

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ QoS В NGN ПРИ НАДАННІ ПОСЛУГ IPTV

Кваліфікаційна робота Другий (магістерський) рівень

Автор:
Блажиевський С.О.
ст. гр. КСМзм-22-1

Керівник:
Колтун Ю.М.
к.т.н., доц. каф. ЕОМ

Харків - 2024

2

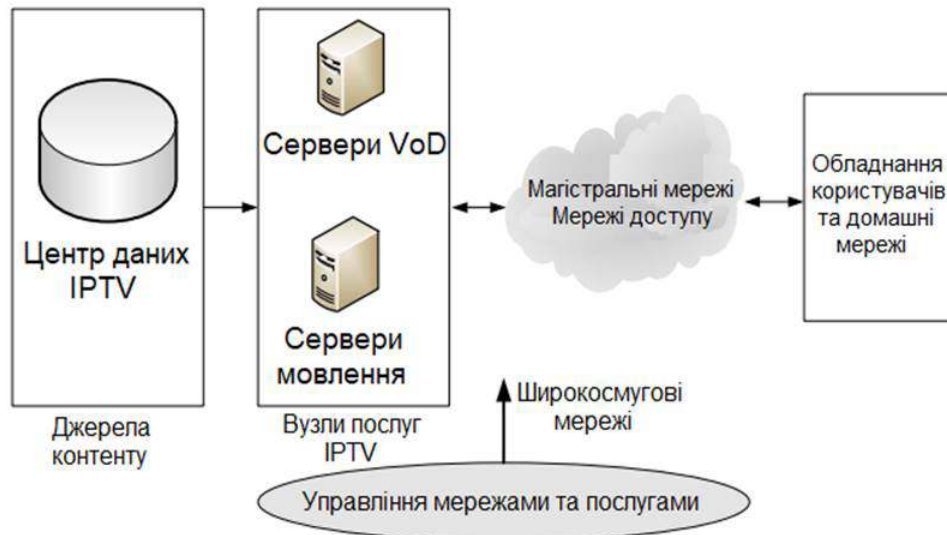
МЕТА І АКТУАЛЬНІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ



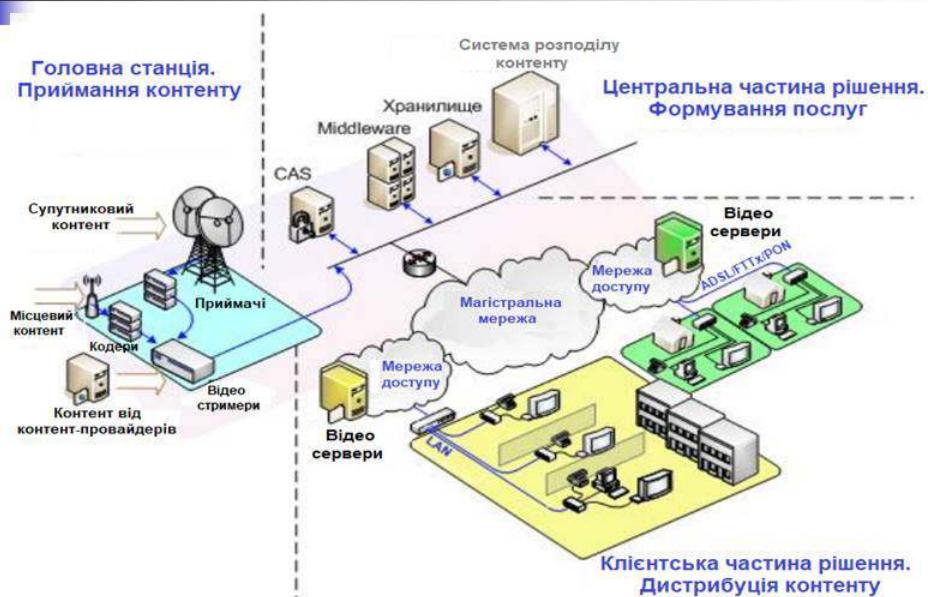
Системи IPTV являють собою цифрове інтерактивне телебачення в IP орієнтованих мережах. Послуги IPTV є одними з найпоширеніших в NGN, тому що саме IP-мережі формують її універсальну транспортну платформу, яка забезпечує можливості переносу всіх видів трафіку. Методи оцінювання якості передачі відео (ЯПВ), що на цей час використовуються для забезпечення QoS при наданні послуг IPTV, ґрунтуються на параметрах, що характеризують доставку пакетів в IP-мережі. У роботі аналізуються існуючі суб'єктивні і об'єктивні методи оцінювання ЯПВ, але серед них немає такого, що міг би однозначно визначити чи є прийнятним QoS, що надається користувачеві. У разі надання послуг IPTV оцінку QoS відео ділять на кілька етапів, щось можливо перевірити тільки при впровадженні послуги, а інші якісні показники можна оцінити тільки в момент експлуатації. Тобто оператор змушений підтримувати функціонування декількох об'єктивних і суб'єктивних методів оцінки якості відео одночасно.

