

Міністерство транспорту та зв'язку України
Українська державна академія залізничного транспорту

Ковтун Ірина Володимирівна

УДК 621.391.22:621.396.96

**МІЖКАДРОВЕ ПОЛІАДИЧНЕ КОДУВАННЯ ДЛЯ СКОРОЧЕННЯ
ЧАСУ ОБРОБКИ ТА ПЕРЕДАЧІ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ У СИСТЕМАХ
МОБІЛЬНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ**

05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2007

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку залізничного транспорту однією з важливих задач є підвищення оперативності, вірогідності і повноти інформації про стан всіх об'єктів керування і контролю, що надається особі, яка приймає кінцеве рішення. Відмінна особливість систем управління залізничним транспортом (ЗТ) полягає в перевезенні пасажирів і вантажів, у тому числі і небезпечних. В цьому випадку існує потреба в передачі життєво важливої інформації в найкоротші терміни. Для зниження вірогідності ухвалення неправильних і невчасних рішень необхідно організувати відеоінформаційну взаємодію диспетчерів з об'єктами контролю і управління. Для вирішення цього завдання необхідно підвищити продуктивність систем радіозв'язку, щоб інформація оброблялася і передавалася за встановлений час. Проте, ці заходи приводять до зростання об'єму даних, збільшення часу передачі і зниження оперативності ухвалення рішення. Зменшення об'ємів відеоданих можливо за рахунок їх компактного представлення. Таким чином, існує необхідність в розробці методів стиснення, що базуються на виявленні нових закономірностей у фрагментах (кадрах) зображень, що враховують особливості функціонування систем управління залізничним транспортом.

Великий внесок в рішення даної проблеми внесли багато вчених. Деякі з них: Акушський І.Я., Бабкін В.Ф., Зубарев Ю.В., Корольов А.В., Котельников В.А., Орищенко В.І., Штарьков Ю.М. та ін. Із зарубіжних дослідників великий внесок внесли Барнслі М., Зів Дж., Претт У.К., Шеннон К., Хаффман Д.А., Хеммінг Р.В. та ін.

В даний час в системах мобільного радіозв'язку для компактного представлення зображень використовуються в основному методи стиску сімейства JPEG і MPEG. Особливістю даних методів є те, що стиск зображень в основному досягається за рахунок виключення психовізуальної надмірності. Це супроводжується втратою важливої інформації. Таким чином, організація відеоінформаційної взаємодії з використанням таких методів в системах управління, в яких головною вимогою є збереження заданої міри достовірності, якості інформації, недопустима. Для забезпечення передачі зображень без втрати інформації необхідно розробити метод, який повинен враховувати особливість передачі відеоданих в системі управління транспортом (у тому числі і залізничним транспортом), що полягає в наявності міжкадрової структурної надмірності.

Таким чином, розробка методу стиску зображень на основі поліадичного кодування довжин серій для скорочення часу обробки і передачі відеоінформації при збереженні її вірогідності є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в рамках Національної програми інформатизації України і Комплексних цільових програм Укрзалізниці: “Програми підвищення безпеки руху на залізницях” і “Концепції інформатизації залізничного транспорту України”. Основні результати дисертаційної роботи знайшли відбиток у звіті НДР: “Розробка методів обробки інформації у інформаційно-телекомунікаційних системах” (шифр “ТОР-1”; № 0101U000615; Інв. № 15886).

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є скорочення часу обробки і передачі відеоінформації в системах радіозв'язку на залізничному транспорті за рахунок зменшення міжкадрової надмірності. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Обґрунтувати підхід для скорочення надмірності в послідовності зображень.
2. Розробити метод стиску зображень на основі міжкадрового поліадичного кодування довжин серій, що відповідає вимогам до комплексу технічних засобів рухомих радіосистем, а, саме, обробляти і передавати відеодані за певний час при збереженні необхідної міри достовірності.
3. Розробити метод відновлення за поліадичними кодами довжин серій.
4. Розробити програмно-апаратні реалізації методів міжкадрового стиску і відновлення зображень з урахуванням особливостей стандартів систем мобільного радіозв'язку (СМР).

Об'єкт дослідження. Процеси обробки і передачі послідовності кадрів в системах радіозв'язку на ЗТ.

Предмет дослідження. Обробка і передача відеозображень в системах радіозв'язку на ЗТ.

