

Українська державна академія залізничного транспорту

ШИРЯЄВ Андрій Володимирович

УДК 621.327: 681.5

**МЕТОД ЗНИЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ВІДЕОПОТІКУ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ
СИСТЕМ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Харків – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор **Бараннік Володимир Вікторович**, Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба Міністерства оборони України, провідний науковий співробітник наукового центру Повітряних Сил.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Федорович Олег Євгенович**, Національний аерокосмічний університет "ХАІ" ім. М.Є. Жуковського, Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, завідувач кафедри "Інформаційні управляючі системи";

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Яковенко Олександр Васильович,

Державний науково-дослідний інститут МВС України, Міністерства внутрішніх справ України,

начальник науково-дослідної лабораторії спеціальних технічних засобів.

Захист відбудеться «28» листопада 2012 р. о «15⁰⁰» годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий “ ” жовтня 2012 р.

*Вчений секретар
Спеціалізованої вченої ради*

К.А. Трубочанінова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На даний час основною тенденцією розвитку інфокомунікаційних технологій є розвиток надання відеоінформаційних послуг. При цьому частка обсягу переданого відеотрафіку відносно загального становить більш ніж 80%. Це призводить до збільшення інтенсивності відеоінформаційного потіку, що перевищує темпи вдосконалення характеристик телекомунікаційних систем. Внаслідок цього продуктивності телекомунікаційних систем недостатньо для надання відеоінформаційних послуг з належною якістю. Отже, зниження інтенсивності відеоінформаційного потіку для підвищення продуктивності телекомунікаційних систем є актуальною *науково-прикладною задачею*.

Ефективним напрямком підвищення продуктивності телекомунікаційних систем за рахунок зниження інтенсивності вхідного відеопотіку є застосування методів його компресії. У цьому випадку знижується завантаження вузлів комутації, час затримки й імовірності втрат пакетів на вузлах телекомунікаційних систем. Значний вклад в розвиток теорії та розробки методів стиснення внесли багато вчених. Серед них Корольов А.В., Поляков П.Ф., Бараннік В.В., Красильников М.М., Рябоко Б.Я. та ін. Із закордонних дослідників великий внесок внесли Зив Дж., Претт У., Шеннон К., Хартлі Р.Л. та ін.

Базовими методами стиску для побудови технологій компресії є методи обробки без внесення погрішності. Але, як показав аналіз, основні недоліки таких методів полягають у тому, що: часові витрати на стиск, відновлення й передачу зображень досягають декількох хвилин; коефіцієнт стиску при потрібній якості відновлених зображень не забезпечує істотного зниження обсягу відеоданих; навіть 1% втрат пакетів при передачі відеотрафіку призводить до того, що якість відновлених зображень на прийомній стороні стає непридатною. Тому існуючі методи стиску *не забезпечують необхідного зниження інтенсивності відеопотіку* для допустимої якості відновлених зображень.

Проведений аналіз складових технологій компресії стосовно можливості зниження інтенсивності відеопотіку дозволив сформулювати основні напрямки їх вдосконалення:

- 1) забезпечити стиснення зображень із контрольованою втратою їх якості з використанням вейвлет-перетворень, які мають наступні властивості: обробка проводиться в області цілочисельних значень; зменшується кількість операцій множення; скорочується середньоквадратичний показник помилок апроксимації для сильнонасичених зображень;

- 2) організувати стиск трансформант вейвлет-перетворень на основі виявлення закономірностей як статистичної природи, так і закономірностей комбінаторної природи.

Таким чином, тематика дисертаційних досліджень яка пов'язана з розробкою методу зниження інтенсивності відеотрафіку для підвищення

продуктивності телекомунікаційних систем на основі застосування технологій компресії є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційні дослідження проводились у відповідності: Закону України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» від 04.02.1998 № 75/98-ВР, Концепції розвитку зв'язку України від 9.12.1999 р. N 2238, Національних космічних програм України від 30.09.2008 N 608-VI, планам наукової, науково-технічної діяльності Харківського національного університету радіоелектроніки, в рамках яких була виконана НДР «Розробка цифрових технологій перетворення та управління інформаційними потоками в інтелектуальних мережах зв'язку» (ДР № 0103U001563), у якій автор дисертації був виконавцем.

Мета і завдання досліджень. Мета дисертаційної роботи полягає в розробці методу зниження інтенсивності відеоінформаційного потоку на основі його компресії для підвищення продуктивності телекомунікаційних систем.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Обґрунтувати напрямок для підвищення продуктивності телекомунікаційних систем на основі зниження інтенсивності вхідного відеопотоку.
2. Розробити метод стиску зображень для зниження інтенсивності відеопотоку.
3. Створити метод декомпресії зображень для забезпечення заданої якості відеоінформаційних послуг.
4. Побудувати програмну реалізацію створеного методу.

Об'єкт дослідження: Процеси зниження інтенсивності відеоінформаційного потоку для підвищення продуктивності функціонування телекомунікаційних систем.

Предмет дослідження: Моделі та методи зниження інтенсивності відеоінформаційного потоку на основі компактного подання зображень.

Методи дослідження: Обґрунтування напрямку підвищення продуктивності телекомунікаційних систем здійснювалося на основі системного підходу з використанням теоретичного апарата дослідження складних систем. Розробка методу компресії й реконструкції зображень проводилась з використанням положень теорій інформації та кодування. Дослідження властивостей трансформованих зображень організовувалося на базі методів спектрального і вейвлет аналізу. Оцінка адекватності теоретичних і практичних результатів проводилась на основі методів математичної статистики.

Наукова новизна обумовлена розробкою методу зниження інтенсивності відеоінформаційного потоку для підвищення продуктивності телекомунікаційних систем за рахунок скорочення обсягу відеоданих на базі квадратурного поліадичного кодування вейвлет-трансформант. Наукова новизна результатів досліджень полягає в тому, що:

1. Вперше розроблено метод компресії зображень на основі поліадичного кодування квадратур вейвлет-перетворень. На відміну від існуючих, метод

кодування будується на дворівневому диференційному принципі з врахуванням структурних і статистичних особливостей кожної квадратури. Це дозволяє підвищити ступінь стиску зображень та знизити інтенсивність відеопотоку в заданих умовах по оперативності його формування і якості відновлюваних зображень.

2. Вперше розроблено метод відновлення зображень на основі попереднього зворотного вейвлет-трансформування. Відмінність полягає в тому, що відновлення квадратур здійснюється за диференційним принципом, в залежності від концентрації високочастотних і низькочастотних компонент вейвлет-перетворення. Це дозволяє підвищити якість відеоінформаційних послуг за рахунок зниження спотворень у зображеннях, які реконструюються.

3. Одержав подальший розвиток метод підвищення продуктивності телекомунікаційних систем на основі зниження інтенсивності вхідного відеопотоку, який складається з того, що скорочення обсягу зображень досягається на базі квадратурного поліадичного кодування вейвлет-трансформант. Це дозволяє знизити інтенсивність відеопотоку та підвищити продуктивність телекомунікаційних систем для заданої якості зображень, які реконструюються.

