

ВІДГУК **офіційного опонента**

на дисертаційну роботу Твердохліба Віталія Вікторовича за темою «Метод підвищення продуктивності телекомунікаційних систем на основі управління інтенсивністю відеотрафіка», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Актуальність теми. Сучасний стан надання відеоінформаційних послуг зі застосуванням інфокомунікаційних систем визначається різким зростанням інтенсивності потоку відеоданих. Для інфокомунікаційних систем, що використовують бездротові технології доставки даних, частка обсягу відеоданих складає понад 80% відносно сумарного обсягу інформації. З іншого боку сучасні інфокомунікаційні технології мають недостатні характеристики відносно пропускнуєї спроможності каналів передачі даних. Наслідком чого є значні затримки у часі доставки інформації у разі використання систем з гарантованою доставкою, і значні інтенсивність та нерівномірність відеопотоку за часом, а також втрати пакетів даних внаслідок переповнення буферних пристроїв на вузлах мережі у разі використання технологій транспортного рівня UDP. Саме у цьому випадку механізм відкидання пакетів з черги призводить до істотних втрат інформації. Це не задовольняє вимогам моделі забезпечення якості надання відеопослуг відповідно до системи якості QoS (Quality of System). Тому науково-прикладна задача щодо забезпечення якості відеосервісів на необхідному рівні за рахунок зниження часу затримок доставки відеотрафіку у системі надання відеосервісів з використанням безпроводних телекомунікаційних мереж є актуальною.

Досить ефективним напрямком підвищення якості відеоінформаційного сервісу є зменшення інтенсивності потоку відеоданих з боку джерела. Це дозволяє забезпечити розвантаження каналів зв'язку починаючи вже з мережі абонентського доступу. Таким чином, навантаження в середині транспортної мережі суттєво зменшиться. Найбільш ефективного використання механізмів зниження інтенсивності відеоданих можливо досягти за рахунок застосування методів управління бітовою швидкістю відеопотоку при обробці відеоданих на

кінцевих вузлах, що дозволить забезпечити заданий рівень якості надання відеоінформаційних послуг.

В той же час при формуванні відеопотоку в першу чергу необхідно адаптувати бітову інтенсивність відеопотоку відносно пропускної здатності каналів інфокомунікаційної мережі. Стандартні технології управління бітовою швидкістю основані на базі загальносистемного керування пріоретизації трафіку, механізмів і протоколів забезпечення QoS, засобів буферизації та додаткових алгоритмів в роботі відеокодеків. Однак такі технології функціонують з одного боку лише як механізми перерозподілу навантаження у мережі, що не знижує інтенсивності відеопотоку, а з іншого у випадку зниження інтенсивності відбуваються значні неконтрольовані втрати достовірності відеоінформації, що не дозволяє підтримувати якість відеоінформаційних сервісів на належному рівні.

Тому можливо зробити висновок відносно необхідності подальшого розвитку методів керування відеопотоком при обробці відеопослідовності, що дозволить адаптувати бітову інтенсивність вихідного відеотрафіку до характеристик інфокомунікаційної системи. Такі методи управління повинні базуватися на механізмах оптимального вибору параметрів обробки відеокадрів, що забезпечать мінімальні втрати корисної інформації та необхідний час формування відеопотоку. В результаті аналізу причин виникнення недоліків існуючих методів управління інтенсивністю відеоданих при виконанні вимог щодо якості відеоінформації можливо обрати наступні складові подальшого розвитку, а саме:

1) використовувати для попередньої обробки зображень системи кодування, що дозволять забезпечити наступні властивості: зменшення кількості операцій; скорочення середньоквадратичного показника помилок;

2) організувати процес управління інформаційною інтенсивністю з використанням додаткових механізмів технологій кодування відеоданих.

Отже тематика науково-прикладних досліджень, яка пов'язана з розробкою методу підвищення ефективності функціонування інфокомунікаційних систем, на основі управління інтенсивністю відеотрафіка є актуальною.

Проведені дослідження виконані в рамках: Закону України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 03.07.2020 № 75/98-ВР; Постанови Кабінету Міністрів України "Концепція розвитку зв'язку України" від 09.12.1999 р. №2238; положення «Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні» (затверджено Кабінетом Міністрів України від 15 травня

2013 р.); “Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2018-2022 роки” (постанова Кабінету Міністрів України від 05 вересня 2018 р., №629; Дисертаційні дослідження проводились у відповідності із планами наукової, науково-технічної діяльності Харківського національного університету радіоелектроніки, у рамках яких була виконана НДР «Технології створення інтегрованих інформаційних систем на основі мереж цифрового мобільного зв'язку» (№ 0113U000360).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації. Мета та задачі, що сформовані в результаті досліджень адекватно характеризують стан та сутність приведеної області науки та техніки. Наукові положення, висновки та рекомендації, які запропоновані автором дисертаційної роботи мають глибоку повноту та обґрунтованість, що базується на системності проведених досліджень.

