

Харківський національний університет радіоелектроніки

КАЛЬЧЕНКО Дмитро Сергійович

УДК 621.327: 681.5

**МЕТОД СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій

**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 **Хаханов Володимир Іванович**, Харківський національний університет радіоелектроніки Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, декан факультету «Комп'ютерна інженерія та управління»;

кандидат технічних наук, доцент **Корольова Наталія Анатоліївна**, Українська державна академія залізничного транспорту Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, доцент кафедри «Транспортний зв'язок»

Захист відбудеться «17» жовтня 2012 р. о «13.00» годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.09 при Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: Україна, 61166, м. Харків, просп. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: Україна, 61166, м. Харків, просп. Леніна, 14.

Автореферат розісланий «10» вересня 2012 р.

Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради д 64.052.09

О.В. Лемешко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Інформатизація сучасного суспільства значною мірою визначається якістю надання інформаційних послуг з використанням телекомунікаційних технологій. Вагомий сектор припадає на надання відеоінформаційних послуг. Тому з одного боку підвищуються вимоги щодо оперативності доставки, часових затримок і якості зображень, що реконструюються. З іншого боку відбувається різке збільшення об'ємів відеоінформації, що перевищують продуктивність засобів телекомунікацій. Внаслідок чого затримки щодо доставки відеоданих з використанням телекомунікаційних технологій значно перевищують допустимі. Тому необхідно вирішити *актуальну науково-прикладну задачу, яка полягає в підвищенні продуктивності засобів телекомунікацій по цифровій обробці і передачі зображень із збереженням їх інформаційного змісту.*

Одним з напрямків рішення сформульованої задачі є подальший розвиток технологій компресії цифрових зображень. Значний внесок до розвитку теорії і технологій компресії відеоданих внесли такі учені як Корольов А.В., Бараннік В.В., Красильников Н.Н., Крічевський Р.Е., Рябко Б.Я., Претт У.

Проведений аналіз характеристик існуючих методів стиснення виявив, що існує *суперечність*, яка полягає в тому, що: з одного боку вимога щодо обробки із збереженням інформаційного змісту досягається ціною зниження ступеня стиску; з іншого боку навпаки існує необхідність підвищити ступінь компресії, що диктується вимогою підвищення оперативності обробки і передачі відеоданих.

Процес компактного представлення значною мірою залежить від попереднього перетворення відеоданих. Існуючі технології попередньої обробки мають такі недоліки, як: поява накопичуваних втрат інформації і значні часові витрати на обробку; те, що не враховуються багатозв'язкові структурні закономірності; зменшення коефіцієнту стиску зі зростанням ступеня насиченості зображень.

Один з напрямків усунення недоліків полягає в описі фрагментів зображень на основі виявлення апертур. Проте існуючі підходи щодо формування і кодового представлення апертур мають два істотні недоліки, а саме:

1) залежності нерівномірної довжини апертури від ступеня когерентності зображень що призводить до зниження ступеня стиснення та підвищення часу на обробку;

2) обмеження стосовно організації обробки апертур без втрат інформації на основі існуючих методів статистичного кодування.

Для вирішення протиріччя пропонується будувати систему компресії відеоданих на базі структурно-комбінаторного представлення, ключовою складовою якого є поліадичне кодування. Це дозволяє врахувати в процесі стиснення види надмірності, які обумовлені статистичними, структурними і психовізуальними закономірностями.

Таким чином, *тема дисертаційних досліджень*, що пов'язана з розробкою методів стиснення зображень із збереженням їх інформаційного змісту для підвищення продуктивності засобів телекомунікацій на основі розвитку поліадичних систем в області кодування апертур є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в рамках: Закону України «Про Концепцію Національної програми інформатизації», Концепції розвитку зв'язку України, Національних космічних програм України, планами наукової, науково-технічної діяльності Харківського національного університету радіоелектроніки, в рамках якої була виконана НДР «Розробка цифрових технологій перетворення та управління інформаційними потоками в інтелектуальних мережах зв'язку» (№0103U001563), в якій автор дисертації був виконавцем.

Мета і завдання досліджень. Мета дисертаційної роботи полягає в розробці методу стиснення цифрових зображень із збереженням їх інформаційного змісту для підвищення продуктивності засобів телекомунікацій на основі побудови поліадичних систем в області кодування апертур.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Обґрунтувати напрямок розробки методу компресії зображень із збереженням інформаційного змісту на основі побудови поліадичних систем представлення даних в області кодування апертур для підвищення продуктивності засобів телекомунікацій.

2. Створити модель оцінки інформативності зображень на основі виявлення і структурно-комбінаторного представлення апертур без втрати інформації.

3. Розробити метод кодового представлення відеопослідовностей апертур рівномірної довжини із збереженням їх інформаційного змісту в умовах компенсації впливу підвищеного динамічного діапазону відеоданих на ступінь стиску зображень.

4. Розробити метод верифікації технології кодування апертур в систему компресії без втрати інформації для засобів телекомунікацій з врахуванням забезпечення лінійної залежності складності обробки від довжин апертур, і збільшення ступеня стиснення цифрових зображень.

5. Побудувати схемотехнічну реалізацію і провести оцінку ефективності розробленого методу компактного представлення відеоданих.

Об'єкт дослідження. Процеси обробки і передачі цифрових зображень з використанням засобів телекомунікацій.

Предмет дослідження. Методи компресійного кодування цифрових зображень для підвищення продуктивності засобів телекомунікацій.

Методи дослідження. Системне обґрунтування підвищення продуктивності засобів телекомунікацій щодо цифрової обробки і передачі зображень на основі використання технологій компресії базувалось на положеннях теорії оцінки ефективності складних систем. Обґрунтування наявності структурно-комбінаторної надмірності в апертурах зображень проводилось на основі методів структурного аналізу зображень. Побудова

моделей оцінки інформативності та кодового представлення апертур організовувалось на основі методів теорії інформації і поліадичного представлення даних. Оцінка адекватності теоретичних і практичних результатів здійснювалось на основі методів математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів обумовлена необхідністю підвищення продуктивності засобів телекомунікацій на основі побудови поліадичних систем в області кодування апертур, і полягає в тому, що:

1. Вперше створена модель оцінки інформативності зображень на основі виявлення апертур з повним збереженням їх інформаційного змісту. На відміну від інших моделей враховується апроксимація апертур двоосновними позиційними числами з обмеженнями на локальні прирости і усунення кількості контекстно-заборонених послідовностей. Це дозволяє оцінити мінімальну кількість структурно-комбінаторної надмірності, яка скорочується в результаті обробки цифрових зображень в засобах телекомунікацій.

2. Вперше розроблено метод кодування рівномірної відеопослідовності апертури на основі лексикографії контекстно-залежних комбінаторних об'єктів, що відрізняється від відомих тим, що вагові коефіцієнти залежать від контексту попередніх елементів, і визначаються з одночасним врахуванням апертурних обмежень та обмежень на локальні прирости. Це забезпечує скорочення цифрового об'єму на представлення апертури без втрати інформації з врахуванням обчислювальних можливостей засобів телекомунікацій.

