додатками, запобігти перевантаженню, підвищити якість обслуговування. Така можливість з'являється завдяки тому, що технологія DPI забезпечує повний розбір перших пакетів потоку трафіку. Крім того, для контролю характеристик потоку використовуються статистичні методи.

Наприклад, URL-адреси запитуваних сторінок легко витягуються з HTTP-трафіку. Крім того, вони можуть використовуватися для порівняння з «чорними» або «білими» списками або для ведення статистики доступу користувачів до різних ресурсів.

Основним методом DPI є перевірка сигнатур протоколів і додатків. Підпис – це шаблон опису даних, який однозначно відповідає застосунку або протоколу. Наприклад, це може бути пошук ключових слів у пакетних даних, таких як

BitTorrent або HTTP GET/POST запити. Найпростіші підписи базуються на URL-адресах у HTTP-заголовку, а сам файл підпису постачальника періодично оновлюється. Деякі методи DPI засновані на статистичних і поведінкових критеріях аналізу потоку даних. Це поведінковий аналіз, який виявляє сканування портів, виконане одним джерелом. У більш складних випадках сигнатура ґрунтується на аналізі параметрів пов'язаних потоків однієї і тієї ж програми. Всі ці сигнатури використовуються для ідентифікації IP-адрес і транспортних портів, використовуваних потоком додатків, а також для подальшого управління потоком даних.

Серед завдань, які дозволяє вирішити технологія DPI, можна виділити наступні: контроль додатків; Призначте політики трафіку додатків. оптимізація пропускної здатності; надання нових послуг; батьківський контроль; захист від DDoS-атак; антиспам; веб-фільтрація; антивірусний захист; управління абонентами; управління квотами; зниження P2P; оптимізація відеопотоків та HTTP-трафіку; візуалізація мережі; Динамічно переглядайте навантаження мережевих ресурсів і формуйте звіти по додатках, абонентам і базовим станціям.

Технологія DPI може бути реалізована двома способами: розподіленням і локальним підключенням. Розподілена система складається з зондів, які збирають дані про мережевий трафік, і набору зондів, які отримують дані від зондів. Локальні системи підключаються до певного каналу передачі даних. Вони можуть бути як на стороні кінцевого користувача, так і на стороні шлюзу. Локальні системи на стороні кінцевого користувача підключаються на рівні мережевої карти користувача. У той час як локальні системи на стороні шлюзу підключаються в точці, яка є єдиним виходом WAN для деякої локальної підмережі.

Як правило, система DPI встановлюється на межі мережі оператора таким чином, щоб весь трафік, який виходить або потрапляє в мережу, міг бути проаналізований системою. На рисунку 2.2 показано одне з типових рішень для підключення системи DPI на межі мережі оператора.[22]

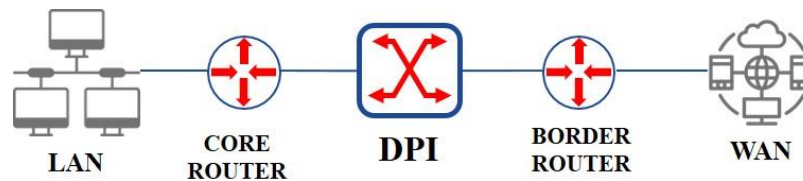


Рисунок 2.2 - Типове рішення для підключення системи DPI до мережі

*Джерело: розроблено автором самостійно*

Для вирішення конкретних завдань систему глибокого контролю пакетів встановлюють не на межі мережі, а ближче до кінцевих користувачів, наприклад, на рівні BRAS/CMTS/GGSN/. Це може бути корисно для тих операторів, які по ряду причин хочуть вирішити проблему контролю внутрішніх каналів на додаток до контролю зовнішніх каналів .[4]

Системи DPI часто використовуються інтернет-провайдерами для контролю трафіку, а іноді для блокування певних протоколів або веб-сайтів (цілих або окремих сторінок). За допомогою глибокої перевірки пакетів ви можете визначити, яка програма згенерувала або отримала дані, і вжити заходів на основі цього. Крім того, система DPI може виявляти фрагменти комп'ютерних вірусів в загальному потоці трафіку і блокувати їх, тим самим підвищуючи безпеку мережі. Технологія також дозволяє показувати рекламу користувачеві в залежності від вмісту його пакетів.

Таким чином, Deep Packet Inspection - це технологія глибокої перевірки пакетів, при якій обладнання реагує не тільки на заголовки пакетів різного рівня, але і на їх вміст.

DPI має можливість контролювати трафік своїх клієнтів, можливість фільтрувати дані відповідно до законодавства країни, а також із захистом авторських прав власників різноманітного контенту.

Можливості інспектування дорожнього руху в звичайній ситуації:

- 1) Канальний рівень: керування на основі MAC-адрес або номера VLAN;
- 2) Мережевий рівень: ви можете блокувати користувачів за IP-адресами або забороняти доступ до певних адрес/підмереж у зовнішній мережі;

3) Транспортний рівень: інтернет-провайдер або ІТ-відділ підприємства може обмежити порти, що використовуються;

4) Прикладний рівень: Ви можете використовувати доменні імена на проксі-серверах або брандмауерах, але функціональність обмежена порівняно з рішеннями DPI.

Завдяки широкому використанню DPI дана технологія набуває широкого поширення серед постачальників послуг, що обумовлено важливістю контролю трафіку, що в кінцевому підсумку дозволяє значно скоротити витрати і залучити більше клієнтів.

Де технологія DPI знайшла своє застосування в телекомунікаціях:

- 1) Можливість додавання нові послуги;
- 2) Мережева безпека;
- 3) Батьківський контроль;
- 4) Дотримання законів UA та ЄС;
- 5) Здійснення контролю якості;
- 6) Варіація тарифного плану в залежності від індивідуальних потреб користувача;
- 7) Розвідувальні органи. Нагляд за мережевою активністю Підозрілий користувач
- 8) Фільтри додатків;
- 9) Запобігання витоку інформації. Ці системи запобігають поширенню конфіденційних даних через мережеві інтерфейси;
- 10) Система виявлення/запобігання вторгнень;
- 11) Контроль;
- 12) Накопичення різної статистики та створення профілів клієнтів для реклами та маркетингу.

Для операторів використання технологій DPI дозволяє значно спростити життя, додати нові сервіси та суттєво контролювати керування мережею.

## 2.2. Архітектура системи DPI

Щоб зрозуміти, як працює система DPI з трафіком, необхідно розглянути, з яких елементів складається ця система і які основні механізми аналізу та контролю трафіку використовуються в технології DPI.[32]

Розглянемо пристрій DPI системи.

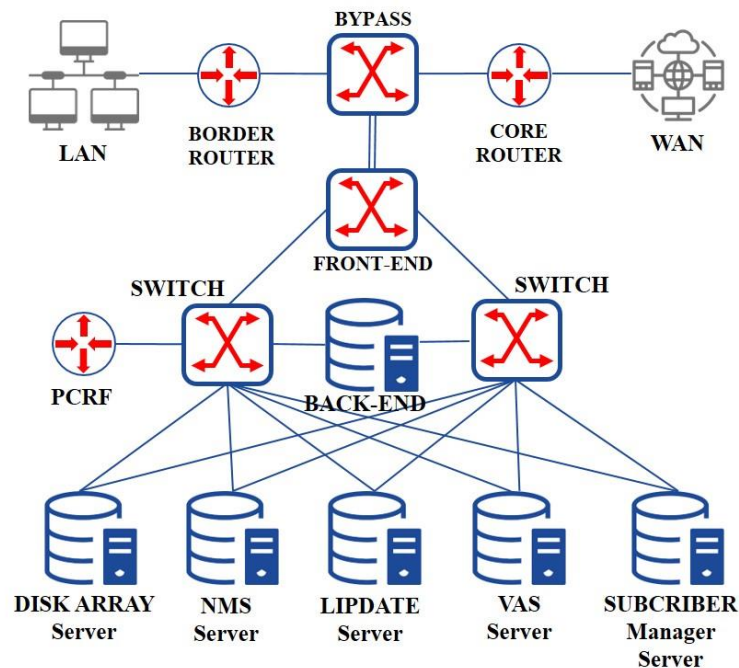


Рисунок 2.3 - Пристрій системи DPI

*Джерело: The Role of DPI in an SDN World*

Основними компонентами повноцінної системи DPI є:

1) Байпас - це високопродуктивний комутатор, основним завданням якого є передача трафіку або безпосередньо (без обробки), або відправка трафіку на пристрій обробки та аналізу трафіку - Front-End. У разі втрати зв'язку або перевантаження з Front-End, він починає передавати трафік безпосередньо на прикордонний маршрутизатор.

Має два режими роботи:

а) Захисні. Транспортні потоки надходять безпосередньо.

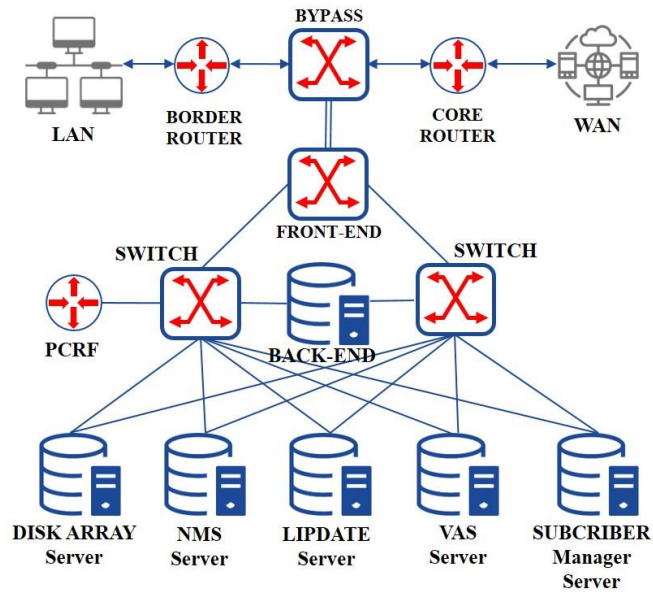


Рисунок 2.4 - Принцип роботи системи ДПІ в захисному режимі роботи

Джерело: *The Role of DPI in an SDN World*

2) Робітник. Трафік повертається на Front-End, але в разі надзвичайної ситуації перемикається на прямий канал.

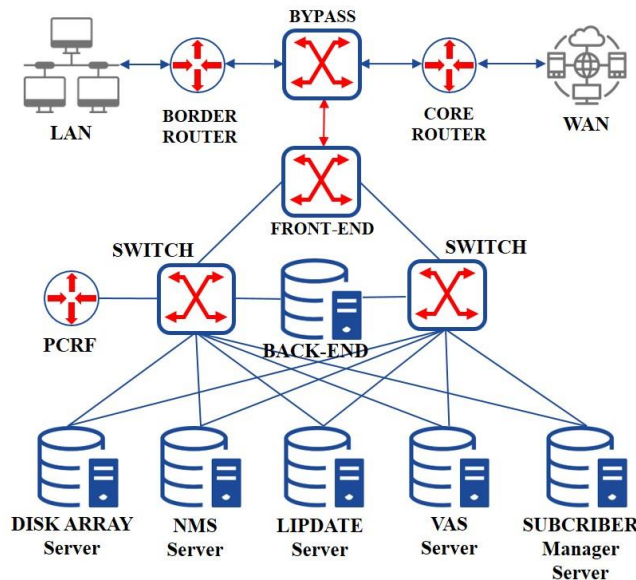


Рисунок 2.5 - Принцип роботи системи DPI в робочому режимі

Джерело: *The Role of DPI in an SDN World*

Front-End - це центр обробки інформації відповідно до існуючих політик.

b) Back-End – це високопродуктивний сервер для оперативного використання баз даних сигнатур, різної статистики, політик, різних правил перенаправлення трафіку та надання інформації для Front-End.

c) PCRF-сервер (функція «Правила політики та тарифікація») — це сервер для визначення правил та політик. Основна роль при отриманні ідентифікатора користувача від Front-End полягає в тому, щоб повідомити Front-End відповідний номер політики, деталі цього запиту політики на Back-End.

d) Disk array Server – дисковий масив, призначений для зберігання великих обсягів інформації (статистики, різних баз даних, іноді копій трафіку).

e) NMS Server (Network Management Server) – сервер управління системою.

f) Сервер оновлень – сервер оновлень.

g) Менеджер абонентів – програмний компонент системи

Будучи координаційним центром DPI системи управління трафіком, вона реалізує можливості персоналізації сервісів (прив'язка до користувача/пристрою/мережі).

h) VAS Server (Value Added Services Server) – сервер додаткових послуг.

DPI можна розділити на три частини:

1) Швидкісна частина;

Трафік користувачів з мінімальною затримкою.

2) Мережа взаємодії компонентів;

По цій мережі передається тільки службова інформація, швидкість передачі відносно невисока.

3) Контрольно-ПКРЧ – зв'язок із зовнішньою (для ДПІ) мережею;

### **2.3. Аналіз і контроль трафіку DPI системою**

Існує кілька методів ідентифікації трафіку. Аналіз DPI ґрунтується на таких механізмах:

1) Чітко визначені правила.

Правила і політики встановлюються системним адміністратором шляхом повної або часткової активації необхідних правил і політик з наборів, наданих розробником системи.

2) Сигнатурний аналіз.

Сигнатурний аналіз - це аналіз, при якому система шукає структуру партії і порівнює її з відомими випадками.

Простіше кажучи, це набір байтів у пакеті, який дозволяє однозначно визначити, до якої програми чи протоколу належить трафік, і класифікувати його.

Системи DPI використовують механізми сканування, засновані на тому, що всі відомі протоколи мають свої точні сигнатури. Це і є сигнатурний аналіз трафіку.

Оскільки щодня з'являються нові додатки, що генерують найрізноманітніший трафік, який потрібно аналізувати, базу сигнатур потрібно періодично оновлювати. Недоліком цього методу є висока ресурсомісткість і неточність аналізу для нових типів трафіку і нових додатків, які мають недостатнє опрацювання сигнатур.



Рисунок 2.6 Принцип сигнатурного аналізу на основі

Джерело: Рекомендації МСЕ-Т У.2770

### 3) Евристичний аналіз.

Евристичний аналіз – це технологія виявлення трафіку за ознаками (без гарантованої точності). Метод полягає в неповному, але дуже близькому збігу пакетів з відомими сигнатурами. Переваги цього методу полягають у тому, що він дозволяє виявити необхідний трафік ще до того, як підпис буде налаштований під нього. Ключовими недоліками цього методу є можливість помилкових спрацьовувань і низька ефективність.

### 4) Аналіз поведінки дорожнього руху

Аналіз поведінки дорожнього руху вважається найбільш перспективним методом аналізу в системах управління дорожнім рухом DPI, що є подальшою причиною, оскільки можна описати практично будь-яку модель поведінки трафіку з високою швидкістю обробки і високою точністю ідентифікації трафіку. Цей метод збільшує можливість ідентифікації додатків із зашифрованим корисним навантаженням.

Для ідентифікації трафіку за допомогою поведінкового аналізу відстежується певний проміжок часу, протягом якого передається трафік, і на основі аналізу поведінки трафіку в цьому сегменті приймається рішення шляхом порівняння з базою даних.

Також ідентифікація трафіку на основі поведінкового аналізу може здійснюватися за такими критеріями: додаток, який генерує трафік, пробує порти; Один і той же тип трафіку надходить з багатьох вузлів; Трафік має певний розмір пакета.

Значущими характеристиками для ідентифікації потоку будуть:

- 1) Послідовність розмірів сегментів автомобіля Рівень;
- 2) Послідовність розмірів фрагментів даних;
- 3) Розмір перших IP-пакетів.

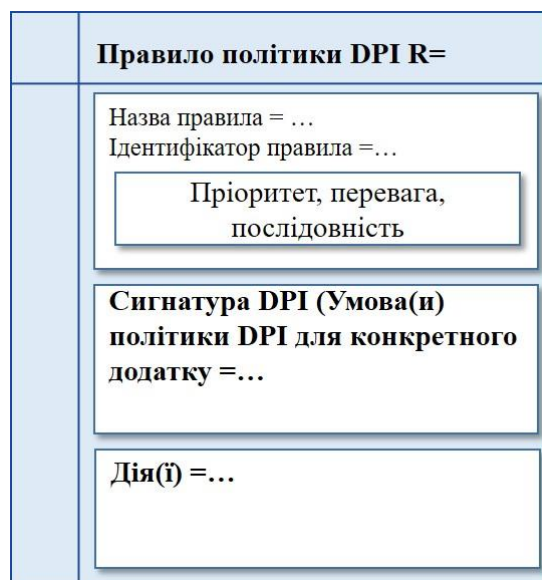


Рисунок 2.7 - Загальний формат правил політики DPI.

*Джерело: розроблено автором самостійно*

При використанні в комплексі з іншими методами аналізу можна підвищити точність загальної ідентифікації трафіку.

Коли система DPI розташована на межі мережі оператора, система буде діяти за наступним алгоритмом

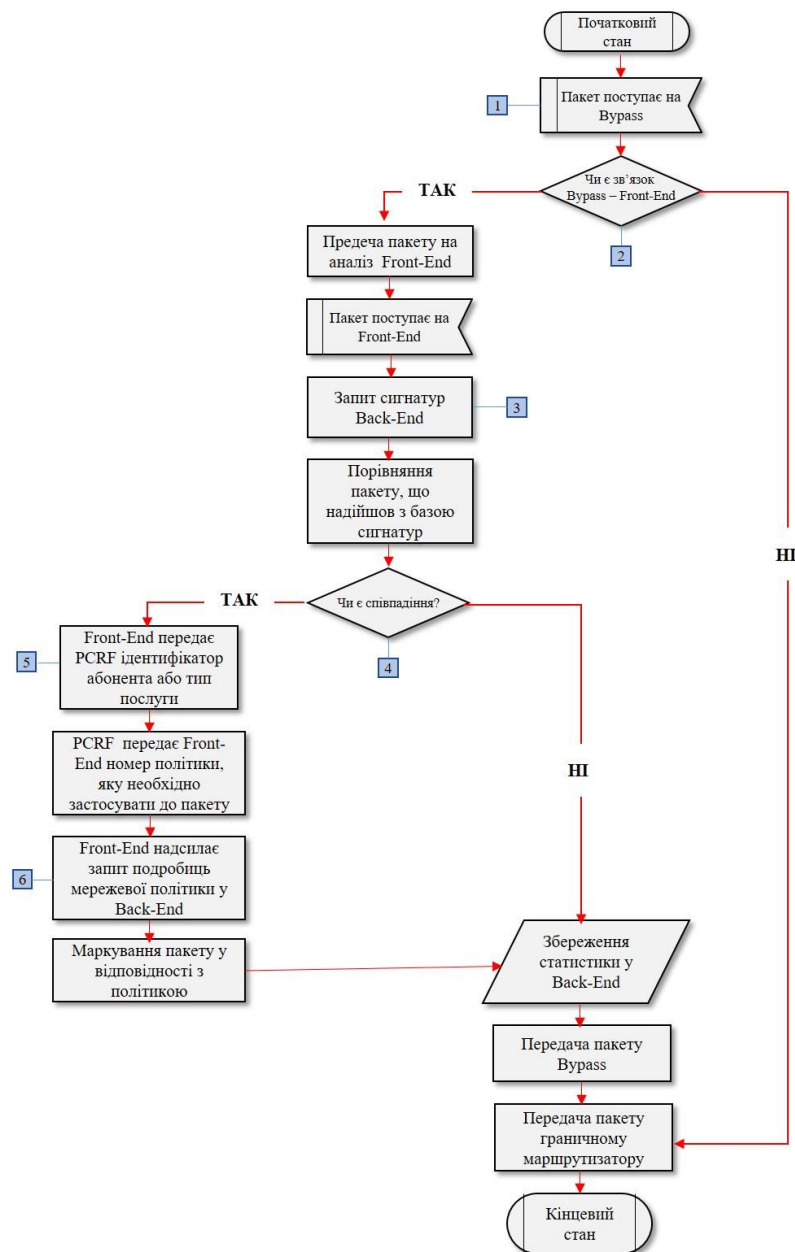


Рисунок 2.8 - Базовий алгоритм роботи системи ДПІ

Джерело: розроблено автором самостійно

Таким чином, алгоритм роботи всієї системи буде наступним:

- 1) Пакет, що виходить з мережі оператора або надходить ззовні, першим надходить в обхід. Обхід перевірок, чи є з'єднання з Front-End;
- 2) Якщо з'єднання відсутнє, пакет відправляється на прикордонний маршрутизатор і система повертається в початковий стан;

При наявності з'єднання пакет передається на основний елемент Front-End системи для подальшого аналізу;

3) Щоб визначити, яка програма згенерувала цей пакет, Front-End звертається до бази даних сигнатур, що зберігається в елементі Back-End. Отриманий пакет порівнюється з відомими сигнатурами;

4) Якщо збігів не знайдено, результат зберігається у серверній частині, а пакет передається назад до обхідного маршрутизатора, а потім до прикордонного маршрутизатора. Така ситуація можлива, якщо це новий додаток, нова версія програми, нова версія інформаційного елемента, що відноситься до заяви, а відповідний підпис ще не внесений до бази даних. Якщо є відповідний пакет-сигнатура, це означає, що система визначила протокол;

5) На наступному кроці Front-End запитує у PCRF номер поліса, який буде застосовано до пакета;

6) Деталі політики Front-End запитів, що зберігаються в BackEnd, які відповідають ідентифікатору абонента/типу послуги.