4. Удосконалено модель оцінки характеристик продуктивності телекомунікаційних систем, яка полягає в тому, що додатково враховується вплив на інтенсивність, розміри пакетів і буферних пристроїв величини ступеня стиску вхідного відеопотоку. Це дозволяє провести оцінку можливості підвищення продуктивності телекомунікаційних систем при забезпеченні якості надання послуг на основі зниження інтенсивності відеопотоку.

Новизна отриманих результатів підтверджується відсутністю розроблених методів в положеннях теорії й практики обробки інформації й кодування.

Практичне значення отриманих результатів досліджень полягає в тому, що в результаті програмної реалізації отриманих методів зниження інтенсивності відеопотоку забезпечується:

1) зниження інтенсивності вхідного відеопотоку в телекомунікаційних системах у середньому на 23% за рахунок:

- підвищення ступеня стиску в середньому на 24% щодо відомих технологій компресії з використанням вейвлет-перетворень із заданою якістю реконструкції. Це досягається як скороченням довжини інформаційної частини кодограми (усувається структурна надмірність у результаті додаткового врахування структурних особливостей квадратур трансформант), так і зниженням кількості службових даних на побудову системи основ;

- зниження кількості службових даних у середньому на 63% щодо існуючих технологій поліадичного кодування;

2) скорочення часу обробки для середньокерентних зображень у середньому на 12% щодо існуючих технологій стиску вейвлет-трансформованих зображень.

Це приводить до підвищення продуктивності телекомунікаційних систем, а саме:

- 1) зниження часу затримки пакета на 30%;
- 2) скорочення часу доставки відеоданих у телекомунікаційних системах;
- 3) зменшення ймовірності втрати пакетів на буферних пристроях за рахунок зниження довжини черги на 66% і, з іншої сторони, забезпечити підвищення продуктивності комутаційного обладнання за рахунок скорочення довжини буферних пристроїв.

Результати дисертації використовувались при виконанні дослідно-конструкторських робіт в Центральному науково-дослідному інституті МВС України (акт реалізації від 14.05.2012 р.).

Особистий внесок автора дисертаційної роботи в публікації, виконані в співавторстві, полягає в наступному: у статті [1] обґрунтовується використання вейвлет-перетворень для трансформування зображень; у статті [2] розроблено метод стиску зображень на основі обробки трансформант дискретних вейвлет-перетворень; у статті [3] обґрунтовується спосіб кодування LH і HL- квадратур вейвлет-трансформант зображень; у статті [4] будується метод стиску HH квадратури вейвлет-перетвореного зображення на основі поліадичного кодування; у статті [5] розробляється засіб декодування трансформант вейвлет-перетворення у двовимірному поліадичному просторі; у статті [6] створюється метод відновлення трансформант вейвлет перетворення у поліадичному дворівневому просторі; у статті [8] здійснюється обґрунтування щодо використання поліадичного кодування вейвлет-трансформант зображень; у статті [9] проводиться аналіз впливу процесу стиску відеоінформації на основні характеристики продуктивності телекомунікаційних систем.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися і були схвалені на: IV міжнародній науковій конференції "Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації", (Кам'янець-Подільськ, 25 - 28 квітня 2010 р.); Першій міжнародній науково-технічній конференції "Інформаційні технології в навігації і управлінні: стан та перспективи розвитку", (Київ, 5-6 липня 2010 р.); Другій міжнародній науково-технічній конференції "Інформаційні технології в навігації і управлінні: стан та перспективи розвитку", (Київ-Харків, 15 - 16 грудня 2011 р.); III міжнародній науково-практичній конференції "Обробка сигналів і негауссівських процесів", (Черкаси, 24 – 27 травня 2011 р.); XIX міжнародній науково-практичній конференції (MicroCAD-2011) "Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я", (Харків, 01-03 червня 2011 р.); 24 міжнародній конференції "Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины", (Алушта, 23-27 вересня 2011 р.); 11th International Conference TCSET'2012 "Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science", (Lviv-Slavske, Ukraine, february 21–24, 2012); V міжнародній науковій конференції

"Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації", (Кам'янець-Подільськ, 26 - 28 квітня 2012 р.); Третій міжнародній науково-практичній конференції "Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія"], (Вінниця, 29-31 травня 2012 р.).

Публікації. Результати дисертаційної роботи викладені в 9 наукових статтях, які опубліковані у наукових журналах, що входять до переліку ВАК України та 9 тезах-доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, списку використаної літератури і 4 додатків. Загальний обсяг дисертації складається із 191 сторінок, з них 58 ілюстрацій на 19 сторінках, 14 таблиць на 6 сторінках, списку використаної літератури зі 127 джерел на 12 сторінках та чотирьох додатків на 14 сторінках. Дисертація написана російською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовується актуальність теми роботи, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, формулюється мета досліджень, наводиться об'єкт та предмет досліджень, відображені наукова новизна, практична значимість, достовірність отриманих наукових результатів. Приводяться відомості про особистий внесок автора дисертації у наукових статтях, які виконано у співавторстві.

У **першому розділі** приводиться обґрунтування необхідності й можливості зниження інтенсивності відеотрафіку в телекомунікаційних системах. Відзначено, що важливим аспектом функціонування телекомунікаційних систем є мережі й технології абонентського доступу, які мають обмеження по швидкості й дальності застосування.

Збільшення обсягу трафіка рівнозначно створює збільшення інтенсивності навантаження, яке необхідно вчасно обробити телекомунікаційній системі для забезпечення заданої якості відеоінформаційних послуг. Тому формується вагомий вплив інтенсивності відеотрафіку на продуктивність телекомунікаційних систем. Виникаюча інтенсивність відеотрафіку розглядається як

$$\lambda_{\delta} = \frac{\Delta v_{\delta}}{\Delta t} \text{ (біт/с)} \text{ або } \lambda_n = \frac{\Delta v_n}{\Delta t} = \frac{[\Delta v_{\delta} / \Delta v_{1n}] + 1}{\Delta t} \text{ (пакетів/с)}, \quad (1)$$

де λ_{δ} - бітова інтенсивність потіку (біт/с); λ_n - пакетна інтенсивність потіку (пакетів/с); Δv_{δ} - обсяг даних, необхідний для передачі (біт); v_{1n} - обсяг інформаційної частини одного пакета (біт); Δv_n - кількість сформованих пакетів.

Значимими характеристиками телекомунікаційних систем у рамках надання відеоінформаційних послуг є: затримка вузла доступу ($\tau(\Delta v_{\delta})$), що

є однієї зі складової затримки від джерела до одержувача; ймовірність втрат пакетів на вузлі доступу ($P_0(\Delta v_{\delta})$) і завантаження вузла доступу ($\rho(\Delta v_{\delta})$).

При збільшенні вхідного навантаження за рахунок підключення нових абонентів або збільшення потреби існуючих абонентів в обміні більшими обсягами трафіку показники продуктивності перестають забезпечувати необхідні значення. Зокрема час затримки на вузлі перевищує необхідний на 45%, завантаження вузла доступу перевищує необхідний на 50%, а ймовірність втрат пакетів - на 60%.