Методи дослідження. Дослідження ролі підсистем стиску відеоданих в процесі функціонування інформаційно – телекомунікаційних систем (ІТС) на ЗТ ґрунтувалося на методах теорії складних систем. Дослідження властивостей довжин серій проводилося на базі методів структурного аналізу зображень. Для визначення надмірності поліадичних кодів відносної ентропії джерела зображень використовувалися методи теорії вірогідної і математичної статистики, методи теорії інформації.

Наукова новизна отриманих результатів обумовлена рішенням задач відеоінформаційної взаємодії в СМР, а також зменшенні часу обробки і передачі відеоінформації при збереженні високої якості її представлення за рахунок скорочення надмірності зображень і полягає в тому, що:

1. Вперше розроблено метод міжкадрового стиску відеоінформації без втрати інформації, заснований на поліадичному кодуванні масивів довжин серій послідовності зображень. Він відрізняється від відомих методів тим, що:

- обробка і передача відеоданих проводиться в стандарті TETRA;
- компактне представлення довжин серій (ДС) поліадичними кодами (ПК) здійснюється кодами рівномірної довжини для передачі пакетів відеоданих;
- стиск зображень досягається за рахунок виключення міжкадрової надмірності в окремих стовпцях масиву і у всьому масиві шляхом формування довжин серій;
- скорочення динамічного діапазону проводиться з метою зменшення об'єму даних (інформаційної частини пакету);
- будується локально-рівномірне представлення кодів-номерів поліадичних чисел з метою підвищення ступеня стиску зображень.

2. Вперше розроблено метод відновлення послідовності зображень, заснований на декодуванні інформаційної частини пакету стандарту SMP і ПК ДС. Він на відміну від відомих методів забезпечує:

- декодування інформаційної частини пакету стандартів SMP;
- декодування міжкадрових поліадичних кодів для відновлення початкових зображень.

3. Одержала подальше удосконалення модель оцінки інформативності міжкадрового поліадичного представлення на основі виявлення довжин серій.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

1. Розроблені програмно – апаратні реалізації методу стиску послідовності зображень на основі міжкадрового поліадичного кодування масивів довжин серій. Для розробленого методу поліадичного кодування довжин серій із зменшеним діапазоном максимальні значення коефіцієнта стиску досягаються при наступних значеннях параметрів: довжина машинного слова $M = 64$ розряди, максимальну довжину серії $\ell_{\max} = 128$ і розміри масиву довжин серії $m_{\text{дс}} \times n_{\text{дс}} = 8 \times 8$. При цьому значення коефіцієнта стиску знаходяться в межах від **1,4** до **27** залежно від структурного змісту зображення.

2. Розроблені програмно – апаратні реалізації методу відновлення зображень на основі декодування поліадичних кодів довжин серій. Відмінні особливості розробленого методу полягають в побудові аналітичних правил, що забезпечують обчислення розмірів і меж кодових комбінацій з урахуванням визначення черговості проходження частин кодових комбінацій стислого представлення фрагмента зображень. Враховуються особливості формування кодових комбінацій стислого представлення фрагментів зображень на основі міжкадрового поліадичного кодування з урахуванням формування

масивів довжин міжкадрових серій. Для додаткового підвищення ступеня стиску створюється локально-рівномірне представлення кодів-номерів поліадичних чисел, сформованих для масивів довжин міжкадрових серій. Це створює можливість організувати прийом зображень в системах мобільного радіозв'язку.

Результати дисертації використовувалися при виконанні досвідно-конструкторських робіт на НТ СКБ "ПОЛІСВІТ" (акт реалізації від 15.12.2006 р.), а також у навчальному процесі УкрДАЗТ (акт реалізації від 6.12.2007 р.).

Отримані наукові результати є внеском у розвиток теорії кодування і представлення відеоінформації.