Далі пакет відзначається в Front-End, відповідно до отриманої мережевої політикою. Статистика зберігається в Back-End, а пакет передається на системний вихід.

## **2.4. Впровадження забезпечення якості обслуговування**

Для забезпечення QoS в мережі використовуються три моделі[11]:

1) Best Effort Service - Ця модель не гарантує надійну доставку даних, інші характеристики або певний пріоритет, але вона підтримує зв'язок між вузлами.

2) Інтегровані послуги - ця модель передбачає попереднє резервування мережевих ресурсів з метою забезпечення гарантованої виділеної пропускної здатності по всьому маршруту трафіку. Використовується протокол резервування ресурсів (RSVP). Маршрутизатори мають обмежені обчислювальні ресурси, що забороняє класифікувати стан всіх можливих потоків додатків в самому пристрої. Такий підхід не піддається масштабуванню. Підходить для невеликих мереж.

3) Диференційоване обслуговування – ця модель класифікує трафік на основі вимог QoS.

У разі перевантаження мережі порядок передачі пакетів через інтерфейс визначається механізмом Queueing, що включає в себе наступні механізми обслуговування черги:

1) FIFO (First-In, First-Out) – передача пакетів визначається порядком надходження пакетів у чергу, тобто пакет, який прибуває першим, буде оброблений раніше, ніж пакет, який прибуває другим. Цей механізм не ділить пакети на класи, а розглядає їх як такі, що належать до одного класу;

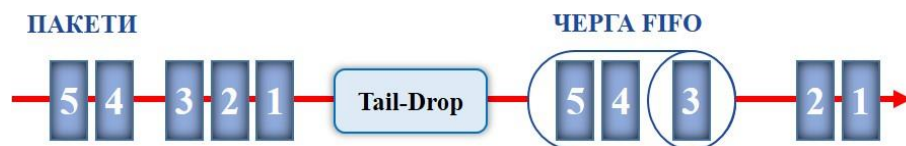


Рисунок. 2.9 - Черга FIFO

Джерело: розроблено автором самостійно

2) Механізм Priority Queueing - передача пакетів визначається відповідно до пріоритетів. Є 4 черги за пріоритетами обслуговування з високим, середнім, нормальним та низьким. Пакети з низьким пріоритетом будуть обслуговуватися тільки після того, як черга з високим пріоритетом буде порожня;



Рисунок 2.10 - Черги зі строгим пріоритетом

Джерело: розроблено автором самостійно

Weighted Round Robin (WRR) - забезпечує обробку пакетів відповідно до конкретного вагового коефіцієнта і забезпечує пропускну здатність для пакетів з

пропорційним призначенням коефіцієнтом;

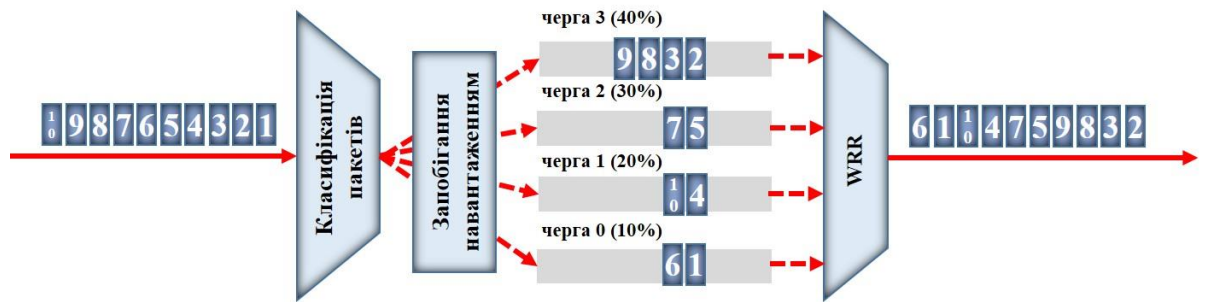


Рисунок 2.11 Зважений круговий алгоритм

*Джерело: розроблено автором самостійно*

3) Custom Queueing (Настроювана черга) — керує пропускною здатністю каналу для кожної черги. Підтримується 17 черг. Системна черга 0 зарезервована для високопріоритетних керуючих пакетів (маршрутизація і т.д.).

Пом'якшення перевантажень - це процес вибіркового скидання пакетів, щоб уникнути перевантаження мережі, якщо вихідні черги досягнуть максимальної довжини.

Tail-Drop: Якщо всі вихідні черги переповнені, всі вхідні пакети відкидаються і продовжуються, поки довжина черг не зменшиться.

Алгоритм випадкового раннього виявлення (RED) скидає вхідні пакети на основі оцінки середнього розміру черги. Він не чекає, поки черги будуть повністю заповнені, а скоріше починає скидати пакети з певною ймовірністю, коли середній розмір черги перевищує певний мінімальний поріг.

Функція обмеження трафіку використовує механізми Traffic Policing та Traffic Shaping для забезпечення QoS.

Основним інструментом, який використовується для обмеження трафіку, є алгоритм «tokenbucket».

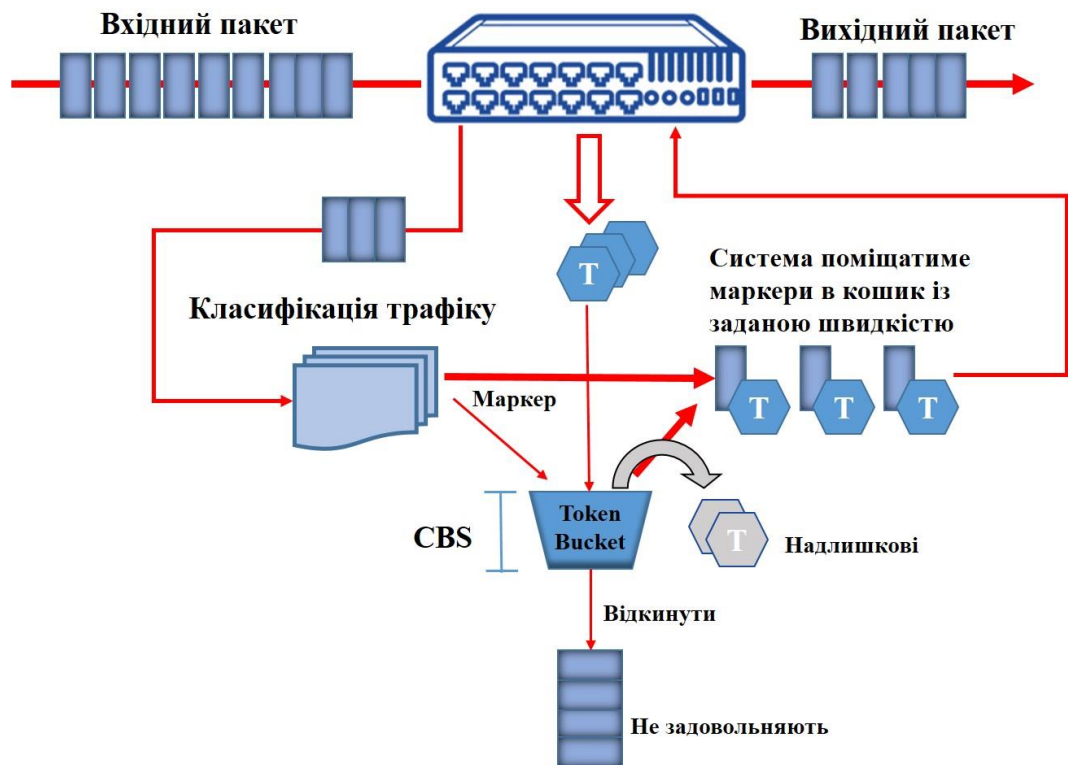


Рисунок 2.12 - Алгоритм «кошик маркерів»

Джерело: розроблено автором самостійно

Даний алгоритм передбачає наявність наступних параметрів:

- 1) Commitment Information Rate (CIR) – це середня швидкість трафіку. Коли кошик заповнюється, вхідні маркери відкидаються;
- 2) Committed Burst Size (CBS) — це обсяг трафіку (у бітах), на який сегмент для токенів може бути розширений у певний момент часу;
- 3) Extended BurstSize (EBS) - це обсяг трафіку (в бітах), на який може бути перевищений кошик токенів в екстремній ситуації.

Щоб передати посилку, потрібно вийняти з кошика кількість жетонів, дорівнює розміру пакета в бітах. Якщо в кошику достатньо токенів, пакет переноситься. Якщо розмір пакета більший, ніж токени в кошику, токени не видаляються з кошика, а пакет розглядається як зайвий, який можна відкинути або повторно позначити.

Traffic Shaping також використовує алгоритм «кошик маркерів» як механізм згладжування трафіку, за винятком того, що пакети, для яких у кошику недостатньо маркерів, не відкидаються, а ставляться в чергу (буферизуються) для подальшої

передачі. Як тільки в кошику набереться достатня кількість tokenів для передачі пакета, він буде переведений.

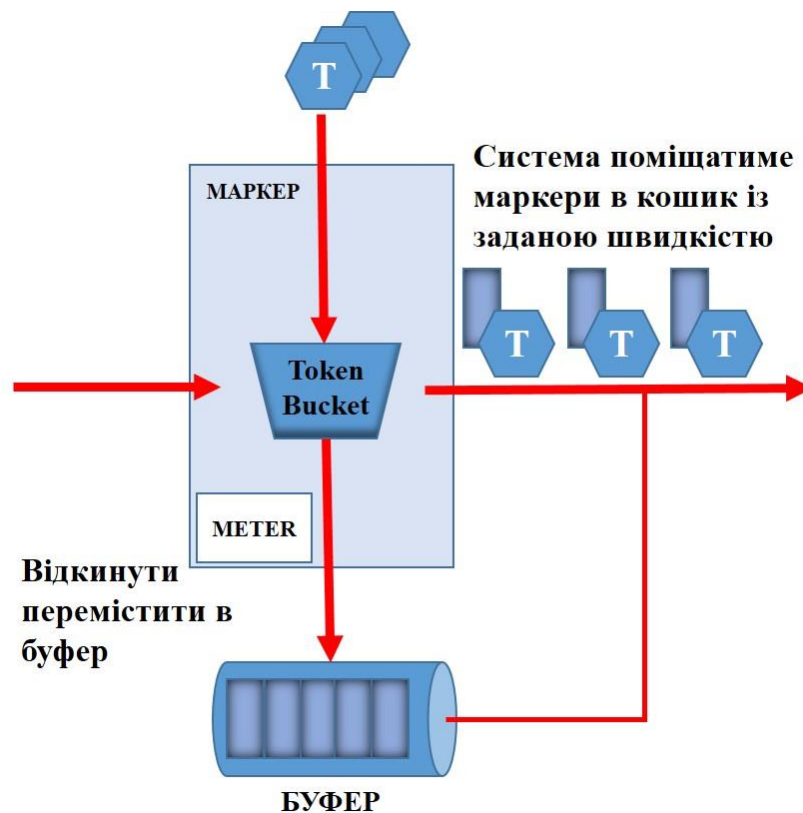


Рисунок 2.13 - Алгоритм «кошик маркерів» в рамках механізму формування трафіку

*Джерело: розроблено автором самостійно*

Як наслідок, через мережі операторів зв'язку передається все більше різноманітного трафіку, і зростає потреба в інтелектуальному управлінні цими обсягами даних. Такі методи дозволяють маркувати, обмежувати різні типи додатків і застосовувати політики QoS.

Одним із підходів до оптимізації передачі трафіку є перерозподіл мережевих ресурсів заснований на пріоритезації класів трафіку в залежності від їх важливості і чутливості до того чи іншого параметру.

Для того, щоб зрозуміти, як система пріоритезує трафік DPI, необхідно розглянути, які вже існують способи підвищення якості обслуговування за допомогою пріоритезації.

Класифікація пакетів – це механізм присвоєння пакету певного класу трафіку.

При обробці пакетів необхідно маркувати упаковки. Маркування зазвичай виконується на периферійних пристроях за допомогою списків керування доступом (ACL, AccessControlLists) або, у цьому випадку, DPI.

Основними дорожньо-технічними ідентифікаторами є:

1) Реалізація пріоритетів у протоколах канального рівня[17-20];

Спільно з IEEE 802.3 Ethernet Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) розробив стандарт IEEE 802.1q для створення віртуальних локальних мереж. Де в вихідний кадр Ethernet вставлено додаткове чотирибайтне поле тегу VLAN, що містить мітку пріоритету класу обслуговування IEEE 802.1p (CoS).

Звичайний (немаркований) кадр

| Адреса призначення (DA) | Адреса джерела (SA) | Данні (DATA) | Контрольна послідовність кадру (CRC) |
|-------------------------|---------------------|--------------|--------------------------------------|
|-------------------------|---------------------|--------------|--------------------------------------|

Маркований кадр 802.1p/802.1Q

| Адреса призначення (DA) | Адреса джерела (SA) | Тег (TAG) | Данні (DATA) | Контрольна послідовність кадру (CRC) |
|-------------------------|---------------------|-----------|--------------|--------------------------------------|
|-------------------------|---------------------|-----------|--------------|--------------------------------------|

| Ідентифікатор протоколу тега (TPID)<br>0x8100 | Пріоритет (Priority) | Індикатор канонічного формату (CFI) | Ідентифікатор VLAN (VID) |
|-----------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 16 біт                                        | 3 біта               | 1 біт                               | 12 біт                   |

Рисунок 2.14 Структура фрейму IEEE 802.3 і 802.1p/802.1q Ethernet

Джерело: Рекомендація МСЕ - Y.2770

2) Реалізація пріоритетів в протоколах мережевого рівня;

В IPv4 для маркування є однобайтове поле під назвою Type of Service (ToS).



послуг (DSCP). DSCP відноситься до моделі DiffServ і складається з 6 біт, що дає можливість присвоювати пакетам пріоритетне значення від 0 до 63.

За замовчуванням перші шість біт дорівнюють нулю. Дворозрядне поле CU є резервним полем [14].



Рисунок 2.17 - Формат поля Service Type, що містить DSCP-класифікатор заголовка пакета IPv4

Джерело: Рекомендація МСЕ - Y.2770

IPv6 використовує поле Traffic Class для пріоритезації. Це поле має довжину 8 біт, найбільш значущі 6 біт використовуються DSCP для класифікації пакетів, а решта два біта використовуються для управління



Рисунок 2.18 Формат заголовка пакетів IPv6

Джерело: Рекомендація МСЕ - Y.2770

3) Імплементація пріоритетів в протоколи транспортного рівня;  
Механізми управління трафіком для UDP (User Datagram Protocol) відсутні.  
Для TCP (Transmission Control Protocol) у заголовку є 6-бітне поле прапорців, яке допомагає контролювати трафік. Наприклад, якщо цінується PSH, одержувач повинен якомога швидше відправити ці дані в прикладну програму.

Для досягнення необхідної якості обслуговування в мережах доцільно використовувати якісні механізми, що забезпечують необхідні показники QoS при раціональному використанні мережевих ресурсів.

Для того, щоб співвіднести трафік з певним класом і виконати необхідні дії, необхідно визначити його тип (голос, дані, відео), для цього ми будемо використовувати технологію DPI.

За допомогою DPI оператор має можливість розподіляти канал між різними додатками. Deep Packet Inspection часто використовується інтернет-провайдерами для контролю трафіку, а іноді і для блокування деяких додатків. За допомогою Deep Packet Inspection ви можете визначити, яка програма згенерувала або отримала дані, і вжити заходів на основі цього.

Однак при використанні інструментів DPI потрібно звернути увагу на такі моменти:

- 1) Порухення недоторканності приватного життя;
- 2) Небезпека застосування неправильних правил;
- 3) Затримки в обробці пакетів;
- 4) Стимулювання нових видів шифрування трафіку;
- 5) Дестабілізація ринку через перевагу протоколу, пріоритетність.

## **Висновок до Розділу 2**

У цьому розділі ми отримали уявлення про технологію глибокого пакетного аналізу, актуальність використання цих технологій, перспективи використання в телекомунікаційному середовищі, а також про застосування технології глибокого пакетного аналізу для тегування трафіку.

У зв'язку з неоднорідним характером трафіку, що передається через мережі операторів зв'язку, використання системи DPI дає можливість класифікувати і

маркувати трафік.

Необхідно оцінити можливість використання системи DPI для ідентифікації трафіку в мережі і використовувати цю технологію для забезпечення якості обслуговування.

## РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ З DPI ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОТТ-СЕРВІСІВ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАФІКУ

### 3.1 Експериментальна модель

Це пов'язано з тим, що нам потрібно перевірити справжність ідентифікації ОТТ-сервісів існуючими системами DPI (тобто наскільки точно ми можемо розпізнавати різні додатки за допомогою цієї системи).

Для проведення експерименту використовувалася загальна система DPI з відкритим вихідним кодом для аналізу трафіку і перевірки правильності і цілісності письмового підпису, а також для перевірки коректності системи DPI використовувався сніффер Wireshark.[10,31]

Схематична модель проведення експерименту (рисунок 3.1):

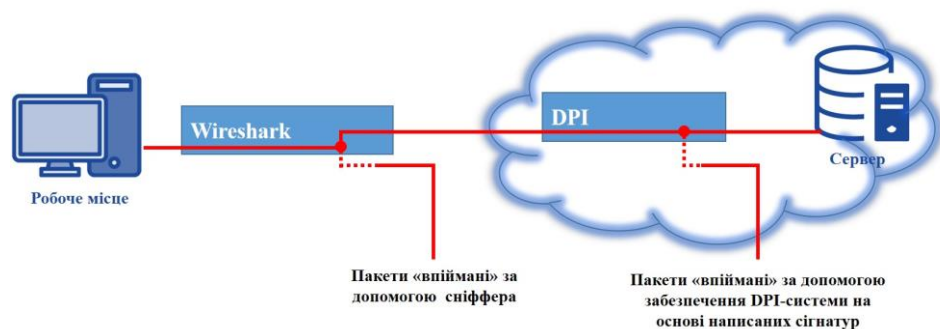


Рисунок. 3.1 - Модель експерименту

*Джерело: розроблено автором самостійно*

Ця система DPI відображає інформацію про мережу, яку можна відсортувати за задіяними програмами, протоколами, хостами або портами, а також може записувати трафік і збирати статистику.

Для прикладу розглянемо реакцію системи на три різні типи трафіку з трьох різних популярних ОТТ-сервісів (Skype, KakaoTalk, Hangout).

Давайте розглянемо сигнатурний аналіз для ідентифікації трафіку, оскільки

DPI використовує його в більшості випадків.

Приклад сигнатур, взятих для розпізнавання трафіку, перетворено в блок-схеми (рисунок 3.2-3.4).