3. Вперше побудовано метод компресії зображень із збереженням їх інформаційного змісту на основі верифікації технології кодування апертур, які відрізняється тим, що здійснюється сумісне триосновне позиційне кодування апертури і координати її вершини як молодшого елементу. Це дозволяє підвищити продуктивність засобів телекомунікацій з використанням системи компресії в результаті збільшення ступеня стиснення зображень.

4. Отримала подальший розвиток технологія побудови кодових конструкцій компактно-представлених зображень для засобів телекомунікацій на основі ієрархічного підходу, яка відрізняється від існуючих тим, що: організується без помилкова структуризація і позиціонування нерівномірних пакетів в кадрах на основі кодів триосновних позиційних чисел. Це забезпечує без додавання додаткових службових даних в умовах повного збереження інформації можливість формування кодограм для їх передачі з використанням засобів телекомунікацій.

Новизна отриманих результатів підтверджується відсутністю в положеннях теорії і практики методів обробки зображень створених методів компресійного кодування та їх верифікації в системі стиснення.

Практичне значення отриманих результатів досліджень. Інтеграція розробленого методу компресії зображень з виявленням і двоосновним позиційним кодуванням апертур в засоби телекомунікації, дозволяє підвищити їх продуктивність, в результаті:

1) зниження в середньому на 23% об'єму відеоданих, що передаються, в порівнянні з існуючими методами стиску в умовах збереження

інформаційного змісту цифрованих зображень. Це робить можливим використання створених методів обробки для передачі відеоданих з використанням низькошвидкісних телекомунікаційних технологій;

2) скорочення часових затримок на обробку відеоданих щодо методів, які використовують статистичні контекстні моделі та арифметичне кодування, в середньому від 45 до 90% залежно від наявності попереднього етапу трансформації зображень. Це дозволяє використовувати розроблений метод компресії для низькопродуктивних засобів телекомунікацій, зокрема для бортових комплексів.

Розроблені методи стиснення забезпечують зменшення сумарної часової затримки на обробку і передачу компактно-представлених відеоданих в середньому від 12 до 30% залежно від базової технології компресії і співвідношення характеристик засобів телекомунікацій по швидкодії та швидкості передачі даних.

Результати дисертації використовувались при виконанні дослідно-конструкторських робіт в центрі контролю космічного простору Національного центру управління і випробувань космічних засобів НКАУ (акт реалізації від 05.01.2012 р.), в Центральному науково-дослідному інституті МВС України (акт реалізації від 28.02.2012 р.).

Особистий внесок автора дисертаційної роботи в публікації, виконані в співавторстві, полягає в наступному: у статті [5] – здійснюється розробка інформаційної моделі двоосновного позиційного представлення з адаптивними приростами для апертурних обмежень; у статті [6] – проводиться побудова математичної моделі оцінки інформативності апертурного опису зображень, який апроксимуються одновимірними двоосновними позиційними числами з обмеженням фіксованим приростом між елементами; у статті [7] – обґрунтовується і формулюється принцип лексикографічної нумерації двоосновних позиційних чисел з врахуванням наявності контекстно-залежних надмірних послідовностей, яка задає правило нумерації комбінаторних об'єктів у разі накладення додаткових заборон, число яких залежить від контексту обробленої послідовності; у статті [8] – розробляється система нумерації, яка заснована на лексикографії контекстно-залежних послідовностей, що дозволяє визначити код-номер для нормованого одновимірного двоосновного позиційного числа з врахуванням обмежень щодо висоти, вершини апертури, адаптивного приросту між сусідніми елементами; у статті [9] – запропоновано метод виявлення надмірних двоосновних одновимірних позиційних чисел на основі формування контекстно-заборонених послідовностей; у статті [10] – створюється модель оцінки інформативності джерела нормованих двоосновних одновимірних позиційних чисел з локально-чутливими обмеженнями в рамках адаптивних приростів для апертурного представлення. Показано, що модель дозволяє визначити кількість допустимих нормованих одновимірних двоосновних позиційних чисел з адаптивними обмеженнями на прирости і максимальну кількість розрядів на їх представлення залежно від висоти

апертури і її довжини; у статті [11] – будується метод верифікації кодеру одновимірних двоосновних позиційних чисел в систему компресії зображень для засобів телекомунікацій. Пропонується метод мережевого формування кодових конструкцій на основі трьохетапного ієрархічного підходу для їх передачі в телекомунікаційних системах; у статті [12] – запропоновано метод оцінки характеристик системи компресії зображень. Показується, що інтеграція створеного методу в базову технологію компресії дозволяє додатково збільшити продуктивність засобів телекомунікацій.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації докладалися і були схвалені на наступних науково-технічних конференціях і семінарах: міжнародному радіоелектронному форумі “МКТТ”, Харків, 2005 р.; VIII міжнародному молодіжному форумі “Радіоелектроніка і молодь у XXI столітті”, Харків, 13–15 квітня 2004 р.; першій міжнародній науковій конференції “Теорія та методи обробки сигналів”, Київ, 25–27 травня 2005 р.; другій міжнародній науково-технічній конференції “Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління”, Київ - Харків, 15–16 грудня 2011 р.; III міжнародній науково-практичній конференції “Інформаційні технології та захист інформації”, Харків, 20–21 квітня 2012 р.; третій міжнародній науково-практичній конференції “Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія, Вінниця, Україна 29–31 травня 2012 р.; V міжнародній науковій конференції “Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації”, Кам’янець-Подільськ, 4–5 квітня 2012 р.

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладені в 19 наукових працях, що включають 12 наукових статей та 7 тез-доповідей на міжнародних науково-технічних і практичних конференціях. Серед яких 7 праць виконано без співавторів. Усі статті опубліковані в журналах та збірниках наукових праць, що входять до переліку видань, затверджених Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як фахові.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, списку використаної літератури і 2 додатків. Загальний обсяг дисертації складається із 175 сторінок, з них 27 ілюстрацій на 10 сторінках, 23 таблиць на 7 сторінках, списку використаної літератури зі 121 джерел на 12 сторінках та двох додатків на 6 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** проводиться обґрунтування актуальності теми дисертаційних досліджень, здійснюється постановка науково-прикладної задачі, мети та часткових завдань досліджень, представлено наукова новизна та практичне значення розроблених наукових результатів.

У **першому розділі** досліджуються причини невідповідності темпів зростання продуктивності інформаційно-телекомунікаційних систем темпам збільшення об’ємів відеоінформації. Проводиться виклади етапів

обґрунтування необхідності вдосконалення методів стиснення без втрати інформації на основі виявлення апертур з подальшим компресійним кодуванням у рамках структурно-комбінаторного підходу для підвищення продуктивності засобів телекомунікацій.

Розвиток сучасного суспільства значною мірою торкається відео-інформаційних послуг, які надаються з застосуванням телекомунікаційних систем. Отже важливою характеристикою засобів телекомунікацій, щодо можливостей обробки відеоданих є їх продуктивність. Продуктивність засобів телекомунікацій оцінюється наступним виразом:

$$Pr_{\phi} = V_{\text{deliv}}^{(\phi)} / T_{\text{deliv}}^{(\phi)}, \quad (1)$$

де $T_{\text{deliv}}^{(\phi)}$ – час доставки інформаційного потоку об'ємом $V_{\text{deliv}}^{(\phi)}$.