Звідси **метою роботи** було розроблення і обґрунтування аналітичної моделі об'єктивного оцінювання QoS в NGN для послуг IPTV. Запропонована модель враховує вплив різних факторів, що залежать від параметрів IP-мережі та специфіки додатків, на якість відеопотоків, а оцінку ЯПВ, що на її основі отримують, можна скорелювати із суб'єктивними методами. Це говорить про **актуальність роботи**.

СПРОЩЕНА УЗАГАЛЬНЕНА СТРУКТУРА IPTV



ТИПОВИЙ АРХІТЕКТУРНИЙ КОМПЛЕКС СИСТЕМИ IPTV





ПОКАЗНИКИ QoS В NGN

Рекомендація ІТУ-Т У.1540 визначає мережні параметри, що характеризують доставку ІР-пакетів та є важливими з погляду ступеня їх впливу на QoS:

- пропускна здатність;
- надійність (мережі та/або мережних елементів);
- затримка (IPTD) та джиттер затримки (IPDV);
- величина втрат (IPLR);
- величина помилок (IPER);
- життєздатність мережі.

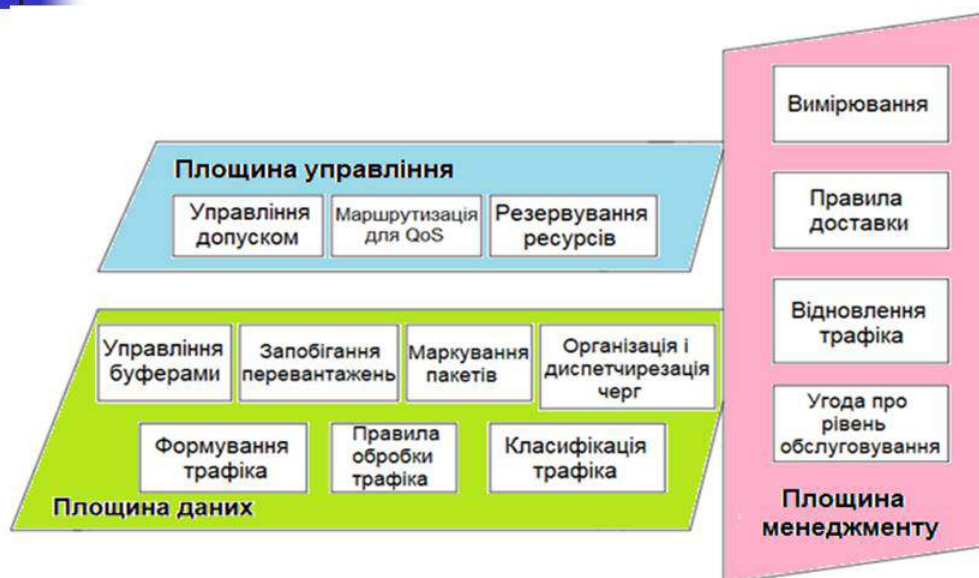
Рекомендація ІТУ-Т У.1541 визначає мережних параметрів чисельні значення норм, яких слід дотримуватися в ІР-мережах. Ці норми розподілені за класами якості обслуговування, які визначені у відповідності з додатками та мережними механізмами, що застосовуються для забезпечення QoS.

