

Голові спеціалізованої вченої ради  
Д. 26.062.19 у Національному  
авіаційному університеті  
м. Київ, пр. Любомира Гузара, 1

### ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора кафедри кібербезпеки та захисту інформації Толюпи Сергія Васильовича 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.** Дисертаційна робота Твердохліба В.В. ґрунтується на необхідності подальшого розвитку та вдосконалення методів обробки потоку відеокадрів з можливістю управління їх інтенсивністю для ефективної передачі в телекомунікаційних мережах. При цьому актуальною науково-прикладною задачею, що потребує вирішення, є зниження часу затримок доставки відеотрафіку у системі надання відеосервісів з використанням безпроводних телекомунікаційних мереж.

Якість надання інформаційних послуг, в тому числі відеоінформаційних, з використанням телекомунікаційних технологій значною мірою визначає сучасний стан розвитку суспільства. Враховуючи з аналізу швидкості розвитку технологій та темпів постійного зростання відеотрафіку в телекомунікаційних мережах має місце проблемне питання. Воно стосується компенсації різкого збільшення навантаження на мережі. Це призводить до того, що затримки при передачі відеоданих з використанням телекомунікаційних технологій та втрати їх якості значно перевищують допустимий рівень. Наслідком чого є зниження якості надання відеоінформаційних сервісів, в тому числі з використанням бездротових телекомунікаційних систем.

Один із напрямків виходу з такої ситуації полягає в подальшому вдосконаленні існуючих методів управління інтенсивністю відеопотоку при його обробці для забезпечення узгодження бітової інтенсивності вихідного відеотрафіку з пропускнуою здатністю телекомунікаційних мереж.

Таке вдосконалення потрібно проводити в напрямку створення нових технологічних етапів загального процесу обробки відеокадрів та методів налаштування відповідних параметрів для досягнення додаткової можливості щодо управління бітовою інтенсивністю в умовах збереження достовірності відеоінформації та необхідного рівня обчислювальної складності процесу обробки. Тому дисертаційна робота Твердохліба Віталія Вікторовича, яка спрямована на розробку методу підвищення ефективності функціонування інфокомунікаційних систем, на основі управління інтенсивністю відеотрафіка, є актуальною.



**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.** Дисертант проводив свої дослідження у відповідності з планами наукової, науково-технічної діяльності Харківського національного університету радіоелектроніки, в рамках яких була виконана НДР «Технології створення інтегрованих інформаційних систем на основі мереж цифрового мобільного зв'язку» (№ 0113U000360) у якій автор дисертації був виконавцем.

Мета та задачі в результаті досліджень сформовані правильно, характеризують стан та сутність приведеної області науки та техніки. Наукові положення, висновки та рекомендації, які запропоновані автором дисертаційної роботи, мають достатню обґрунтованість, що базується на системності проведених досліджень та використанні сучасних світових досягнень у сфері технологій обробки, передачі та управління відеоінформаційним трафіком в телекомунікаційних системах та мережах.

У **вступі** доводиться актуальність тематики дисертаційних досліджень, обґрунтовується мета досліджень, наводиться об'єкт та предмет досліджень, формулюється наукова новизна, практична значимість та достовірність отриманих наукових результатів. Приводяться відомості про особистий внесок автора дисертації у наукових статтях, які виконано у співавторстві.

У **першому розділі** обґрунтовано значимість відеоінформаційних сервісів з використанням безпроводних технологій як складової компоненти концепції Smart City, що спрямована на забезпечення збільшення рівня безпеки та комфорту громадян, раціональне використання міської інфраструктури та збільшення ефективності управління об'єктами критичної інфраструктури.

Показано, що підходам, які базуються на використанні управління трафіком на рівні мережевих вузлів, в умовах росту кількості критичних сервісів, ускладнення трафіку та збільшення навантаження властиве суттєве падіння ефективності. Такі підходи базуються на механізмах маркування пакетів, управління буферами та обробки розумних черг.

Разом з тим, у зазначених умовах дані механізми можуть спричинювати втрату пакетів даних та внесення суттєвих рівнів затримки доставки пакетів. Зокрема, при навантаженні на мережеві вузли вище певного рівня управління трафіком у штатному режимі неможливе, та потребує додаткового застосування методів кодування на рівні джерела даних.