При цьому існуючі пропускні здібності телекомунікаційних технологій виявляються нижче, ніж необхідні швидкості передачі відеотрафіку. Часові затримки відносно обробки та передачі відеоданих перевищують допустимі часові затримки від одиниць до десятків разів, а це означає, що існуючі засоби телекомунікацій відносно обробки і передачі відеоінформації не забезпечують час передачі в допустимих часових інтервалах.

Тому підвищення продуктивності засобів телекомунікацій щодо цифровій обробки і передачі зображень зі збереженням їх інформаційного змісту є *актуальною науково-прикладною задачею*.

Підвищення продуктивності засобів телекомунікацій задається наступним функціоналом:

$$Pr_{\phi} \rightarrow \max,$$

при виконанні обмежень відносно системних характеристик засобів телекомунікацій:

$$\begin{cases} U_{\text{oper}}^{(\phi)} \leq U_{\text{oper}}^{(\text{nec})}; \\ V_{\text{buf}}^{(\phi)} \leq V_{\text{buf}}^{(\text{nec})}; \end{cases} \quad \begin{cases} U_{\text{cr inf}}^{(\phi)} \leq U_{\text{cr inf}}^{(\text{nec})}; \\ U_{\text{trans}}^{(\phi)} \leq U_{\text{trans}}^{(\text{nec})}; \end{cases} \quad (2)$$

де $U_{\text{oper}}^{(\phi)}$ – швидкодія обчислювальних технологій; $U_{\text{cr inf}}^{(\phi)}$ – швидкість створення інформації; $V_{\text{buf}}^{(\phi)}$ – об'єм буфера, використовуваного для передачі і прийому даних; $U_{\text{trans}}^{(\phi)}$ – швидкість передачі даних.

Одним з напрямів рішення сформульованої задачі є подальший розвиток технологій компресії цифрових зображень.

Процес компактного представлення здійснюється на двох основних етапах, а саме, попереднє перетворення початкових відеоданих і компресійне кодування. Проведений аналіз існуючих підходів відносно попередньої обробки початкових відеоданих в режимі стиснення без втрати інформації дозволяє зробити висновок, що вони пов'язані з такими недоліками як: поява накопичуваних втрат інформації і значні часові витрати. Один із напрямків виходу з такої ситуації полягає в описі фрагментів зображень на основі

виявлення апертур, що дозволяє: збільшити довжину послідовності однакових елементів і врахувати когерентність областей зображень. Проте існуючі підходи відносно формування і кодового представлення апертур мають два істотні недоліки, а саме: формування апертур базується на методах з безповоротною втратою інформації і, як правило, організовується в режимі заздалегідь заданої висоти, і отже, нерівномірної довжини. В існуючих теоретичних основах відсутній підхід, який забезпечує стиснення апертур фіксованої довжини при зберіганні повного її інформаційного змісту. Тому для обробки апертур без втрати інформації пропонується використовувати підхід, що організується на структурно-комбінаторному представленні. Ключовою складовою такого підходу є поліадичне кодування. Таким чином, **мета досліджень полягає** в розробці методів стиснення зображень зі збереженням їх інформаційного змісту для підвищення продуктивності засобів телекомунікацій на основі розвитку поліадичних систем в області кодування апертур.

У другому розділі розроблена методологія оцінки інформативності структурно-комбінаторного апертурного опису зображень на базі одновимірної двоосновної позиційної представлення. Методологія базується на: математичній моделі оцінки інформативності апертурного опису зображень, що апроксимуються одновимірними двоосновними позиційними числами з обмеженням приростом між елементами.

Під апертурою розуміється ділянка зображення, значення елементів якої знаходяться у рамках обмеженого динамічного діапазону (рис. 1).

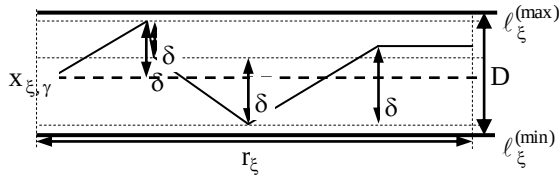


Рис. 1. Схема апертурного опису фрагмента зображення.

Виявлення локально-просторових властивостей апертури пропонується здійснювати на основі обліку обмеженого приросту δ між сусідніми елементами зображення. Цей вид обмежень задається наступним співвідношенням:

$$\begin{cases} \ell_{\xi}^{(\min)} = x_{\xi,\gamma} - D/2 \leq x_{\xi,\gamma+\tau} - \delta \leq x_{\xi,\gamma+\tau+1} \leq x_{\xi,\gamma} + D/2 = \ell_{\xi}^{(\max)}; \\ \ell_{\xi}^{(\max)} = x_{\xi,\gamma} + D/2 \geq x_{\xi,\gamma+\tau} + \delta \geq x_{\xi,\gamma+\tau+1} \geq x_{\xi,\gamma} - D/2 = \ell_{\xi}^{(\min)}, \end{cases} \quad (3)$$

де $x_{\xi,\gamma}$ – координата вершини апертури, D – висота апертури, r_{ξ} – довжина апертури, $\ell_{\xi}^{(\min)}$, $\ell_{\xi}^{(\max)}$ – значення відповідно нижньої і верхньої меж діаметру апертури.

Для оцінки інформативності запропонованого підходу відносно створення апертурного опису зображень необхідно визначити кількість інформації, що міститься в кодових посилках, що формуються генеруючою апертурною функцією на базі структурно-комбінаторного підходу. Підрахунок пропонується здійснювати на основі оцінки кількості надмірних (контекстно-заборонених) одновимірних двоосновних позиційних чисел (ОДОПЧ).

Визначення. Контекстно-заборонені ОДОПЧ являються такі одновимірні двоосновні позиційні числа, для яких:

1. Кількість Δv значень, що виходять за межі апертури висотою D з двох її сторін для одного елемента, не залежить від їх позицій, і визначається як:

$$\Delta v = \eta_{\text{exc}} \delta'_{\text{max}}^{(\xi)} - D/2, \quad (4)$$

де η_{exc} – позиція (індекс) елементів апертури, починаючи з якої відбувається вихід за її межі:

$$\eta_{\text{exc}} = \left[\frac{D/2}{\delta'_{\text{max}}^{(\xi)}} \right] + 1 = \left[D/2\delta'_{\text{max}}^{(\xi)} \right] + 1. \quad (5)$$

