Голові спеціалізованої вченої ради Д 73.052.04 при Черкаському державному технологічному університеті, за адресою 18006, м. Черкаси, бульв. Шевченка, 460, к. 1

ВІДГУК

офіційного опонента, професора кафедри інформаційних технологій та кібербезпеки Харківського національного університету внутрішніх справ Міністерства внутрішніх справ України, доктора технічних наук професора Можаєва Олександра Олександровича на дисертаційну роботу Ларіна Володимира Валерійовича за темою: «Методи підвищення якості обробки відеоінформації в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення», поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

1. Актуальність теми дисертації

Розвиток програмно-апаратних компонентів обробки відеоінформації в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення, які визначаються зростанням обсягів трафіку та потребою суспільства в появі сучасних послуг, призводять до необхідності постійного зростання і модернізації комп'ютерних систем та мереж. Найбільш популярними останнім часом стають відеоінформаційні послуги. Проблемними особливостями надання відеоінформаційних послуг в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення є: висока інтенсивність відеопотоку; нерівномірність відеопотоку за часом; чутлівість до затримок та втрат пакетів при передачі.

Отже, підвищення якості відеоінформаційного сервісу в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення є актуальною науково-прикладною проблемою.

Тому при формуванні відеотрафіка в першу чергу необходідно контролювати відповідність бітової швидкості джерела відносно пропускної здатності каналів зв'язку. В цьому напрямку одним з ключових підходів до зниження інтенсивності є застосування методів управління механізмами та параметрами обробки і кодування відеокадрів. Це надає можливість адаптувати бітову швидкість інформаційного потоку на етапі його кодування відносно поточних характеристик пропускної здатності комп'ютерних систем та мережах спеціального призначення.

Виходячи з цього, тема дисертаційної роботи Ларіна В.В., щодо розробки та вдосконалення методів підвищення якості обробки відеоінформації в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення є актуальною.

ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Вх. № 2771
12. 03. 2021

2. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.

Сформульовані мета та задачі досліджень вірно відображають стан та суть проблеми підвищення якості відеоінформаційного сервісу в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення.

За рахунок досить коректного використання наукових методів одержані результати, представлені автором дисертаційної роботи наукові положення, висновки та рекомендації є достатньо обґрунтованими. Постановки задач на дослідження виконані аргументовано та переконливо.

У першому розділі роботи автором проведено аналіз методів обробки відеоінформації в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення. Аналіз відомих методів компресії показав, що для обробки зображень в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення необхідно використовувати методи без втрати якості. Разом з тим дані методи не дозволяють обробляти та передавати відеодані в часі, близькому до реального.

У другому розділі автором зроблено постановку наукової проблеми та методологія проведення досліджень. Запропоновано концепцію з формування технологічного подання динамічних зображень стаціонарного фону. Визначено, що диференційне подання кадру з використанням порогу фільтрації дозволяє виявити області стаціонарного фону та області, які містять динамічні об'єкти. Обґрунтовано головні принципи побудови технології компактного подання відеокадрів, представлених в диференційному вигляді. Протиріччя між обмеженими можливостями існуючих методів обробки відеоінформації і вимогами щодо оперативності, якості та повноти надання відеоінформаційних сервісів у комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення зумовлює наявність актуальної наукової проблеми. Її змістом є підвищення якості відеоінформаційного сервісу в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення.

У третьому розділі автором на наведено метод кодування прогнозованих кадрів з урахуванням управляючих механізмів.

Основною складністю при роботі з відео є великі обсяги передаваної відеоінформації і чутливість до її затримок при передачі. Для усунення максимальної надмірності при формуванні відеопослідовності використовується три типи кадрів: I, P і B, які формують групу кадрів. Для типового відеоряду невисокої складності вага кожного P-кадру в потоці приблизно в 3 рази менше ваги I-кадру. Однак при обліку кількості P-кадрів у групі саме вони вносять основний внесок в загальний обсяг відеоданих. Тому можливо модернізувати методи кодування для P-кадрів на основі попередньої ідентифікації типу блоків з подальшим формуванням блокових кодових конструкцій. Основою для формування прогнозованих кадрів є усунення часової надмірності шляхом адаптивного кодування з прогнозуванням вперед.