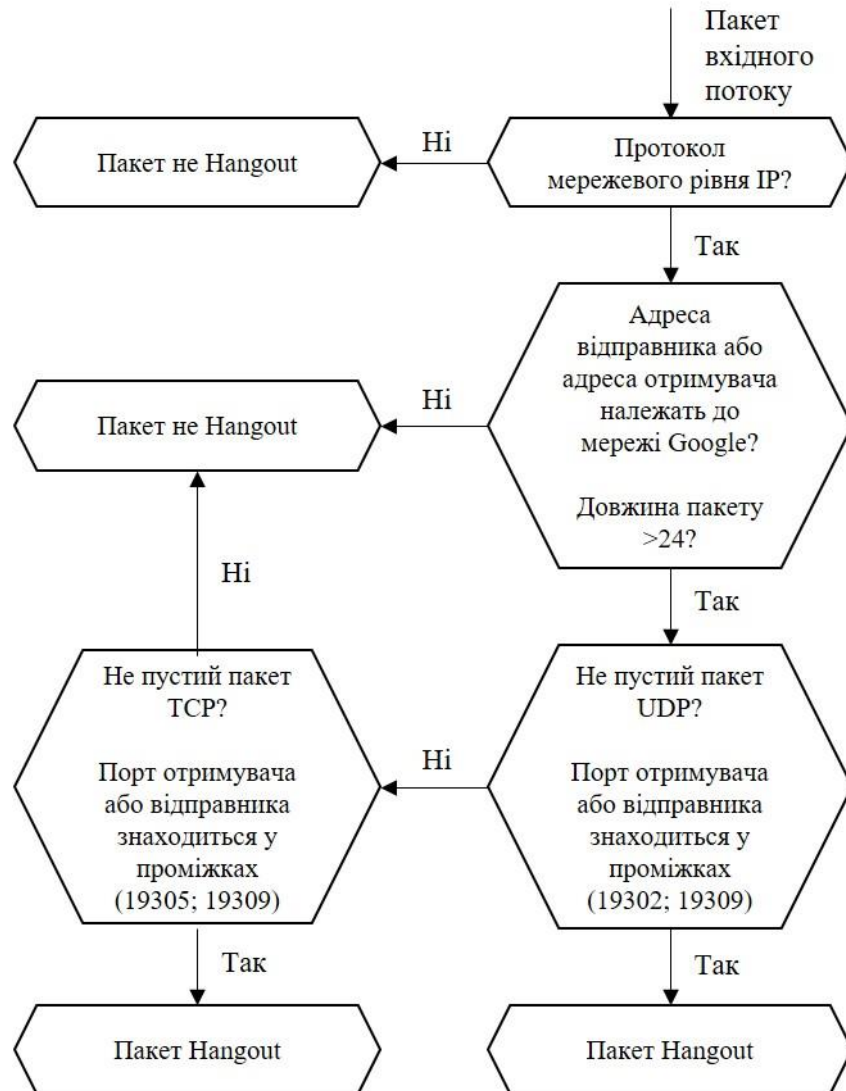


Рисунок 3.2 - Блок-схема підпису розпізнавання трафіку Hangouts

Джерело: розроблено автором самостійно

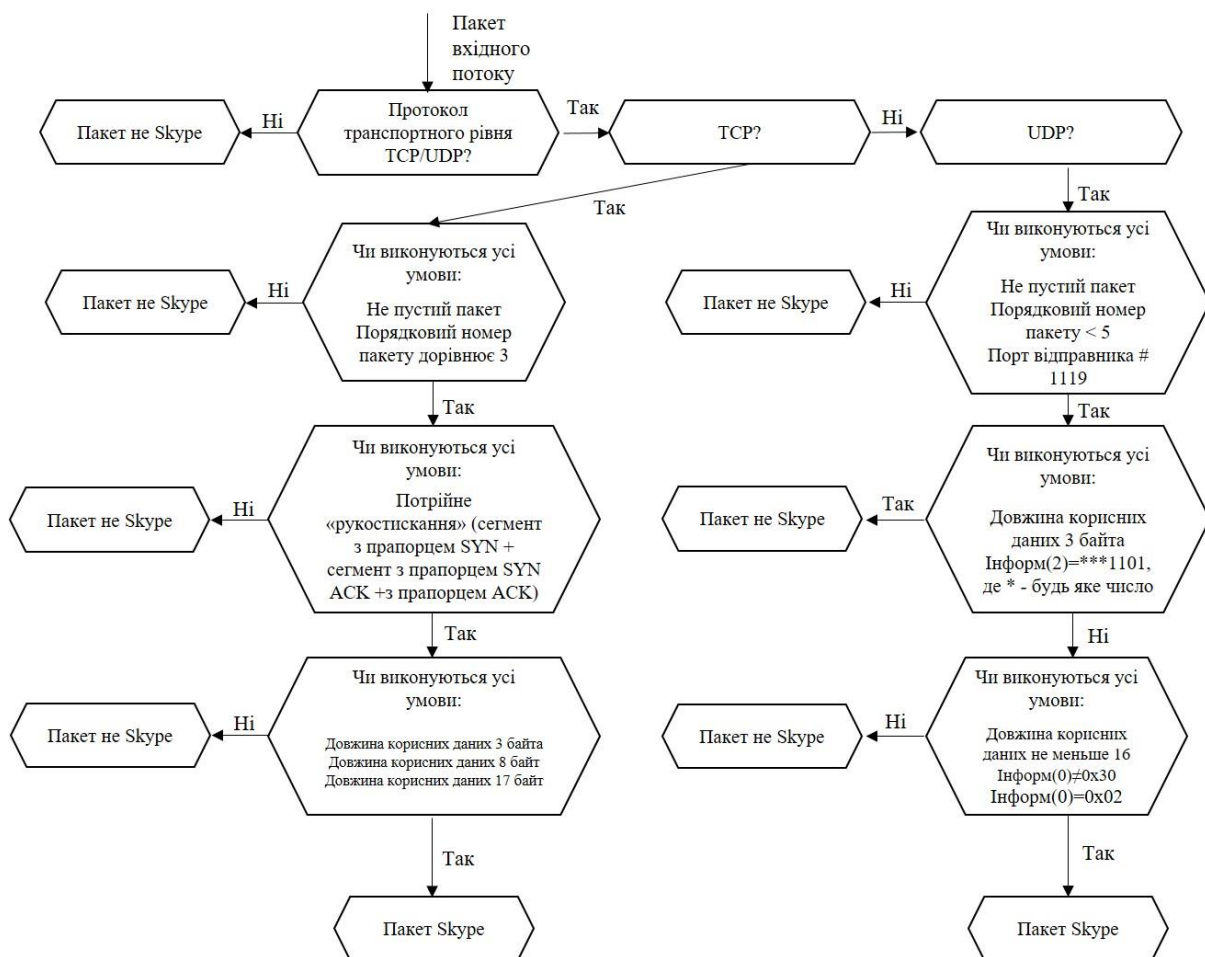


Рисунок 3.3 - Блок-схема підпису розпізнавання трафіку Skype

Джерело: розроблено автором самостійно

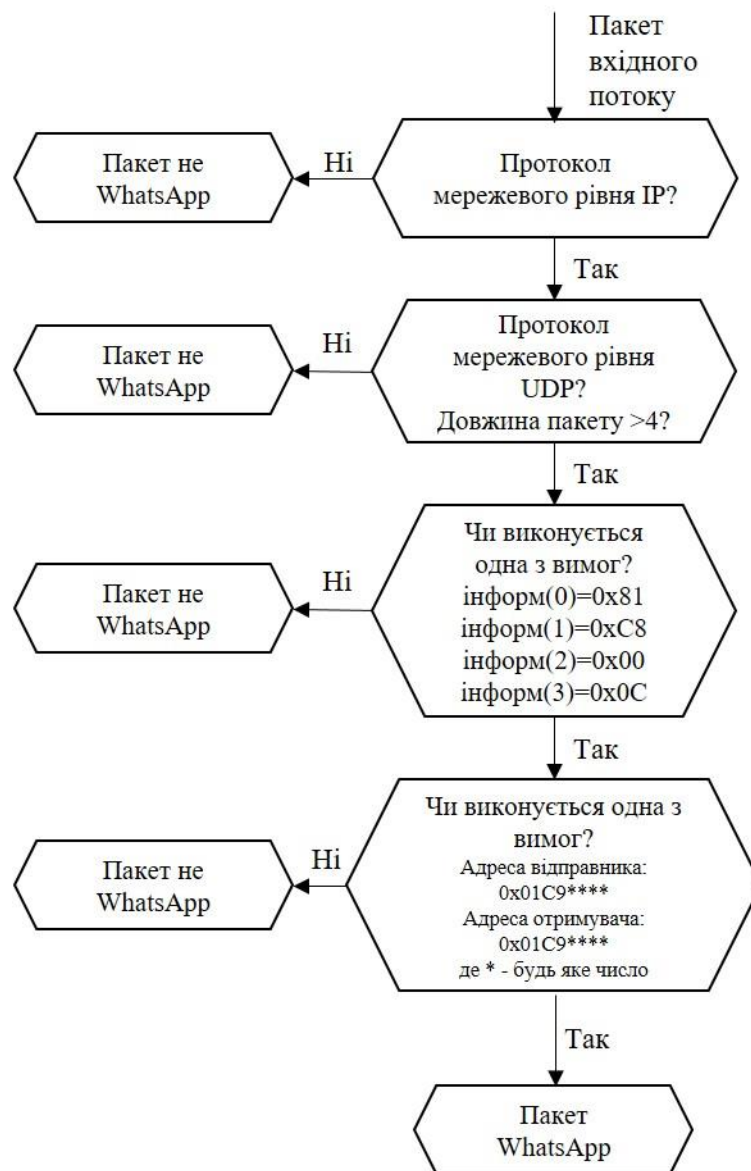


Рисунок 3.4 - Блок-схема підпису розпізнавання трафіку WhatsApp

Джерело: розроблено автором самостійно

На цих діаграмах видно, що існує значна розбіжність в методах перевірки дорожнього руху. Перевіримо достовірність цих сигнатур під час експерименту.

При перевірці розпізнавання додатків системою DPI ми отримали понад 300 експериментів. Для ідентифікації даних був переданий той же файл об'ємом 1,7 Мб, відтворювався той же 20-секундний звук для мови, і 20-секундна трансляція відтворювалася для відео.

Оскільки експеримент неоднорідний, розрахунки проводилися на основі основних понять і визначень теорії ймовірностей за такими формулами (3.1), (3.2), (3.3), (3.4):

$$P_t = \begin{cases} \frac{DPI}{S}, & DPI \leq S \\ \frac{S - |S - DPI|}{S}, & DPI \geq S \end{cases} \quad (3.1)$$

$$P_f = \begin{cases} \frac{\sum_{i=0}^k \overline{DPI}i}{S}, & DPI \leq S \\ \frac{S - |S - \overline{DPI}|}{S}, & DPI \geq S \end{cases} \quad (3.2)$$

$$P_n = \frac{S - \sum_{i=0}^k \overline{DPI}i - \sum_{i=0}^k DPIi + \sum_{i=0}^k \widetilde{DPI}i}{S} \quad (3.3)$$

$$P = P_t + P_f + P_n \quad (3.4)$$

де,

$P_t$  (Імовірність правильного спрацювання системи) - ймовірність того, що трафік точно визначений за статистичним критерієм (формула 3.1);

$P_f$  (False Positive Probability) - імовірність того, що трафік був неправильно відхилений статистичним критерієм або що початковий трафік був помилково прийнятий за помилковий трафік (формула 3.2);

$P_n$  (Імовірність невдачі) - ймовірність того, що система не визнає, що в даному сеансі зв'язку використовувалася заявка, що цікавить, (формула 3.3);

$DPIi$  - обсяг трафіку, некоректно розпізнається системою DPI;

$\overline{DPI}i$  - обсяг трафіку, коректно розпізнається системою DPI;

$\widetilde{DPI}i$  - обсяг трафіку, що не розпізнається системою DPI;

$S$  – еталонний трафік, що передається додатком.

Результати, отримані в ході експерименту, будуть узагальнені у вигляді графіків і проаналізовані показники сигнатур (рисунках 3.5, 3.6, 3.7).

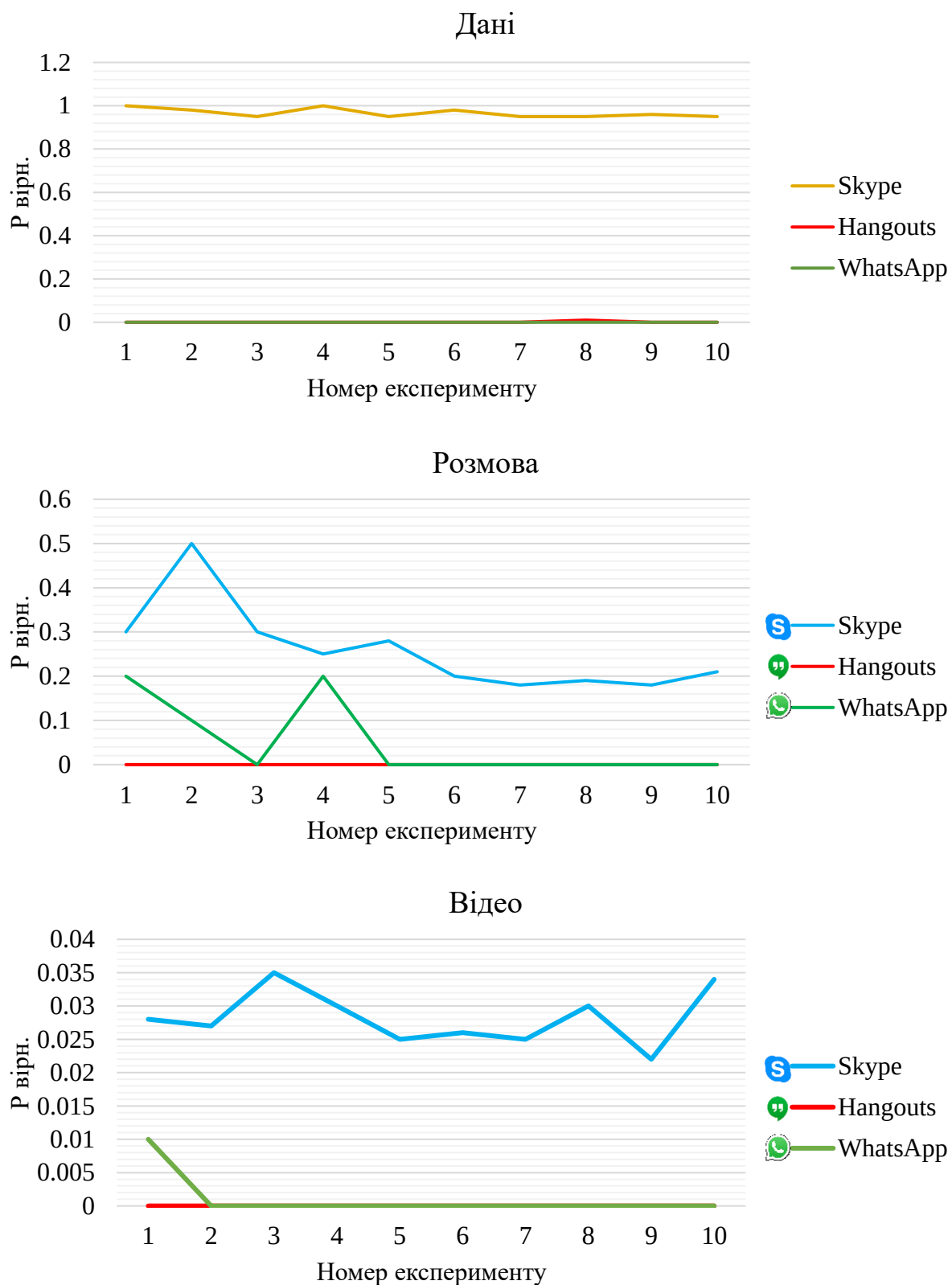


Рисунок 3.5 - Графіки, що показують ймовірність спрацювання системи в результаті експерименту

Джерело: розроблено автором самостійно

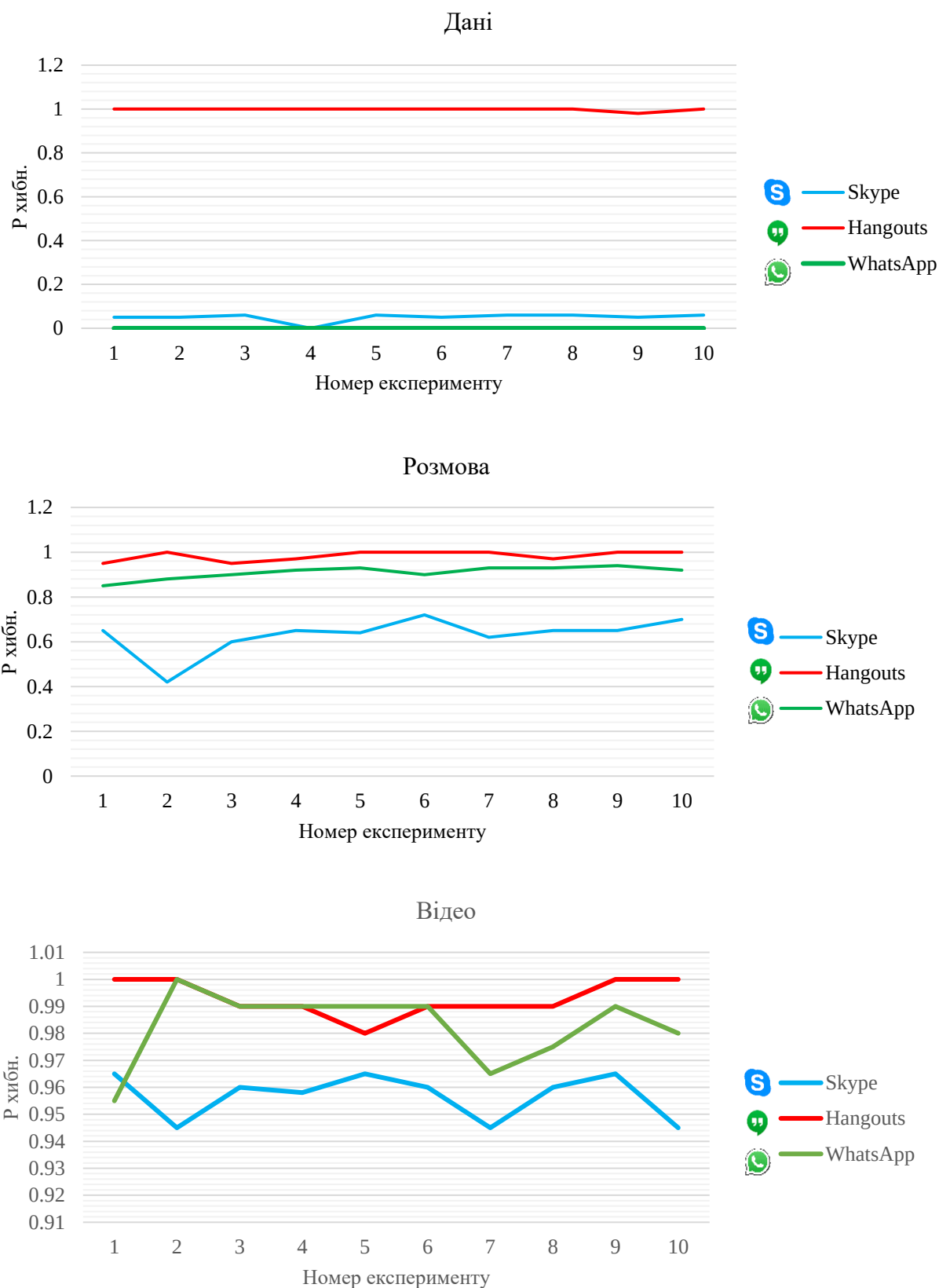


Рисунок 3.6 - Графіки, що показують ймовірність помилкової тривоги системи в результаті експерименту

Джерело: розроблено автором самостійно

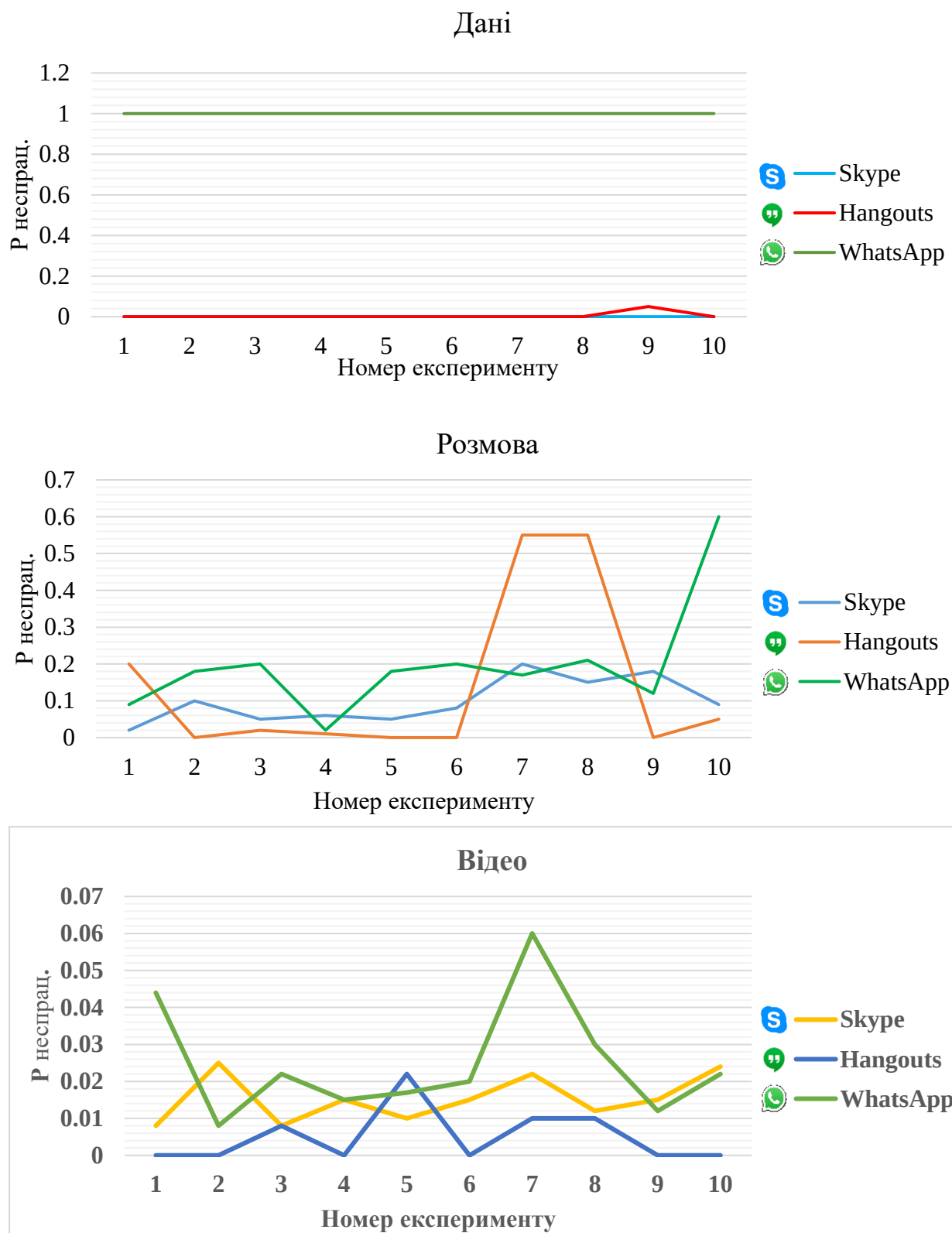


Рисунок. 3.7 - Графіки, що відображають ймовірність відмови системи в результаті експерименту