2. Базовим елементам $x_{\xi, \eta_{\text{exc}} + \chi} \in [-\eta_{\text{exc}} \delta'_{\text{max}}^{(\xi)}; -(D/2) - 1]$ та $x_{\xi, \eta_{\text{exc}} + \chi} \in [(D/2) - 1; \eta_{\text{exc}} \delta'_{\text{max}}^{(\xi)}]$, $\chi = 0, (r_{\xi} - 1 - \eta_{\text{exc}})$, що вийшли за межі апертури, передують послідовності (контекст):

$$X(\delta'_{\text{max}}^{(\xi)})_{\chi}^{(-)} = \{x_{\xi, \gamma + \nu} = 0\} \cup \{x_{\xi, \gamma + \lambda} = -\lambda \delta'_{\text{max}}^{(\xi)}\} \cup x_{\xi, \eta_{\text{exc}} + \chi} \cup \{x_{\xi, \gamma + \tau}\}; \quad (6)$$

$$X(\delta'_{\text{max}}^{(\xi)})_{\chi}^{(+)} = \{x_{\xi, \gamma + \nu} = 0\} \cup \{x_{\xi, \gamma + \lambda} = \lambda \delta'_{\text{max}}^{(\xi)}\} \cup x_{\xi, \eta_{\text{exc}} + \chi} \cup \{x_{\xi, \gamma + \tau}\}, \quad (7)$$

де $X(\delta'_{\text{max}}^{(\xi)})_{\chi}^{(-)}$, $X(\delta'_{\text{max}}^{(\xi)})_{\chi}^{(+)}$ – відповідно негативно і позитивно орієнтовані контекстно-заборонені послідовності завдовжки r_{ξ} елементів, у яких позиція виходу за межі апертури знаходиться на відстані χ від початкової позиції виходу η_{exc} ; $\nu = 0, \chi$, $\lambda = \chi + 1, (\eta_{\text{exc}} + \chi - 1)$, $\tau = \eta_{\text{exc}} + \chi + 1, r_{\xi} - 1$, а $\chi = 0, (r_{\xi} - 1 - \eta_{\text{exc}})$.

Для оцінки кількості контекстно-заборонених одновимірних двоосновних позиційних чисел формулюється і доводиться **теорема** про оцінку кількості контекстно-заборонених послідовностей.

Теорема. Кількість $\Delta W(\delta'_{\text{max}}^{(\xi)}; D)$ контекстно-заборонених ОДОПЧ завдовжки r_{ξ} , які містять елементи, що задовольняють умовам (7) і (8), визначається як:

$$\Delta W(\delta'_{\text{max}}^{(\xi)}; D) = 2 \sum_{\tau=\eta_{\text{exc}}}^{r_{\xi}-1} \left(\left(\eta_{\text{exc}} \delta'_{\text{max}}^{(\xi)} - \frac{D}{2} \right) (2\delta'_{\text{max}}^{(\xi)} + 1)^{r_{\xi}-\tau-1} \right). \quad (8)$$

Аналіз отриманого виразу (8) показує, що кількість надмірних послідовностей, у яких в результаті приросту елементи виходять за межі апертури, залежить тільки від початкової позиції η_{exc} виходу за межі апертури, і від довжини апертури r_{ξ} .

На основі отриманого співвідношення (8) для величини $\Delta W(\delta'_{\text{max}}(\xi); D)$ можна визначити кількість $W(\delta'_{\text{max}}(\xi); D)$ допустимих одновимірних двоосновних позиційних чисел, які не є контекстно-забороненими послідовностями, а саме:

$$\begin{aligned} W(\delta'_{\text{max}}(\xi); D) &= W(\delta'_{\text{max}}(\xi)) - \Delta W(\delta'_{\text{max}}(\xi); D) = \\ &= (D+1)(2\delta'_{\text{max}}(\xi) + 1)^{r_{\xi}-1} - (1 - \text{sign}(1 + \text{sign}(\frac{D}{2} - \eta_{\text{exc}}\delta'_{\text{max}}(\xi)))) \times \\ &\times 2 \sum_{\tau=\eta_{\text{exc}}}^{r_{\xi}-1} \left((\eta_{\text{exc}}\delta'_{\text{max}}(\xi) - \frac{D}{2})(2\delta'_{\text{max}}(\xi) + 1)^{r_{\xi}-\tau-1} \right). \end{aligned} \quad (9)$$

Максимальна кількість двійкових розрядів $V(\delta'_{\text{max}}(\xi); x_{\xi, \gamma})$, що витрачається на представлення нормованих ОДОПЧ, і рівне:

$$\begin{aligned} V(\delta'_{\text{max}}(\xi); x_{\xi, \gamma}) &= \lceil \log_2 \left((2\delta'_{\text{max}}(\xi) + 1)^{r_{\xi}-1} - (1 - \text{sign}(1 + \text{sign}(\frac{D}{2} - \eta_{\text{exc}}\delta'_{\text{max}}(\xi)))) \right) \\ &\times 2 \sum_{\tau=\eta_{\text{exc}}}^{r_{\xi}-1} \left((\eta_{\text{exc}}\delta'_{\text{max}}(\xi) - \frac{D}{2})(2\delta'_{\text{max}}(\xi) + 1)^{r_{\xi}-\tau-1} \right) \rceil + 1. \end{aligned} \quad (10)$$

На опис апертури нормованим двоосновним позиційним числом у рамках обмежень на прирости і висоту апертури витрачається менша кількість двійкових розрядів, чим на її представлення у вигляді двоосновного позиційного числа з фіксованим приростом, а саме: для сильно-, середньо- та слабонасичених зображень виграш складає відповідно 25%, 31% і 32%.

Таким чином, розроблена модель оцінки інформативності зображень на основі виявлення апертур з повним збереженням їх інформаційного змісту, яка враховує апроксимацію апертур двоосновними позиційними числами з обмеженнями на локальні прирости і усунення кількості контекстно-заборонених послідовностей.

У третьому розділі наводиться обґрунтування принципу лексикографічної нумерації двоосновних позиційних чисел з урахуванням наявності контекстно-залежних надмірних послідовностей. Здійснюється виведення системи виразів, що задають кодоутворюючу нумераційну функцію, яка дозволяє в результаті формування коду скоротити кількість структурно-комбінаторної надмірності. Проводиться побудова методу верифікації кодера одновимірних двоосновних позиційних чисел в систему компресії зображень. Створюється метод мережевого формування кодових конструкцій на основі трьохетапного ієрархічного підходу.

Пропонується формувати кодове представлення одновимірного двоосновного позиційного числа (ОДОПЧ), як номер відповідної послідовності в множині послідовностей ОДОПЧ $\Psi(\delta'_{\max}^{(\xi)}; D)$. Для того, щоб забезпечити скорочення комбінаторної надмірності потрібно побудувати систему кодування, в залежності від вершини апертури, висоти апертури, величини адаптивного приросту між елементами. Для цього спочатку наступною **теоремою** обґрунтовується принцип лексикографічної нумерації в умовах наявності надмірних послідовностей, кількість яких залежить від контексту оброблених елементів.