Отже зниження інтенсивності відеоінформаційного потіку для підвищення продуктивності телекомунікаційних систем є актуальною науково-прикладною задачею.

Одним з напрямків зменшення інтенсивності відотрафіку є застосування технологій компресії зображень. При цьому вплив методів стиснення на зниження інтенсивності відеопотіку буде підвищуватись у разі зменшення значення відношення суми обсягів переданого трафіку вхідних потоків на вузлі комутації до обсягу вихідного трафіку.

Розглянемо характеристики продуктивності телекомунікаційної системи з використанням етапу компресії відеоданих.

Для групи пакетів, які формуються від декількох джерел n_j , середня тривалість $\tau_{jn\lambda}(k_{cm})$ обслуговування на вузлі комутації мережі доступу від коефіцієнту стиску k_{cm} , визначається наступним виразом:

$$\tau_{jn\lambda}(k_{cm}) = (\tau_{j\max} - \frac{1}{\frac{\Delta v_{\delta}/k_{cm}}{([\Delta v_{\delta}/k_{cm}/\Delta v_{1n}] + 1) \cdot (t_1 + t_2 + t_3)} + \frac{1 + C_b^2}{2 \cdot t_i}}) \cdot n_j \cdot (2)$$

Коефіцієнт використання вузла комутації $\rho(k_{cm})$ в залежності від коефіцієнта стиснення визначається як:

$$\rho(k_{cm}) = \frac{\Delta v_{\delta}/k_{cm}}{([\Delta v_{\delta}/k_{cm}/\Delta v_{1n}] + 1) \cdot (t_1 + t_2 + t_3)} \cdot \tau_{jn\lambda}(k_{cm}) \cdot (3)$$

Ймовірність втрати пакетів $P(k_{cm})$, яка пов'язана з переповненням буферних елементів внаслідок тривалого часу знаходження пакетів в черзі на обробку в залежності від коефіцієнта компресії, знаходиться як:

$$P(k_{cm}) = P_0(k_{cm}) \cdot (\lambda(k_{cm})/\mu)^s, P_0(k_{cm}) = \frac{1 - \lambda(k_{cm})/\mu}{1 - (\lambda(k_{cm})/\mu)^{N_u + 1}}, (4)$$

де N_u - обсяг буферного пристрою в пакетах; s - кількість вузлів комутації; μ - продуктивність вузла комутації (біт/с).

Як показують проведені дослідження з використанням виразів (1) – (4), при використанні протоколу TCP у мультисервісній мережі зі збільшенням числа вузлів від 1 до 20 затримка пакетів зростає в 8 разів, а з появою втрат пакетів до 20% від їх загального числа - затримка зростає в 18 разів. У випадку

передачі зображень протоколом UDP при використанні найпоширенішого механізму стиску JPEG якість відновлених зображень погіршується на 86% навіть при 1% втрат. Ці дані визначають, що механізм стиску JPEG не забезпечує прийнятну якість відновлених зображень навіть при малому рівні втрат. Тому виникає необхідність у вдосконаленні методів компресії відеоданих для забезпечення якості надання відеоінформаційних послуг.

Враховуючі особливості функціонування технологій компресії в телекомунікаційних системах можливо виділити два напрямки їх вдосконалювання в рамках забезпечення зниження часу обробки й передачі відеоданих зі збереженням необхідного ступеня вірогідності, а саме:

- 1) зменшення обчислювальної складності процесу стиску;
- 2) подальше збільшення ступеня стиснення й зниження часу на обробку для методів з контрольованою втратою якості, які використовують вейвлет-перетворення.

При цьому, з одного боку, треба забезпечити можливість для усунення психовізуальної надмірності та виявлення статистичних закономірностей. З іншого боку, існує необхідність у збільшенні ступеня стику для насичених зображень. В цих умовах пропонується забезпечувати подальше збільшення коефіцієнту стиску для методів, які: використовують вейвлет-перетворення на основі базису Хаара; для подальшої обробки трансформант мають можливість для зниження впливу на коефіцієнт стиску з боку нестационарних характеристик насичених зображень. Для цього пропонується скорочувати комбінаторну надмірність. Комбінаторна надмірність скорочується на основі методів поліадичного кодування. Отже існує можливість для зниження інтенсивності відеотрафіку на основі розробки методів компресії у напрямку побудови поліадичних кодових конструкцій для трансформант вейвлет-перетворення Хаара.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячено розробці методу квадратурного стиску апроксимованих зображень у поліадичному просторі.

Квадратури трансформант вейвлет-перетворень (рис. 1) мають структурні та статистичні властивості, які використовуються для скорочення як обсягу службових даних, так й інформаційної частини.

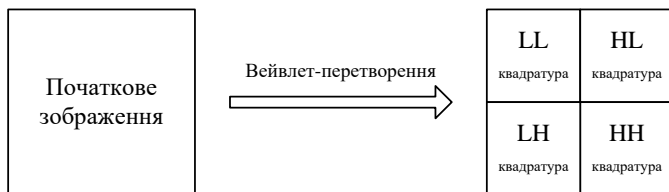


Рис. 1. Отримання квадратур трансформант вейвлет-перетворення

При розробці методу стиску НН-квадратури у поліадичному просторі пропонується враховувати той факт, що для елементів трансформанти характерний обмежений динамічний діапазон. Це дозволяє скоротити

кількість біт для опису квадратури. Значення елементів НН-квадратури формуються за виразом

$$y(HH)_{i,j} = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{u=0}^{U-1} x_{u,j} \cdot g_{2i-u} \cdot g_{2j-k}, \quad (5)$$

де $y(HH)_{i,j}$ - масив елементів трансформанти; K - число елементів у стовпці вихідного зображення; U - число елементів у рядку вихідного зображення; $x_{u,j}$ - масив елементів значень вихідного зображення; g_{2i-u} , g_{2j-k} - масиви значень коефіцієнтів високочастотного фільтра.

На наступному етапі трансформанта розбивається на ν масивів:

$$Y(HH)_{\tau} = \{y(HH)_{ij}^{(\tau)}\}, i=\overline{1, m}; j=\overline{1, n}; Y(HH) = \bigcup_{\tau=1}^{\nu} Y(HH)_{\tau}, \quad (6)$$

де $y(HH)_{ij}^{(\tau)}$ - (i, j) -а компонента τ -го масиву компонентів НН-квадратури; τ - індекс масиву, що вказує на його положення у трансформанті; ν - кількість масивів, на які розбивається трансформанта $Y(HH)$.

Для всіх отриманих фрагментів $Y(HH)_{\tau}$ формуються власні системи основ $\Psi(HH)_{\tau}$:

$$\Psi(HH)_{\tau} = \{\psi(HH)_{ij}^{(\tau)}\}, i=\overline{1, m}; j=\overline{1, n}; \psi(HH)_{ij}^{(\tau)} > y(HH)_{ij}^{(\tau)}, \quad (7)$$

де $\psi(HH)_{ij}^{(\tau)}$ - основа (i, j) -го елемента τ -го масиву компонентів трансформанти НН-квадратури.