*Джерело: розроблено автором самостійно*

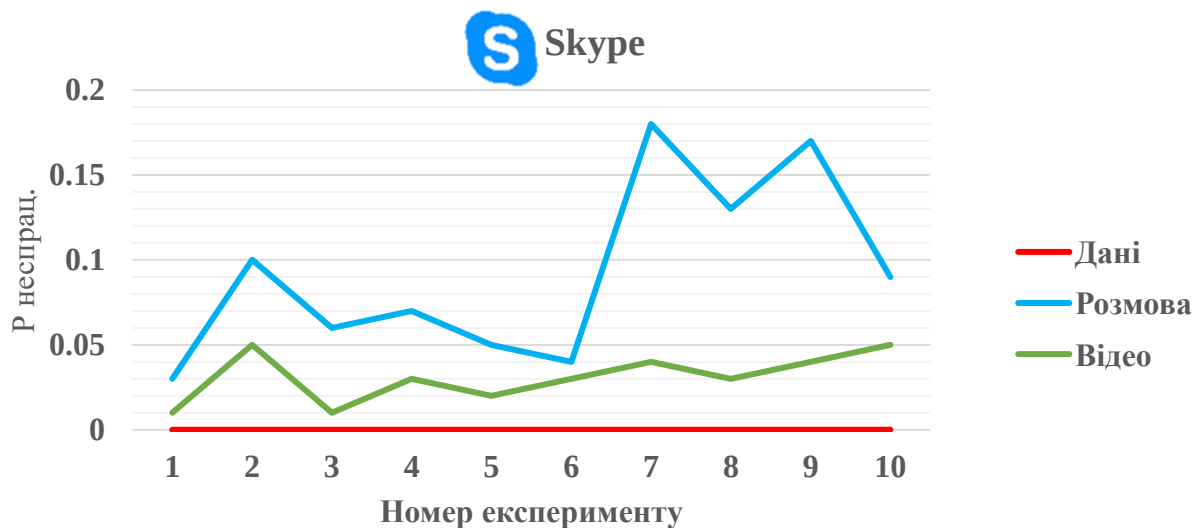
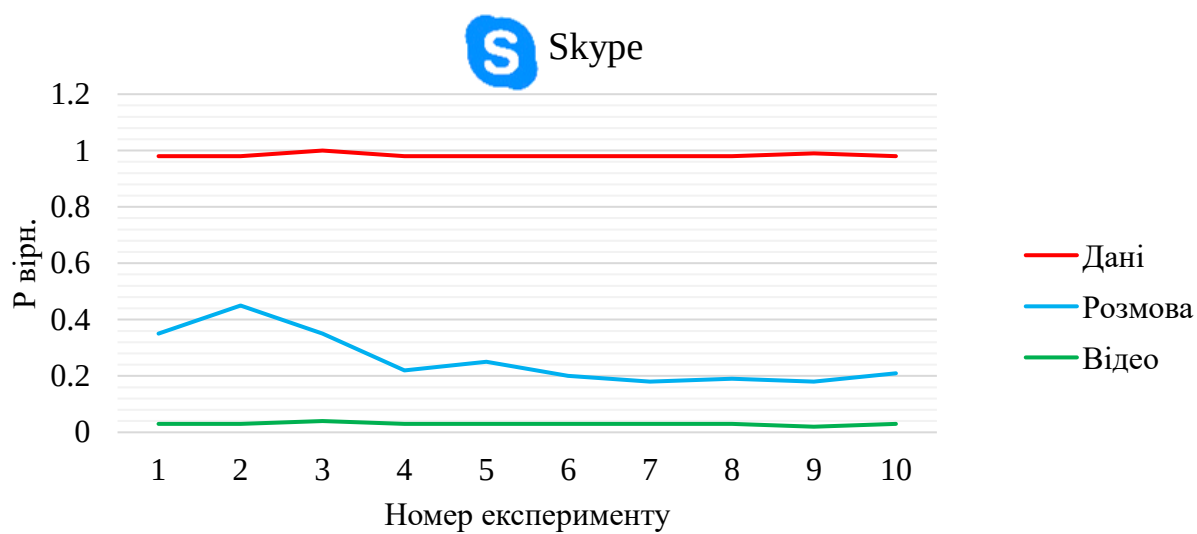
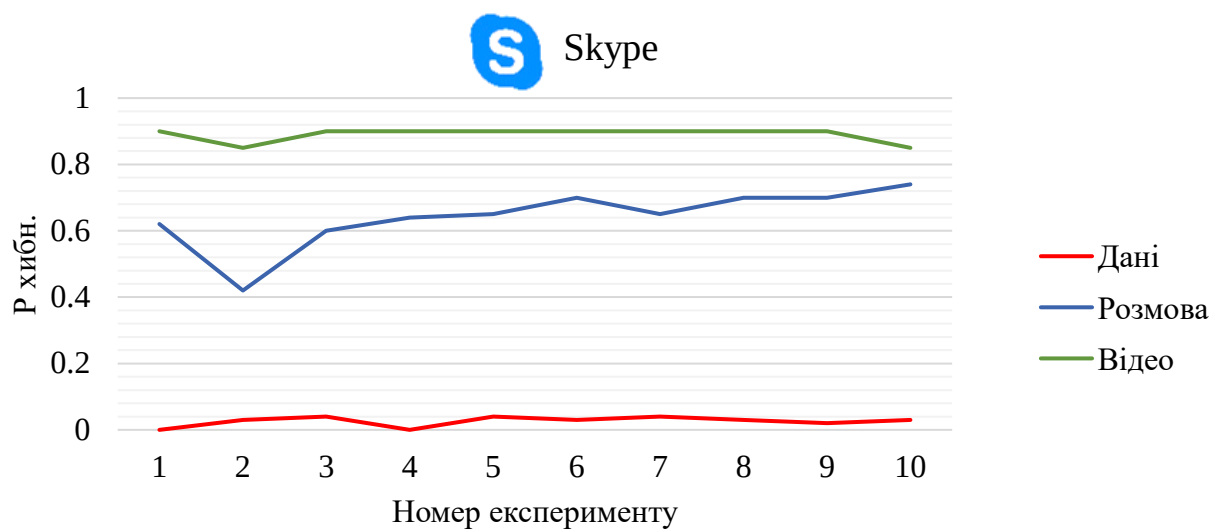


Рисунок 3.8. - Графіки, що показують реакцію системи на ОТТ-сервіс Skype в результаті експерименту

*Джерело: розроблено автором самостійно*

## 3.2 Статистичний аналіз результатів

Дані, отримані в процесі обробки, піддавалися статистичному аналізу з використанням характеристик, виражених формулами (3.5) – (3.10):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.5)$$

де,  $\bar{X}$  (середнє значення) - характеристика, рівновіддалена між найменшим і найбільшим значеннями.

$$D[X] = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad (3.6)$$

де,  $D[X]$  (Дисперсія випадкової величини) — міра розкиду значень випадкової величини відносно її очікуваного значення.

$$R = X_{max} - X_{min} \quad (3.7)$$

де,  $R$  (Range of variation) - числова характеристика, рівна різниці між найменшим і найбільшим їх значеннями, показує межі, в яких змінюється значення ознаки в досліджуваній популяції.

$$q = \frac{R}{\bar{X}} \quad (3.8)$$

де,  $q$  (Relative Range of Variation) - відношення діапазону варіації до середнього. Відображає відносне коливання крайніх значень ознаки навколо середнього значення.

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n X_i - \bar{X}}{n} \quad (3.9)$$

де А (Середнє лінійне відхилення) - середнє арифметичне абсолютних відхилень індивідуальних значень ознаки від середнього.

$$p = \frac{\sqrt{D[X]}}{\bar{X}} \quad (3.10)$$

де, р (Коефіцієнт варіації) - характеристика, що дозволяє судити про однорідність генеральної сукупності:

- < 0,17 – абсолютно однорідний;
- 0,17–0,33 – досить однорідний;
- 0,35–0,40 – недостатньо однорідний;
- 0,40–0,60 – свідчить про велике коливання чисельності населення.

Розглянемо аналіз статистичних характеристик для досліджуваних ОТТ-сервісів.

Таблиця 3.1 - Розрахункові значення ймовірності коректного спрацювання

| Застосування | Тип трафіку | Середні | Дисперсія значення | Діапазон варіацій | Середнє лінійне відхилення | Відносний діапазон варіацій | Коефіцієнт варіації |
|--------------|-------------|---------|--------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Skype        | Дані        | 0,9731  | 0,0002             | 0,0402            | 0,0092                     | 0,0001                      | 0,0126              |
|              | Мовлення    | 0,2564  | 0,0096             | 0,3230            | 0,0710                     | 0,0188                      | 0,3826              |
|              | Відео       | 0,0282  | 0,0000             | 0,0128            | 0,0050                     | 0,0003                      | 0,1351              |
| Hangout      | Дані        | 0,0000  | 0,0000             | 0,0000            | 0,0000                     | 0,0000                      | 0,0000              |
|              | Мовлення    | 0,0000  | 0,0000             | 0,0000            | 0,0000                     | 0,0000                      | 0,0000              |
|              | Відео       | 0,0000  | 0,0000             | 0,0000            | 0,0000                     | 0,0000                      | 0,0000              |
| WhatsApp     | Дані        | 0,0000  | 0,0000             | 0,0000            | 0,0000                     | 0,0000                      | 0,0000              |
|              | Мовлення    | 0,0470  | 0,0070             | 0,2060            | 0,0660                     | 0,0724                      | 1,7547              |
|              | Відео       | 0,0010  | 0,0000             | 0,0102            | 0,0020                     | 0,0051                      | 3,1623              |

Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження

Таблиця 3.2 - Обчислені значення для ймовірності помилкового спрацювання

| Застосування | Тип трафіку | Середні | Дисперсія<br>значення | Свінг<br>Варіацій | Середнє<br>лінійне<br>відхилення | Відносний<br>діапазон<br>варіацій | Коефіцієнт<br>варіації |
|--------------|-------------|---------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Skype        | Дані        | 0,0269  | 0,0002                | 0,0402            | 0,0090                           | 0,0028                            | 0,4564                 |
|              | Мовлення    | 0,6475  | 0,0070                | 0,2932            | 0,0810                           | 0,0054                            | 0,1288                 |
|              | Відео       | 0,9565  | 0,0000                | 0,0205            | 0,0140                           | 0,0000                            | 0,0073                 |
| Hangout      | Дані        | 0,9880  | 0,0000                | 0,0272            | 0,0041                           | 0,0000                            | 0,0080                 |
|              | Мовлення    | 0,9981  | 0,0001                | 0,0264            | 0,0080                           | 0,0000                            | 0,0090                 |
|              | Відео       | 0,9930  | 0,0000                | 0,0221            | 0,0050                           | 0,0000                            | 0,0070                 |
| WhatsApp     | Дані        | 0,0000  | 0,0000                | 0,0000            | 0,0000                           | 0,0000                            | 0,0000                 |
|              | Мовлення    | 0,8380  | 0,0610                | 0,8075            | 0,1392                           | 0,0361                            | 0,2940                 |
|              | Відео       | 0,9840  | 0,0000                | 0,0443            | 0,0120                           | 0,0001                            | 0,0150                 |

Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження

Таблиця 3.3 - Розрахункові значення ймовірності відмови

| Застосування | Тип трафіку | Середні | Дисперсія<br>значення | Свінг<br>Варіацій | Середнє<br>лінійне<br>відхилення | Відносний<br>діапазон<br>варіацій | Коефіцієнт<br>варіації |
|--------------|-------------|---------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Skype        | Дані        | 0,0000  | 0,0000                | 0,0000            | 0,0010                           | 0,0000                            | 0,0000                 |
|              | Мовлення    | 0,0961  | 0,0030                | 0,1751            | 0,0870                           | 0,0155                            | 0,5679                 |
|              | Відео       | 0,0153  | 0,000046              | 0,0204            | 0,0150                           | 0,0015                            | 0,4438                 |
| Hangout      | Дані        | 0,0118  | 0,0001                | 0,0272            | 0,0040                           | 0,0024                            | 0,6339                 |
|              | Мовлення    | 0,1179  | 0,0514                | 0,5600            | 0,1720                           | 0,2181                            | 1,9239                 |
|              | Відео       | 0,0069  | 0,0000                | 0,0221            | 0,0050                           | 0,0033                            | 0,9839                 |
| WhatsApp     | Дані        | 1,0000  | 0,0000                | 0,0000            | 0,0010                           | 0,0000                            | 0,0000                 |
|              | Мовлення    | 0,3044  | 0,2405                | 1,6748            | 0,2770                           | 0,3951                            | 1,6113                 |
|              | Відео       | 0,0251  | 0,0003                | 0,0529            | 0,0120                           | 0,0051                            | 0,6385                 |

Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження

### **3.3 Результати статистичного аналізу**

Наведені вище розрахунки показують, що для ймовірності коректної роботи розкид середніх значень для різних типів трафіку надзвичайно великий, що може свідчити про відсутність позитивної узгодженості в роботі системи DPI при розпізнаванні різних типів трафіку і додатків.

Дисперсія показує, що для одного і того ж типу трафіку в межах однієї програми результат виявлення приблизно однаковий.

Діапазон варіації, середнє лінійне відхилення для різних типів трафіку одного і того ж додатка, відрізняється через коливання значень в різних експериментах.

Коефіцієнт варіації дозволяє судити про однорідність генеральної сукупності для даних і відео, і відсутність однорідності для мови.

Варто відзначити, що при однаковій сигнатурі різні типи трафіку мають різний ступінь виявлення, що говорить про те, що сигнатури не розвинені і неможливо використовувати одну і ту ж сигнатуру для різних типів трафіку в рамках однієї програми.

### **3.4 Результати дослідження**

1) При аналізі сигнатур різних OTT-сервісів можна помітити, що Skype, як давно поширений, добре зарекомендував себе додаток, має набагато кращу сигнатуру, ніж нові додатки (з вивчених), які в даний час мають менш розвинені сигнатури, що негативно позначається на використанні системи DPI для впровадження певних політик для конкретного типу трафіку (трафіку конкретного додатка).

2) Дослідження показали, що для додатків зі слабкими сигнатурами використовуйте DPI для ідентифікації трафіку

OTT-сервіси не допускаються, так як відбуваються збої і помилкові спрацювання через близькість або некоректні підписи, в зв'язку з чим ми можемо пропустити цікавить нас трафік, або застосувати до нього некоректні політики, що спотворить результати роботи системи.

Варіантами вирішення цих завдань можуть бути такі підходи:

- 1) Використання комбінованих методів аналізу трафіку для підвищення розпізнавання трафіку, включаючи поведінковий та евристичний аналіз;
- 2) Додаткова розробка підписів;
- 3) Чітке маркування послуг (з боку виробника OTT-сервісу). OTT-сервісам необхідно співпрацювати з операторами зв'язку, щоб надавати актуальні підписи та ідентифікатори. Забезпечення інтеоперабельності не на рівні невідомого трафіку, а на рівні угоди між оператором зв'язку та OTT-сервісами.

Ідентифікація трафіку в загальному потоці за допомогою маркування трафіку вимагатиме від оператора наявності великої кількості додатків на кожному крайньому вузлі, що легко вирішується в SDN, оскільки правила можуть бути задані контролеру.

Software Defined Network (SDN) - це концепція, яка передбачає поділ площини управління і передачу трафіку, що дозволяє змінювати методи побудови мереж і їх функціонування.

Архітектура програмно-визначеної мережі складається з трьох рівнів, доступ до яких здійснюється через відкриті стандарти:

- 1) Рівень інфраструктури. Складається з мережевих пристроїв, що забезпечують передачу даних (комутатори і канали передачі даних);
- 2) Рівень контролю. Забезпечує логічно централізоване управління, що забезпечує рух трафіку на рівні інфраструктури за допомогою відкритого протоколу OpenFlow;
- 3) Прикладний рівень. Включає в себе набір додатків-контролерів, які призначені для реалізації ефективних функцій управління мережею.

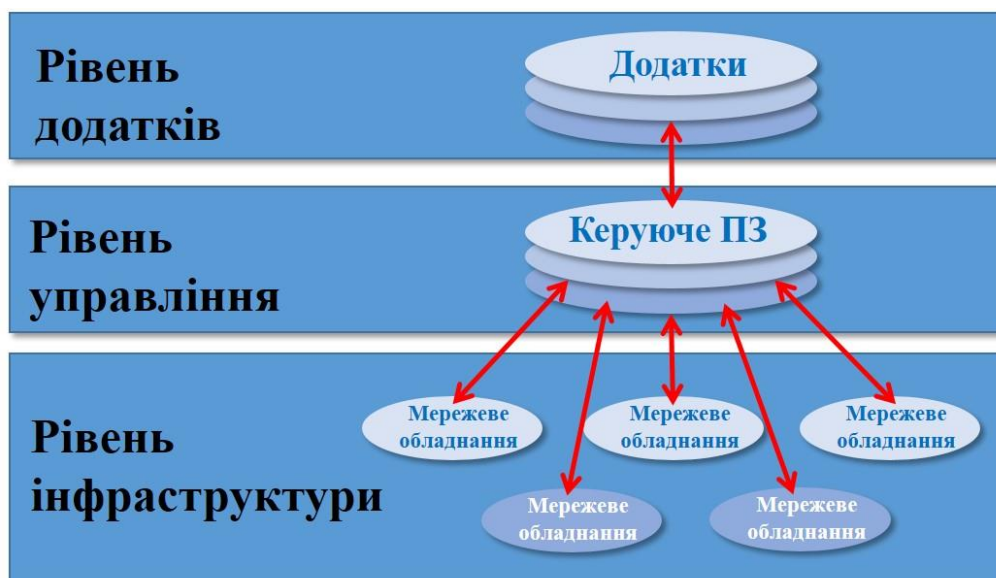


Рисунок 3.9 - Архітектура програмно- конфігурованої мережі.

*Джерело: розроблено автором самостійно*

Суть SDN полягає у фізичному відокремленні площини управління від рівня даних шляхом передачі логічно централізованого управління контролеру та спрощення елементів рівня передачі даних.[32]

Основні пристрої:

- 1) комутатор OpenFlow.

Комутатор в PCS реалізує тільки функції передачі даних. Комутатор PCS витягує заголовок з вхідного пакета даних; Якщо пристрій вміє обробляти пакети з цим заголовком, воно діє згідно з попередньо завантаженою в нього таблицею, або відправляє запит контролеру, який в свою чергу відправляє комутатору порядок дій для обробки цих пакетів.

Суть проточних таблиць відображена на рисунку 3.10.

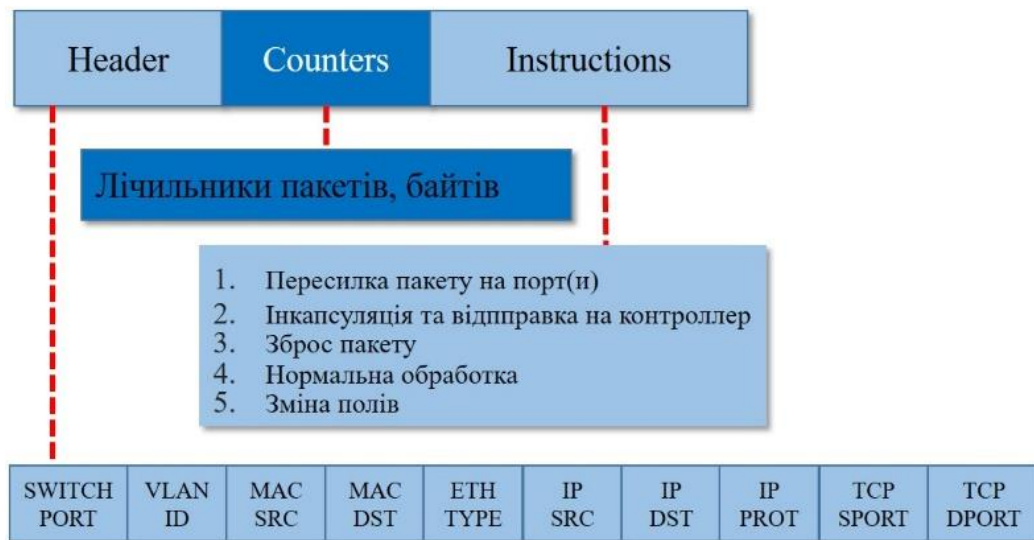


Рисунок 3.10 - Сутність таблиці потоків.