Особистий внесок автора в дисертаційній роботі в приведених публікаціях, виконаних в співавторстві, полягає в наступному: у статті [1] - обґрунтована необхідність використання підсистем стиску відеоданих в системах транкінгового зв'язку; у статті [2] - обґрунтована необхідність використання міжкадрового поліадичного кодування відеоданих в системах транкінгового зв'язку; у статті [3] - обґрунтована необхідність організації передачі відеоінформації в цифровій системі мобільного зв'язку TETRA, викладені основні етапи формування інформаційної частини пакету TETRA з урахуванням передачі зображень, що представляються в компактному вигляді на основі міжкадрового поліадичного кодування; у статті [4] - розроблено метод міжкадрового поліадичного кодування зображень з виявленням серій однакових елементів; у статті [5] – вперше запропоновано основні способи отримання на приймальній стороні кодових комбінацій стислого представлення зображень на основі аналізу даних в інформаційних частинах пакетів стандарту TETRA, викладені основні етапи методу міжкадрового поліадичного декодування масивів довжин серій; у статті [6] - запропонована математична модель оцінки коефіцієнта стиску зображень за рахунок їх міжкадрового кодування з виявленням серій однакових елементів, проведена оцінка ефективності розробленого методу стиску згідно з коефіцієнту стиску і часу на обробку.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися і були схвалені на наступних науково-технічних конференціях і семінарах:

- VII міжнародній науково – технічній конференції "Проблеми информатики и моделирования", м. Харків: НТУ "ХПІ", 2007 р.;
- III науковій конференції ХУПС ім. І. Кожедуба, м. Харків, 2007р.;
- I міжнародній конференції "Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України", м. Євпаторія, 2007р.;
- міжнародній науково – практичній конференції "Обработка сигналов и негауссовских процессов", м. Черкаси, 2007р.

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладені в 12 наукових працях, які включають 6 наукових статей, 6 тез – доповідей і 1 звіт по НДР.

Об'єм і структура роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку літератури і 2 додатків. Робота викладена на 151 сторінках машинописного тексту, а також включає: 12 таблиць і 34 ілюстрації, які займають 20 сторінок, 2 додатки на 5 сторінках, перелік використаних літературних джерел складається з 141 найменування на 12 сторінках. Дисертація написана російською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У ВСТУПІ доведена актуальність розглянутої роботи, сформульована мета дисертації, представлені наукова новизна і практичне значення отриманих результатів.

У ПЕРШОМУ РОЗДІЛІ проаналізовані процеси збору, обробки, передачі і відображення інформації і визначені основні вимоги, що пред'являються до них. Досліджується роль підсистем стиску відеоданих в процесі рішення задач управління залізничним транспортом. Обґрунтовується необхідність організації передачі відеоінформації в цифровій системі мобільного зв'язку. Формулюється показник якості і критерій ефективності підсистем стиску і передачі відеоданих. Проводиться аналіз напрямів розробки методів стиску без втрати інформації з метою організації відеоінформаційної взаємодії в системах радіозв'язку, а також підвищення оперативності обробки, передачі відеоданих. Робиться висновок про можливість підвищення оперативності і достовірності доведення відеоінформації за рахунок скорочення надмірності зображень.

Понизити сумарний час обробки і передачі інформації T_{var} можна за рахунок подальшого вдосконалення існуючих методів стиску. Відеоінформація є цифровими масивами великих об'ємів. Це робить неможливою обробку і передачу відеоданих в системах мобільного радіозв'язку за певний час при збереженні необхідної якості зображень. Тому задача скорочення витрат часу на обробку і передачу відеоданих є актуальною.

Зменшення об'ємів відеоданих можливо за рахунок їх компактного представлення. Існуючі методи не забезпечують необхідних ступенів стиску зображень без втрати інформації. Низький ступінь стиску обумовлений нестационарністю статистичних характеристик зображень. Використання методів, що скорочують психовізуальну надмірність, обмежено через втрату інформації. Таким чином, існує необхідність в розробці методів стиску, що базуються на виявленні нових закономірностей у фрагментах

зображень, що враховують особливості функціонування систем управління залізничним транспортом.

Аналіз структур масивів довжин серій показав наявність в них великої комбінаторної надмірності (до 90%).

Проведений аналіз можливих методів, що скорочують комбінаторну надмірність, дозволив вибрати метод поліадичного кодування.

Таким чином, використання існуючих міжкадрових методів стиску, що виключають вірогідно – статистичну і психовізуальну надмірності для додаткового підвищення ефективності методів без втрати інформації недоцільно. Тому представляє інтерес дослідження можливості подальшого збільшення коефіцієнта стиску для методів довжин серій за рахунок додаткового використання методів поліадичного кодування.