Теорема. Правило лексикографічної нумерації нормованого ОДОПЧ $\bar{X}^{(\xi)} = \{\bar{x}_{\gamma+\tau}\}$, $\tau = \overline{1, \Gamma_{\xi} - 1}$ з врахуванням виключення кількості контекстно-залежних надмірних послідовностей визначається формулою:

$$W'(\bar{X}^{(\xi)}) = C(\delta'_{\max}^{(\xi)})_{\Gamma_{\xi}-1} = \sum_{\tau=1}^{\Gamma_{\xi}-1} \sum_{\ell=\bar{x}_{\min}}^{\bar{x}_{\xi, \gamma+\tau}-1} \left(W(\bar{x}_{\xi, \gamma+1}, \bar{x}_{\xi, \gamma+2}, \dots, \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1}, \ell) - \right. \\ \left. - \varphi_c(\bar{x}_{\xi, \gamma+1}, \bar{x}_{\xi, \gamma+2}, \dots, \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1}) \Delta W(\bar{x}_{\xi, \gamma+1}, \bar{x}_{\xi, \gamma+2}, \dots, \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1}, \ell) \right), \quad (11)$$

де $C(\delta'_{\max}^{(\xi)})_{\Gamma_{\xi}-1} = W'(\bar{X}^{(\xi)})$ – номер послідовності $\bar{X}^{(\xi)}$ у впорядкованій підмножини допустимих ОДОП чисел; $W(\bar{x}_{\xi, \gamma+1}, \bar{x}_{\xi, \gamma+2}, \dots, \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1}, \ell)$ – кількість одновимірних двоосновних позиційних чисел, у яких перші τ елементів рівні $(\bar{x}_{\xi, \gamma+1}, \bar{x}_{\xi, \gamma+2}, \dots, \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1}, \ell)$, без урахування виключення контекстно-заборонених послідовностей; $\varphi_c(\bar{x}_{\xi, \gamma+1}, \bar{x}_{\xi, \gamma+2}, \dots, \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1})$ – функціонал, задаючий правило визначення наявності надмірних послідовностей, на основі аналізу контексту $(\bar{x}_{\xi, \gamma+1}, \bar{x}_{\xi, \gamma+2}, \dots, \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1})$ попередніх елементів; $\Delta W(\bar{x}_{\xi, \gamma+1}, \bar{x}_{\xi, \gamma+2}, \dots, \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1}, \ell)$ – кількість контекстно-заборонених послідовностей для підмножини ОДОПЧ, у яких перші τ елементів рівні $(\bar{x}_{\xi, \gamma+1}, \bar{x}_{\xi, \gamma+2}, \dots, \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1}, \ell)$.

На основі визначеного правила лексикографічної нумерації для формування коду апертури, яка описується одновимірним двоосновним позиційним числом з обмеженим приростом між елементами, формулюється та доводиться **теорема** про код-номер апертури.

Теорема. Значення коду-номера $C(\delta'_{\max}^{(\xi)})_{\Gamma_{\xi}-1}$ для одновимірного нормованого двоосновного позиційного числа, завдовжки Γ_{ξ} елементів з обмеженнями на приріст $\delta'_{\max}^{(\xi)}$ і на висоту апертури D визначається за формулою:

$$C(\delta'_{\max}^{(\xi)})_{\Gamma_{\xi}-1} = \sum_{\tau=1}^{\Gamma_{\xi}-1} W(\varphi_{c, \tau-1}; \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau}; u)_{\tau} =$$

$$= \sum_{\tau=1}^{r_{\xi}-1} \left\langle \left(\bar{x}_{\xi, \gamma+\tau} - \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1} + \delta'_{\max}(\xi) \right) W(\bar{x}_{\xi, \gamma}=0, \bar{x}_{\xi, \gamma+1}, \dots, \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1}) - \right. \\ \left. - \varphi_{c, \tau-1} (\varpi_{\tau-1} W(\delta'_{\max}(\xi))_{\tau-1}^{(-)} + \varpi_{\tau} \sum_{u=0}^1 \rho_{u, \tau} \Delta W_{\tau}^{(u)}) \right\rangle; \quad (12)$$

$$\rho_{0, \tau} = (1 - \text{sign}(\bar{x}_{\xi, \gamma+\tau} - \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1})); \quad \tau = \overline{1, r_{\xi} - 1}; \quad (13)$$

$$\rho_{1, \tau} = \text{sign}(1 + \text{sign}(\bar{x}_{\xi, \gamma+\tau} - \bar{x}_{\xi, \gamma+\tau-1} - 1)); \quad \tau = \overline{1, r_{\xi} - 1}, \quad (14)$$

де ϖ_{τ} – параметр кодування, що вказує на те, що виконується умова $r_{\xi} - 1 \geq \eta_{\text{exc}} + \tau$, тобто позиція $(\eta_{\text{exc}} + \tau)$ виходу за межі апертури не перевищує її довжини;

$$\varpi_{\tau} = \text{sign}(1 + \text{sign}(r_{\xi} - 1 - (\eta_{\text{exc}} + \tau))) = \begin{cases} 1, & \rightarrow r_{\xi} - 1 \geq \eta_{\text{exc}} + \tau; \\ 0, & \rightarrow r_{\xi} - 1 < \eta_{\text{exc}} + \tau; \end{cases} \quad (15)$$

де $\delta'_{\max}(\xi)$ – мінімальне значення, рівне $\delta'_{\max}(\xi) = \min(\delta_{\max}(\xi); D/2)$, η_{exc} – позиція елементів апертури, починаючи з якої відбувається вихід за її межі, $\rho_{u, \tau}$ – параметр кодування, що визначає позицію $(\gamma + \tau)$ -го елементу відносно вершини апертури або відносно попереднього елементу.

Як впливає з аналізу співвідношення (12) значення коду-номера нормованого ОДОПЧ залежить від: кількості контекстно-заборонених послідовностей, передуючих оброблюваному числу; величин висоти апертури, довжини апертури і адаптивного приросту між сусідніми елементами; міри розкиду нормованих значень елементів ОДОПЧ відносно нульового відліку.

Отже, розроблена система виразів, яка забезпечує формування коду-номера для нормованого одновимірного двоосновного позиційного представлення апертур зображень.

Верифікація розробленого кодування в систему компресії зображень з виявленням апертур має на увазі процес інтеграції, для якої забезпечується :

1. Заданий рівень якості відновлених зображень.
2. Можливість обробки службових даних, які формуються впроваджуваною технологією кодування, базовими засобами системи компресії.
3. Можливість для підвищення міри компресії зображень.
4. Необхідний рівень оперативності формування і стійкості кодових комбінацій, до помилок каналу зв'язку.

У зв'язку з тим, що система компресії здійснює обробку зображень на основі виявлення апертур, те досягнення цих вимог організовується на наступних етапах інтегрованого процесу кодування, а саме:

- 1) виявлення і обробки апертурних характеристик;
- 2) побудови інформаційної частини кодової комбінації.

Інформаційна частина кодограми без додаткової обробки інтегрується в загальну кодову конструкцію, що будується на основі функціонування системи компресії зображення. У теж час враховується, що для обробки інформаційної частини без втрати інформації необхідно заздалегідь обробляти службові дані. Тому пропонуються наступні складові стосовно обробки службових даних.

Пропозиція відносно обробки координати вершини апертури.