Джерело: *The Role of DPI in an SDN World*

## 2) Контролер OpenFlow.

Контролер – це спеціальне програмне забезпечення, яке встановлюється на виділений фізичний сервер у мережі. Контролер управляє всіма мережевими ресурсами.

## 3) Захищений канал.

Зв'язок між контролером і комутатором здійснюється за протоколом OpenFlow.

DPI може надавати детальні дані для інформування SDN-контролера про стан мережі та її потоки трафіку. Це дозволяє SDN розглядати мережу як єдиний ресурс, а не як різні групи пристроїв. Зрештою, поєднання SDN і DPI дозволить застосовувати політики управління та автоматизації до мережі в цілому.

Розглянемо особливості розміщення DPI-систем на різних рівнях[34-36]:

З відносною легкістю програмне забезпечення DPI можна вбудовувати на рівні бізнес-додатків. Однак деякі програми можуть захотіти мінімізувати вплив вузьких місць, створених довгостроковою передачею даних.

З огляду на потенційну затримку, це розгортання DPI найкраще підходить для мережових додатків, не критичних за часом.

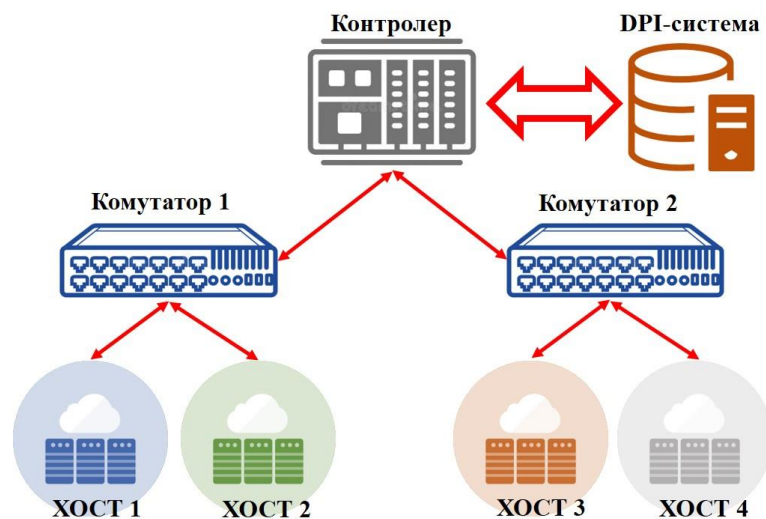


Рисунок 3.11 - Схема розташування DPI системи на рівні управління.

*Джерело: розроблено автором самостійно*

Програмне забезпечення DPI можна розгорнути на контролері SDN. Однак частина неідентифікованого трафіку повинна бути відправлена в систему DPI для розпізнавання, що призведе до проблем з масштабованістю та продуктивністю. Після цього всі наступні однотипні потоки не потребують аналізу DPI, що може призвести до того, що вони «небезпечні» пакети відсутні.

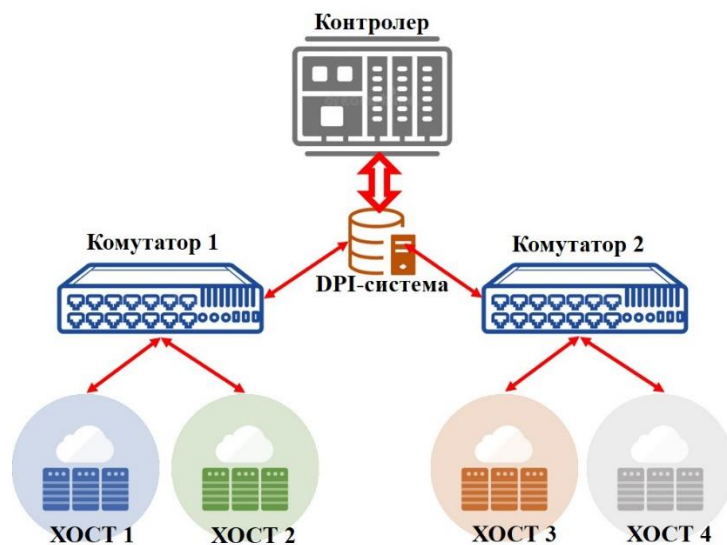


Рисунок 3.12 - Схема розташування DPI системи на перемикачах.

*Джерело: розроблено автором самостійно*

Мережеві пристрої також можуть запускати програмне забезпечення DPI, і після ідентифікації програм вони можуть або застосувати заздалегідь визначену політику, або надіслати цю інформацію контролеру SDN або мережевим програмам, а потім отримати правило. Реалізація системи DPI на комутаторі дуже вигідна, якщо у нас є жорстка вимога щодо обмеження будь-якого трафіку, тому що абсолютно всі пакети будуть проходити через систему і будуть піддані ретельній перевірці. Такий вплив вплине на продуктивність мережі.

У порівнянні з іншими варіантами, реалізація DPI на вузловому рівні мінімізує затримку. Однак такий підхід є витратним, оскільки вимагає найбільшої кількості пристроїв у мережі.

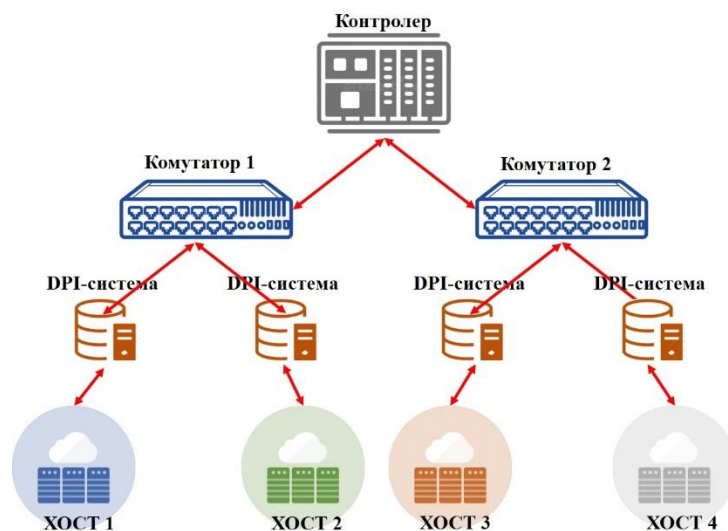


Рисунок 3.13 - Компонування DPI системи на пристроях користувачів

*Джерело: розроблено автором самостійно*

З огляду на вищесказане, використання SDN-технологій є одним з найбільш актуальних варіантів вирішення завдань для операторів зв'язку, які з'явилися в результаті неконтрольованого зростання трафіку OTT-сервісів.

Перевага SDN полягає в тому, що віртуальна мережа функціонально динамічніша, ніж традиційне апаратне та програмне забезпечення аналогів, так як вони можуть змінюватися відповідно до зміни обсягу трафіку.

Реалізація оператором технології SDN визначається досягненням найкращої якості передачі певного контенту, присвоєнням різних рівнів пріоритету трафіку, але не варто забувати і про принцип мережевої нейтральності, який ґрунтується на

таких принципах: відсутність дискримінації з боку учасників ринку щодо даних, інформації або додатків; взаємодія між учасниками ринку в інтересах максимального задоволення потреб споживачів, підвищення якості послуг, що надаються; управління трафіком в обсязі, необхідному для забезпечення цілісності мережі і безпеки споживачів і держави; розумне управління трафіком в обсязі, необхідному для виконання умов договору про надання послуг зв'язку на вимогу контрагента, забезпечуючи при цьому загальну базову якість послуги.

Вплив на мережу за допомогою системи DPI не погіршує якість інших користувачів, однак, виділивши «зручний» маршрут для пакетного транспортування, ви можете гарантувати якість конкретним користувачам за заданими видами послуг.

Виходячи з прийнятих в Російській Федерації принципів мережевого нейтралітету, оператор має право на управління трафіком як захід з надання спеціальних послуг з кращою якістю в тих випадках, коли абонент або контрагент прямо заявив про своє бажання отримати такі послуги, але за умови, що рівень якості послуг, що надаються для інших абонентів і контрагентів, не погіршується, до чого ми закликаємо. пропонуючи такий підхід, як спільне використання технологій DPI та SDN. Це дозволить оператору стати не тільки засобом передачі трафіку через свою мережу, а й отримати практичну вигоду за рахунок надання додаткових послуг.

### **3.5 Пріоритетний аналіз системи масового обслуговування**

Система масового обслуговування (CMS) – це система, яка обслуговує вхідні запити.

Схеми руху в системах масового обслуговування традиційно визначаються за класифікацією Кендалла-Башаріна.[2]

У літературі часто використовуються графічні та мнемонічні позначення СВО:

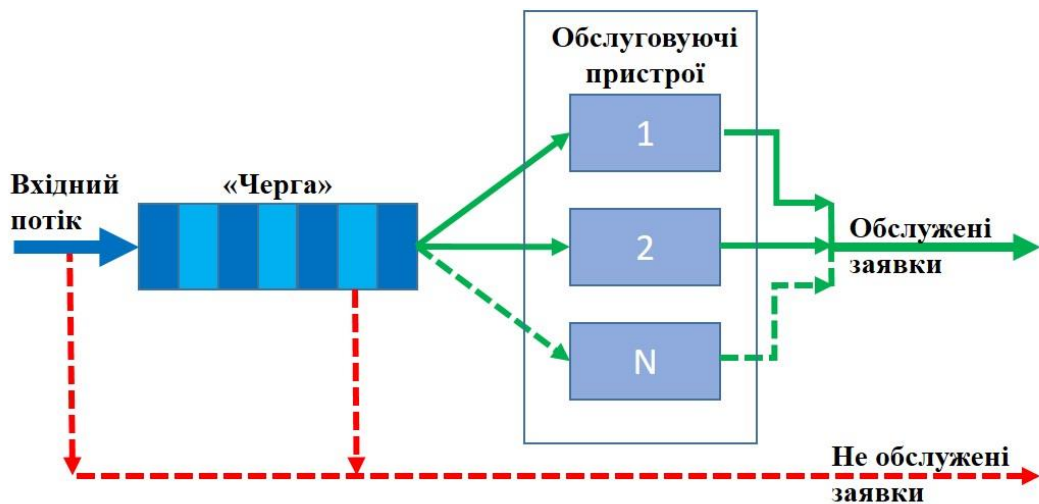


Рисунок 3.14 - Приклад графічного зображення СМО

Джерело: розроблено автором самостійно

Позначення СМО Кендалла-Башаріна являє собою рядок виду  $A/B/C/K/N/D$ .

Значення символів:

A - вказівка характеристик потоку:

M – Марківський - Найпростіший потік (на вході системи замовлення надходять через випадкові проміжки часу, тривалість інтервалів між замовленнями розподіляється за експоненціальним законом);

$MX$  – Batch Markov – Pack Simplest Stream з випадковим числом ордерів  $X$ , що надходять в один момент часу;

$MAP$  - Markovian arriva lProcess - Узагальнений потік Пуассона, проміжки часу між викликами мають неекспоненціальний розподіл;

$BMAP$  – Batch Markovian Arriva lProcess –  $MAP$  з декількома замовленнями одночасно;

$MMPP$  – марковський модулюючий процес droisson – потік Пуассона, в якому додатки утворюють «кластери»;

D – Вироджений розподіл – Детермінований потік;

$E_k$  – розподіл Ерланга – потік Ерланга  $k$ -параметра;

G означає загальний розподіл.

B - Позначення сервісних характеристик:

M – Марківський – Експоненціальний розподіл;

D – вироджений розподіл;

E<sub>k</sub> - розподіл Ерланга;

G означає загальний розподіл.

C - кількість сервісних пристроїв.

K - Кількість місць очікування в черзі.

N - Кількість джерел заявок.

D - Дисципліна вибору черги:

FIFO/FCFS - першим прийшов - першим прийшов / першим прийшов - першим обслужений;

LIFO/LCFS - Останній прийшов - першим пішов/останнім прийшов першим обслужений;

SIRO - обслуговування в довільному порядку;

PNNP – Priority service – вибираємо з черги відповідно до пріоритетів.

Виділяють дві основні дисципліни служби:

З відмовами (відкидається додаток, який знайшов зайнятими всі канали);

Середній час обслуговування запиту (3.11):

$$\bar{t}_{об} = \frac{1}{\mu} = \int_0^{\infty} t_{об} f(t_{об}) dt_{об} \quad (3.11)$$

де:

$\mu$  - інтенсивність потоку послуг, при якій закон розподілу часу обслуговування одного замовлення дорівнює  $f(t_{об})$ ;

$t_{об}$ - час обслуговування за одним запитом;

Імовірність простою каналу (3.12):

$$P_0 = \sum_{i=0}^m \frac{(m\rho)^{i-1}}{i!} \quad (3.12)$$

де,

$m$  - кількість каналів обслуговування;

$\rho$  - навантаження на систему.

Імовірність відмови в обслуговуванні (3.13):

$$P_{\text{отк}} = \frac{(mp)^m}{m!} P_0 \quad (3.13)$$

Імовірність потрапляння в заявки СМО (3.14):

$$P_j = \frac{(mp)^j}{j!} P_0 \quad (3.14)$$

З очікуванням (запит, який знаходить всі канали зайнятими, стає чергою і чекає, поки канал звільниться).

Стационарна середня затримка запитів у черзі (3.15):

$$d = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{m} \quad (3.15)$$

де:

$D_i$  - час, витрачений запитом в чергу запиту  $i$ ;

$S_i$  - час, витрачений претензією  $i$  на обслуговування;

$W_i = D_i + S_i$  - час, необхідний для того, щоб запит  $i$  знаходився в системі;

$Q(t)$  - кількість запитів в черзі в момент часу  $t$ ;

$L(t)$  - число вимог в системі в момент часу  $t$ .

Стационарний середній час, витрачений додатком в СМО (3.16):

$$T = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^m W_i}{m} \quad (3.16)$$

Стаціонарна середня кількість квитків у черзі (3.17):

$$q = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\int_0^T Q(t) dt}{T} \quad (3.17)$$

Усталене середнє число додатків в системі (3.18):

$$L = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\int_0^T L(t) dt}{T} \quad (3.18)$$

У мережі використовуються комбіновані сервісні дисципліни, які при відсутності вільного ресурсу ставлять запит на очікування при наявності вільного місця в черзі:

Обмежена в часі система очікування:

Імовірність того, що додаток залишить систему без обслуговування (3.19):

$$P_H = \frac{\frac{\beta}{\alpha} * \frac{a^n}{n!} \sum_{s=1}^{\infty} \frac{w a^w}{\prod_{m=1}^s (n + m\beta)}}{\sum_{k=0}^n \frac{a^k}{k!} + \frac{a^n}{n!} \sum_{w=1}^{\infty} \frac{a^w}{\prod_{m=1}^w (m + m\beta)}} \quad (3.19)$$

де:

V - обернене до середнього часу очікування;

w - кількість заявок в черзі;

Параметри  $\alpha$  і  $\beta$  (3.20), (3.21) виражають середнє число звернень і середнє число відправлень заявки в черзі, які припадають на середній час обслуговування одного запиту.

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.20)$$

$$\beta = \frac{\nu}{\mu} \quad (3.21)$$

Система з обмеженою кількістю додатків:

Імовірність відмови в обслуговуванні запиту становить (3.22):

$$\rho_{\text{отк}} = p_0 \rho^{m+1} \quad (3.22)$$

Середня кількість заяв у черзі (3.23)

$$q = \rho^2 \frac{1 - \rho^m (m(1 - \rho) + 1)}{(1 - \rho)^2} p_0 \quad (3.23)$$

Середня кількість заявок у СМО (3.24):

$$L = \rho \left( 1 + \rho \frac{1 - \rho^n (n(1 - \rho) + 1)}{(1 - \rho)^2} \right) p_0 \quad (3.24)$$

де,  $n$  – ліміт черги.

Система називається відносним пріоритетом, якщо при надходженні нового запиту, що має більш високий пріоритет, система не перериває обслуговування запиту, який в даний момент знаходиться в системі. Якщо при надходженні запиту з більш високим пріоритетом система перериває обслуговування поточного запиту, то така система викликається з абсолютним пріоритетом.

Давайте розглянемо загальну систему[1]:

На вхід однолінійного СМО очікувано надходить  $r$  незалежних простих потоків,  $k$ -й потік має інтенсивність  $\lambda_k$ .

Запити з  $k$ -го потоку будуть називатися пріоритетними для запитів.

Час обслуговування запитів з  $k$ -го потоку характеризується функцією розподілу  $B_k(t)$  з перетворенням  $B_k(s)$  Лапласа-Штільтєса і кінцевими початковими моментами (формула 25):

$$b_m^{(k)} = \int_0^\infty t^m dB_k(t) \quad (3.25)$$

Запитам з  $i$ -потоку надається вищий пріоритет, ніж запитам з  $j$ -потоку, якщо  $i < j$ . Припустимо, що це система з відносним пріоритетом і знайдемо розподіл часу  $w_k(t)$  очікування пріоритетного запиту  $k$ , якщо він надійшов в систему в момент часу  $t$ , для системи з відносними пріоритетами (3.26), (3.27):

$$W_k(s) = \int_0^\infty e^{-sx} dW_k(x) \quad (3.26)$$

$$W_k(x) = \lim_{t \rightarrow \infty} P\{w_k(t) < x\}, x > 0 \quad (3.27)$$

Середній час очікування в системі пріоритетних  $k$  запитів (3.28):

$$W_1^{(k)} = \frac{\sum_{i=1}^r \lambda_i b_2^{(i)}}{2} \quad (3.28)$$

Однак для СМО виду  $G|G|1$  не може отримати точних аналітичних результатів для середньої довжини черги та тайм-ауту запитів у системі.

Для того, щоб оцінити доцільність використання технології DPI для QoS, необхідно розробити математичну модель. Це дозволить з'ясувати, наскільки

ін'єкція DPI поліпшить параметри QoS, точно визначивши тип трафіку.

Моделювання цієї системи з фізичної точки зору має на увазі обробку вхідних запитів за принципом PNP. Такий підхід дозволяє нам отримувати необхідну нам послугу запиту. Однак для того, щоб обслуговувати замовлення з пріоритетом, точний розрахунок характеристик можливий при дотриманні наступних умов: потік замовлень пуассонівський; СМО є одноканальним; Обмежень по черзі немає.[5]

Якщо СМО обслуговує кілька типів запитів, що відрізняються термінами обслуговування. Припустимо, що СМО обслуговує  $G$  типи квитків.

$P_i$  – частка заявок з  $i$ -м рівнем пріоритету в потоці заявок, що надходять до ОКУ.

$x_i$  - середній час обслуговування запиту  $i$ -го типу;

$D_i$  - дисперсія часу обслуговування кожного типу запиту;

Припустимо, що в СМО є значення (рівні) пріоритету  $R$ . Найвищий пріоритет позначимо цифрою 1, а найнижчий - числом  $R$ . Середні характеристики СМО для замовлень вказуються без індексів.

Середній час обслуговування запиту (3.29):

$$x = \sum_{i=1}^R P_i x_i \quad (3.29)$$

Другі точки відліку часу обслуговування для кожного типу запиту (3.30):

$$\alpha_i = D_i + x_i^2 \quad (3.30)$$

Примітка. Другим початковим моментом випадкової величини є математичне сподівання квадрата цієї величини.

Друга точка відліку в часі обслуговування всіх замовлень (3.31):

$$(3.31)$$

$$\alpha = \sum_{i=1}^R P_i \alpha_i$$

Дисперсія часу обслуговування всіх замовлень (3.32):

$$D = a - x^2 \quad (3.32)$$

Коефіцієнт варіації часу обслуговування всіх запитів (3.33):

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{D}}{x} \quad (3.33)$$

При розрахунках характеристик СМО з пріоритетами використовуються значення навантаження на СМО, створені запитами кожного рівня пріоритетності (3.34):

$$p_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i} \quad (3.34)$$

де:

$\lambda_i$  - інтенсивність потоку заявок з  $i$ -м рівнем пріоритету;

$\mu_i$  - інтенсивність обслуговування додатків з  $i$ -м рівнем пріоритету;

$x_i$  - середній час обслуговування запитів з  $i$ -м рівнем пріоритету.