Перший розділ дисертації автором присвячено системному обґрунтуванню того, що ключовим чинником, який обмежує можливості щодо забезпечення якості надання відеосервісів, є дисбаланс між темпами зростання навантаження у мережі та можливостями існуючого технологічного базису. Здобувачем здійснюється досить ґрунтовний аналіз існуючих технологічних підходів щодо забезпечення ефективної передачі відео кінцевим користувачам на рівні як кінцевих, так і мережевих вузлів. Показується, що в умовах зростання обсягів відеотрафіка у мережі такі підходи не забезпечують необхідного рівня якості реконструйованих відеоданих. На основі чого автором дисертації робиться певний висновок відносно необхідності розробки методу узгодження інтенсивності відеотрафіка з пропускнуою здатністю мережі. Отже достатньо обґрунтовано пропонується розробити метод управління, спрямований на узгодження інтенсивності потоку відеокадрів та величини пропускнуої здатності мережі.

У другому розділі дисертації автором обґрунтовується підхід, який сприяє скороченню надмірності бітового опису відеоданих на рівні трансформованих сегментів відеокадрів. У рамках запропонованого підходу передбачається урахування позицій та розмірів бінарних об'єктів, що виявляються у межах бітових площин трансформант. Здобувачем на основі системного аналізу пропонується використовувати створений підхід як базис для методу блочного кодування довжин бінарних елементів фрагментів відеокадрів у спектральному просторі. В дисертації доводиться те, що побудований метод обробки створює умови для управління інтенсивністю

відеотрафіку у реальному часі з контрольованою якістю реконструйованих відеокадрів.

Третій розділ роботи полягає обґрунтуванні вимог, яким має відповідати розроблений метод для того, щоб забезпечити узгодження бітової швидкості відеотрафіку та динаміки змін пропускної здатності мережі у реальному часі. Звідки здобувачем визначаються ключові технологічні етапи базової моделі кодування відео, що потенційно дозволяють здійснювати управління бітовою інтенсивністю відеоданих. З врахуванням чого, автором дисертації створюється комплексний метод управління бітовою інтенсивністю відеопотоку, що містить у собі механізми субдискретизації слайсів, метод кодування бітового опису трансформант та алгоритм зміни параметрів кодування у базовій технології

Основний зміст четвертого розділу дисертації направлено на розрахунок складності алгоритмів розроблених технологій кодування бітового опису трансформанти, а також технологій субдискретизації слайсів та обробки бітових площин. При цьому оцінка складності виконується як для окремої технології, так і для різних режимів, які передбачають спільне застосування розроблених технологій. Після чого здобувачем в дисертації виконується експериментальна оцінка розробленого методу управління інтенсивністю.

Отже, наукові та практичні результати дисертаційної роботи, які одержані здобувачем, підтверджуються теоретичними дослідженнями та експериментами.

Дисертація написана грамотно. Стиль викладу доказовий, структура розділів цілком логічна та обґрунтована. Положення дисертації достатньо повно відображені в тексті автореферату.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірності та новизни. Дослідження проводилися на основі коректного використання існуючих теоретичних положень методів дослідження операцій, цифрової обробки сигналів та відеозображень, теорії інформації та кодування. Використовувались новітні світові результати в області створення технологій управління бітовою інтенсивністю відеопотоку в процесі його кодування.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується: адекватністю результатів експериментальних і теоретичних досліджень щодо оцінювання керованого рівня бітової інтенсивності відеопотоку в залежності від рівня збереження його якості на основі програмної реалізації і математичної моделі; не суперечливості отриманих результатів

положенням теорії інформації, методам управління бітовою інтенсивністю і методам блочного кодування.

До основних нових наукових результатів, які отримані в дисертаційній роботі відносяться:

1) модель кодового опису трансформанти на базі виявлення серій бінарних елементів. Модель базується на тому, що у ході побудови кодового опису для бітових площин трансформанти здійснюється динамічне формування кодового простору на базі виявлених структурних характеристик;

2) метод кодування відеокадрів на базі обробки їхніх трансформованих сегментів. Метод базується на тому, що у процесі кодування формуються незалежні кодові конструкції бітових площин трансформант;

3) метод управління інтенсивністю відеотрафіку на основі використання технологій кодування. Метод базується на технології субдискретизації слайсів відеокадрів з врахуванням наявності їх інтерполяції;

4) технологія управління бітовою інтенсивністю відеоданих. У рамках розробленого підходу передбачається одночасне застосування механізмів управління інтенсивністю, які використовують квантування спектрального представлення блоків відеокадрів, та субдискретизацію слайсів з наступною їх інтерполяцією. Означені напрямки є взаємоузгодженими, що дозволяє підвищити ефективність управління бітовою інтенсивністю відео.