Значення координати $x_{\xi,\gamma}$ вершини апертури не впливає на кількість допустимих ОДОПЧ. Отже, у разі формування і виявлення нерівномірних кодограм для представлення коду-номера ОДОПЧ за величиною $W(\delta_{\max}^{(\xi)}; x_{\xi,\gamma})$, не потрібно апріорне знання інформації про координату вершини апертури. Ця властивість дозволяє розглядати величину $x_{\xi,\gamma}$ як додатковий елемент ОДОП числа. Таке число переформатується в одновимірне триосновне позиційне число (ОТОПЧ).

Пропозиція відносно обробки адаптивного приросту і висоти апертури. Послідовності $\bar{X}(\delta)$, складені з величин адаптивного приросту, характеризуються нерівномірним динамічним діапазоном. Отже, існує можливість усунути комбінаторну надмірність в результаті розгляду і кодування послідовностей $\bar{X}(\delta)$ у диференціальному поліадичному просторі. Тому зменшення об'єму кодового представлення стисненого зображення за рахунок обробки службових даних дійсно досягатиметься в результаті формування і кодування масивів адаптивних приростів (МАП) і масивів висот апертур (МВ) в диференціальному поліадичному просторі.

Для формування мережових кодових конструкцій розроблено метод на основі трьохетапного ієрархічного підходу, який ґрунтується на формуванні ОТОПЧ-пакетів і ОТОПЧ-кадрів нерівномірної довжини. Структура ОТОПЧ-пакету визначається кількістю апертурних характеристик (величин адаптивного приросту і висот апертур), а інформаційна частина пакету складається з кодів-номерів для ОТОПЧ. У свою чергу структура кадру будується з масивів апертурних характеристик і ОТОПЧ-пакетів. Структура кодової конструкції усього стислого зображення базується на ОТОПЧ-кадрах.

Таким чином, розроблено метод кодування рівномірної відеопослідовності апертури на основі лексикографії контекстно-залежних комбінаторних об'єктів з врахуванням того, що вагові коефіцієнти залежать від контексту попередніх елементів, і визначаються з одночасним врахуванням апертурних обмежень та обмежень на локальні прирости. Побудовано метод компресії зображень із збереженням їх інформаційного змісту на основі верифікації технології кодування апертур, який здійснює сумісне триосновне позиційне кодування апертури і координати її вершини як молодшого елементу. Побудовано кодові конструкції компактно-представлених зображень для засобів телекомунікацій на основі ієрархічного підходу.

У четвертому розділі розглядається побудова моделі оцінки характеристик системи компресії зображень, що базується на: представленні апертури одновимірними двоосновними позиційними числами; кодуванні масивів адресних (службових) даних в диференціальному поліадичному просторі. Викладається оцінка ефективності інтеграції розробленого методу у базові системи компресії зображень в режимі без втрати інформації за такими показниками як продуктивність функціонування засобів телекомунікацій.

Створюється модель оцінки таких показників як: коефіцієнт стиснення і міра складності реалізації кодування апертур на основі одновимірного двоосновного позиційного представлення.

Витрати кількості двійкових розрядів на представлення стисненого зображення для розробленого методу оцінюються як сумарний об'єм на представлення ОТОПЧ-кадрів, за формулою:

$$k_{\text{comp}} = \frac{Q_1 Q_c b}{\sum_{\gamma=1}^{v_a} \sum_{\delta=0}^1 (V(\Psi^{(\delta)}) + V(M^{(\delta)})) + \sum_{j=1}^n (\sum_{\delta=0}^1 [R_{j,\gamma}^{(\delta)}]_2 + \sum_{i=1}^m [C(\delta_{\text{max}}^{(i,j,\gamma)})_{f_{i,j,\gamma}}]_2)} \quad (17)$$

де – $V(\Psi^{(\delta)})$, $V(M^{(\delta)})$ – кількість розрядів, що витрачається відповідно на кодове представлення підстав МАП $\Psi^{(0)}$, $M^{(0)}$ та підстав МВ $\Psi^{(1)}$ и $M^{(1)}$; $[R_j^{(0)}]_2$, $[R_j^{(1)}]_2$ – довжина кодограм, що містить значення коду-номера $R_j^{(0)}$ для стовпця МАП и стовпця МВ відповідно; $[C(\delta_{\text{max}}^{(i,j,\gamma)})_{f_{i,j,\gamma}}]_2$ – довжина кодограм, що містить значення коду-номера $C(\delta_{\text{max}}^{(i,j,\gamma)})_{f_{i,j,\gamma}}$ одновимірного триосновного позиційного числа.

Значення коефіцієнта стиснення для розробленого методу на основі нормованого одновимірного двоосновного позиційного кодування змінюється від 1,5 до 5,5 разів залежно від класу фрагментів зображення, і довжини апертури. Порівняльна оцінка різних методів компресії зображень без втрати інформації щодо коефіцієнта стиснення наводиться на рис. 2.

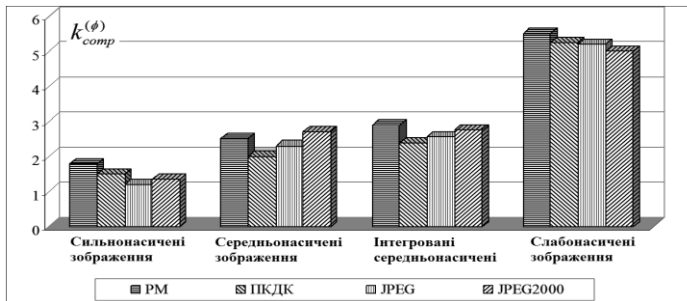


Рис. 2. Діаграми залежності $k_{\text{comp}}^{(\phi)}$ від міри насиченості зображень.

З аналізу діаграм на рис. 2 слідує, що для розробленого методу забезпечується вииграш за ступенем компресії зображень відносно методів реалізованих в стандартах JPEG і JPEG2000 у разі обробки сильно і слабонасичених зображень відповідно на 33% і 5%.

Кількість операцій що витрачаються на стиснення апертури для розробленого методу визначається за формулою:

$$v_{\text{oper}} \approx (9Q_l Q_c - \frac{2Q_l Q_c}{r})(<)+(13Q_l Q_c - \frac{12Q_l Q_c}{r})(+)+(4Q_l Q_c)(x), \quad (16)$$

де, $v = Q_l Q_c / r$ – кількість апертур завдовжки r для кадру розміром $Q_l Q_c$ елементів, (<), (+), (x) – операції зрівняння, додавання та множення відповідно.

Таким чином, сумарна кількість v_{oper} типових операцій визначається лінійною залежністю від розміру зображення.

Порівняльна оцінка часових затримок на обробку зображень для різних методів компресії, приведена на рис. 3. Звідки можна укласти наступне: скорочення часових затримок в процесі обробки відеоданих для розробленого методу відносно методів класу JPEG – LL і JPEG2000 досягає в середньому від 10 до 30 разів.