Навантаження на СМО, що формується всіма додатками, визначається наступним чином (3.35):

$$\rho = \sum_{i=1}^R \rho_i \quad (3.35)$$

У багатьох випадках розрахунок характеристик пріоритетних СМО зручно починати з розрахунку середнього часу перебування в черзі за запитами з різним рівнем пріоритетності. Для СМО з відносним пріоритетом ці значення обчислюються наступним чином:

- Для застосувань з найвищим пріоритетом (3.36):

$$w_1 = \frac{\sum_{i=1}^R \rho_i x_i (1 + \varepsilon_i^2)}{2(1 - \rho_1)} \quad (3.36)$$

де  $\varepsilon_i$  - коефіцієнт зміни часу обслуговування замовлень з рівнем пріоритетності  $i$

Для додатків з нижчими пріоритетами (3.37):

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^R \rho_j x_j (1 + \varepsilon_j^2)}{2(1 - \sum_{j=1}^{i-1} \rho_j)} \quad (3.37)$$

Для ОКУ з абсолютними пріоритетами середній час запитів у черзі розраховується за такими формулами:

- Для застосувань з найвищим пріоритетом (3.38):

$$w_1 = \frac{\rho_1 x_1 (1 + \varepsilon_1^2)}{2(1 - \rho_1)} \quad (3.38)$$

Для додатків з нижчим пріоритетом (3.39):

$$w_i = \frac{x_i \sum_{j=1}^{i-1} \rho_j}{1 - \sum_{j=1}^{i-1} \rho_j} + \frac{\sum_{j=1}^i \rho_j x_j (1 + \varepsilon_j^2)}{2(1 - \sum_{j=1}^{i-1} \rho_j)} \quad (3.39)$$

Інші характеристики СМО визначаються за такими формулами:

Середній час перебування в черзі (3.40):

$$(3.40)$$

$$W = \frac{\sum_{i=1}^R \lambda_i w_i}{\lambda} = \sum_{i=1}^R P_i w_i$$

Середній час, витрачений додатком в ОКУ (3.41):

$$T = \frac{\sum_{i=1}^R \lambda_i (w_i + x_i)}{\lambda} \quad (3.41)$$

Середня кількість заявок у СМО (3.42):

$$L = \sum_{i=1}^R \bar{L}_i = \lambda_i t \quad (3.42)$$

Середня кількість запитів на обслуговування (середня кількість зайнятих каналів) (3.43):

$$\bar{s}_i = \rho_i \quad (3.43)$$

Середня кількість заяв у черзі (3.44):

$$q = \sum_{i=1}^R q_i = \sum_{i=1}^R (\bar{L}_i - \bar{s}_i) \quad (3.44)$$

### 3.6 Моделювання сервісної мережі з впровадженням системи DPI

Розглянемо мережеву модель з реалізацією системи DPI для забезпечення необхідної якості обслуговування. Коли користувач звертається до ОТТ-сервісу для отримання певної послуги, сервіс має обробити запит та забезпечити

необхідний обмін інформацією. У цій моделі DPI знаходиться на краю мережі оператора, через яку проходить весь трафік. У системі DPI відбувається експертиза пакетів, що пропускаються, і застосування певних механізмів аналізу трафіку. У нашому випадку використовувався сигнатурний аналіз. Детальні результати цього аналізу представлені в главі 3. Варто відзначити, що істотну роль даного методу грає правильне визначення відношення пакета до програми, яке використовує даний додаток і типу даних, які передаються в цьому пакеті.[8]

Пакети пріоритезуються відповідно до конкретних характеристик досліджуваного трафіку. Після ідентифікації трафіку система DPI призначає пакету пріоритет, для якого в майбутньому буде побудований оптимальний маршрут і змінено час перебування в чергах.

Розглянемо систему черги, в якій 10 000 користувачів, згідно зі статистикою Ericsson, здійснюють в середньому 50 000 голосових дзвінків через IP-мережу, які тривають 180 секунд, 30 000 відеосесій, які тривають 500 секунд, а решту даних (включаючи системні) передають в середньому 2 000 000 протягом 10 секунд.

На основі експерименту можна побачити, що не весь трафік обслуговується з необхідною якістю через відсутність підписів. Це має глобальний вплив на модель, оскільки частина критичного трафіку із затримкою затримуватиметься в чергах, що дозволить рухатися вперед більш стійкому до очікування трафіку.

Експеримент No1 показує розрахунки при 100% розпізнаванні трафіку системою DPI, Експеримент No2 – 80%, Експеримент No3 – 60%.

Знайдемо деякі допоміжні значення, які будуть потрібні для подальших обчислень, використовуючи формули (3.29)-(3.35), значення розраховані для всіх пакетів сесії, результати представлені в таблицях 3.4, 3.5, 3.6:

Таблиця 3.4. - Розрахункові допоміжні значення

| Пункт<br>No | Відсоток<br>голосових<br>сеансів<br>(сеансів/с<br>ек) | Частка<br>відеосесій<br>(сеансів/с<br>ек) | Відсоток<br>сеансів<br>передачі<br>даних<br>(сеансів/с<br>ек) | Середній<br>час<br>обробки<br>сеансу | Дисперсія<br>часу<br>обслугову-<br>вання<br>голосової<br>сесії (с*с) | Різниця в часі<br>для сеансів<br>показу типу<br>відео (s*s) | Дисперсія<br>часу<br>обслугову-<br>вання сеансу<br>даних (с*с) |
|-------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1           | 0,024000                                              | 0,014400                                  | 0,961500                                                      | 0,025000                             | 0,032400                                                             | 0,250000                                                    | 0,000196                                                       |
| 2           | 0,019200                                              | 0,015400                                  | 0,965400                                                      | 0,025481                             | 0,032400                                                             | 0,240100                                                    | 0,000225                                                       |
| 3           | 0,016800                                              | 0,016300                                  | 0,966800                                                      | 0,025325                             | 0,000400                                                             | 0,002500                                                    | 0,000625                                                       |

Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження

Таблиця 3.5 - Розрахункові допоміжні значення

| Пункт<br>No | Другі початкові<br>часові бали для<br>обслугову-вання<br>голосових запитів<br>(s*s) | Другі<br>початкові<br>часові бали у<br>відеоролику<br>(s*s) | Пункти<br>другого часу<br>початку<br>обслугову-<br>вання<br>претензій<br>даних (s*s) | Другий<br>початковий<br>момент часу<br>для всіх<br>запитів (S*s) | Дисперсія<br>часу<br>обслугову-<br>вання для всіх<br>замовлень<br>(s*s) | Коефіцієнт<br>зміни часу<br>для всіх<br>замовлень |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1           | 0,064800                                                                            | 0,500000                                                    | 0,000390                                                                             | 0,009150                                                         | 0,008521                                                                | 3,692400                                          |
| 2           | 0,064800                                                                            | 0,480200                                                    | 0,000450                                                                             | 0,009070                                                         | 0,008419                                                                | 3,600960                                          |
| 3           | 0,000800                                                                            | 0,005000                                                    | 0,001250                                                                             | 0,001300                                                         | 0,000662                                                                | 1,016290                                          |

Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження

Таблиця 3.6 - Розрахункові допоміжні значення

| Пункт<br>No | Навантаження на<br>СМО, створене<br>голосовими<br>сесіями | Навантаження на<br>СМО,<br>згенероване<br>відеосесіями | Навантаження на<br>СМО, згенероване<br>сеансами даних | Навантаження на<br>СМО, що<br>генерується всіма<br>сесіями |
|-------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1           | 0,104167                                                  | 0,173611                                               | 0,324074                                              | 0,601852                                                   |
| 2           | 0,083333                                                  | 0,181482                                               | 0,348611                                              | 0,613426                                                   |
| 3           | 0,008102                                                  | 0,019676                                               | 0,581887                                              | 0,609664                                                   |

Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження

Розрахуємо характеристики СМО для різних сервісних дисциплін за формулами (3.36)-(3.44).

Службова дисципліна FIFO, результати представлені в таблиці 3.7:

Таблиця 3.7 - Розрахункові значення характеристик для службової дисципліни FIFO

| Пункт<br>No | Середній час<br>(и) черги<br>сеансів | Середній час,<br>проведений<br>сеансом у<br>CMR(ах) | Середня кількість<br>сеансів у CMR<br>(сеансах) | Середня<br>кількість<br>обслужених<br>сеансів (сесій) | Середня кількість<br>сеансів у черзі<br>(сесії) |
|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1           | 0,276511                             | 0,301512                                            | 7,258613                                        | 0,601850                                              | 6,656760                                        |
| 2           | 0,282365                             | 0,307846                                            | 7,411108                                        | 0,613430                                              | 6,797680                                        |
| 3           | 0,040203                             | 0,065528                                            | 1,577534                                        | 0,609660                                              | 0,967870                                        |

*Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження*

Службова дисципліна з відносними пріоритетами, результати представлені в таблицях 3.8, 3.9:

Таблиця 3.8 - Розрахункові значення продуктивності для службової дисципліни з відносними пріоритетами

| Пункт<br>No | Середній час,<br>проведений у<br>черзі на<br>голосовий<br>сеанс | Середній<br>час,<br>проведений<br>у черзі на<br>відеосеанс | Середній<br>час,<br>проведений<br>у черзі на<br>сеанс<br>(сеанси)<br>даних | Середній час<br>витримки<br>голосової<br>сесії в СМО | Середній час<br>витримки<br>відеосесії в<br>СМО | Середній час<br>витримки<br>сеансу даних<br>у СМО |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1           | 0,12289                                                         | 0,170161                                                   | 0,382862                                                                   | 0,302894                                             | 0,670161                                        | 0,396862                                          |
| 2           | 0,11908                                                         | 0,161970                                                   | 0,384074                                                                   | 0,299078                                             | 0,651971                                        | 0,399074                                          |
| 3           | 0,01582                                                         | 0,016273                                                   | 0,041352                                                                   | 0,035821                                             | 0,066273                                        | 0,066353                                          |

*Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження*

Таблиця 3.9 - Розрахункові значення продуктивності для службової дисципліни з відносними пріоритетами

| Пункт<br>No | Середній час (и)<br>черги сеансів | Середній час,<br>проведений за<br>сеансами в CFR<br>(s) | Середня<br>кількість<br>сеансів за<br>CMR(и) | Середня кількість<br>обслужених<br>сеансів | Середня<br>кількість<br>сеансів у черзі |
|-------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1           | 0,373545                          | 0,398545                                                | 9,594607                                     | 0,601852                                   | 8,992755                                |
| 2           | 0,375561                          | 0,401041                                                | 9,654700                                     | 0,613425                                   | 9,041274                                |
| 3           | 0,040513                          | 0,065837                                                | 1,584977                                     | 0,609664                                   | 0,975312                                |

*Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження*

Службова дисципліна з абсолютними пріоритетами, результати представлені в таблицях 3.10, 3.11:

Таблиця 3.10 - Розрахункові значення продуктивності для абсолютного пріоритету службової дисципліни

| Пункт<br>No | Середній час,<br>проведений у<br>черзі на<br>голосовий<br>сеанс | Середній<br>час,<br>проведений<br>у відеосесії<br>в черзі. | Середній час,<br>проведений у<br>черзі на сеанс<br>(сеанси) даних | Середній<br>час,<br>проведений<br>у голосовій<br>сесії в СМО | Середній час<br>витримки<br>відеосесії в<br>СМО | Середній час<br>витримки<br>сеансу даних<br>у СМО |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1           | 0,020930                                                        | 0,221288                                                   | 0,388247                                                          | 0,200930                                                     | 0,721288                                        | 0,402247                                          |
| 2           | 0,016364                                                        | 0,198757                                                   | 0,389477                                                          | 0,196364                                                     | 0,688757                                        | 0,404477                                          |
| 3           | 0,000163                                                        | 0,001597                                                   | 0,042067                                                          | 0,020163                                                     | 0,051597                                        | 0,067067                                          |

*Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження*

Таблиця 3.11 - Розрахункові значення продуктивності для абсолютного пріоритету службової дисципліни

| Пункт<br>No | Середній час (и)<br>черги сеансів | Середній час,<br>проведений за<br>сеансами в CFR | Середня<br>кількість<br>сеансів у CMR<br>(сеансах) | Середня<br>кількість<br>обслужених<br>сеансів (сесій) | Середня<br>кількість<br>сеансів у черзі<br>(сесії) |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1           | 0,377009                          | 0,402009                                         | 9,677996                                           | 0,601852                                              | 9,076145                                           |
| 2           | 0,379367                          | 0,404848                                         | 9,746342                                           | 0,613426                                              | 9,132916                                           |
| 3           | 0,0407                            | 0,066025                                         | 1,589484                                           | 0,609664                                              | 0,979819                                           |

*Джерело: сформовано автором на основі виконаного дослідження*

Таким чином, можна зробити висновок, що для будь-якої пріоритетної системи масового обслуговування вірно, що чим вище пріоритет вхідного пакета, тим менше буде його середній час очікування в черзі, і тим швидше він потрапить до сервісного інструменту.

Найкоротший час перебування критичних до затримки в черзі пакетів показав сервісна дисципліна з абсолютними пріоритетами, проте показники еластичного трафіку залишилися на колишньому рівні або дещо погіршилися, але це не мало сильного впливу на якість надання послуг.

### Висновок до Розділу 3

У цьому розділі ми отримали ми отримали:

1) Уявлення про пріоритетні системи масового обслуговування і представили формули, що описують такі системи.

2) Розуміння ефективності системи DPI. Досліджено блок-схеми на основі сигнатур розпізнавання трафіку OTT, отримано графіки результатів експерименту, проведено огляд показників сигнатури, виведено формули оцінки ймовірності подій та застосовано їх для відповідного статистичного аналізу.

- 3) Проведено аналіз системи масового обслуговування з пріоритетами.
- 4) Наведено показники СМО при різних ступенях виявлення трафіку.
- 5) Зроблено висновок про те, як DPI впливає на роботу мережі оператора зв'язку.
- 6) Узагальнено результати дослідження впливу сигнатур для OTT-сервісів різних типів трафіку на подальші дослідження та перспективи впровадження технології. Вказані проблеми, пов'язані з використанням DPI, і наведені варіанти їх вирішення.

## ВИСНОВКИ

В ході роботи були виконані наступні завдання:

У першому розділі розглядаються основні мережеві проблеми, з якими стикаються оператори зв'язку, і розглядаються існуючі тенденції, актуальність і правовий статус ОТТ-сервісів, а також принцип їх роботи і класифікація.

У другому розділі описані основні можливості і функції систем DPI, розглянуті особливості архітектури системи DPI і її основні елементи. Перераховано механізми системи DPI для глибокого аналізу трафіку, що передається, представлено сценарій та алгоритм роботи системи DPI для пріоритезації трафіку. Розглянуто існуючі методи забезпечення пріоритезації трафіку в IP-мережах.

У третьому розділі магістерської дисертації вивчаються підписи для ідентифікації трафіку, аналізується їх виконання, проводиться статистичний аналіз, підводиться підсумок. Варто відзначити, що при однаковій сигнатурі різні типи трафіку мають різний ступінь виявлення, що говорить про те, що сигнатури не розвинені і неможливо використовувати одну і ту ж сигнатуру для різних типів трафіку в рамках однієї програми.

Крім того, розглядається математична модель системи масового обслуговування з пріоритетами. У статті проаналізовано, як пріоритезація трафіку за допомогою системи DPI вплине на роботу мережі оператора зв'язку.

В результаті аналізу можна зробити висновок, що пріоритезація трафіку за допомогою системи DPI дозволяє підвищити якість обслуговування послуг з добре розвиненими сигнатурами, що допоможе операторам зв'язку відійти від моделі простої «труби».

DPI є потужним інструментом, який реалізує пріоритезовану модель. Використання DPI може підвищити продуктивність мережі затримки нееластичного трафіку. При цьому мережеві показники еластичного трафіку залишаються на колишньому рівні або дещо погіршуються, але це не робить істотного впливу на якість надання послуг.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. M. W. Lucas, Network flow analysis, Ch. 1, P. 9–11.
2. Heyman D.P., Sobel M.J. Stochastic Models in Operations Research. Vol. 1. Stochastic Processes and Operating Characteristics. New York: McGraw-Hill, 2022.
3. Kelly F.P. Networks of Queues with Customers of Different Types of Applied Probability. 2015. Vol. 12, no 3. P. 542-554.
4. Jain R. Routhier S.A. Packet Trains – Measurement and a New Model for Computer Network Traffic // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. Sep. 1986. Vol. 4, no. 6. P. 986-995.
5. Willinger W., Taqqu M.S., Sherman R., Wilson D.V. Self-Similarity through High Variability: Statistical Analysis of Ethernet LAN Traffic at the Source Level // IEEE/ACM Transcriptions on Networking. Feb. 2017. Vol. 5, no. 1. P. 71-86.
6. Ramakrishnan P. Self-Similar Traffic Models. Technical research report. 1999.
7. Anis, A.A., Lloyd, E.H. The expected value of the adjusted rescaled Hurst range of independent normal summands. 1976 Biometrika 63: P 283-298.
8. Simmross-Wattenberg F., Anomaly Detection in Network Traffic Based on Statistical Inference and alpha-Stable Modeling // IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing Jul. 2001. Vol. 8 no. 4 P. 494-509.
9. McCulloch J. H. Simple consistent estimators of stable distribution parameters. Communications in Statistics – 2016 Simulation and Computation. Vol. 15 no. 4 P. 1109-1136.
10. DuMouchel, W. Stable Distributions in Statistical Inference: 1. Symmetric Stable Distributions Compared to Other Symmetric Long-Tailed Distributions – 1973 Journal of the American Statistical Association Vol. 68 no. 342 P. 469-477.
11. Koutrouvelis, I.A. Regression-type estimation of the parameters of stable laws. JASA 2020, 75, 918-928.
12. Ложковский А.Г. Л71 Теория массового обслуживания в телекоммуникациях: учебник/ А.Г. Ложковский. – Одесса: ОНАС им. А. С. Попова, 2012. – 112 с.
13. Godlovitch I., Kotterink B. and Markus D. Over-the-Top players (OTTs) // European

Parliament's Committee. 2015.p.20-42.

14. Рекомендація МСЕ - У.2770 Вимоги до поглибленої перевірки пакетів у мережах наступних поколінь.
15. Рекомендація МСЕ - У.1541 Вимоги до мережевих показників якості для служб, що базуються на протоколі IP.
16. IEEE 802.3 Ethernet Working Group [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ieee802.org/>
17. RFC 791 - Internet Protocol [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rfc.com/rfc791.htm>
18. RFC 2460 - Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rfc.com/rfc2460.htm>
19. RFC 768 - User Datagram Protocol [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rfc.com/rfc768.htm>
20. Ринок європейського ОТТ до 2027 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lugasat.org.ua/news/12202-20-evropeysev-pereydut-na-ott-k-2027-godu.html>
21. Керування та аналіз трафіку (DPI) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.snt.ua/upravlenie-i-analiz-trafika-dpi>
22. Аналіз мережевого трафіку | моніторинг мережі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.snt.ua/upravlenie-i-analiz-trafika-dpi>
23. Дані телевізійних досліджень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.panels.nielsen.com/uk>
24. Monitor online mentions of your brand in real time [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.determ.com/lp-media-monitoring-aw>
25. Аналіз ринку ОТТ-сервісів в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pro-consulting.ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-ott-servisov-v-ukraine-2021-god>
26. Аналіз розміру та частки ринку ОТТ-платформ США – тенденції зростання та прогнози (2024–2029 рр.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/united-states-ott-market>

27. A Survey of Network Traffic Classification [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
[https://www.researchgate.net/publication/348914815\\_A\\_Survey\\_of\\_Network\\_Traffic\\_Classification](https://www.researchgate.net/publication/348914815_A_Survey_of_Network_Traffic_Classification)
28. Опитування USAID-Internews щодо споживання медіа [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.internews.in.ua/wp-content/uploads/2023/10/Ukrainian-media-stavlennia-ta-dovira-2023r.pdf>
29. Slattery T. QoS in an SDN [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nojitter.com/post/240168323/qos-in-an-sdn>
30. Характеристики мережевого обладнання Ntop [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ntop.org>
31. The Role of DPI in an SDN World [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.qosmos.com/>
32. SDN/NFV – Is it the breakthrough CSPs need to help level the OTT playing field? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ekinops.com/blog/virtualization/sdn-nfv-is-it-the-breakthrough-csps-need-to-help-level-the-ott-playing-field>
33. StableEstim [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cran.r-project.org/web/packages/StableEstim/index.html>
34. Hurst module [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pypi.org/project/hurst/>
35. Кравцов С.О. Адміністративно-правове регулювання розвитку технологій штучного інтелекту в Україні. – Тези наук. доповідей. – IV Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Сучасні інформаційні технології та системи в управлінні» (квітень, 2023).
36. Кравцов С.О. Штучний інтелект в маркетингу. – Тези наук. доповідей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції «Антикризовий розвиток соціальних та економічних процесів в умовах глобалізації» (2023).