Норми для параметрів ІР-мереж із розподілом за класами QoS

Мережні параметри	Класи QoS					
	0	1	2	3	4	5
IPTD	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1 с	не нормов.
IPDV	50 мс	50 мс	не нормов.	не нормов.	не нормов.	не нормов.
IPLR	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-33}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	не нормов.
IPER	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	не нормов.



МЕХАНІЗМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ QoS В NGN



ОСОБЛИВОСТІ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ СУБ'ЄКТИВНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ВІДЕО

Метод	Оцінюваний показник (Що вимірює)	Методика проведення (Як виміряє)	Можливість роботи у РМЧ	Примітки
MOS (ITU-T P.800)	Оцінює якість відеопослідовності, що передається	Група експертів виставляє оцінки за 5-ти бальною шкалою	-	Найбільш точний. Кількісно не враховує показники мережі. Витратний. Трудомісткий. Немає превентивного підходу при погіршенні якості відео
DSIS (ITU-R BT.500-13)	Оцінює працездатність і витривалість нової системи або спотворення, що вносяться на шляху передачі	Експерти переглядають набори зображень еталонні та із спотвореннями у випадковому порядку	-	Піддається впливу контекстуальних ефектів
SSCQE (ITU-R BT.500-13)	Безперервно оцінює одну програму тривалістю 10-20 хвилин, а не серію тестових сцен	Група експертів за п'ятибальною шкалою оцінює погіршення якості зображення без порівняння з еталонним, переглядаючи відео тільки 1 раз безперервно	-	Оцінка залежить від змісту сцени. Вимірює якість відеозображень на довгих послідовностях. Може мати місце необ'єктивність, яка обумовлена пам'яттю
PQR	Оцінює рівень сприйняття зорової системи людини	Група експертів порівнює еталонну послідовність і ту, що тестується	-	Не враховує ситуацію у мережі на момент погіршення якості відео. Оцінює відео у разі випадкового виникнення спотворень

ОСОБЛИВОСТІ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ СУБ'ЄКТИВНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ВІДЕО

Метод	Оцінюваний показник (Що вимірює)	Методика проведення (Як виміряє)	Можливість роботи у РМЧ	Примітки
DMOS	Обчислює різницю між оцінками MOS еталонного відео та того, що тестується	Група експертів за 5-ти бальною шкалою спочаку оцінює еталонну послідовність, а потім ту, що тестується. Оцінки MOS відео-послідовностей, що тестуються, віднімаються від оцінок еталонних послідовностей MOS, що і визначає оцінку DMOS	-	Використовується, коли різниця між відеопослідовностями неочікувана, тобто неможливо передбачити, в який момент і з якої причини відбудеться погіршення відео, або необхідно визначити кількісно цю різницю. Має відносний характер, і не відображає процеси, що відбуваються в мережі.
SAMVIQ	Тест на сприйняття кольорів. Оцінка кодеків	Група експертів за 100 бальною шкалою оцінює кілька варіантів відеопослідовностей, які закодовані різними кодеками. Потім оцінки усереднюються, є можливість повернутися і змінити оцінку	-	Переважно вирішує одну задачу: дає змогу вибрати найбільш придатний кодек

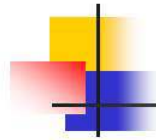
ОСОБЛИВОСТІ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТИВНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ВІДЕО

Метод	Оцінюваний показник (Що вимірює)	Методика проведення (Як виміряє)	Можливість роботи у РМЧ	Примітки
MDI (IETF RFC 4445)	Затримки, джиттер, втрати	Моніторинг мережі, вимірювання мережних характеристик на різних ділянках мережі пасивними методами	+	Дозволяє розрахувати розмір буфера на прийомі. Локалізація несправності. Немає детального розбору транспортного відеопотоку. Не залежить від типу відекодека. Одночасно контролює велику кількість потоків. Не враховує нелінійність алгоритмів стиснення відео
VQM (ITU-R BT.1683)	Оцінює видимий результат погіршення відео. Змазаність, тремтіння, блочність, шум, спотворення кольору	Порівнює вихідне відео та відео в кінцевій точці. Показники, що оцінюються, комбінують в одну метрику	-	Не може аналізувати велику кількість потоків. Не контролює стан мережі
MPQM	Оцінка сприйняття. Аналізує контрастність, розмитість, розсіпання зображення, завмирання, порушення кольоровості, артефакти	Аналізується вся відео-послідовність. Її пропускають через фільтри, які вимірюють кількість спотворень. Формується кілька каналів. Для кожного обчислюється контрастна чутливість і маска, що необхідна для корекції спотворень	+	Затратний метод з точки зору використання ресурсів. Орієнтований на сприйняття відео глядачем. Дає змогу контролювати якість на будь-якій ділянці IP-мережі, на будь-якому етапі надання послуги IPTV