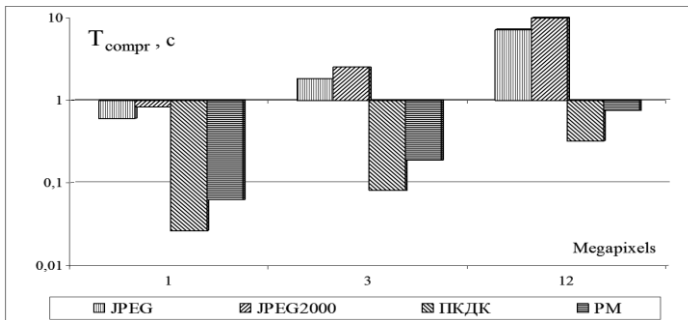


Рис. 3. Порівняльна оцінка тимчасових затримок на обробку середньонасичених реалістичних зображень для різних методів компресії для мікропроцесора типу Snapdragon (HTC HD2).

Таким чином, за рахунок верифікації розробленої технології кодування апертур в систему компресії досягається підвищення продуктивності засобів телекомунікацій щодо цифрової обробки і передачі зображень із збереженням їх інформаційного змісту.

ВИСНОВКИ

В дисертації вирішено актуальну науково-прикладну задачу, яка полягає в підвищенні продуктивності засобів телекомунікацій щодо цифрової обробки і передачі зображень із збереженням їх інформаційного змісту. Розроблено метод стиснення відеоданих без втрати інформації на основі

двоосновного позиційного представлення апертур. Побудована верифікація створеного компресійного коду в базову систему стиску.

Основні наукові результати.

1. Розроблена методологія оцінки інформативності структурно-комбінаторного апертурного опису зображень на базі одновимірного двоосновного позиційного представлення.

2. Обґрунтовано та сформульовано принцип лексикографічної нумерації двоосновних позиційних чисел з врахування наявності контекстно-залежних надмірних послідовностей.

3. Побудовано функціонал, який визначає правило оцінки наявності надмірних двоосновних чисел, на основі аналізу довжини серії нулів в змісті послідовності елементів, передуючих поточній.

4. Розроблено система кодування, що заснована на лексикографії контекстно-залежних послідовностей, яка дозволяє визначити код-номер для нормованого двоосновного позиційного числа.

5. Створено метод верифікації кодеру одновимірних двоосновних позиційних чисел в систему компресії зображень.

6. Розроблено метод мережевого формування кодових конструкцій на основі трьохетапного ієрархічного підходу.

Основні практичні результати:

1. Для розробленого методу забезпечується:

- вигреш за ступенем стиску щодо методів реалізованих в стандартах кодування без втрати інформації у разі обробки сильно та слабонасичених зображень відповідно на 33% і 5%. Інтеграція створеного методу в базову технологію компресії дозволяє додатково збільшити ступінь компактного представлення зображень у разі обробки сильно і середньонасичених зображень відповідно на 20% та 25%;

- скорочення часових затримок на обробку відеоданих щодо методів, які використовують статистичні контекстні моделі та арифметичне кодування, в середньому від 45 до 90% залежно від наявності попереднього етапу трансформації зображень;

- вигреш за часом передачі компактно-представлених даних складає у разі обробки сильнонасичених в середньому 33%, у разі обробки слабонасичених в середньому 10%. Інтеграція створеного методу обробки зображень в базову технологію компресії дозволяє підвищити оперативність передачі інформації в середньому на 30%.

2. Для створеного методу щодо базової системи компресії з використанням обчислювальних технологій обмеженої продуктивності досягається вигреш за часом доведення інформації. При цьому вигреш для створеного методу щодо стандартних, які використовують трансформування, досягає в середньому 30%.

Достовірність отриманих результатів підтверджується: адекватністю результатів обробки відеоданих, отриманих на основі математичних моделей

і проведення експериментів з реалістичними зображеннями; теоретичним обґрунтуванням взаємно однозначного представлення апертур зображень; коректністю створених кодових перетворень щодо існуючих підходів.

ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ В НАСТУПНИХ ПРАЦЯХ

1. Кальченко Д.С. Компьютерная система анализа спектрально-временных характеристик сигналов / Д.С. Кальченко // Радиотехника. – ХНУРЕ. – 2002. – Вып. 129. – С. 80 – 83.

2. Кальченко Д.С. Компьютерная система анализа спектрально-временных характеристик широкополосных сигналов / Д.С. Кальченко // Радиотехника. – ХНУРЕ. – 2004. – Вып. 136. – С. 58 – 61.

3. Кальченко Д.С. Цифровая клиент-серверная система передачи речевого сигнала в компьютерных сетях на базе протокола Windows Sockets 2 (VoIP) / Д.С. Кальченко // Радиотехника. – ХНУРЕ. – 2005. – Вып. 143. – С. 72 – 75.

4. Кальченко Д.С. Обоснование базовой технологии компрессии без потери информации с использованием апертурного описания изображений / Д.С. Кальченко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС. – 2011. – Вип. 8(98). – С. 199 – 203.

5. Баранник В.В. Информативная модель двухадического представления апертурных видеоданных с адаптивным приращением / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // Сучасна спеціальна техніка, К.: №4(27). – 2011. – С. 23 – 29.

6. Баранник В.В. Модель оценки информативности двухосновного позиционного представления с фиксированным приращением / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС. – 2011. – Вип. 3 (29). – С. 81 - 89.

7. Баранник В.В. Методологические принципы представления апертур во множестве одномерных двухосновных позиционных чисел / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // АСУ и приборы автоматики. – 2011. – Вып. 155. – С. 15 – 22.

8. Баранник В.В. Метод эффективного двухосновного позиционного кодирования апертурных видеопоследовательностей в системах телекоммуникаций / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // Системи управління, навігація та зв'язок, К.: ЦНДІ НУ. – №1(21). – 2012. – С. 105 – 110.

9. Баранник В.В. Метод выявления контекстно-запрещенных последовательностей для множества двухосновных позиционных чисел / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко, А.В. Яковенко // Сучасна спеціальна техніка, К.: №1(28). – 2012. – С. 8 – 15.

10. Баранник В.В. Математическая модель источника нормированных двухосновных позиционных чисел с локально-чувствительными ограничениями / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // Наука і техніка Повітряних Сил, ХУПС. Х.: № 1(17). – 2012. С. 45 – 52.

11. Баранник В.В. Методология верификации двухосновного позиционного кодирования в технологию компрессии изображений

комплекса средств телекоммуникаций / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС. – 2012. – Вип. 3. – С. 97 – 103.

12. Баранник В.В. Оценка эффективности кодирования видеоинформации в системах телекоммуникации / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // Сучасна спеціальна техніка, К.: №2(29). – 2012. – С. 10 – 19.

13. Кальченко Д.С. Система мониторинга использования пропускной способности локальной сети на базе технологии QoS / Д.С. Кальченко // Міжнародний радіоелектронний форум ["МКТГ"], (Харків, 2005 р.) / Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2005. Ч. 4, С. 136 – 137.

14. Кальченко Д.С. Управление качеством принимаемого речевого сигнала при его передачи в локальных вычислительных сетях / Д.С. Кальченко // 8-й міжнародний молодіжний форум ["Радіоелектроніка і молодь у ХХІ столітті"], (Харків, 13 – 15 квітня 2004 р.) / Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2004. – С. 81.