У ДРУГОМУ РОЗДІЛІ обґрунтовується необхідність організації передачі відеоінформації в цифрових СМР. Висловлюються основні етапи формування інформаційної частини пакету СМР з урахуванням передачі зображень, що представляються в компактному вигляді на основі міжкадрового поліадичного кодування. Розробляється метод стиску зображення на основі поліадичного кодування масивів довжин серій. Запропоновано локально-рівномірне представлення кодів-номерів поліадичних чисел, сформованих для масивів довжин міжкадрових серій.

Розглянуті основні етапи методу міжкадрового стиску:

1. Завдання початкових параметрів процесу стиску: максимальна довжина серії ℓ_{\max} , величина машинного слова M , кількість рядків n стовпців m формованого масиву і кількість кадрів v_k , що порівнюються.

2. Виявлення довжин серій в послідовності кадрів.

Виявлення серій елементів зображень однакового кольору проводиться у напрямі надходження кадрів (рис. 1).

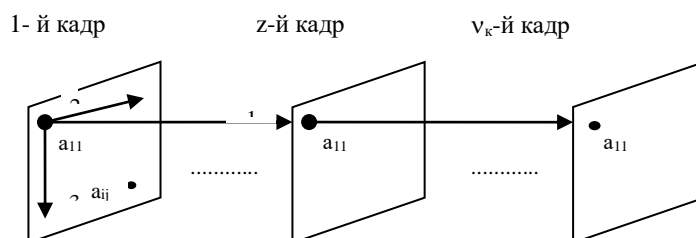


Рис. 1. Фрагмент порівняння елементів по кадрам

При цьому серії виявляються шляхом порівняння елементів, розташованих в сусідніх кадрах на однакових позиціях. Іншими словами, міжкадрове виявлення серій

однакових елементів здійснюється в напрямі перпендикулярному напрямку рядкової розгортки. Це дозволяє формувати серії в кадрових послідовностях у міру надходження растрової розгортки.

Процес виявлення серій в послідовності кадрів задається наступними діями:

2.1. Виявляються серії однакових елементів в послідовності кадрів.

Якщо між елементами на позиціях $(i; j)$ в сусідніх кадрах виконується однаковість, то довжина поточної ξ -й серії збільшується на 1 , тобто $l_{\xi} = l_{\xi} + 1$. Якщо однаковість між елементами виконується для всіх кадрів, то довжина серії збільшується на v_k , тобто $l_{\xi} = l_{\xi} + v_k$. У разі, коли однаковість елементів виконується для елементів a_{ij} і $a_{i+1, j}$, то процес формування довжини поточної серії продовжується для чергової послідовності елементів, розташованих в суміжних кадрах на позиції $(i+1; j)$.

2.2. Якщо однаковість між елементами не виконується, то закінчується процес формування довжини поточної серії і починається процес утворення довжини чергової серії.

Відповідно до етапів процесу виявлення серій система виразів для отримання їх довжин має вигляд:

- $l_{\xi} = 1$ якщо не виконується однаковість між:

- елементами на позиції $(i; j)$ в сусідніх кадрах;

- елементом a_{ij} в v_k -му кадрі і елементом $a_{i+1, j}$ в першому кадрі;

- елементом a_{mj} в v_k -му кадрі і елементом $a_{1, j+1}$ в першому кадрі;

- $l_{\xi} = l_{\xi} + 1$ якщо виконується однаковість між:

- елементами на позиції $(i; j)$ в сусідніх кадрах;

- елементом a_{ij} в v_k -му кадрі і елементом $a_{i+1, j}$ в першому кадрі, тобто

$a_{ij} = a_{i+1, j}$;

- елементом a_{mj} в v_k -му кадрі і елементом $a_{1, j+1}$ в першому кадрі, тобто

$a_{mj} = a_{1, j+1}$.

Процес виявлення серій продовжується до того a_1 , поки не буде оброблений елемент a_{mn} в v_k -му кадрі.

$$\ell_{\xi} = \begin{cases} 1, & \text{если } a_{ij}^{(1)} \neq a_{ij}^{(2)}, \\ \ell_{\xi+1}, & \text{если } a_{i,j} = a_{ik} \text{ и } a_{i,j} \neq a_{i,j+\xi+1}; k = \overline{j+1, j+\xi}, \\ \ell_{\max}, & \text{если } a_{i,j} = a_{i,j+\xi+1} \text{ и } \xi+1 = \ell_{\max}, \end{cases} \quad (1)$$

де ξ - величина різниці (зсув) між значеннями індексів початкового і останнього елементів в серії;

ℓ_{\max} - наперед встановлене максимальне значення довжини серії (обмеження на довжину серії зверху).