ОСОБЛИВОСТІ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТИВНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ВІДЕО

Метод	Оцінюваний показник (Що вимірює)	Методика проведення (Як виміряє)	Можливість роботи у РМЧ	Примітки
NQM	У процесі обчислення NQM розглядаються такі аспекти, як: зміни контрастної чутливості з відстанню, розміри зображення і просторової частоти; зміна локальної яскравості середнього значення; контрастна взаємодія між просторовими частотами і маскувальними ефектами.	Спотворене зображення моделюється як початкове, що було піддано лінійним частотним спотворенням і додаванням адитивного шуму. Сприйнятті людським оком ефекти від частотного спотворення і впливу шуму є незалежними, і під час експерименту ці два джерела погіршення відео розділяють, а потім вимірюють, наскільки ефект, який вони створюють, є видимим.	-	Дає змогу поліпшити алгоритми відновлення відеопослідовностей, що отримуються. Не дає повного уявлення про якість передачі відео у цілому, тому що не враховує більшість мережних характеристик і специфічних особливостей відеододатків.
PSNR	Вимірює відношення сигналу до шуму або пікове відношення сигналу до шуму між початковим сигналом і сигналом на виході системи	Вимірювання на різних ділянках мережі	+	Не враховує вплив характеристик специфічних для відеододатків. Має порівняно низьку складність обчислення.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОВЕДЕННЯ РОЗРОБКИ АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТИВНОГО ОЦІНЮВАННЯ QoS ДЛЯ ПОСЛУГ IPTV



Модель ґрунтується **на підході типу «втрати - спотворення»**, тобто показує вплив втрат пакетів на якість відео у формі спотворень.

Під час розробки моделі для оцінки якості відео взяті до уваги дві основні вимоги:

- модель має оперувати різними мережними параметрами і параметрами додатків, а також з високим ступенем точності повинна використовувати їх для оцінки QoS під час передачі відео;

- модель має бути здатною кількісно визначити ці параметри для того, щоб мати можливість застосовувати оцінку QoS під час передачі відео в реальному масштабі часу (РМЧ) для потенційно великої кількості відеопотоків.

Дотримання цих двох вимог є досить складною задачею. З одного боку, якщо робити точні оцінки QoS під час передачі відео, то потрібно провести детальний аналіз стану мережі та зібрати детальну інформацію про додаток, який генерує відеопотік. З іншого боку, дуже складно провести вимірювання всіх цих параметрів у РМЧ у необхідному обсязі. Тобто було намагання досягти компромісу між точністю і швидкістю обчислень або їх складністю.

ОСНОВНІ ВИРАЗИ, ЩО ОПИСУЮТЬ СУТНІСТЬ МОДЕЛІ



Загальне спотворення, яке виникає внаслідок втрат у кадрі k :

$$D = \sum_{i=0}^{x-1} \sigma^2[k + i]. \quad (1)$$

Загальне середнє спотворення, що виникло через втрату одного блоку:

$$D_1 = \sum_{i=0}^{T-1} \sigma_s^2 \gamma^i \left(1 - \frac{i}{T}\right) = \frac{\gamma^{T+1} - (T+1)\gamma + T}{T(1-\gamma)^2} \sigma_s^2 = \alpha \sigma_s^2. \quad (2)$$

Загальні спотворення, що виникають у разі n послідовно втрачених пакетів:

$$D_n = f(n)D_1. \quad (3)$$

Загальне середнє спотворення відновленого відео:

$$\bar{D} = P_e \overline{f(n)} LD_1. \quad (4)$$

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ВІДЕКОДЕКІВ НА ЯКІСТЬ ВІДЕО НА ПРИКЛАДІ КОДЕКА MPEG-2

Загальне спотворення, що впливає на відеопослідовність у разі n послідовно втрачених пакетів:

$$\bar{D} = s(\bar{n} + L - 1)P_eLD_1. \quad (5)$$

Результуюча якість відео визначається за допомогою PSNR:

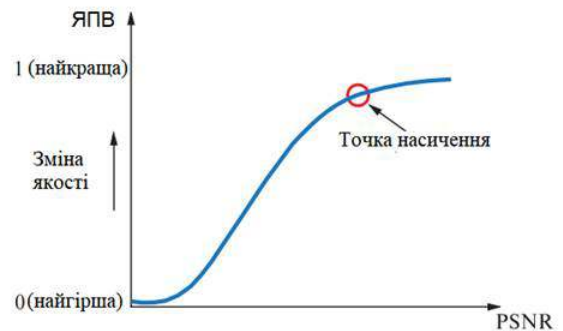
$$PSNR = 10 \lg \left(\frac{255^2}{\bar{D}} \right). \quad (6)$$

Коефіцієнт, який враховує характеристики відео та відображає спотворення відеопослідовності:

$$C = 1 + \exp(b_1(PSNR - b_2)). \quad (7)$$

Якість передачі відео (ЯПВ):

$$\text{ЯПВ} = 1 - \frac{1}{C}. \quad (8)$$



Взаємозв'язок між ЯПВ і PSNR

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТИВНОЇ ОЦІНКИ ЯПВ ДЛЯ КОДЕКА MPEG-2

Формат	P_e	\bar{D}	PSNR, дБ	ЯПВ
Кадр CIF ($s = 2,$ $L = 4$)	0.008	6.4	40.06	0.946
	0,01	16	36.08	0.906
	0,02	52	30.97	0.817
	0,03	120	27,33	0,722
	0,04	256	24.04	0.613
	0,06	672	19.85	0,458
	0,08	1184	17.39	0.369
	0,1	2040	15.03	0,291
	0,2	5120	11.03	0,184
0,3	9600	8.3	0.13	

Формат	P_e	\bar{D}	PSNR, дБ	ЯПВ
QCIF ($s = 2,$ $L = 1$)	0.008	0,64	50,06	0.988
	0,01	1,6	46.08	0.978
	0,02	5,2	40.9	0.953
	0,03	12	37,33	0,921
	0,04	25,6	34.04	0.877
	0,06	67,2	29.85	0,791
	0,08	118,4	27.39	0,724
	0,1	204	25,03	0.647
	0,2	512	21.03	0.502
	0,3	960	18.3	0.401



ВИСНОВКИ

У процесі виконання цієї кваліфікаційної роботи проведено аналіз існуючих методів суб'єктивного та об'єктивного оцінювання якості передачі відео, на підставі яких була розроблена та обґрунтована аналітична модель об'єктивного оцінювання QoS для послуг IPTV під час передачі відео по IP-мережі, що є транспортною платформою NGN.

У роботі зроблено огляд концептуальних особливостей організації та надання послуг IPTV та визначені показники і механізми забезпечення QoS в NGN.

Також проведено аналіз методів суб'єктивної та об'єктивної оцінки ЯПВ під час надання послуг IPTV. Запропонована та проаналізована модель об'єктивного оцінювання, яка дає змогу контролювати параметри QoS під час передачі відео в IP-мережах. Модель враховує вплив різних факторів, що залежать від параметрів мережі та специфіки додатків, на якість відеопотоків, що передаються. Її особливістю є те, що вона не вимагає детальних знань про параметри відеопотоку, але водночас дає змогу досить точно оцінити ЯПВ. При цьому, важливим є те, що цю оцінку можна скорелювати із суб'єктивними методами.

В рамках практичного застосування отриманої аналітичної моделі зроблений розрахунок для випадку передачі відео в кадрах CIF і QCIF для кодека MPEG-2. Було отримано результати, з яких видно, що в разі збільшення втрат, виникає більше спотворення. Це призводить до зниження значень PSNR та погіршення якості передачі відео.