15. Кальченко Д.С. Универсальный алгоритм использования кодеков для передачи речевого сигнала в компьютерных сетях / Д.С. Кальченко // Перша міжнародна наукова конференція ["Теорія та методи обробки сигналів"], (Київ, 25 – 27 травня 2005 р.) / Національний авіаційний університет, Київ, 2005. – С. 92.

16. Баранник В.В. Обоснование подхода для представления видеопотока в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // Друга міжнародна науково-технічна конференція ["Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління"], (Київ–Харків, 15–16 грудня 2011 р.) / Державне підприємство «Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління», Київ, 2011. – С. 15 – 16.

17. Баранник В.В. Технология сжатия изображений для бортовых средств телекоммуникаций / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // III міжнародна науково-практична конференція ["Інформаційні технології та захист інформації"], (Харків, 20 – 21 квітня 2012 р.) / Харківський національний економічний університет, Харків, 2012. – С. 184 – 185.

18. Баранник В.В. Метод верификации двухосновного кодирования в технологии сжатия изображений в инфокоммуникациях / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // Третя міжнародна науково-практична конференція ["Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія"], (Вінниця, Україна 29-31 травня 2012 р.) / Вінницький національний технічний університет, Вінниця 2012, С. 57.

19. Баранник В.В. Метод оценки временных задержек на кодирования видеоинформации в системах телекоммуникации / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // V міжнародна наукова конференція ["Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації"], (Кам'янець-Подільськ, 4–5 квітня 2012 р.) / Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, Кам'янець-Подільськ 2012, С. 8–9.

АНОТАЦІЯ

Кальченко Д.С. Метод стиснення зображень для підвищення продуктивності засобів телекомунікацій. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2012.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню ефективності функціонування бортових засобів телекомунікацій. Розв’язується протиріччя стосовно забезпечення своєчасної обробки та передачі високоякісних зображень в умовах обмеження енергетичного, обчислювального ресурсу та сеансу зв’язку, характерними для бортових комплексів.

Обґрунтовується необхідність та обирається напрямок відносно підвищення оперативності обробки зображень в системах стиснення зображень аерокосмічного моніторингу. Розробляється метод стиснення зображень без втрати інформації на основі динамічного поліадичного кодування в багаторівневому диференціальному просторі. Доводиться, що врахування структурних закономірностей між блоками відеоданих та застосування динамічної моделі формування підстав поліадичних систем фрагментів зображень, дозволяє підвищити оперативність обробки для забезпечення стиснення відеоданих. Додаткове збільшення ступеня стиску досягається в результаті скорочення кількості службових даних. Показується ефективність застосування побудованих методів для внутрішньокадрової обробки та для міжкадрової обробки існуючих технологій стиснення.

Ключові слова: стиснення зображень, динамічне поліадичне кодування, структурна надмірність.

АННОТАЦИЯ

Кальченко Д.С. Метод сжатия изображений для повышения производительности средств телекоммуникаций. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – радиотехнические устройства и средства телекоммуникаций. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2012.

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности функционирования бортовых средств телекоммуникаций. Решается противоречие относительно обеспечения своевременной обработки и передачи высококачественных изображений в условиях ограничения энергетического, вычислительного ресурса и сеанса связи, характерного для бортовых комплексов.

Выявляются недостатки существующих возможностей технологий компрессии относительно снижения времени обработки в условиях бортовых вычислительных средств. Обосновывается необходимость и выбирается направление относительно повышения оперативности обработки изображений в системах сжатия изображений аэрокосмического мониторинга. В результате анализа показывается, что приоритетным является направление, основанное на снижении сложности процессов кодирования видеоданных. В этом русле показывается, что существующие методы кодирования, базирующиеся на статистическом подходе, не удовлетворяют выбранному направлению. В противном случае это приводит к снижению степени сжатия изображений. Выход из такой ситуации заключается в использовании систем полиадического кодирования. В свою очередь их ограничивается такими недостатками как: одноуровневость и стационарность учета структурных закономерностей. Поэтому предлагается создать модель и метод динамического полиадического кодирования массивов видеоданных, учитывающего изменение структурных характеристик между блоками изображения.

Разрабатывается метод компрессии изображений без потери информации на основе динамического полиадического кодирования в многоуровневом дифференциальном пространстве. В процессе формирования кодовых конструкций осуществляется учет снижения суммарного объема, затрачиваемого на представления информационной и служебной частей. Информационной частью является значение кода-номера динамического полиадического числа. Служебная часть включает в себя вектор оснований полиадической системы и указатели на уровни многоградиентного дифференциального пространства.

Доказывается, что учет структурных закономерностей между блоками видеоданных и применение динамической модели формирования оснований полиадических систем фрагментов изображений, позволяет повысить оперативность обработки для обеспечения компактного представления видеоданных. Дополнительное увеличение степени сжатия достигается в результате сокращения количества служебных данных и перехода к многоуровневому дифференциальному пространству, что обеспечивает дополнительное уменьшение динамических диапазонов обрабатываемых видеоданных.

Предложенное динамическое кодирование используется для внутрикадровой обработки. Здесь такое кодирование применяется как непосредственно к массивам видеоданных, так и для кодирования низкочастотных составляющих в рамках JPEG ориентированных платформ. Наибольшее повышение оперативности достигается в случае

кодирования непосредственных массивов элементов изображений. Наибольшие значения коэффициентов сжатия обеспечиваются для предварительно трансформированных изображений.

Показывается эффективность применения построенных методов для межкадровой обработки в рамках существующих технологий сжатия. Данный подход используется для сжатия между кадрами, так и для компактного представления базовых кадров.

Ключевые слова: сжатие изображений, динамическая полиадическое кодирование, структурная избыточность.

ABSTRACT

Kalchenko D.S. Digital image compression method for increase of productivity of means of telecommunications. – Manuscript.

Thesis on reception scientific degrees of the candidate of technical sciences on specialty 05.12.13 – radio engineering's devices and facilities of telecommunications. – Kharkov National University of Radio Electronics, Kharkov, 2012.

Dissertation work is devoted the increase of efficiency of functioning of side facilities of telecommunications. Contradiction decides in relation to providing of timely treatment and transmission of high-quality images in the conditions of limitation of power, calculable resource and session of connection, characteristic for side complexes.

A necessity is grounded and direction in relation to the increase of operationability of processing of images gets out in the systems of compression of images of the aerospace monitoring. The method of compression of images is developed without the loss of information on the basis of the dynamic poliadically encoding in multilevel differential space. Proved, that account of structural conformities to the law between the blocks of video information and application of dynamic model of forming of grounds of the poliadically systems of fragments of images, allows to promote the operationability of treatment for providing of compact presentation of video information. The additional increase of degree of compression is arrived at as a result of reduction of amount of official information. Efficiency of application of the built methods is shown for into skilled treatment and for between skilled treatment of existent technologies of compression.

Keywords: compression of images, dynamic poliadically encoding, structural surplus.

Підп. до друку 13.08.12. Формат 60х84 1/16. Спосіб друку – ризографія.
Умов.друк.арк. 1,2. Облік. вид.арк. 1,1 Тираж 100 прим.
Ціна договірна Зам №2-697

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

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