На підставі виявленої закономірності НН-квадратури, для зменшення обсягу службових даних пропонується формувати систему основ $(\tau + 1)$ -го масиву з врахуванням значень основ попереднього τ -го масиву. У результаті отримані безлічі значень, які відносяться до двох класів. Клас простору абсолютних значень $Y(HH)_{\tau+1}^{(1)}$ і клас простору диференціальних значень

$Y(HH)_{\tau+1}^{(2)}$, де значення основ, а так само значення елементів, скорочуються на величину меншої основи. При цьому для послідовності масивів трансформанти компонент першого класу буде виконуватись умова: $\psi(HH)_{ij}^{(1)} < \psi(HH)_{ij}^{(2)} < \dots < \psi(HH)_{ij}^{(\nu)}$, а для компонент другого класу - $\psi(HH)_{ij}^{(\tau)} \leq y(HH)_{ij}^{(\tau+1)} < \psi(HH)_{ij}^{(\tau+1)}$. В результаті чого аналітичний вираз для одержання коду-номера поліадичних чисел для елементів першого класу має вигляд:

$$N(HH)_{\Theta_{1,\gamma}}^{(\tau,\gamma)} = \sum_{i=\xi}^m y(HH)_{i\eta}^{(\tau,\gamma)} h(HH)_{i\eta}^{(\tau,\gamma)} + \sum_{i=1}^{m'} \sum_{j=\eta+1}^{n'} y(HH)_{ij}^{(\tau,\gamma)} h(HH)_{ij}^{(\tau,\gamma)} + \sum_{i=1}^{m''} y(HH)_{i,n'+1}^{(\tau,\gamma)} h(HH)_{i,n'+1}^{(\tau,\gamma)}, \quad (8)$$

де $N(HH)_{\Theta_{1,\gamma}}^{(\tau,\gamma)}$ – значення коду-номера γ -го поліадичного числа, що містить $\Theta_{1,\gamma}$ компонент трансформанти $Y(HH)$; m' , m'' – кількість компонентів у відповідно η -м і $(n'+1)$ -му стовпцях трансформанти; n' – ціла кількість стовпців, що входять до складу поліадичного числа; $h(HH)_{i,j}^{(\tau,\gamma)}$ – ваговий коефіцієнт елемента $y(HH)_{i,j}^{(\tau,\gamma)}$.

На підставі знайдених значень диференційних елементів масивів та основ одержання коду-номера поліадичних чисел для елементів другого класу проводиться за наступним виразом:

$$R(HH)_{\Theta_{1,\gamma}}^{(\tau,\gamma)} = \sum_{i=\xi}^m (y(HH)_{i\eta}^{(\tau,\gamma)} - \psi(HH)_{i\eta}^{(\tau-1)}) \rho(HH)_{i\eta}^{(\tau,\gamma)} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=\eta+1}^{n'} (y(HH)_{ij}^{(\tau,\gamma)} - \psi(HH)_{ij}^{(\tau-1)}) \rho(HH)_{ij}^{(\tau,\gamma)} + \sum_{i=1}^{m''} (y(HH)_{i,n'+1}^{(\tau,\gamma)} - \psi(HH)_{i,n'+1}^{(\tau-1)}) \rho(HH)_{i,n'+1}^{(\tau,\gamma)}, \quad (9)$$

де $\rho(HH)_{ij}^{(\tau,\gamma)}$ – ваговий коефіцієнт для $(y(HH)_{ij}^{(\tau,\gamma)} - \psi(HH)_{ij}^{(\tau-1)})$.

Побудову способу стиску й спільної обробки складових LH- і HL-квadrатур пропонується організувати враховуючі наявність взаємної кореляції між їх елементами. Це додатково дозволить скоротити кількість основ HL-квadrатури за рахунок основ LH-квadrатури. Тоді значення елементів для диференціального й абсолютного поліадичних просторів визначаються з умови:

$$z(HL)_{ij}^{(\tau,\gamma)} = \begin{cases} y(HL)_{ij}^{(\tau)} - \psi(LH)_{ij}^{(\tau)}, y(HL)_{ij}^{(\tau)} \geq \psi(LH)_{ij}^{(\tau)} \\ y(HL)_{ij}^{(\tau)}, y(HL)_{ij}^{(\tau)} \leq \psi(LH)_{ij}^{(\tau)} \end{cases}. \quad (10)$$

Кінцевий вираз для коду-номера елементів HL-квadrатури має вид

$$\hbar(HL)_{\theta}^{(\tau,\gamma)} = \hbar(HL)_{\theta-1}^{(\tau,\gamma)} + z(HL)_{ij}^{(\tau,\gamma)} \rho(HL)_{ij}^{(\tau,\gamma)}, \quad (11)$$

де $\tilde{h}(HL)_\theta^{(\tau, \gamma)}$ - код-номер компонент НЛ-квадратури; $z(HL)_{ij}^{(\tau, \gamma)}$ - компоненти диференціального та абсолютного просторів, $\rho(HL)_{ij}^{(\tau, \gamma)}$ - ваговий коефіцієнт.

Це дозволяє отримати вигреш за коефіцієнтом стиску НЛ-квадратури у 1,5 рази.

При розробці методу стиску й обробки LL-квадратури пропонується враховувати те, що LL-квадратура містить низькочастотні складові зображення. Отже на відміну від інших квадратур для неї характерний більш значний динамічний діапазон. На підставі цього для системи основ $\Psi \min(LL)_\tau$ пропонується знаходити мінімальні значення та величину скорочення динамічного діапазону. В наслідок чого формується система основ квадратури трансформанти $\Psi \max(LL)_\tau$, за допомогою якої визначається приналежність компонент до абсолютного або диференційного просторів. Тоді кількість основ скорочується вдвічі. У свою чергу, це дозволяє скоротити обсяг службових даних. Додатково для збільшення коефіцієнта стиснення пропонується використовувати повторно вейвлет-перетворення для LL-квадратури.

Таким чином розроблено метод квадратурного стиску трансформант вейвлет-перетворень на основі базису Хаара у поліадичному дворівневому просторі. Це дозволяє знизити інтенсивність відеопотоку в телекомунікаційних системах.

У **третьому розділі** дисертаційної роботи основна увага приділяється розробці методу реконструкції зображень у поліадичному просторі.

Відповідно до розробленого методу компресії для виключення додаткових перекручувань пропонується будувати метод декомпресії на основі особливостей реконструкції кожної квадратури.

Розробка методу відновлення НН-квадратури лежить у зворотньому представленні компонент вейвлет-трансформанти, які отримуються за значеннями коду-номера. При цьому використовуються елементи масивів основ квадратур та бітових указників, які характеризують приналежність компонент до абсолютного або диференційного просторів. Масиви трансформант представляються у вигляді поліадичних чисел:

$$y(HH)_{ij}^{(\tau)} \leq \psi(HH)_{ij}^{(\tau)} - 1, i=\overline{1, m}, j=\overline{1, n}, \quad (12)$$

$$\psi(HH)_{ij}^{(\tau)} = \min(\lambda(HH)_i^{(\tau)}, \chi(HH)_j^{(\tau)}), i=\overline{1, m}, j=\overline{1, n}, \quad (13)$$

$$\lambda(HH)_i^{(\tau)} = \max_{1 \leq j \leq n} \{y(HH)_{ij}^{(\tau)}\} + 1, \chi(HH)_j^{(\tau)} = \max_{1 \leq i \leq m} \{y(HH)_{ij}^{(\tau)}\} + 1, \quad (14)$$

де $\lambda(HH)_i^{(\tau)}$, $\chi(HH)_j^{(\tau)}$ - обмеження на динамічний діапазон елементів, розташованих відповідно в i -му рядку й в j -му стовпці τ -го масиву.