3. Формування масивів довжин серій L і колірних координат C на основі системи виразів:

$$\begin{cases} c_{ij} = a_{ij}, & \text{если } a_{i,j-1} \neq a_{ij}, \\ \ell_{i,j-\xi-1} = \ell_{\xi+1}, & \text{если } a_{i,j-1} = a_{ij} \text{ и } a_{i,j-1} = a_{i,j-\xi-1}, \\ \ell_{i,j-1} = 1, & \text{если } a_{i,j-2} = a_{i,j-1} = a_{i,j}, \end{cases} \quad (2)$$

де c_{ij} - елемент масиву колірних координат C .

4. Формування інформаційної частини пакету даних:

а) формування службової частини кодової комбінації стислого представлення:

- визначення кількості біт на мінімальне значення масиву довжин серій b_{\min} з виразу

$$b_{\min} = \log_2 \ell_{\max}, \quad (3)$$

де ℓ_{\max} - максимальне значення довжини міжкадрової серії;

- визначення максимальної кількості біт на матрицю основ b_{Λ} з виразу

$$b_{\Lambda} = m \log_2 (\ell_{\max} + 1), \quad (4)$$

де m - кількість рядків масиву L ;

б) формування інформаційної частини кодової комбінації стислого представлення:

- визначення максимальної кількості біт на кодування поліадичних чисел з виразу

$$S_{j\beta} = \log_2 \left(\prod_{\xi=1}^{m_{j\beta}} \lambda_{\xi} \right) + 1, \quad (5)$$

де $m_{j\beta}$ - кількість елементів j -го стовпця масиву довжин серій L , що містяться в β -му поліадичному числі, для якого формується один код-номер;

λ_{ξ} - основа ξ -го елементу β -го поліадичного числа.

- формування кодових комбінацій для масиву колірних координат.

5. Формування службової частини пакету даних.

Передача даних в мережі з комутацією пакетів має характерні особливості, що полягають в обмеженні довжини інформаційної частини пакету. Тому необхідно при розробці методу міжкадрового стиску враховувати дану особливість системи. Для передачі відеоінформації в стандарті СМР необхідно:

1) визначити межі двійкових полів інформаційних частин пакету даних, куди записуватимуться кодові конструкції стислого представлення зображень. Це обумовлено:

- обмеженими розмірами інформаційних частин пакету;
- тим, що довжина інформаційної частини пакету не кратна степені 2. Тоді, як кодові комбінації міжкадрового поліадичного представлення масивів довжин серій мають рівномірну довжину кратну степені 2.

2) сформувати черговість проходження службових і інформаційних частин кодових конструкцій міжкадрового поліадичного представлення. Це пояснюється необхідністю забезпечити можливість для взаємооднозначного відновлення зображень на приймальній стороні.

В цьому випадку необхідно ґрунтуватися на принципі, що полягає в тому, що на приймальній стороні на початку повинна поступати та інформація, яка необхідна для обробки подальших частин компактного представлення зображення.

По умові методу міжкадрового поліадичного кодування на кожен код-номер витрачається однакова кількість розрядів, яка дорівнює довжині машинного слова M . Це пояснюється зручністю процесу обробки і представлення кодових комбінацій в обчислювальній системі. В цьому випадку скорочується час на обробку і на зчитування (запис) з зовнішнього запам'ятовуючого пристрою. У той же час, в стандарті транкінгового радіозв'язку мінімальною одиницею передачі даних є пакет. В цьому випадку виникає невідповідність розмірів машинного слова з розмірами інформаційних частин пакету. Таким чином, запропоновано локально-рівномірне представлення кодів-номерів масивів, яке дозволяє додатково використовувати:

- неповне використання робочого діапазону машинного слова;
- неповне використання розрядів інформаційних частин пакету даних стандарту транкінгового зв'язку.