розроблено метод кодування прогнозованих кадрів з урахуванням управляючих механізмів, а саме: обґрунтовано вибір прогнозованих P-кадрів для удосконалення методів обробки через їх серйозний вплив на ступінь компресії відеоінформації. Щодо опорних кадрів обсяг переданих даних у P-

кадрі зменшується в середньому в 2-3 рази. Тому, чим більша кількість Р-кадрів використовується в відеопослідовності, тим сильніша компресія в цілому, але гірша якість зображення. Відповідно, вищим повинен бути рівень контролю за помилками через те, що помилка в одному блоці пошириться на всю групу наступних Р-кадрів. Розроблено метод декодування зображень з використанням блокових чисел, який порівняно зі статистичними декодерами має ряд переваг: немає необхідності у використанні маркерів для поділу службової та інформаційної частин при формуванні пакетів даних;підвищення завадостійкості за рахунок поширення помилок тільки в межах одного коду блочного числа, таким чином, їх вплив поширюється тільки на один стовпець, а не на весь блок; елементи відновлюваного блоку декодуються незалежно один від одного, що дозволяє застосовувати паралельну обробку даних для зниження часу на обробку даних; немає необхідності у використанні кодових таблиць і алгоритмів пошуку по ним, тому що вся необхідна інформація передається в службовій частині разом з кодом.

У четвертому розділі наведено метод обробки сегментів зображень на основі дворівневого зростання кодування векторів кортежів трансформанти. Проведено обґрунтування інтерпретації усіченого вектора двохкомпонентних кортежів у вигляді укрупненого позиційного числа невизначеної довжини, елементами якого є коди двоелементних чисел, утворених для окремих двокомпонентних кортежів.

Доведена теорема, в результаті чого отримано кодоутворюючі співвідношення, які забезпечують формування коду для укрупненого позиційного числа з невизначеною довжиною за дворівневою схемою, а саме на першому рівні формується кодове подання для окремих двокомпонентних кортежів, а на другому рівні здійснюється формування загального кодового подання для кодів, отриманих на першому рівні. Викладені етапи методу формування компактного представлення сегментованих зображень на основі виявлення вектора двокомпонентних кортежів для лінеаризованих трансформант.

Запропонована технологія розподілу компонент кортежу по кодограмі в комбінованому режимі, а саме коли будуються нерівномірні кодограми з обмеженням на максимальне значення в умовах невизначеності довжини останнього ланцюжка нульових компонент і змінної довжини вектора двокомпонентних кортежів.

У п’ятому розділі наведені методи обробки та перетворення відеопотоків динамічних зображень у комп'ютерних системах та мережах. Розроблений метод компресії відеопотоку динамічних зображень стаціонарного фону на основі роздільної обробки стаціонарної, динамічної складових та матриці знаків. Показано, що розроблені методи кодування забезпечують скорочення обсягу, збільшення ступеня компресії динамічних зображень стаціонарного фону і скорочення часу на їх обробку Викладається побудова методу відновлення оброблених динамічних зображень стаціонарного фону на основі реконструкцій матриці двійковій маски, динамічної складової та матриці знаків. Розглядається побудова технології відновлення поточного кадру в вихідному

динамічному просторі без втрати інформації на основі відновлення поточного диференційно-поданого кадру та інформації про базові кадри.

У шостому розділі наведено метод управління швидкістю передачі вихідних відеопотоків при обробці прогнозованих кадрів. Розроблено загальний метод управління бітовою швидкістю роботи кодера на базі алгоритму релаксації Лагранжа, який використовує в якості параметра фактор якості при квантуванні блоку. Для пошуку оптимального значення параметра квантування запропоновано використовувати метод поділу відрізків навпіл. Основна його перевага полягає в тому, що непотрібно повного (або близького до повного) перебору множини рішень як, наприклад, при динамічному програмуванні. Це дозволяє знизити час обробки і передачі кадру, що необхідно при роботі з відеопослідовностю в масштабі часу, близькому до реального.