На основі проведеного аналізу було зроблено висновок, що для узгодження нерівномірної інтенсивності відеопотоку з динамікою пропускну здатності мережі, а також скорочення недоліків, властивих стандартизованим методам, необхідно побудувати метод управління інтенсивністю відеоданих. Такий метод повинен орієнтуватися на обробку відео потоку на кількох рівнях ієрархії його структурних одиниць, що забезпечує гнучку, та, одночасно, оперативну зміну бітової інтенсивності відео. Це створює умови, за яких внесена у ході управління затримка, а також величина похибки, потенційно будуть суттєво нижчими, ніж для випадку застосування стандартизованих методів управління.

**Другий розділ** дисертаційної роботи присвячено побудові моделі блочного кодування бітового опису трансформант відеокадру, обґрунтуванню



доцільності переходу до обробки трансформант на рівні сукупності бітових площин, кожна з яких формується двійковими елементами одного розряду десяткового опису компоненти; побудові методу обробки трансформант, який буде мати можливість забезпечити управління інтенсивністю відеотрафіку у реальному часі з контрольованим рівнем якості реконструйованих відеокадрів.

В роботі запропоновано метод обробки трансформант відеокадру, що дозволяє формувати кодові конструкції бітових площин трансформант на базі обчислених значень блочного коду. При цьому, кодові описи бітових площин є незалежними між собою. Оскільки розроблений метод забезпечує кодування без втрат, це створює умови для скорочення міжатрансформантної надмірності. За рахунок цього забезпечується управління інтенсивністю відеопотоку.

**У третьому розділі** дисертаційної роботи розробляється метод управління бітовою інтенсивністю відеопотоку на базі субдискретизації слайсів відеокадрів з наступною інтерполяцією на етапі реконструкції. Елементом слайсу є трансформований блок відеокадру. Субдискретизація виконується шляхом проріджування послідовності трансформованих блоків залежно від необхідності забезпечити відповідність між рівнями інтенсивності відеоданих та пропускної здатності мережі.

Метод дозволяє здійснювати оперативні зміни величини бітової інтенсивності відео відповідно до змін динаміки пропускної здатності мережі. При цьому забезпечується механізм контролю рівня помилки, що вноситься у ході управління.

**У четвертому розділі** дисертаційної роботи приводиться підхід до інтеграції розроблених методів в існуючі технології обробки відео у реальному часі. Виконується оцінка обчислювальної складності розроблених методів, за результатами якої робиться висновок про те, що навантаження, яке створюється у ході управління інтенсивністю відеоданих, не є критичним, що дозволяє застосовувати розроблений метод на базі апаратно-програмних платформ загального призначення.

Для розробленого методу досягається скорочення часової затримки доставки відеоданих відносно стандартизованих методів управління у середньому на 25%. Забезпечується зменшення величини джиттеру у середньому на 18% порівняно з існуючими методами. Досягається скорочення показника втрат пакетів в середньому на 17% щодо існуючих методів управління у складі існуючих технологій обробки відеокадрів.

**Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується:**

по-перше тим, що оцінка ефективності розроблених в дисертації методів здійснювалась в ході проведення експериментів з обробкою трафіку в розподіленій локальній мережі, що була створена на базі кафедри інформаційно-мережної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки;

збігом результатів експериментальних і теоретичних досліджень щодо порівняльного оцінювання створених та існуючих методів за такими показниками як: інформаційна інтенсивність, джиттер та втрата пакетів в



процесі управління бітовою інтенсивністю відеоінформаційних потоків;

використанням обґрунтованої доказової бази для розробки математичних виразів та співвідношень, які описують процес функціонування розроблених методів кодування та управління інтенсивністю відеоінформаційних трафіком.

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

1. Модель кодового опису трансформанти на базі виявлення серій бінарних елементів з послідуочим динамічним формуванням кодового простору для бітових площин в умовах виявлення структурних характеристик..

2. Метод кодування відеокадрів на основі їх трансформування у спектральному просторі, який полягає у тому, що у ході кодування формуються інтегровані кодові конструкції для окремих бітових площин з можливістю адаптивної побудови систем основ кодового простору для рівня їх структурного метааналізу.

3. Метод управління інтенсивністю відеотрафіку на основі використання технологій кодування, який полягає у тому, що контроль бітової інтенсивності досягається на базі технології субдискретизації слайсів відеокадрів з врахуванням наявності їх інтерполяції.