Система основ $\Psi(HH)_\tau = \{\psi(HH)_{ij}^{(\tau)}\}$ поліадичного числа будується за дворівневим принципом. При побудові системи основ Ψ_τ для τ -го масиву враховується система основ $\Psi(HH)_{\tau-1}$ для $(\tau-1)$ -го масиву. Дворівневість системи основ полягає в тому, що обчислення кодів-номерів проводиться з врахуванням формування двох типів поліадичних кодів в абсолютному або диференційному поліадичних просторах.

У випадку, якщо компонента $y(HH)_{ij}^{(\tau)}$ є елементом абсолютного поліадичного числа, то її відновлення проводиться за наступними етапами:

- якщо виконується нерівність $\psi(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)} \rho(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)} \leq 2^M - 1$, то

$$y(HH)_{ij}^{(\tau)} = \left[\frac{N(HH)^{(\tau,\gamma)}}{\rho(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)}} \right] - \left[\frac{N(HH)^{(\tau,\gamma)}}{\psi(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)} \rho(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)}} \right] \psi(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)}; \quad (15)$$

- у протилежному випадку, коли $\psi(HH)_\theta^{(1,\gamma)} \rho(HH)_\theta^{(1,\gamma)} > 2^M - 1$, тоді

$$y(HH)_{ij}^{(\tau)} = N(HH)^{(\tau,\gamma+1)} - \left[\frac{N(HH)^{(\tau,\gamma+1)}}{\psi(HH)_\theta^{(\tau,\gamma+1)} \rho(HH)_\theta^{(\tau,\gamma+1)}} \right] \psi(HH)_\theta^{(\tau,\gamma+1)}. \quad (16)$$

У випадку, якщо компонента $y(HH)_{ij}^{(\tau)}$ є елементом диференційного поліадичного числа, то її відновлення здійснюється за таким механізмом:

- якщо виконується нерівність $\psi(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)} \rho(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)} \leq 2^M - 1$, то

$$y(HH)_{ij}^{(\tau)} = \left[\frac{R(HH)^{(\tau,\gamma)}}{\rho(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)}} \right] - \left[\frac{R(HH)^{(\tau,\gamma)}}{\psi(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)} \rho(HH)_\theta^{(\tau,\gamma)}} \right] \psi(HH)_\theta^{(\tau,\gamma-1)}; \quad (17)$$

- у протилежному випадку, коли $\psi(HH)_\theta^{(1,\gamma)} \rho(HH)_\theta^{(1,\gamma)} > 2^M - 1$, то

$$z(HH)_{ij}^{(\tau)} = R(HH)^{(\tau,\gamma+1)} - \left[\frac{R(HH)^{(\tau,\gamma+1)}}{\psi(HH)_\theta^{(\tau,\gamma+1)} \rho(HH)_\theta^{(\tau,\gamma+1)}} \right] \psi(HH)_\theta^{(\tau,\gamma+1)}, \quad (18)$$

$$y(HH)_{ij}^{(\tau)} = z(HH)_{ij}^{(\tau)} + \psi(HH)_{ij}^{(\tau)}. \quad (19)$$

При розробці спільного відновлення ЛН і НЛ квадратур використовується математичний апарат, описаний виразами (12) - (18). При цьому пропонується врахувати, що проводилася заміна основ, тобто $\psi(HL)_{ij}^{(\tau)} = \psi(LH)_{ij}^{(\tau)}$ для абсолютного простору. Для диференціального

простору заміна основ за виразом $\psi(HL)_{ij}^{(\tau)} = \psi(HL)_{ij}^{(\tau)} - \psi(LH)_{ij}^{(\tau)}$ проводилась у випадку якщо виконується умова $\psi(HL)_{ij}^{(\tau)} > \psi(LH)_{ij}^{(\tau)}$.

Розробка способу відновлення LL квадратури пов'язана з врахуванням того, що для абсолютного простору значень якщо виконується нерівність $\psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)} \rho(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)} \leq 2^M - 1$, то

$$y(LL)_{ij}^{(\tau)} = \left[\frac{N(LL)_{ij}^{(\tau, \gamma)}}{\rho(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)}} \right] - \left[\frac{N(LL)_{ij}^{(\tau, \gamma)}}{\psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)} \rho(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)}} \right] \psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)}. \quad (20)$$

У випадку, коли $\psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(1, \gamma)} \rho(LL)_{\theta}^{(1, \gamma)} > 2^M - 1$, то

$$y(LL)_{ij}^{(\tau)} = N(LL)_{ij}^{(\tau, \gamma+1)} - \left[\frac{N(LL)_{ij}^{(\tau, \gamma+1)}}{\psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma+1)} \rho(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma+1)}} \right] \psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma+1)} \quad (21)$$

Для диференціального простору значень якщо виконується нерівність $\psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)} \rho(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)} \leq 2^M - 1$, то

$$y(LL)_{ij}^{(\tau)} = \left[\frac{R(LL)_{ij}^{(\tau, \gamma)}}{\rho(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)}} \right] - \left[\frac{R(LL)_{ij}^{(\tau, \gamma)}}{\psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)} \rho(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma)}} \right] \psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma-1)}. \quad (22)$$

В протилежному випадку, коли $\psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(1, \gamma)} \rho(LL)_{\theta}^{(1, \gamma)} > 2^M - 1$, то

$$z(LL)_{ij}^{(\tau)} = R(LL)_{ij}^{(\tau, \gamma+1)} - \left[\frac{R(LL)_{ij}^{(\tau, \gamma+1)}}{\psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma+1)} \rho(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma+1)}} \right] \psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau, \gamma+1)}, \quad (32)$$

$$y(LL)_{ij}^{(\tau)} = z(LL)_{ij}^{(\tau)} + \psi_{\max}(LL)_{\theta}^{(\tau)}. \quad (24)$$

Таким чином розроблено метод реконструкції зображень у поліадичному просторі що забезпечує їх реконструкцію з потрібною якістю візуального сприйняття.

У **четвертому розділі** дисертаційної роботи наводиться розробка методу оцінки впливу характеристик технології стиснення на продуктивність телекомунікаційних систем. Для цього проводиться оцінка характеристик розробленого методу стиску виходячи з особливостей квадратур вейвлет-трансформант Хаара.