У сьомому розділі проведена оцінка ефективності розробленого методу управління інтенсивністю відеотрафіка. Розроблено метод управління бітовою швидкістю, який дозволяє виробляти необхідне коригування інтенсивності відеопотоку відповідно до основних параметрів комп'ютерних систем та мереж СП при забезпеченні заданої якості відеотрафіка. Механізм комбінування вибраних параметрів складено так, щоб рішення про оптимальність було прийнято з мінімальними часовими затримками. При цьому здійснюється контроль та адаптація бітової швидкості до пропускної спроможності каналу зв'язку, а також є можливість вибору якості переданого зображення.

У роботі автор грамотно використовує методи теорії кодування та цифрової обробки зображень для обґрунтування напряму підвищення якості надання відеоінформаційних послуг з використанням комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення; методи теорії дослідження операцій для розробки методу управління бітовою швидкістю відеопотоку на основі його компактного подання; методи системного аналізу для установлення структурних зв'язків між змінними або елементами комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення; методи математичної статистики для оцінки адекватності теоретичних і практичних результатів.

Все це дозволяє вважати наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи достатньо обґрунтованими і достовірними.

3. Основні результати досліджень та їх наукова новизна.

У процесі досліджень були одержані такі наукові результати:

- вперше запропоновано метод обробки відеопотоку на основі кодування прогнозованих кадрів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення, що дозволяє зменшити обсяг переданих даних в середньому в 3 рази;

- одержав подальшого розвитку метод формування компактного представлення сегментованих зображень, що відрізняється від відомих процесом побудови кодограм з урахуванням встановленого обмеження на максимальну довжину кодограми та забезпечує компресію в режимі обмежених значень фактора втрати якості;

- одержав подальшого розвитку метод обробки кадрів відеопотоку на основі трансформування, що відрізняється від відомих компактним подання

трансформанти в результаті рекурентного дворівневого кодування, що дозволяє організувати реконструкцію зображень за зменшеною кількістю операцій та підвищити оперативність надання ВІС;

- вперше запропоновано метод компресії відеопотоку динамічних зображень стаціонарного фону на основі роздільної обробки стаціонарної та динамічної складових, що дозволяє врахувати структурні особливості диференціального кадру та підвищити якість та повноту надання ВІС;

- удосконалено метод обробки динамічної складової диференційно-представлених кадрів, що відрізняється від відомих побудовою позиційних чисел з адаптивним вибором значень основ та дозволяє збільшити ступінь компресії двійкової маски диференційно-представленого кадру та оперативність надання ВІС;

- удосконалено метод компактного представлення службових даних, що відрізняється від відомих застосуванням структурної подібності матриці покажчиків знаків і матриці двійкової маски та дозволяє враховувати структурну подібність відео потоку та якість надання ВІС;

- вперше запропоновано метод представлення службових даних диференційно-представленого кадру, який дозволяє побудувати адаптивну систему управління бітовою швидкістю відеопотоку в комп'ютерних системах та мережах з низькою пропускною здатністю каналу для підвищення якості та повноти надання ВІС.

4. Практичне значення отриманих результатів.

Програмна інтеграція розроблених методів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення щодо використання існуючих технологій управління забезпечує:

1) виграш за ступенем зниження інтенсивності при заданому параметрі PSNR в середньому від 18% до 40% по відношенню до стандарту MPEG;

2) заданий рівень інтенсивності в процесі управління для більш високих показників якості, який визначається параметром PSNR, на рівні приблизно 35 дБ. Це в середньому на 19% краще стандарту MPEG;

3) скорочення часу передачі відеоданих від джерела до приймача в середньому від 15% до 25% для технології Wi-Fi;

4) зменшення коефіцієнта використання вузла комутації в середньому на 10% при максимальній інтенсивності відеотрафіка;

5) скорочення часу обробки відеопотоку в середньому на 7% в порівнянні з аналогічними механізмами в стандарті MPEG;

6) зменшення ймовірності втрат пакетів в середньому від 5 до 7 разів у порівнянні зі стандартом MPEG.