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

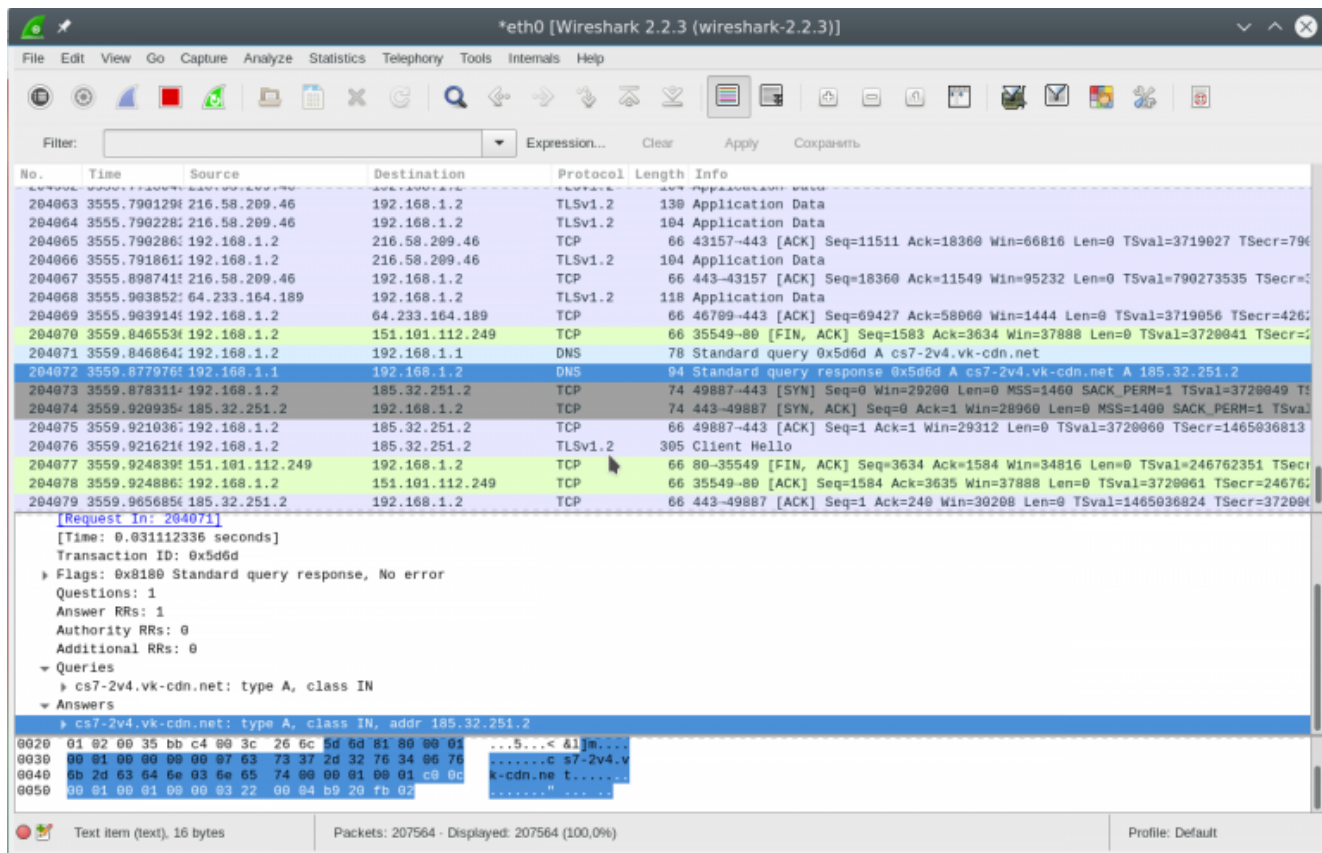


Рисунок А.1 - Скріншот екрана програми Wireshark

Таблиця Б.1 - Характеристики відеозразка

| Параметр                     | Значення                   |
|------------------------------|----------------------------|
| Kind of stream               | General                    |
| Stream identifier            | 0                          |
| Count of video streams       | 1                          |
| Video_Format_List            | AVC                        |
| File extension               | mp4                        |
| Format                       | MPEG-4                     |
| Commercial name              | MPEG-4                     |
| Internet media type          | video/mp4                  |
| Codec ID                     | isom (isom/iso2/avc1/mp41) |
| CodecID_Compatible           | isom/iso2/avc1/mp41        |
| Codec                        | MPEG-4                     |
| File size                    | 132536273                  |
| Duration                     | 60019                      |
| HeaderSize                   | 40                         |
| DataSize                     | 132525446                  |
| FooterSize                   | 10787                      |
| IsStreamable                 | No                         |
| Overall bit rate             | 17665908                   |
| Frame count                  | 1439                       |
| File last modification date  | UTC 2018-03-20 12:27:15    |
| Writing application          | Lavf57.25.100              |
| Video                        |                            |
| Count                        | 338                        |
| Count of stream of this kind | 1                          |
| Kind of stream               | Video                      |
| Stream identifier            | 0                          |
| Format/Info                  | Advanced Video Codec       |
| Format settings              | CABAC / 4 Ref Frames       |
| StreamOrder                  | 0                          |
| ID                           | 1                          |
| Commercial name              | AVC                        |
| Format                       | AVC                        |
| Format profile               | High@L5.2                  |
| Format settings, RefFrames   | 4 frames                   |
| Internet media type          | video/H264                 |
| Codec ID                     | avc1                       |
| Codec/Family                 | AVC                        |
| Codec/Info                   | Advanced Video Codec       |
| Codec ID/Info                | Advanced Video Coding      |
| Codec/CC                     | avc1                       |
| Format settings, CABAC       | Yes                        |
| Codec profile                | High@L5.2                  |
| Codec settings               | CABAC / 4 Ref Frames       |
| Codec settings, CABAC        | Yes                        |
| Codec_Settings_RefFrames     | 4                          |
| Duration                     | 60019                      |
| Bit rate                     | 17664655                   |
| Bit rate                     | 17.7 Mb/s                  |
| Width                        | 4 096 pixels               |

Продолжение Таблицы Б2.1

| Параметр                | Значение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Height                  | 2 304 pixels                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Sampled_Width           | 4096                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Sampled_Height          | 2304                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Pixel aspect ratio      | 1.000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Display aspect ratio    | 1.778                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Display aspect ratio    | 16:9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Rotation                | 0.000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Frame rate mode         | CFR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Frame rate mode         | Constant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Frame rate              | 23.976 (24000/1001) FPS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Colorimetry             | 4:2:0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Bit depth               | 8 bits                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| FrameRate_Num           | 24000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| FrameRate_Den           | 1001                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Frame count             | 1439                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Resolution              | 8 bits                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Scan type               | Progressive                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Chroma subsampling      | 4:2:0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Interlacement           | PPF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Color space             | YUV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Interlacement           | Progressive                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Writing library         | x264 core 142 r2389 956c8d8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Bits/(Pixel*Frame)      | 0.078                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Stream size             | 132525438                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Writing library         | x264 - core 142 r2389 956c8d8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Encoded_Library_Version | core 142 r2389 956c8d8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Encoded_Library_Name    | x264                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Encoding settings       | cabac=1 , ref=3 , deblock=1:0:0 , psy=1 , psy_rd=1.00:0.00 ana-<br>lyse=0x3:0x113 , me=hex , subme=7 , , mixed_ref=1 , me_range=16 ,<br>chroma_me=1 , trellis=1 , 8x8dct=1 , cqm=0 , deadzone=21,11 ,<br>fast_pskip=1 , bluray_compat=0 , constrained_intra=0 ,<br>chroma_qp_offset=-2 , threads=3 , lookahead_threads=1 ,<br>sliced_threads=0 , nr=0 , bframes=3 , b_pyramid=2 , decimate=1 , in-<br>terlaced=0 , b_adapt=1 , open_gop=0 , b_bias=0 , keyint_min=23 ,<br>scenecut=40 , intra_refresh=0 , rc_lookahead=40 , rc=crf , mbtree=1 ,<br>crf=23.0 , qcomp=0.60 , qpmin=0 , qpmax=69 , qpstep=4 , ip_ra-<br>tio=1.40 , aq=1:1.00direct=1 , weightb=1 , weightp=2 , keyint=250 |

Таблиця В.1 – Виміряні параметри черги для зразків відеотрафіку

| Профіль та рівень кодека H.264 | $\lambda$ (с <sup>-1</sup> ) | Бітова швидкість потоку (Мбіт/с) | $q$ (од.) на каналі 100 Мбіт/с | Умовна середня черга $Q$ (од.) | $Q_{\text{тах}}$ (од) на каналі 100 Мбіт/с | $a$ , (од.) | $P$ , (од.) | $P_0$ , (од.) | $q_{\text{тах}}$ ( $P_0$ ), (од.) |
|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|-----------------------------------|
| baseline.3.0                   | 111,3                        | 0,869                            | 0,002                          | 0,338                          | 2,014                                      | 0,474       | -           | 0,23          | 3,014                             |
| baseline.3.1                   | 191,8                        | 1,498                            | 0,004                          | 0,338                          | 0,338                                      | 0,481       | -           | 0,28          | 1,676                             |
| baseline.3.2                   | 325,6                        | 2,543                            | 0,006                          | 0,338                          | 1,676                                      | 0,501       | -           | 0,33          | 1,676                             |
| baseline.4.0                   | 467,0                        | 3,648                            | 0,009                          | 0,338                          | 1,676                                      | 0,505       | -           | 0,37          | 2,014                             |
| baseline.4.1                   | 781,6                        | 6,106                            | 0,015                          | 0,338                          | 3,014                                      | 0,505       | -           | 0,56          | 3,352                             |
| baseline.4.2                   | 829,0                        | 6,476                            | 0,016                          | 0,339                          | 3,014                                      | 0,506       | -           | 0,56          | 3,689                             |
| baseline.5.0                   | 1                            | 9,443                            | 0,024                          | 0,339                          | 4,689                                      | 0,506       | -           | 0,42          | 4,689                             |
| baseline.5.1                   | 2                            | 18,185                           | 0,055                          | 0,401                          | 26,447                                     | 0,543       | -           | 0,52          | 30,447                            |
| baseline.5.2                   | 2                            | 19,107                           | 0,050                          | 0,351                          | 8,703                                      | 0,511       | -           | 0,47          | 10,041                            |
| high10.3.0                     | 105,1                        | 0,821                            | 0,002                          | 0,338                          | 3,014                                      | 0,459       | -           | 0,23          | 3,014                             |
| high10.3.1                     | 176,6                        | 1,380                            | 0,003                          | 0,338                          | 2,014                                      | 0,472       | -           | 0,23          | 3,014                             |
| high10.3.2                     | 286,3                        | 2,237                            | 0,006                          | 0,338                          | 1,676                                      | 0,472       | -           | 0,28          | 1,676                             |
| high10.4.0                     | 371,8                        | 2,905                            | 0,007                          | 0,338                          | 0,338                                      | 0,483       | -           | 0,23          | 0,676                             |
| high10.4.1                     | 691,1                        | 5,399                            | 0,014                          | 0,338                          | 3,014                                      | 0,505       | -           | 0,37          | 3,014                             |
| high10.4.2                     | 933,8                        | 7,296                            | 0,018                          | 0,338                          | 2,014                                      | 0,505       | -           | 0,37          | 3,014                             |
| high10.5.0                     | 1                            | 12,882                           | 0,033                          | 0,339                          | 4,689                                      | 0,506       | -           | 0,37          | 5,027                             |
| high10.5.1                     | 1                            | 15,422                           | 0,041                          | 0,354                          | 11,717                                     | 0,517       | -           | 0,47          | 12,717                            |
| high10.5.2                     | 2                            | 16,625                           | 0,045                          | 0,364                          | 19,082                                     | 0,523       | -           | 0,47          | 22,082                            |
| high.3.0                       | 99,3                         | 0,776                            | 0,000                          | 0,000                          | 0,000                                      | 0,452       | -           | 0,18          | 3,014                             |
| high.3.1                       | 173,5                        | 1,355                            | 0,003                          | 0,338                          | 2,014                                      | 0,451       | -           | 0,23          | 3,014                             |
| high.3.2                       | 284,3                        | 2,221                            | 0,006                          | 0,338                          | 2,014                                      | 0,471       | -           | 0,28          | 3,014                             |
| high.4.0                       | 370,9                        | 2,898                            | 0,007                          | 0,338                          | 3,014                                      | 0,482       | -           | 0,28          | 3,014                             |
| high.4.1                       | 634,2                        | 4,955                            | 0,013                          | 0,338                          | 1,676                                      | 0,505       | -           | 0,37          | 2,014                             |
| high.4.2                       | 690,3                        | 5,393                            | 0,014                          | 0,338                          | 3,014                                      | 0,505       | -           | 0,37          | 3,689                             |
| high.5.0                       | 749,2                        | 5,853                            | 0,015                          | 0,340                          | 2,352                                      | 0,507       | -           | 0,37          | 4,352                             |
| high.5.1                       | 2                            | 16,182                           | 0,044                          | 0,361                          | 14,730                                     | 0,520       | -           | 0,47          | 19,420                            |
| high.5.2                       | 2                            | 16,564                           | 0,045                          | 0,359                          | 29,461                                     | 0,520       | -           | 0,47          | 34,461                            |
| main.3.0                       | 97,6                         | 0,763                            | 0,000                          | 0,000                          | 0,000                                      | 0,444       | -           | 0,18          | 3,014                             |
| main.3.1                       | 169,8                        | 1,326                            | 0,003                          | 0,338                          | 2,014                                      | 0,441       | -           | 0,18          | 3,014                             |
| main.3.2                       | 264,2                        | 2,064                            | 0,005                          | 0,338                          | 0,676                                      | 0,450       | -           | 0,18          | 1,676                             |
| main.4.0                       | 353,2                        | 2,759                            | 0,007                          | 0,338                          | 2,014                                      | 0,464       | -           | 0,28          | 3,014                             |
| main.4.1                       | 612,3                        | 4,784                            | 0,012                          | 0,338                          | 3,352                                      | 0,504       | -           | 0,33          | 3,352                             |
| main.4.2                       | 662,0                        | 5,172                            | 0,013                          | 0,338                          | 1,676                                      | 0,505       | -           | 0,42          | 3,014                             |
| main.5.0                       | 1                            | 12,604                           | 0,037                          | 0,388                          | 12,055                                     | 0,547       | -           | 0,42          | 14,055                            |
| main.5.1                       | 2                            | 15,701                           | 0,040                          | 0,343                          | 8,703                                      | 0,508       | -           | 0,42          | 9,703                             |
| main.5.2                       | 2                            | 16,234                           | 0,042                          | 0,346                          | 14,730                                     | 0,510       | -           | 0,42          | 17,730                            |
| baseline.3.0.FF                | 36,4                         | 0,284                            | 0,000                          | 0,000                          | 0,000                                      | 1,751       | -           | 0,04          | 10,798                            |
| baseline.3.1.FF                | 70,7                         | 0,553                            | 0,000                          | 0,000                          | 0,000                                      | 3,791       | -           | 0,09          | 16,495                            |
| baseline.3.2.FF                | 111,9                        | 0,874                            | 0,023                          | 3,000                          | 21,909                                     | 6,119       | -           | 0,23          | 24,129                            |
| high10.5.0.FF                  | 368,9                        | 2,882                            | 0,633                          | 22,257                         | 103,289                                    | 48,88       | 41,55       | 0,52          | 137,078                           |
| high10.5.1.FF                  | 353,1                        | 2,758                            | 0,753                          | 27,581                         | 104,990                                    | 61,77       | 52,33       | 0,47          | 140,447                           |
| high10.5.2.FF                  | 380,4                        | 2,972                            | 0,916                          | 31,115                         | 134,928                                    | 68,71       | 58,49       | 0,33          | 156,029                           |
| high.4.1.FF                    | 279,4                        | 2,183                            | 0,137                          | 6,571                          | 39,195                                     | 14,02       | 12,16       | 0,42          | 45,195                            |
| high.4.2.FF                    | 310,6                        | 2,426                            | 0,166                          | 7,109                          | 42,449                                     | 15,13       | 13,13       | 0,47          | 51,577                            |

```

x serega@iMac-Sergey reactphp/http master php streaming-wrong.php
Listening on http://127.0.0.1:8000
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Data;
using System.Text;
using System.Diagnostics;
using System.Threading;
using System.IO;
using System.Net;
using System.Net.Sockets;
using System.Net.NetworkInformation;

namespace ConsoleTest1
{
    class Program
    {
        //Получает все локальные IP-адреса
        public static List<IPAddress> GetIpAddresses()
        {
            List<IPAddress> res = new List<IPAddress>(10);

            var ifs = NetworkInterface.GetAllNetworkInterfaces();

            foreach (var interf in ifs)
            {
                var ipprop = interf.GetIPProperties();
                if (ipprop == null) continue;
                var unicast = ipprop.UnicastAddresses;
                if (unicast == null) continue;

                //находим первый Unicast-адрес
                foreach (var addr in unicast)
                {
                    if (addr.Address.AddressFamily != AddressFamily.InterNetwork) continue;
                    res.Add(addr.Address);
                    break;
                }
            }

            return res;
        }

        const byte PROTO_TCP = 6;
        const byte SSL_HANDSHAKE = 0x16;

        public class ParseResult
        {
            public string TrafficType {get;set;}
            public string Host { get; set; }
        }

        public static ParseResult ParseIpPacket(byte[] data, IPAddress src_ip)
        {
            ushort dummy;
            byte b;

            MemoryStream ms = new MemoryStream(data);
            BinaryReader br = new BinaryReader(ms);
            uint header_len;
            uint total_len;

```

Рисунок Г.1.1 – Фрагмент коду для захоплення HTTP і SSL/TLS трафіку на першому знайденому IPv4-інтерфейсі

```

serega@iMac-Sergey reactphp/http master php streaming-wrong.php
IPAddress src,dst;
string host="";
ParseResult result;

//parse IP packet header
using (ms)
using (br)
{
    b = br.ReadByte();
    byte ver = (byte)((b & (byte)0xF0) >> 4); //IP version
    if (ver != 4)
    {
        Console.WriteLine("Unsupported IP version: {0}", ver);
        return null;
    }

    byte ihl = (byte)(b & (byte)0x0F); //header length
    header_len = ihl * 4u;

    b = br.ReadByte();

    //packet length
    byte[] temp = new byte[2];
    temp[1] = br.ReadByte();
    temp[0] = br.ReadByte();
    total_len = BitConverter.ToUInt16(temp, 0);

    dummy = br.ReadUInt16();
    dummy = br.ReadUInt16();

    byte ttl = br.ReadByte();
    byte proto = br.ReadByte();

    dummy = br.ReadUInt16();

    //source IP
    temp = new byte[4];
    temp[0] = br.ReadByte();
    temp[1] = br.ReadByte();
    temp[2] = br.ReadByte();
    temp[3] = br.ReadByte();
    src = new IPAddress(temp);

    //destination IP
    temp[0] = br.ReadByte();
    temp[1] = br.ReadByte();
    temp[2] = br.ReadByte();
    temp[3] = br.ReadByte();
    dst = new IPAddress(temp);

    if (proto != PROTO_TCP) return null;
}

//Parse TCP packet
uint tcp_size = total_len - header_len;
byte[] tcp_data = new byte[tcp_size];
Array.Copy(data, header_len, tcp_data, 0, tcp_size);

ms = new MemoryStream(tcp_data);
br = new BinaryReader(ms);
byte tcp_header_size;
uint http_size;

```

Рисунок Г.1.2 – Фрагмент коду для захоплення HTTP і SSL/TLS трафіку на першому знайденому IPv4-інтерфейсі

```

x serega@iMac-Sergey reactphp/http master php streaming-wrong.php

using (ms)
using (br)
{
    var src_port = br.ReadUInt16();
    var dst_port = br.ReadUInt16();
    br.ReadUInt32();
    br.ReadUInt32();
    tcp_header_size = (byte)(br.ReadByte() >> 4);
    tcp_header_size *= 4;
    http_size = tcp_size - tcp_header_size;
}

byte[] http_data = new byte[http_size];
Array.Copy(tcp_data, tcp_header_size, http_data, 0, http_size);

//parse SSL record
if (http_data.Length >= 5 && src.Equals(src_ip))
{
    ms = new MemoryStream(http_data);
    br = new BinaryReader(ms);
    using (ms)
    using (br)
    {
        byte record_type = br.ReadByte();
        byte b1 = br.ReadByte();
        byte b2 = br.ReadByte();
        byte[] bytes = new byte[] { b2, b1 };
        ushort ssl_ver = BitConverter.ToUInt16(bytes, 0);
        ushort ssl_len = br.ReadUInt16();

        if ((ssl_ver >= 0x0300 && ssl_ver <= 0x0304) || ssl_ver == 0x0002)
            && (record_type == SSL_HANDSHAKE))
        {
            //пытаемся получить имя узла из обратного DNS
            try
            {
                {
                    host = Dns.GetHostEntry(dst).HostName;
                }
            }
            catch (SocketException)
            {
                {
                    host = "";
                }
            }

            result = new ParseResult();
            result.TrafficType = "SSL / TLS";
            if (host != "") result.Host = host;
            else result.Host = dst.ToString();
            return result;
        }
    }
}

//Parse HTTP data
string res = Encoding.UTF8.GetString(http_data);
string[] arr = res.Split("\n\r".ToCharArray(), StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);

if (arr.Length > 2 && arr[0].StartsWith("GET") && arr[0].Contains("HTTP/"))
{
    //найдем поле Host
    for (int i = 1; i < arr.Length; i++)
    {
        if (arr[i].StartsWith("Host: "))
    }
}