Це дозволяє понизити цифровий об'єм стислого представлення, а також кількість пакетів стандартів систем мобільного радіозв'язку, необхідних для його передачі.

У ТРЕТЬОМУ РОЗДІЛІ розглядаються основні способи отримання на приймальній стороні кодових комбінацій стислого представлення зображень на основі аналізу даних в інформаційних частинах пакетів стандартів систем мобільного радіозв'язку.

Висловлюються основні етапи методу міжкадрового поліадичного декодування масивів довжин серій.

Для відновлення одержаної інформації і оцінки її достовірності необхідно:

- 1) організувати процес отримання кодових комбінацій стислого представлення зображень, враховуючи способи їх формування на передавальній стороні;
- 2) здійснити декодування міжкадрових поліадичних кодів для відновлення початкових зображень.

Розроблений метод відновлення полягає у визначенні масивів довжин серій за поліадичними кодами і отриманні початкових елементів зображення на основі зіставлення кожній колірній координаті відповідної довжини серії. Зміст етапів визначається необхідністю достовірного відновлення компактно представлених зображень (стислих на основі розробленого методу).

Перший етап. Елементи стовпця $L^{(j)}$ масиву довжин серій відновлюються на основі виразу:

$$\ell_{ij} = \Phi_{\text{пк}}^{-1} \{ N_j \} ; \quad i = \overline{1, m_{\text{дс}}} ; \quad \ell_{ij} \in L^{(j)}, \quad (6)$$

де ℓ_{ij} - відновлений елемент масиву довжин серій, що стоїть на перетині i -го рядка і j -го стовпця;

$\Phi_{\text{пк}}^{-1} \{ N_j \}$ - оператор декодування поліадичного числа, рівний

$$\Phi_{\text{пк}}^{-1} \{ N_j \} = \left[\frac{N_j}{h_i} \right] - \left[\frac{N_j}{h_i \lambda_i} \right] \lambda_i, \quad (7)$$

λ_i - максимальне значення в i -му рядку, збільшене на 1 ;

h_i - накопичений добуток $(m_{\text{дс}} - i)$ основ λ_i в напрямі знизу - вгору;

$m_{\text{дс}}$ - кількість рядків в масиві довжин серій.

На основі одержаних величин ℓ_{\min} і вектора основ $\Lambda_u = \{ \lambda_1^{(u)}, \dots, \lambda_i^{(u)}, \dots, \lambda_{m_{\text{дс}}}^{(u)} \}$ (для u -го масиву довжин серій, u - індекс масиву L в послідовності масивів довжин серій, сформованих для всього кадру, а U - їх сумарна кількість) здійснюється вибірка з таблиці Ω можливих масивів довжин серій необхідної підмножини Ω_u . Підмножина Ω_u складається з пронумерованих стовпців масивів довжин серій, задовольняючих системі основ Λ_u . Іншими словами, множина Ω_u утворюється як різні перестановки стовпця масиву довжин серій з урахуванням обмежень на динамічний діапазон кожного елемента

$$\ell_{ij}^{(u)} \leq \lambda_i^{(u)} - 1, \quad i = \overline{1, m_{\text{дс}}},$$

де $\ell_{ij}^{(u)}$ - елемент u -го масиву довжин серій;

$\lambda_i^{(u)}$ - основа поліадичної системи i -го рядки u -го масиву довжин серій.

З множини Ω_u по відомому значенню поліадичного коду прочитується відповідний стовпець $L^{(j)}$ масиву довжин серій.

Після декодування поліадичних кодів, слідує етап відновлення динамічного діапазону довжин серій. Це пояснюється тим, що при стиску зображення поліадичне кодування здійснювалося для довжин серій із зменшеним діапазоном.

Другий етап. Відновлення початкового динамічного діапазону довжин серій реалізується за рахунок додавання до одержаних елементів масивів L , відповідного мінімального значення

$$l_{ij} = l'_{ij} + l_{\min}, \quad (8)$$

де l_{ij}, l'_{ij} - значення довжин серій відповідно до i після відновлення діапазону;

l_{\min} - мінімальна довжина серії в масиві L .

В результаті відновлення динамічного діапазону отримані початкові значення довжин серій однакових елементів зображень. Точний діапазон значень довжин серій дозволить відновити початкові фрагменти зображень.