4. Комплексна технологія управління бітовою інтенсивністю відеотрафіку на базі: врахування статистичної та психовізуальної надмірності; одночасного застосування механізмів управління інтенсивністю відеотрафіком на рівні окремих блоків шляхом квантування їх спектрального представлення, та на рівні слайсів шляхом їх субдискретизації з наступною інтерполяцією.

#### **Практичне значення одержаних результатів.**

Впровадження результатів досліджень, отриманих у дисертаційній роботі Твердохліба В.В., а саме застосування розробленого методу управління інтенсивністю відеоданих забезпечує:

досягнення балансу між бітовою інтенсивністю та якістю відновлених відеозображень за рахунок: створення додаткової можливості відносно скорочення бітової інтенсивності на 17 % в умовах збереження початкової якості відеозображень; можливості змінювати у реальному часі рівень бітової інтенсивності від 5% до 40 % в умовах збереження достовірності інформації в межах від 25 дБ до 35 дБ, що відповідає вимогам надання сучасних відеосерісів.

скорочення часової затримки доставки відеоданих відносно стандартизованих методів управління на основі кодування джерела у середньому на 25%;

зменшення величини джиттеру у середньому на 18 % порівняно з існуючими методами;

зниження показника втрат пакетів в середньому на 17% щодо існуючих методів управління на основі кодування.

**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.

**До недоліків слід віднести наступне:**

1. На мій погляд в першому розділі дисертації автором надається не достатньої уваги щодо обґрунтуванню недоліків існуючих методів кодування, в т ому числі методів усунення статистичної надмірності. Отже не зрозуміло чому існуючи методи статистичного кодування та методи сімейства LZ мають обмежені можливості відносно підвищення ефективності процесу управління відеотрафіком в умовах збереження потрібного рівня його достовірності.

2. Відомо, що відеоінформаційні сервіси надають в загальному випадку інформаційні повідомлення трьох типів, а саме відеоінформація, аудіодані та текстова інформація. В теж час, автором дисертації в процесі проведення досліджень приділяється певна увага тільки відеоінформаційній складовій загального мультимедійного ресурсу. Отже не зрозуміло яким чином створені методи управління потоком відеокадрів будуть узгоджуватись з обробкою та управління інформаційною інтенсивністю аудіоінформаційних потоків. Не зрозуміло, чи не призведе це до зниження ефективності обробки загального мультимедійного ресурсу.

3. У роботі для порівняння ефективності функціонування розроблених методів обирались існуючи методи управління інтенсивністю відеопотоку, які реалізовані у стандартизованих технологіях сімейства MPEG. Однак, на даний час також для обробки відеопотоку використовуються стандартизовані технології сімейства H26\*, наприклад пропонуються такі технологія як H263, H264, H265 та H266. Отже не зрозуміло чи будуть відрізнятись результати порівняльних оцінок для створених в дисертації методів у разі використання як опонуючих методів управління, що реалізовані у технологіях сімейства H26\*.

4. Автором в першому та другому розділах дисертації робиться аналіз існуючих підходів відносно управління інтенсивністю трафіку на різних рівнях семирівневої моделі OSI опису відкритої телекомунікаційної системи. Наприклад це стосується методів маршрутизації та управління чергами на вузлах телекомунікаційної мережі. Але ж не зрозуміло яким чином буде досягатись узгодженість між створеними методами управління інтенсивністю відеотрафіку на прикладному рівні та методами його обробки на інших рівнях мережі. Саме не зрозуміло як вплине використання створених в дисертації методів управління на ефективність загального процесу доставки інформації в мережі.

5. Відносно четвертого розділу дисертації потрібно відмітити те, що не наведено прикладів управління інтенсивністю відеотрафіку в умовах наявності множини абонентів, які мають доступ до мережі. Наприклад, така ситуація



може виникати в сенсорних мережах з використанням множини безпілотних авіаційних та наземних апаратів.

Але ці недоліки не знижують науковий та практичний рівень представленої дисертаційної роботи.

**Висновок.** Таким чином, дисертаційна робота Твердохліба Віталія Вікторовича є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують науково-прикладну задачу, яка полягає у зниженні 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.

Офіційний опонент.

Професор кафедри кібербезпеки та захисту  
інформації факультету інформаційних технологій  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка  
доктор технічних наук, професор

  
С.В. ТОЛЮПА

ПІЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
07.04.2016