ДОДАТОК Б

Суб'єктивні методи оцінювання якості передачі відео

Таблиця Б.1 – Особливості та характеристики суб'єктивних методів оцінювання якості передачі відео

Метод	Оцінюваний показник (Що вимірює)	Методика проведення (Як виміряє)	Можливість роботи у РМЧ	Примітки
1	2	3	4	5
MOS (ITU-T P.800)	Оцінює якість відеопослідовності, що передається	Група експертів виставляє оцінки за 5-ти бальною шкалою	-	Найбільш точний. Кількісно не враховує показники мережі. Витратний. Трудомісткий. Немає превентивного підходу при погіршенні якості відео
DSIS (ITU-R BT.500-13)	Оцінює працездатність і витривалість нової системи або спотворення, що вносяться на шляху передачі	Експерти переглядають набори зображень еталонні та із спотвореннями у випадковому порядку	-	Піддається впливу контекстуальних ефектів
SSCQE (ITU-R BT.500-13)	Безперервно оцінює одну програму тривалістю 10-20 хвилин, а не серію тестових сцен	Група експертів за п'ятибальною шкалою оцінює погіршення якості зображення без порівняння з еталонним, переглядаючи відео тільки 1 раз безперервно	-	Оцінка залежить від змісту сцени. Вимірює якість відеозображень на довгих послідовностях. Може мати місце необ'єктивність, яка обумовлена пам'яттю
PQR	Оцінює рівень сприйняття зорової системи людини	Група експертів порівнює еталонну послідовність і ту, що тестується	-	Не враховує ситуацію у мережі на момент погіршення якості відео. Оцінює відео у разі випадкового виникнення спотворень

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5
DMOS	Обчислює різницю між оцінками MOS еталонного відео та того, що тестується	Група експертів за 5-ти бальною шкалою спочайку оцінює еталонну послідовність, а потім ту, що тестується. Оцінки MOS відео-послідовностей, що тестуються, віднімаються від оцінок еталонних послідовностей MOS, що і визначає оцінку DMOS	-	Використовується, коли різниця між відеопослідовностями неочікувана, тобто неможливо передбачити, в який момент і з якої причини відбудеться погіршення відео, або необхідно визначити кількісно цю різницю. Має відносний характер, і не відображає процеси, що відбуваються в мережі.
SAMVIQ	Тест на сприйняття кольорів. Оцінка кодеків	Група експертів за 100 бальною шкалою оцінює кілька варіантів відеопослідовностей, які закодовані різними кодеками. Потім оцінки усереднюються, є можливість повернутися і змінити оцінку	-	Переважно вирішує одну задачу: дає змогу вибрати найбільш придатний кодек

ДОДАТОК В

Об'єктивні методи оцінювання якості передачі відео

Таблиця В.1 – Особливості та характеристики об'єктивних методів оцінювання якості передачі відео

Метод	Оцінюваний показник (Що вимірює)	Методика проведення (Як виміряє)	Можливість роботи у РМЧ	Примітки
1	2	3	4	5
MDI (IETF RFC 4445)	Затримки, джиттер, втрати	Моніторинг мережі, вимірювання мережних характеристик на різних ділянках мережі пасивними методами	+	Дозволяє розрахувати розмір буфера на прийомі. Локалізація несправності. Немає детального розбору транспортного відеопотоку. Не залежить від типу відеокодека. Одночасно контролює велику кількість потоків. Не враховує нелінійність алгоритмів стиснення відео
VQM (ITU-R BT.1683)	Оцінює видимий результат погіршення відео. Змазаність, тремтіння, блочність, шум, спотворення кольору	Порівнює вихідне відео та відео в кінцевій точці. Показники, що оцінюються, комбінує в одну метрику	-	Не може аналізувати велику кількість потоків. Не контролює стан мережі
MPQM	Оцінка сприйняття. Аналізує контрастність, розмитість, розсіпання зображення, завмирання, порушення кольоровості, артефакти	Аналізується вся відео-послідовність. Її пропускають через фільтри, які вимірюють кількість спотворень. Формується кілька каналів. Для кожного обчислюється контрастна чутливість і маска, що необхідна для корекції спотворень	+	Затратний метод з точки зору використання ресурсів. Орієнтований на сприйняття відео глядачем. Дає змогу контролювати якість на будь-якій ділянці IP-мережі, на будь-якому етапі надання послуги IPTV