Практична значимість отриманих результатів дисертації підтверджується їх використанням при виконанні держбюджетних НДР шифр «Моніторинг», шифр «Око», шифр «Палітра», при постановці навчальних дисциплін «Комп'ютерні інформаційні системи та технології» і «Комп'ютерні мережі».

5. Недоліки та зауваження.

1. В дисертації проводиться оцінка ефективності розробленого методу управління інтенсивністю відеотрафіка, який дозволяє виробляти необхідне коригування інтенсивності відеопотоку відповідно до основних параметрів комп'ютерних систем та мереж СП при забезпеченні заданої якості відеотрафіка. Однак не було враховано, що це істотно впливає на вихідний результат компресії.

2. В процесі обґрунтування концепції з формування технологічного подання динамічних зображень стаціонарного фону не було проведено більш детальнішого аналізу недоліків щодо можливості застосування зональної фільтрації.

3. На жаль в дисертації не було подальше розкрита перевага розробленого методу кодування прогнозованих кадрів з урахуванням управляючих механізмів відносно завадостійкості кодових конструкцій до помилок у каналі зв'язку, яка ґрунтується на формуванні кодів для апертур рівномірної довжини.

4. Не всі складові елементи в наведених формулах пояснені, це ускладнює сприйняття наданого матеріалу.

5. Не зрозумілі кількісні значення часу обробки даних та чи забезпечують представлені методи сучасним вимогам обміну інформацією в часі близькому до реального.

6. Не вказано, яка потрібна пропускна здатність комп'ютерних систем та мереж для забезпечення обміну інформацією в часі близькому до реального.

7. Не зрозуміло на скільки збільшиться час на реалізацію розробленого методу компресії відеопотоку динамічних зображень в результаті роздільної обробки стаціонарної та динамічної складових.

6. Завершеність, стиль викладання, публікації.

У дисертаційній роботі вирішена актуальна наукова проблема підвищення якості відеоінформаційного сервісу в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення. Це досягається за рахунок розробки методу управління бітовою швидкістю відеотрафіка на кінцевих вузлах комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення, що дозволяє знизити інтенсивність відеопотоку при необхідній якості надання відеоінформаційних послуг, а також забезпечує розвантаження вузлів комутації комп'ютерної мережі спеціального призначення. Таким чином, реалізована можливість контролю та корекції значень середньоквадратичної помилки і бітової швидкості в процесі обробки прогнозованого кадру. При якій досягається зменшення коефіцієнта використання вузла комутації в середньому на 9% при максимальній інтенсивності відеотрафіка.

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, виконаною і оформленою відповідно до вимог.

Дисертаційна робота написана зрозуміло, грамотно, структура роботи логічна.

Результати дисертаційної роботи опубліковано у 23 науковій праці (у тому числі 17 – у наукових фахових виданнях України, що відповідають

переліку, затвердженому Міністерством освіти і науки України, 2 у виданнях, що індексуються міжнародною базою даних Scopus (з них 1 у виданні віднесеному до другого квартилю Q2, що прирівнюється до трьох публікацій), 2 колективні монографії), 2 патентах на корисні моделі та способи, 30 збірниках матеріалів наукових конференцій та симпозиумів (з них 5 у виданнях, що індексуються міжнародною базою даних Scopus).

Структура і зміст автореферату повністю відображає основні результати досліджень, які подані в дисертації.

7. Загальні висновки.

Дисертаційна робота Ларіна В.В. є завершеною науковою працею, в якій отримані нові наукові результати, що в сукупності вирішують науково-прикладну проблему, яка полягає в підвищення якості відеоінформаційного сервісу в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти, вимогам щодо докторських дисертацій згідно п. п. 9, 10, 12, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор, Ларін В.В. гідний присудження наукового ступеня доктора технічних наук за вказаною спеціальністю.

Офіційний опонент

професор кафедри інформаційних технологій та кібербезпеки
Харківського національного університету внутрішніх справ
Міністерства внутрішніх справ України

доктор технічних наук професор Олександр МОЖАЄВ

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ
Начальник організування службової діяльності ХНУВС
"_____" _____ 20____р.