Практичне значення одержаних результатів.

Впровадження результатів досліджень, отриманих у дисертаційній роботі Твердохліба Віталія Вікторовича має наступне практичне значення:

1) досягається баланс між бітовою інтенсивністю та якістю відновлених відеоданих шляхом створення додаткової можливості скорочення бітової інтенсивності на 25 % зі збереження початкової якості відеозображень;

2) забезпечується можливість зміни бітової інтенсивності у реальному часі від 15% до 30 % зі збереженням достовірності інформації у діапазоні від 35 дБ до 25 дБ;

3) для розробленого методу управління бітовою інтенсивністю відеопотоку забезпечується скорочення затримки доставки відеоданих у телекомунікаційній мережі відносно існуючих методів управління у середньому на 25%;

4. досягається зменшення величини джиттеру у середньому на 18% порівняно з існуючими методами управління інтенсивністю відеоданих;

5. забезпечується зниження показника втрат пакетів в середньому на 17% щодо існуючих методів управління.

У разі реалізації методу управління на базі розроблених підходів забезпечується можливість управління інтенсивності відео у реальному часі з внесенням контрольованої похибки.

Результати дисертаційної роботи реалізовані при виконанні дослідно-конструкторських робіт в Державному науково-дослідному інституті МВС України (акт реалізації від 02.02.2020 р.) та в навчальному процесі Харківського національного університету радіоелектроніки (акт реалізації від 16.10.2020 р.).

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації. Дисертаційна робота Твердохліба В.В є кваліфікованою науковою працею, яка містить сукупність нових наукових результатів, що свідчить про особистий вклад автора в науку. Зміст автореферату відображає основні результати досліджень, які подані в дисертації.

Повнота викладення основних результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи достатньо відображені у 21 науковій праці, серед яких одна колективна монографія, 12 статей, зокрема, одна одноосібна, дві статті у закордонних фахових виданнях, що індексуються в міжнародній базі Scopus, та 10 статей опубліковано в журналах, які входять до міжнародних науко-метричних баз, один патент на корисну модель. Апробація результатів дисертації відображена у 8 тезах доповідей на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях серед яких до Scopus входять 3 праці.

Зауваження щодо змісту і оформлення дисертації

До основних недоліків та зауважень слід віднести.

1. При розгляді існуючих стандартів надання відеоінформаційних послуг представлені не всі стандарти, розгляд яких підвищив би важливість проведених досліджень для практичного застосування.

2. В роботі не надано кількісних оцінок щодо залежності таких показників як час на обробку та бітова швидкість від розміру відеокадру. Це не дозволяє зробити певний висновок щодо можливості застосування запропонованих методів у разі необхідності доставки відеоінформаційного трафіку з підвищеними параметрами його якості в умовах узгодження вимог щодо показників системи оцінки якості QoS.

3. Не проведена оцінка додаткових апаратно-технічних заходів, які потрібні для застосування побудованих методів кодування та управління відеотрафіком у разі їх інтеграції в інфокомунікаційні технології.

4. Розроблений метод враховує процес узгодження характеристик відеоінформаційного потоку і пропускної здатності інфокомунікаційних мереж враховуючи механізми субдискретизації послідовності трансформант відеокадру. На жаль при цьому не враховується тип кадру, для якого виконуються ці технології. Саме не зрозуміло характер залежності ефективності застосування створених в дисертації методів управління від типу відеокадру у потоці або це базовий кадр або передбачений.

Проте, вище перераховані недоліки і зауваження не впливають на загальний позитивний висновок щодо дисертаційної роботи.

Таким чином, дисертаційна робота Твердохліба Віталія Вікторовича є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують наукове завдання відносно забезпечення якості відеосервісів на необхідному рівні за рахунок зниження часу затримок доставки відеотрафіку у системі надання відеосервісів з використанням безпроводних телекомунікаційних мереж. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі, задовольняє вимогам “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 656 від 19.08.2015 року № 1159 від 30.12.2015 року та № 567 від 27.07.2016 року), що пред’являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор Твердохліб Віталій Вікторович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Професор кафедри технічної кібернетики
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

доктор технічних наук, професор