Експериментальні розрахунки щодо коефіцієнтів компресії квадратур для різних типів зображень зі збільшенням кількості вкладеності вейвлет-перетворення LL-квадратури показали, що їх стиск зростає в 2,5 рази. Тим самим підвищується сумарний коефіцієнт стиснення в цілому на 20%. За

рахунок спільної обробки HL- і LH-квадратур додаткове збільшення коефіцієнта стиску досягає в 1,5 рази.

Експериментальні розрахунки залежності значень середньоквадратичного відхилення та PSNR для типових зображень від кількості вкладеності вейвлет-перетворення виявили, що погіршення якості реконструйованого зображення складає приблизно 4% стосовно рівня у 100,5 дБ. Отже внесені переключування мають незначний вплив на якість відновлених зображень. При цьому вираш за коефіцієнтом стиснення знаходиться на рівні 20%.

Порівняльна оцінка продуктивності телекомунікаційних систем на базі різних технологій абонентського доступу, зокрема Ethernet, ATM, WiFi з використанням розробленого методу компресії здійснювалась за базовими виразами (2) – (4). Результати оцінок представлені на рис. 2. Звідки витікає, що розроблений метод забезпечує при заданій якості відновленого зображення більш високий коефіцієнт стиснення в середньому в 1,4 рази, ніж стандарт JPEG. Отже, скорочується затримка на вузлі доступу для кожної мережі в середньому на 30%.

На рис. 3 представлені оцінки ймовірності $P_0(k_{cm})$ втрат пакетів на вузлі комутації.

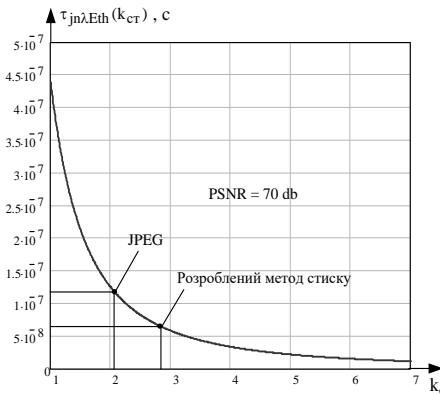


Рис. 2. Порівняльна оцінка затримки на вузлі доступу від коефіцієнта стиску

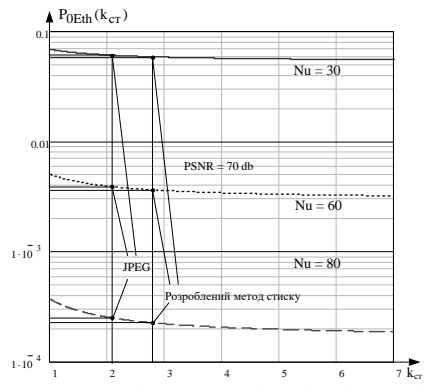


Рис. 3. Порівняльна оцінка ймовірності втрат пакетів від коефіцієнта стиску

Порівняльний аналіз графіків приведених на рис. 3 показує, що при застосуванні розробленого методу компресії втрати пакетів на вузлі доступу скорочуються в середньому на 66%. Це дозволяє підвищити своєчасність доставки пакетів до кінцевого користувача та визволити ресурси телекомунікаційних систем для обслуговування додаткового навантаження з потрібною якістю.

На рис. 4 наведені оцінки значень коефіцієнта стиску для розробленого методу та методу стандарту JPEG від пікового відношення сигнал/шум для різних типів зображень. Звідки можна заключити, що розроблений метод

забезпечує коефіцієнт стиснення в 3 рази вище для необхідної якості зображень ($PSNR = 70$ db) для слабо й середньо насичених зображень, а для класу насичених зображень - в 2 рази.

В табл. 1 наведено порівняльний аналіз характеристик для технологій мережі доступу залежно від коефіцієнта компресії. Оцінка здійснюється з врахуванням значення затримки $\tau_{jn\lambda}^{\%}(k_{cm})$ на вузлі доступу за наступним виразом:

$$\tau_{jn\lambda}^{\%}(k_{cm}) = \frac{\tau_{jn\lambda}(1) - \tau_{jn\lambda}(k_{cm})}{\tau_{jn\lambda}(1)} \cdot 100\%, \quad (30)$$

де $\tau_{jn\lambda}(1)$ - максимальна затримка на вузлі доступу, яка відповідає завантаженню відеографіком без стиснення; $\tau_{jn\lambda}(k_{cm})$ - затримка на вузлі доступу, що відповідає завантаженню компактно представленого відеографіка з коефіцієнтом стиснення k_{cm} .

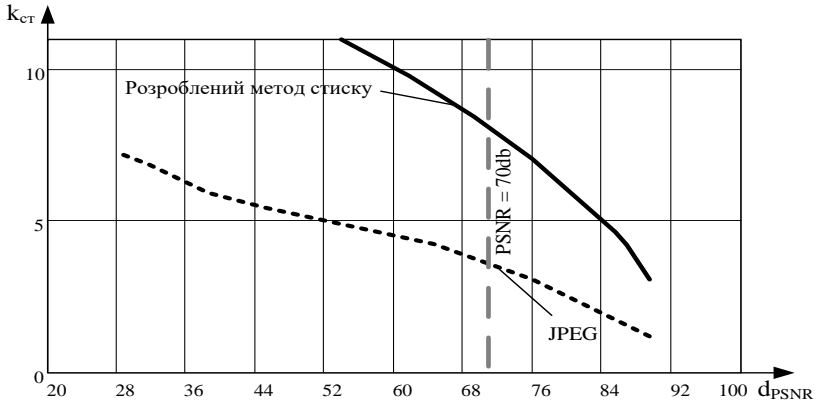


Рис. 4. Порівняльна оцінка коефіцієнта стиску від DPSNR

Таблиця 1. Поліпшення основних характеристик мереж доступу від коефіцієнта стиску

Параметр	Значення k_{cm}	FastEthernet	ATM	WiFi	
Затримка на вузлі доступу	3	30%	30%	29%	
Імовірність втрат пакетів у мережі доступу	3	$Nu = 30$	15%	29%	15%
		$Nu = 60$	29%	51%	28%
		$Nu = 80$	41%	66%	39%

Для оцінки ймовірності $P^{\%}(k_{cm})$ втрат пакетів у мережі значення розраховуються за наступним виразом:

$$P^{\%}(k_{cm}) = \frac{P(1) - P(k_{cm})}{P(1)} \cdot 100\%. \quad (31)$$

де $P(1)$ - максимальна ймовірність втрат пакетів, що відповідає завантаженню відеотрафіком без попереднього стиснення; $P(k_{cm})$ - ймовірність втрат пакетів, що відповідає завантаженню компактно представленого відеотрафіку.

Аналіз отриманих значень показав, що час затримки на вузлі доступу скоротився на 30%, а ймовірність втрат пакетів у мережі доступу зменшилася на 66%. Це дозволяє зробити висновок відносно підвищення продуктивності телекомунікаційних систем.

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено актуальну науково-прикладну задачу, яка пов'язана зі зниженням інтенсивності відеоінформаційного потоку для підвищення продуктивності телекомунікаційних систем. Розроблено метод зниження інтенсивності відеоданих на основі компресії квадратур вейвлет-перетворення Хаара. Стиснення трансформант досягається шляхом розробки поліадичних кодових конструкцій, які враховують особливості квадратур.