Третій етап. Відновлення початкових елементів зображень по масивах L полягає в зіставленні довжинам серій відповідних колірних координат. Таке зіставлення забезпечить насичення структурних форм об'єктів (одержаних на основі відновлення масивів довжин серій) відповідною колірною палітрою. Процес зіставлення масивів довжин серій і масивів колірних координат включає:

1) дроблення масивів довжин серій і колірних координат на елементи кадрів так, щоб:

- елемент зони довжин серій був дійсною кількістю повторів елементу зони колірних координат;

- кількість елементів в масиві колірних координат була рівна кількості елементів в масиві довжин серій;

2) організацію зберігання координат початку і кінця кожної зони;

3) забезпечення синхронізації між кінцем обробки поточної серії і початком обробки чергової серії;

4) необхідність відповідності між кожною колірною координатою серії і відповідною довжиною. Іншими словами, потрібно організувати пошук і вибірку в масивах довжин серій і в масивах колірних координат таких елементів, які б дозволили відновити зображення без спотворень.

Четвертий етап. Процес формування міжкадрових серій однакових елементів кадрів задається наступними діями:

а) якщо $l_{\xi} \geq 1$, $a_{\eta\gamma} = c_{ij}$, де $\gamma = \overline{1 \dots l_{\xi}}$,

б) якщо $l_{\xi} = 0$ $l_{\xi} = l_{i,j+1}$ і $a_{\eta\gamma} = c_{ij+1}$.

Відновлення послідовності кадрів вважається завершеним, коли виконано порівняння всіх значень масивів довжин серій і колірних координат по всіх $l_{i,j}$ елементах v_k кадрів. Якщо зображення v_k кадрів спочатку було сильно- (середньо-) насичено, то ще на етапі передачі було сформовано декілька масивів довжин серій і колірних координат.

У ЧЕТВЕРТОМУ РОЗДІЛІ викладена математична модель оцінки коефіцієнта стиску зображень за рахунок їх міжкадрового кодування з виявленням серій однакових елементів, проведена оцінка ефективності розробленого методу стиску згідно коефіцієнту стиску і часу на обробку, порівнюються характеристики розробленого і існуючих методів стиску зображень, приведена схематична реалізація запропонованого методу.

На основі порівняльної оцінки розробленого методу з тими, що існують, можна зробити наступні висновки:

1. На основі міжкадрового поліадичного представлення коефіцієнт стиску знаходиться в межах від **2** до **30** залежно від ступеня насиченості зображень, яка характеризується вірогідністю колірною перепаду p .

2 Виграш по ступеню стиску для розробленого методу щодо існуючих методів міжкадрового стиску (методу з поповненням кадрів і методу стиску зображень на основі міжкадрового кодування з прогнозом) на **35%-50%** і в сумі досягає в середньому **2,5** разу.

Таким чином, показано перевагу розробленого методу щодо існуючих методів міжкадрового стиску.

ВИВОДИ

У дисертаційній роботі розроблені методи стиску і відновлення послідовності зображень на основі міжкадрового поліадичного кодування масивів довжин серій. Розроблені методи дозволили організувати відеоінформаційну взаємодію в системах радіозв'язку,

підвищити ступінь стиску цифрованих зображень при збереженні початкової якості і незначного збільшення часу кодування. Це забезпечило скорочення часу обробки і передачі відеоінформації в ІТС.

Відмінна особливість систем управління залізничним транспортом полягає в перевезення пасажирів і небезпечних вантажів. В цьому випадку існує потреба в передачі життєво важливої інформації в найкоротші терміни. У цих умовах одним з ефективних стандартів організації систем зв'язку є стандарти СМР. Основна суперечність, що існує в процесі організації передачі даних на транспорті, полягає в тому, що з одного боку для зниження вірогідності ухвалення неправильних і невчасних рішень необхідно організувати відеоінформаційну взаємодію диспетчерів з об'єктами контролю і управління, а з іншого боку в даний час передача відеоданих в стандарті TETRA не проводиться, а в стандартах GSM і CDMA передача відеоданих досягається за рахунок втрати інформації. Головна причина такої суперечності полягає у великих об'ємах відеоданих і відносно низьких швидкостях передачі інформації засобів радіозв'язку. Відеоінформація є цифровими масивами великих об'ємів (до 10^9 біт). Це робить неможливою обробку і передачу відеоданих в системах радіозв'язку за певний час при збереженні необхідної якості зображень. Тому задача скорочення витрат часу на обробку і передачу відеоданих є актуальною.