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5
NQM	У процесі обчислення NQM розглядаються такі аспекти, як: зміни контрастної чутливості з відстанню, розміри зображення і просторової частоти; зміна локальної яскравості середнього значення; контрастна взаємодія між просторовими частотами і маскувальними ефектами.	Спотворене зображення моделюється як початкове, що було піддано лінійним частотним спотворенням і додаванням адитивного шуму. Сприйнятті людським оком ефекти від частотного спотворення і впливу шуму є незалежними, і під час експерименту ці два джерела погіршення відео розділяють, а потім вимірюють, наскільки ефект, який вони створюють, є видимим.	-	Дає змогу поліпшити алгоритми відновлення відеопослідовностей, що отримуються. Не дає повного уявлення про якість передачі відео у цілому, тому що не враховує більшість мережних характеристик і специфічних особливостей відеододатків.
PSNR	Вимірює відношення сигналу до шуму або пікове відношення сигналу до шуму між початковим сигналом і сигналом на виході системи	Вимірювання на різних ділянках мережі	+	Не враховує вплив характеристик специфічних для відеододатків. Має порівняно низьку складність обчислення.

ДОДАТОК Г

Публікації

Національний університет оборони
Азербайджанської республіки

Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"

Харківський національний
університет радіоелектроніки

Національний аерокосмічний університет
імені М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"

Університет технології і гуманітарних наук
(м. Бельсько-Бяла, Польща)

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Тези доповідей одинадцятої міжнародної
науково-технічної конференції

16 – 17 листопада 2023 року

Том 3: секція 4

Баку – Харків – Бельсько-Бяла –2023

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ QoS В МЕРЕЖАХ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ У РАЗІ НАДАННЯ ПОСЛУГ IPTV

Блажиєвський С.О., Колтун Ю.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні інфокомунікаційні технології майже не обмежують операторів і користувачів у сфері послуг, що надаються. Однак найбільшою популярністю серед користувачів користуються послуги на основі передачі відео-зображень, зокрема послуги IPTV, і більшість операторів зв'язку уже розгорнули або розгортають мережі для їх впровадження. Основою таких мереж є платформа мережі наступного покоління (Next Generation Network, NGN), яка орієнтована на використання IP-технологій, що надає операторам, з одного боку, значні можливості по організації практично необмеженої кількості такого роду послуг, але в той же самий час висуваються вимоги щодо надання високого рівня якості обслуговування (Quality of Services, QoS) [1].

Метою доповіді є аналіз механізмів QoS у NGN на базі IP-технологій у разі надання послуг IPTV, а також обґрунтування комплексу якісних параметрів, що мають значний вплив на оцінювання якості передавання відео по IP-мережах.

У доповіді розглядаються особливості організації та надання послуг IPTV. На прикладі ключової послуги IPTV «Відео за запитом» (Video on demand, VOD) аналізуються методи оцінювання якості передачі відео [2, 3]. Показано, що одним із домінуючих чинників під час оцінювання якості передачі відео є кількість втрачених пакетів. Також на QoS впливають специфічні параметри відео, такі як спосіб пакетування, розмір відеокадру, схема маскування помилок, які залежно від конфігурації кодека, по різному реагують на однаковий рівень втрат [1]. Запропоновано використання коефіцієнта, що демонструє взаємозв'язок суб'єктивних і об'єктивних оцінок якості передачі відео, та враховує характеристики відеопотоку при здійсненні оцінювання спотворень, що виникають під час втрати окремих блоків відео.

Список літератури

1. Шалогоинов В.А. Моделирование сети следующего поколения при оценке качества инфокоммуникационных услуг [Електронний ресурс] // T-Comm. – №7. – 2010. – С. 184 - 186. – Режим доступу до ресурсу: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-seti-sleduyuschego-pokoleniya-pri-otsenke-kachestva-infokommunikatsionnyh-uslug>.
2. NetUP IPTV Middleware [Електронний ресурс] / Copyright © NetUP. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.netup.tv/ru-RU/middleware.php>
3. Бабайцев А. Организация доступа к услугам Triple Play в мультисервисных сетях [Електронний ресурс] / Бабайцев Алексей // Технологии и средства связи. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.tsonline.ru/articles2/multiplay/organizatsiya-dostupa-k-uslugam-triple-play-v-multiservisnyh-setyah>.

УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ (секція 4)

Adebusola F.O.	25	Sabziev E.N.	12	Бондаренко М.Е.	56
Aloshyn Y.M.	45	.....	16	.....	57
Babayev S.M.	17	Sabziyev E.N.	17	.....	58
Bayramov A.A.	9	Sadigova R.H.	16	.....	59
Danova M.	36	Smidovych L.S.	35	.....	60
Dotsenko M.I.	32	Suleymanov S.S.	9	.....	61
Dotsenko N.V.	32	Talibov A.M.	14	.....	63
Feoktystova O.I.	21	Trembovetska R.V.	23	.....	80
Gasanov A.G.	6	.....	46	.....	81
Goyushova U.M.	11	.....	48	Бондаренко С.В.	61
Gubka O.S.	33	Tychkov V.V.	23	Бояршинов С.В.	84
Gubka S.O.	33	.....	46	Вербицкий С.Р.	92
Halchenko V.Ya.	23	.....	48	Вінтонович М.С.	78
.....	46	Tychkova N.B.	47	Власік С.М.	116
.....	47	Tymoshenko O.V.	48	Внуков О.О.	67
.....	48	Valkovyi V.	36	Волк Д.М.	50
Hashimov E.G.	8	Zmiivskiy V.S.	21	Волк М.О.	51
.....	10	Zymovin A.Ya.	25	Гомон В.О.	89
.....	14	Анікін А.М.	38	Гора М.В.	51
Huseynov B.S.	10	Балдандорж Б.О.	26	Горбачов В.О.	65
Karimov Y.Sh.	19	Баляба Ю.В.	50	.....	83
Khaligov G.S.	18	Барковська О.Ю.	75	Горенський Г.Г.	30
Khudeynatov E.K.	8	.....	76	Гриненко К.О.	81
Kraevyi S.A.	23	.....	77	Гриценко С.Д.	69
Kulyk Y.O.	35	.....	78	.....	70
Lolenko A.	111	Бикова Т.М.	22	.....	71
Malikov S.P.	11	Бирька Е.М.	80	.....	72
Nabadova L.N.	12	Блажнієвський С.О.	91	Гулак А.С.	68
Nemashkalov M.V.	112	Богородицький В.О.	110	Даценко С.С.	114
Nosova N.Yu.	33	Богородицький Є.О.	110	Дашков Д.Є.	66
Pashayev A.B.	16	Бойко Р.В.	100	Дергачов К.Ю.	27
Piriev H.K.	14	Бондаренко Є.Ю.	62	Дудник Г.О.	98
Piskun M.O.	46	.....	63	Слізева А.В.	39
Podorozhniak A.	111	Бондаренко М.Е.	54	Ждан С.В.	99
.....	112	.....	55	Живков В.В.	31

ЗМІСТ

Том 1: секції 1, 2, 5, 7

Том 2: секції 3, 6

Том 3: секція 4

Секція 4 Комп'ютерні методи і засоби інформаційних технологій та управління	6
Учасники конференції (секція 4)	117
Організації, які прийняли участь у конференції	119

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

**Тези доповідей
одинадцятій міжнародній науково-технічній конференції
(16 – 17 листопада 2023 року)
Том 3: секція 4**

Відповідальна за випуск *Н. Г. Кучук*

Технічний редактор *І. А. Лебедева*

Коректор *В. В. Богомаз*

Комп'ютерне складання та верстання *Н. Г. Кучук, І. Ю. Петровська*

Адреса оргкомітету: вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна
Вечірній корпус, кімната 314
тел. +38 (057) 707 61 65

Підписано до друку 06.11.2023 Формат 60 × 84/16
Ум.-вид. арк. 7,5. Тираж 100 пр. Зам. 1106-23/3

Віддруковано з готових оригінал-макетів у цифровій друкарні Impress
61002, м. Харків, вул. Пушкінська, 56, тел. + 38 (057) 714-52-11
e-mail: irina@impress.biz.ua