Основними науковими результатами, отриманими в роботі, є:

1. Метод компресії зображень на основі поліадичного кодування квадратур вейвлет-перетворень, який базується на дворівневому диференційному принципі та враховує структурні та статистичні особливості кожної квадратури.

2. Метод відновлення зображень на основі попереднього зворотного вейвлет-трансформування, який здійснює реконструкцію квадратур за диференційним принципом залежно від концентрації високочастотних і низькочастотних компонент вейвлет-перетворення.

3. Метод підвищення продуктивності телекомунікаційних систем на основі зниження інтенсивності вхідного відеопотоку шляхом квадратурного поліадичного кодування вейвлет-трансформант та скорочення обсягу зображень.

4. Модель оцінки характеристик продуктивності телекомунікаційних систем, яка дозволяє додатково врахувати вплив на інтенсивність, розміри пакетів і буферних пристроїв величини ступеня стиску вхідного відеопотоку.

Основні практичні результати дисертації складаються у наступному:

1. Розроблено програмну реалізацію створеного методу зниження інтенсивності відопотоку, що дозволяє здійснити його інтегрування в телекомунікаційні системи.

2. Забезпечується підвищення ступеня стиску в середньому на 24% відносно відомих технологій компресії з використанням вейвлет-перетворень з заданою якістю реконструкції.

3. Відносно існуючих технологій поліадичного кодування досягається зниження кількості службових даних у середньому на 63%;

4. За рахунок застосування розробленого методу щодо існуючих технологій компресії досягається зниження інтенсивності вхідного відеопотоку в телекомунікаційних системах у середньому на 23%

5. Поліпшуються характеристики продуктивності функціонування телекомунікаційних систем, а саме: знижується час затримки пакета на 30%; скорочується час доставки відеоданих у телекомунікаційних системах; зменшується ймовірність втрати пакетів на буферних пристроях за рахунок зниження довжини черги на 66%.

Обґрунтування отриманих результатів засноване на коректному застосуванні положень теорій інформації та кодування на основі системного підходу з використанням теоретичного апарата дослідження складних систем.

Достовірність підтверджується результатами експериментальних досліджень щодо зниження інтенсивності відеопотоку із заданими характеристиками по оперативності його формування і якості реконструкції зображень, а також їх відповідності результатам теоретичних досліджень, отриманими на основі математичних моделей оцінки характеристик продуктивності телекомунікаційних систем.

Мета дослідження, яка полягає в розробці методу зниження інтенсивності відеоінформаційного потоку на основі його компресії для підвищення продуктивності телекомунікаційних систем, досягнута.

СПИСОК ОСНОВНИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Бараннік В.В. Модель оцінювання інформативності диференційного представлення [Текст] / В.В. Бараннік, В.В. Шинкарев, А.В. Ширяєв. // Наукоємні технології. – К.: НАУ, 2009, - №4(4), - С. 88-92.

2. Бараннік В.В. Сжатие изображений на основе обработки трансформант дискретных вейвлет-преобразований. [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев, М.В. Думанский // Сучасна спеціальна техніка, К.: ДНДІ МВС України, 2010, - №3(22), - С. 45-51.

3. Бараннік В.В. Способ кодирования ЛН и НЛ-квадратур вейвлет-трансформант изображений. [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев, А.В. Пивнюк. // Сучасна спеціальна техніка, К.: ДНДІ МВС України, 2010. - №4(23), - С. 67-72.

4. Бараннік В.В. Метод стиснення НН-квадратури вейвлет-перетвореного зображення на основі поліадичного кодування [Текст] / В.В. Бараннік, А.В. Ширяєв, П.Н. Гуржій // Наукоємні технології. К.: НАУ, 2011. - №1–2(9-10), - С. 69-72.

5. Бараннік В.В. Декодування вейвлет-трансформант зображень у дворівневому поліадичному просторі [Текст] / В.В. Бараннік, П.Н. Гуржій, А.В. Ширяєв // Наукоємні технології. К.: НАУ, 2011. - №3–4(11–12), - С.64-67.

6. Бараннік В.В. Метод восстановления трансформант вейвлет преобразования в полиадическом двухуровневом пространстве [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев // Системи управління навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НУ, 2011, - №1(17), - С. 269-272.

7. Ширяев А.В. Совместное декодирование ЛН и НЛ квадратур вейвлет-трансформант изображения в двухуровневом полиадическом

пространстве [Текст] / А.В. Ширяев // Сучасна спеціальна техніка, К.: ДНДІ МВС України, 2011. - №1(24) - С. 43-48.

8. Баранник В.В. Метод квадратурного сжатия трансформант вейвлет-преобразования в двумерном полиадическом пространстве [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев // Сучасна спеціальна техніка, К.: ДНДІ МВС України, 2011, - №2(25) - С. 73-80.

9. Ширяев А.В. Анализ влияния процесса сжатия видеoinформации на основные характеристики телекоммуникационной сети [Текст] / А.В. Ширяев, А.А. Красноруцкий // Сучасна спеціальна техніка, К.: ДНДІ МВС України, 2012, - №1(28) - С. 42-47.

10. Баранник В.В. Кодирование коэффициентов wavelet преобразования [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев // IV міжнародна наукова конференція ["Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації"], (Кам'янець-Подільськ, 25 - 28 квітня 2010 р.), Кам'янець-Подільськ, Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2010, - С. 250-251.

11. Баранник В.В. Кодирование высокочастотных составляющих wavelet-преобразования [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев // Перша міжнародна науково-технічна конференція ["Інформаційні технології в навігації і управлінні: стан та перспективи розвитку"], (Київ, 5-6 липня 2010 р.) / К.: ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління», 2010, - С. 25.

12. Баранник В.В. Метод кодирования мультимедийных данных для повышения эффективности функционирования телекоммуникационных систем [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев // Друга міжнародна науково-технічна конференція ["Інформаційні технології в навігації і управлінні: стан та перспективи розвитку"], (Київ-Харків, 15 - 16 грудня 2011 р.) / К.: ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління», 2011, - С. 16.

13. Ширяев А.В. Динамическое декодирование вейвлет-трансформант изображений в двухуровневом полиадическом пространстве [Текст] / А.В. Ширяев // III міжнародна науково-практична конференція ["Обробка сигналів і негауссівських процесів"], (Черкаси, 24 - 27 травня 2011 р.) / Черкаси: Черкаський державний технологічний університет, 2011, - С. 178-179.

14. Баранник В.В. Оценка квадратурного сжатия трансформант вейвлет-преобразования в двумерном полиадическом пространстве [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев // XIX міжнародна науково-практична конференція (MicroCAD-2011) ["Інформаційні технології: Наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я"], (Харків, 01-03 червня 2011 р.), Харків: Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2011, - С. 78.

15. Баранник В.В. Уменьшение задержки передачи, ожидания в очереди и вероятности потери пакетов за счет сжатия передаваемых данных [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев // 24-я международная конференция ["Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины"], (Алушта, 23-27 вересня 2011 р.), Алушта: УДАЗТ, 2011, - С. 137-138.