```

Рисунок Г.1.3 – Фрагмент коду для захоплення HTTP і SSL/TLS трафіку на першому знайденому IPv4-інтерфейсі

```

serega@iMac-Sergey reactphp/http master ● php streaming-wrong.php

        {
            host = arr[i].Replace("Host: ", "");
            break;
        }
    }

    if (host == "")
    {
        //пытается получить имя узла из обратного DNS
        try
        {
            host = Dns.GetHostEntry(dst).HostName;
        }
        catch (SocketException)
        {
            host = "";
        }
    }

    result = new ParseResult();
    result.TrafficType = "HTTP";
    result.Host = host;
    return result;
}
return null;
}

static void Main(string[] args)
{
    var mainSocket = new Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Raw,
        ProtocolType.IP);

    var ips = GetIpAddresses();
    IPAddress ipaddr = new IPAddress(0);
    foreach (var ip in ips)
    {
        if (ip.GetAddressBytes()[0] != 127)
        {
            Console.WriteLine("Interface IP: {0}", ip);
            ipaddr = ip;
            break;
        }
    }

    mainSocket.Bind(new IPEndPoint(ipaddr, 0));

    mainSocket.SetSocketOption(SocketOptionLevel.IP, //Applies only to IP packets
        SocketOptionName.HeaderIncluded, //Set the include header
        true); //option to true

    byte[] byTrue = new byte[4] { 1, 0, 0, 0 };
    byte[] byOut = new byte[4];

    //Socket.IOControl is analogous to the WSALocctl method of Winsock 2
    mainSocket.IOControl(IOControlCode.ReceiveAll, //SIO_RCVALL of Winsock
        byTrue, byOut);

    byte[] buffer = new byte[1024*20];
    int res;

    while (true)

```

Рисунок Г.1.4 – Фрагмент коду для захоплення HTTP і SSL/TLS трафіку на першому знайденому IPv4-інтерфейсі

```
serega@iMac-Sergey reactphp/http master ● php streaming-wrong.php
{
    try
    {
        res = mainSocket.Receive(buffer);

        ParseResult result = ParselpPacket(buffer, ipaddr);
        if (result != null)
        {
            Console.WriteLine("[{0}] {1}",result.TrafficType,result.Host);
        }
    }
    catch (Exception ex)
    {
        Console.WriteLine(ex.ToString());
    }
}
}
```

Рисунок Г.1.5 – Фрагмент коду для захоплення HTTP і SSL/TLS трафіку на першому знайденому IPv4-інтерфейсі



Имя пользователя:  
Інформаційних систем в економіці Шкуратовська Те...

ID проверки:  
1016261619

Дата проверки:  
18.05.2024 20:25:05 EEST

Тип проверки:  
Doc vs Internet + Library

Дата отчета:  
18.05.2024 20:30:08 EEST

ID пользователя:  
100005745

Название файла: Кравцов С.ІШІ-602

Количество страниц: 90    Количество слов: 14992    Количество символов: 112487    Размер файла: 3.92 MB    ID файла: 1016050461

Обнаружены модификации текста (могут влиять на процент совпадений)

5.39%  
Совпадения

Наибольшее совпадение: 2.14% с источником из Библиотеки (ID файла: 1012545744)

|                               |     |             |
|-------------------------------|-----|-------------|
| 4.63% Источники из Интернета  | 245 | Страница 92 |
| 4.56% Источники из Библиотеки | 541 | Страница 93 |

0% Цитат

- Исключение цитат выключено
- Исключение списка библиографических ссылок выключено

0% Исключений

Нет исключенных источников

Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Замененные символы            | 30712      |
| Подозрительное форматирование | 89 страниц |



**Wyższa Szkoła Teologiczno Humanistyczna  
The Ukrainian Institute of Arts and Sciences  
The Ukrainian Adventist Theology Institute**

**МАТЕРІАЛИ  
XVIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ  
«Антикризовий розвиток соціальних та  
економічних процесів в умовах глобалізації»**

**18 квітня 2023 року**

**БУЧА, 2023**

представляє велику кількість можливостей, що дозволяють досконально вивчити цільову аудиторію, підібрати грамотний підхід до споживача і продати свій продукт. Таким чином, потрібно підкреслити, що вкрай висока мінливість середовища інтернет-маркетингу є серйозною проблемою для розробки і подальшого впровадження стратегії інтернет-маркетингу. Основне протиріччя — це досягнення довгострокового конкурентної переваги в умовах швидкоплинного інтернет-середовища.

**Список використаних джерел:**

1. Хартман А. Стратегії успіху в інтернет-економіці. Київ: Лорі, 2001. 265с.
2. Dradley S., Nolan R. Sense and Respond. – Cambridge : Harvard Business School Press, 1998.
3. Eisenhardt K., Sull D. N. Strategy as a Simple Rules. *Harvard Business Review*. 2001. P. 120–121.
4. Дональд Н. Сулл. Чому хороші компанії зазнають невдач і як визначні менеджери їх відроджують. Київ. Вид-во: Альпіна Бізнес Букс, 2004.

**ПЕТРЕНКО Л.М.,**

*к.е.н., доцент,*

*Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана*

**КРАВЦОВ С.О.,**

*магістрант 1 року навчання*

*спеціальності «Комп'ютерні науки»  
Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана*

**ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В МАРКЕТИНГУ**

**Актуальність дослідження.** Світ маркетингу постійно змінюється і розвивається, і сьогоденній маркетолог постійно стикається з новими викликами і можливостями. В епоху цифрових технологій штучний інтелект (ШІ) виходить на перший план і змінює уявлення про класичні методи роботи. Генеративні моделі в останні роки отримали стрімкий розвиток за рахунок покращення можливостей для тренування більших та складніших моделей. Можемо стверджувати, що генеративні нейромережі впевнено увійшли до повсякденного життя. Результати їх роботи стають все більш популярними та виходять за межі наукового середовища. Генеративні моделі ШІ перетворюються на потужний інструмент створення контенту та налагодження комунікації з клієнтами, проте наскільки вони є насправді ефективними, оскільки разом з перевагами приходять і ризики.

**Мета.** Дослідити можливості використання штучного інтелекту в маркетинговій діяльності.

**Огляд джерел.** Останнім часом чимало як зарубіжних, так і вітчизняних учених здійснили відкриття у сфері генеративних нейронних мереж. І.В. Гарячевська та С.Ю. Мовенко [1] дослідили процес розробки та впровадження нейронних мереж для прогнозування. Л.І. Коротка [2] навести визначення функціональної підсистеми раціонального вибору архітектури нейронної мережі. В.М. Мельник, К.В. Мельник і Б.В. Шульга [3] дослідили питання ідентифікації емоцій людини за допомогою нейронної мережі на основі Keras і TensorFlow. Johannes Linder, Nicholas Bogard Alexander, B. Rosenberg, Georg Seelig [5] розкрили моделі глибоких нейронних мереж разом із оптимізацією стилю градієнтного підйому, які демонструють перспективу для проєктування послідовностей. Ason Brownlee [6] описав генеративну змагальну мережу (GAN). Автор називає генеративну змагальну мережу типом архітектури нейронної мережі для генеративного моделювання.

**Результати дослідження.** У сучасному світі маркетингу генеративні моделі ШІ активно використовуються для автоматизації різних аспектів роботи маркетологів, надає можливість створювати контент і взаємодіяти з клієнтами на новому рівні. Штучний інтелект у маркетингу спирається на машинне навчання та програмування, для підвищення оптимізації процесів компанії на основі аналізу даних. ШІ здатний аналізувати надвеликі обсяги даних, перевіряти рішення, спілкуватися з клієнтами та робити якісні прогнози для прийняття рішень.

Інструментами штучного інтелекту в маркетинговій діяльності українських компаній можуть бути: дизайн сайту, створення контенту, чат-боти, CRM-системи.

Найбільш відомі на сьогодні моделі ШІ в маркетинговій діяльності:

- *OpenAI GPT-3* — генерація текстів, відповіді на запитання, складання листів і статей.
- *Jarvis.ai* — створення SEO-оптимізованих текстів, статей і блог-постів на основі ключових слів і тематики.
- *Descript* — автоматична транскрипція аудіо та відео, з можливістю редагування тексту та автоматичної синхронної зміни аудіо.
- *AIVA* — композиція музики на основі заданих параметрів і стилів.
- *RunwayML* — автоматичне створення відео на основі текстових описів сцен.
- *Artisto* — створення художніх відео та фотографій із застосуванням нейромережевих фільтрів і стилів.
- *QuillBot* — рерайтинг текстів, перефразування речень і абзаців для поліпшення стилю й уникнення плагіату.
- *Adext AI* — автоматична оптимізація рекламних кампаній із застосуванням алгоритмів машинного навчання для збільшення конверсії.
- *Lumen5* — автоматичне створення відеороликів і анімацій на основі текстових статей і блогів.

- *InferKit* — генерація текстів, сценаріїв, ідей для реклами та маркетингових кампаній на основі навчених моделей ШІ.

Перевагами використання генеративних моделей є:

- автоматизація та персоналізація контенту. Сучасний маркетинг вимагає створення великої кількості контенту, адаптованого під різні аудиторії. Штучний інтелект і генеративні моделі можуть значно спростити це завдання, автоматизуючи процес створення текстів, зображень, аудіо, відео. Завдяки аналізу даних і алгоритмам машинного навчання, ШІ може створювати персоналізований контент, здатний привернути увагу цільової аудиторії та підвищити ефективність маркетингових кампаній.

- покращення якості взаємодії з клієнтами. Генеративні моделі можуть бути використані для створення чат-ботів, які обробляють запити клієнтів і взаємодіють з ними в режимі реального часу. Це дає змогу поліпшити якість обслуговування клієнтів, знизити час відповіді, надати їм індивідуальний підхід.

Проте потрібно враховувати також й те, що на практиці штучний інтелект може не завжди давати ідеальні результати. У процесі роботи з генеративними моделями можуть виникнути деякі складнощі:

- необхідність попередньої підготовки і навчання моделей: для ефективного використання ШІ потрібно навчити його на великих обсягах даних, а також регулярно оновлювати цю інформацію.

- великі витрати на обробку даних і обчислювальні ресурси: для роботи з деякими генеративними моделями можуть знадобитися значні обчислювальні потужності та спеціалізовані сервери.

- відсутність інтуїції та креативності: незважаючи на всі досягнення штучного інтелекту, він все ще не здатний на інтуїтивне розуміння і креативний підхід до завдань, як людина.

- етичні питання: використання ШІ для створення контенту може породити обговорення про моральність таких методів, а також викликати побоювання про можливу заміну людської праці машинами.

Використання генеративних моделей у маркетингу також може бути пов'язане з низкою ризиків. Зокрема, це стосується порушення авторських прав, неправильного використання даних і потенційного створення неточного або спотвореного контенту.

**Висновки.** Отже, генеративний ШІ — це потужна технологія, яку можна використовувати у найрізноманітніших галузях для створення персоналізованого контенту, зокрема в маркетинговій діяльності. Моделі ШІ допомагають автоматизувати контент, покращити якість взаємодії з клієнтами і скоротити час на виконання рутинних завдань. Оскільки технологія штучного інтелекту продовжує розвиватися, цілком ймовірно, що у майбутньому ми побачимо ще більш творче та інноваційне використання генеративного AI.

**Список використаних джерел:**

1. Гарячевська І.В., Мовенко С.Ю. Розробка штучних нейронних мереж для прогнозування споживання електроенергії. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2018. № 3 (1). С. 250–259.
2. Коротка Л.І. Функціональна підсистема раціонального вибору архітектури нейронної мережі. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2017. № 3 (1). С. 55–59.
3. Мельник В.М., Мельник К.В., Шульга Б.В. Дослідження моделювання ідентифікатора емоцій людини за допомогою загорткової нейронної мережі з використанням Keras. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2019. № 36. С. 109–122.
4. Мельник К.В., Мельник В.М., Коптюк Ю.Ю. Дослідження методів розпізнавання зображень на основі нейронних мереж. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2019. № 35. С. 161–165.
5. Linder, J., Bogard, N., Rosenberg, A.B., Seelig, G. A Generative Neural Network for Maximizing Fitness and Diversity of Synthetic DNA and Protein Sequences. *Cell Systems*. Vol. 11. Issue 1. P. 49–62.
6. Brownlee J. 18 Impressive Applications of Generative Adversarial Networks (GANs) in Generative Adversarial Networks Tweet Share. 2019. URL: <https://machinelearningmastery.com/impressive-applications-of-generative-adversarial-networks/>.

**ПОЛІНА Г. В.**

кандидат філологічних наук, доцент

доцент кафедри германської філології

ПВНЗ «Український гуманітарний інститут»

**ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КУЛЬТУРНИХ КОНСТАНТ**

**Актуальність дослідження.** Епоха глобалізації характеризується прискоренням процесу взаємного впливу культур одна на одну. Вона може мати позитивний вектор — обмін досягненнями в певних сферах суспільного життя, або негативний, коли замість кооперації одна з країн — носіїв певної культури - вибирає політику домінування, нав'язування, або спроби асимілювання національної самобутності сусіда через політичні, або якісь інші причини, включаючи й особисті впливового політичного діяча.

Тому культурологічні дослідження, особливо лінгвокультурологічні, завжди були актуальними. Це обумовлено тим, що мова, як жодна інша знакова система, може фіксувати різні змістовні відтінки кожної культури, і зокрема, спільні та відмінні риси культур, які довгий час співіснують в одному часовому та географічному просторі та / або мають спільні генеалогічні витоки. У мові зафіксовані як спільні культурно-історичні риси, так і розмежування, які можуть як зникнути, так і перерости у серйозні протиріччя зі зміною зовнішніх умов. І дослідження мовного матеріалу може дати більше

## **АДМІНІСТРАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УКРАЇНІ**

Технології штучного інтелекту на сьогодні стають дедалі популярнішими в усьому світі. Системи штучного інтелекту проникають в різні сфери життя — від продовольчої до оборонної. Основними сферами застосування технологій штучного інтелекту стають державне управління, місцеве самоврядування, національна та громадська безпека, виробництво. Сучасні перспективи використання алгоритмів систем штучного інтелекту дозволяють щогодини обробляти надвеликі обсяги інформації, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, які не притаманні звичайній людині, робити прогнози точнішими, а рішення — ефективнішими. Передові країни борються за першість у їх реалізації. Наша країна має неабиякий потенціал у сфері штучного інтелекту, відповідно до «Oxford Government AI Readiness Index 2020» оскільки має найбільшу кількість компаній-розробників технологій AI серед країн Східної Європи [1].

Проте, вітчизняне адміністративно-правове регулювання штучного інтелекту, незважаючи на наявність певних стандартів, є недосконалим, оскільки знаходиться на етапі розробки. Так, відповідно до Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні, схваленій Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 року № 1556-р, штучний інтелект — це організована сукупність інформаційних технологій, із застосуванням якої можливо виконувати складні комплексні завдання шляхом використання системи наукових методів досліджень і алгоритмів обробки інформації, отриманої або самостійно створеної під час роботи, а також створювати та використовувати власні бази знань, моделі прийняття рішень, алгоритми роботи з інформацією та визначати способи досягнення поставлених завдань; галузь штучного інтелекту — напрям діяльності у сфері інформаційних технологій, який забезпечує створення, впровадження технологій штучного інтелекту [2].

Іншими словами, штучний інтелект — це програмний продукт, який отримує певний запит, збирає та обробляє дані, а потім видає готове рішення. Таке рішення часто сприймається, як результат роботи програми, яка демонструє інтелектуальну поведінку та працює подібно до людського мислення. На сьогодні очікується, що технології штучного інтелекту сприятимуть трансформації економіки, ринку праці, державних інституцій та суспільства. Їх застосування надасть можливість зменшити обсяги витрат і підвищити ефективність виробництва, якості товарів та послуг. Метою цієї Концепції є визначення пріоритетних напрямів і основних завдань розвитку технологій штучного інтелекту для задоволення прав та законних інтересів фізичних та юридичних осіб, побудови конкурентоспроможної національної економіки, вдосконалення системи публічного управління. Пріоритетними сферами, в яких реалізуються завдання державної політики розвитку галузі штучного інтелекту, нормативно визначені: освіта і професійне навчання, наука, економіка, кібербезпека, інформаційна безпека, оборона, публічне управління, правове регулювання та етика, правосуддя.

Необхідно також зазначити, що у проєкті Національної стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні вказується, що наша держава повинна мати власну стратегію розвитку штучного інтелекту, яка б регламентувала відповідні дослідження та розробки, підготовку необхідної кількості фахівців з визначеними компетенціями, обсяг і напрями фінансування галузі, формування керівних і наглядових органів для регулювання впровадження імпортованих технологій, етичного контролю тощо [3]. Автори проєкту Національної стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні також наголошують на необхідності розробки державної цільової програми впровадження технологій штучного інтелекту в Україні [4, с. 87].

Адміністративно-правове регулювання діяльності зі створення, впровадження та використання технологій штучного інтелекту в Україні потребує розробки та прийняття необхідної адміністративно-правової бази, до якої, у першу чергу має належати закон України «Про правовий статус штучного інтелекту та загальні засади створення, впровадження та використання його технологій в Україні» та відповідні підзаконні нормативно-правові акти.

Зазначимо, що О.М. Охотнікова та С.В. Корпачова пропонують прийняти постанову КМУ «Про сферу функціонування штучного інтелекту в публічному адмініструванні земельних відносин», яка, регулювала б питання ефективності публічного адміністрування земельних відносин [5, с. 134].

Правове закріплення відносин, пов'язаних із штучним інтелектом, потребує вирішення наступних питань: захист персональних даних; врегулювання господарської діяльності з виробництва роботів чи програмного забезпечення; авторські права на твори, створені штучним інтелектом; кібербезпека й застосування штучного інтелекту; «змішана юстиція» та «юстиція штучного інтелекту», тобто його використання в правосудді; питання цивільно-правової і кримінальної відповідальності; роль штучного інтелекту в протидії поширенню фейків; захист прав людини та недискримінація [6].

Отже, можемо сказати, що формування правового регулювання у сфері розробки та використання штучного інтелекту залишається актуальним для вітчизняного законодавства. Реформування законодавства відповідно до вимог цифровізації повинно здійснюватися системно та комплексно. У сучасному світі штучний інтелект — це потужний діджитал-інструмент, який розв'язує широкий спектр завдань майже в усіх сферах діяльності людини.

### Література

1. Мінцифра співпрацюватиме з Luminate для розвитку сфери штучного інтелекту. Міністерство та Комітет цифрової трансформації України. URL: <https://thedigital.gov.ua/news/mintsifra-spivpratsyuvatime-zluminat-dlya-rozvitku-sferi-shtuchnogo-intelektu/>
2. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні : розпорядження Кабінету Міністрів України від 2 груд. 2020 р. № 1556-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-p#Text>.
3. Національна стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні 2021–2030: проєкт. Київ, 2021. URL: [https://wp.oecd.ai/app/uploads/2021/12/Ukraine\\_National\\_Strategy\\_for\\_Development\\_of\\_Artificial\\_Intelligence\\_in\\_Ukraine\\_2021-2030.pdf](https://wp.oecd.ai/app/uploads/2021/12/Ukraine_National_Strategy_for_Development_of_Artificial_Intelligence_in_Ukraine_2021-2030.pdf).
4. Шевченко А. І. та ін. Щодо проєкту стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022–2030 рр. Artificial Intelligence. 2022. № 1. С. 75–157. URL: [https://www.slyusar.kiev.ua/AI\\_2022-1-1\\_ua.pdf](https://www.slyusar.kiev.ua/AI_2022-1-1_ua.pdf)
5. Охотнікова О. М., Корпачова С. В. Штучний інтелект у публічному адмініструванні земельних відносин: проблеми та перспективи. Часопис Київського університету права. 2021. № 1. С. 132–135.
6. Петренко А. Штучний інтелект і право. Business Law Electronic Resource. 2021. URL: <https://www.businesslaw.org.ua/artificialintelligence/> (дата звернення: 25.03.2021)

**Науковий керівник:** Петренко Л.М., к.е.н., доцент