16. Vladimir Barannik Quadrature Compression of Images in Polyadic Space [Текст] / Vladimir Barannik, Andrey Shiryaev // 11th International Conference TCSET'2012 ["Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science"], (Lviv-Slavske, Ukraine, february 21–24, 2012) / Lviv – Slavske: Lviv Polytechnic National University, 2012, - С. 422

17. Баранник В.В. Анализ влияния квадратурного сжатия изображений на характеристики сети доступа и транспортной сети [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев // V міжнародна наукова конференція ["Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації"], (Кам'янець-Подільськ, 26 - 28 квітня 2012 р.), Кам'янець-Подільськ: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2012, - С. 10-11.

18. Баранник В.В. Обоснование влияния характеристик сжатия видеоданных на параметры передачи трафика в телекоммуникационных сетях [Текст] / В.В. Баранник, А.В. Ширяев // Третья міжнародна науково-практична конференція ["Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія"], (Вінниця, 29-31 травня 2012 р.), Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2012, - С 43

АНОТАЦІЯ

Ширяев А. В. Метод зниження інтенсивності відеопотоку для підвищення продуктивності телекомунікаційних систем – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2012.

В дисертаційній роботі показано, що в процесі рішення завдань підвищення продуктивності телекомунікаційних систем виникає необхідність в зменшенні зниження інтенсивності відеопотоку. Ефективність рішення таких задач залежить від якості надання відеоінформаційних послуг, яка має бути забезпечена. Проте, на практиці інтенсивність відеопотоку, що виникає, збільшується кожен рік та у декілька разів перевищує необхідні значення. Основною причиною є з одного боку великі об'єми відеоданих, а з іншого боку обмежені технічні характеристики телекомунікаційних систем. Це приводить до збільшення часу затримки та імовірності втрат пакетів при обслуговуванні на вузлах комутації. Одним з напрямків рішення даної суперечності полягає у зменшенні об'ємів відеоданих за рахунок використання методів стиску. В дисертаційній роботі розроблено методи стиснення і відновлення зображень для зниження інтенсивності відеопотоку в телекомунікаційних системах, що забезпечує зниження часу затримки та імовірності втрат пакетів в умовах обмежень на швидкодію обчислювальних систем та швидкість передачі даних телекомунікаційних систем.

Ключові слова: телекомунікаційні системи, інтенсивність, відеоінформаційні послуги, продуктивність, затримка пакетів, вірогідність

втрат пакетів, методи стискування, вейвлет-трансформанти, двомірне поліадичне кодування.

АННОТАЦІЯ

Ширяев А. В. Метод снижения интенсивности видеопотока для повышения производительности телекоммуникационных систем. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2012.

В диссертации приведено решение научной задачи, состоящей в разработке метода повышения производительности телекоммуникационных систем на основе компрессии видеопотока для повышения качества предоставления услуг.

Рост спроса на предоставление видеoinформационных услуг приводит к увеличению объемов передаваемых по телекоммуникационным сетям данных и следовательно к росту интенсивности нагрузки, обслуживаемой узлами коммутации. Существующие тенденции наращивания мощности узлов коммутации и пропускной способности каналов не могут обеспечить качественное обслуживание увеличивающейся нагрузки. Это приводит к потере информации и увеличению времени задержки, что является недопустимым по требованиям качества предоставления видеoinформационных услуг.

В работе проведена классификация и анализ влияния интенсивности возникающей нагрузки на основные показатели производительности телекоммуникационных систем, такие как время задержки пакетов на узлах коммутации, загрузка узлов коммутации и вероятность потерь пакетов. На основе проведенного анализа был предложен подход снижения интенсивности возникающей нагрузки на основе компрессии видеоданных. Для этого рассмотрены существующие методы сжатия, выявлены их недостатки и определены пути дальнейшего повышения их эффективности.

В диссертационной работе решены четыре частные задачи:

1. Обоснование направления для повышения производительности телекоммуникационных систем на основе снижения интенсивности входного видеопотока.
2. Разработка метода сжатия изображений для снижения интенсивности видеопотока.
3. Создание метода декомпрессии изображений для обеспечения заданного качества видеoinформационных услуг.
4. Построение программной реализации созданного метода.

Это позволило увеличить коэффициент сжатия изображений при обеспечении требований качества предоставления видеoinформационных услуг и при этом снизить интенсивность возникающей нагрузки в телекоммуникационных

системах, при этом уменьшается время задержки пакетов на узлах коммутации, загрузка узлов коммутации и вероятность потерь пакетов.

Разработанные методы сжатия и восстановления изображений на основе двумерного полиадического кодирования квадратур вейвлет-преобразования, доведенные до программно-аппаратных реализаций, позволяют повысить значение коэффициента сжатия на 24% относительно известных технологий компрессии с использованием вейвлет-преобразований с заданным качеством реконструкции и при этом обеспечить снижение времени задержки пакета на 30%, а также уменьшить вероятность потерь пакетов на 66% за счет снижения длины очереди в узлах коммутации и с другой стороны обеспечить повышение производительности коммутационного оборудования за счет сокращения длины буферных устройств.

Ключевые слова: телекоммуникационные системы, интенсивность, видеотелекоммуникационные услуги, производительность, задержка пакетов, вероятность потерь пакетов, методы сжатия, вейвлет-трансформанты, двумерное полиадическое кодирование.

ANNOTATION

Shiryaev A. V. Method declines intensity of video stream for the telecommunication systems productivity increase. - Manuscript.

Dissertation on the competition of graduate degree of engineering's candidate sciences in specialty 05.12.02 - telecommunication systems and networks. Ukrainian state academy of rail transport, Kharkov, 2012.

It is retined in dissertation work, that in the process of tasks decision of the productivity increases of the telecommunication systems there is a necessity for decline diminishing intensity of video stream. Decision efficiency of such tasks depends on quality of video information services grant, which must be well-to-do. However, in practice intensity of video stream, that arises up, increased every year and exceeds necessary values. Principal reason is from one side large volumes of video information's, and technical descriptions of the telecommunication systems are limited. It brings to the increase of time delays over and probabilities of packages losses at service on the knots of commutation. One of directions of decision of this contradiction consists in diminished volumes of video information's due to the use methods of compression.

In dissertation work the methods of compression and proceeding in images are developed for the decline of intensity of video stream in the telecommunication systems, that provides the decline of delay time and probability of packages losses in the conditions of limitations on the fast-acting of the computer systems and transmission speed of these telecommunication systems.

Keywords: telecommunication systems, intensity, video information's services, productivity, delay of packages, authenticity of packages losses, methods of compression, wavelet-transform, two dimension polyadic code.

Підп. до друку 27.09.12. Формат 60x84 1/16. Спосіб друку – ризографія.
Умов. друк. арк. 1,2. Облік. вид. арк. 1,1 Тираж 100 прим.
Ціна договірна Зам № 2-905

ХНУРЕ. Україна. 61166, Харків, просп. Леніна, 14

Віддруковано в навчально-науковому
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ
61166, Харків, просп. Леніна, 14