Зменшення об'ємів відеоданих можливо за рахунок їх компактного представлення. Існуючі методи не забезпечують необхідних ступенів стиску зображень без втрати інформації. Низький ступінь стиску обумовлений нестационарністю статистичних характеристик зображень. Використання методів, що скорочують психовізуальну надмірність, обмежено через втрату інформації. Таким чином, існує необхідність в розробці методів стиску, що базуються на виявленні нових закономірностей у фрагментах зображень, що враховують особливості функціонування систем управління залізничним транспортом.

Виходячи з аналізу відомих методів міжкадрового стиску, можна зробити висновок, що вони не дозволяють обробляти і передавати відеодані в реальному масштабі часу при збереженні початкової якості зображення.

Тому задача розробки методів стиску і відновлення зображень без втрати інформації є актуальною.

Основні наукові результати:

1. Розроблено метод міжкадрового поліадичного кодування зображень з виявленням серій однакових елементів, який дозволяє:

- представляти поліадичні числа кодами рівномірної довжини, що забезпечить спрощення програмної і апаратної реалізації процесу кодування;

- виключити втрати інформації за рахунок розробки системи правил, що дозволяють виключити переповнювання машинного слова; переповнювання інформаційної частини пакету; скорочення надмірності, незв'язаної з втратою інформації зображення; обробка проводиться на базі цілочисленної арифметики;

- підвищити ступінь стиску за рахунок скорочення міжкадрової надмірності в послідовності кадрів, обумовленої незмінним змістом частини кадрів;

- підвищити значення коефіцієнта стиску при обробці послідовності кадрів реалістичних зображень щодо існуючих методів міжкадрової обробки в середньому на **35%-50%** без втрати інформації;

- забезпечити передачу динамічних зображень в системах транкінгового радіозв'язку для існуючих швидкостей передачі даних.

2. Запропоновано локально-рівномірне представлення кодів-номерів масивів, яке дозволяє додатково використовувати:

- неповне використання робочого діапазону машинного слова;

- неповне використання розрядів інформаційних частин пакету даних стандарту транкінгового зв'язку.

3. Розроблено метод відновлення зображень на основі міжкадрового поліадичного кодування, що забезпечує:

- декодування інформаційної частини пакету стандартів СМР;

- декодування поліадичних кодів;

- відновлення масивів довжин серій і їх зіставлення колірним координатам;

- отримання зображення без втрати інформації;

- виключення витрат машинних операцій на пошук і вибірку зон масивів **L** і **C**, зіставлення індексів елементів масивів **L** і **C**, а також скоротити кількість операцій на зіставлення поліадичного коду і стовпців колірних координат.

4. Створена система аналітичних правил, що забезпечує обчислення розмірів і меж кодових комбінацій з урахуванням визначення черговості їх проходження.

Основні практичні результати:

1. Значення коефіцієнтів стиску для розробленого методу перевищують максимальну межу ефективності стиску зображення довжинами серій (одержану теоретичним шляхом для випадку поелементного представлення довжин серій) від **1,35** до **1,7** разів. Це пояснюється тим, що блокове кодування довжин серій ефективніше за поелементне

кодування довжин серій. Поліадичні коди є блоковими і тому забезпечують великий ступінь стиску зображень.

2. Залежно від ступеня насиченості зображення значення коефіцієнта стиснення для розробленого методу знаходяться в межах від **1,4** до **27**, що в середньому в **2,5** разу перевищує значення, одержані для існуючого методу довжин серій.

3. Розроблена технічна реалізація процесу стиску зображень шляхом поліадичного кодування масивів довжин серій.

Достовірність отриманих результатів підтверджується:

- високою збіжністю результатів експериментальних досліджень, отриманих у ході функціонування розробленої програмної моделі і теоретичних даних, отриманих, щодо наведених аналітичних виразів;

- непротивіччя основним положенням теорії інформації й кодування.

ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ В НАСТУПНИХ ПРАЦЯХ

1. Королева Н.А., Ковтун И.В. Обґрунтування необхідності використання підсистем стиску відеоданих у системах транкінгового зв'язку // Радиотехника. – 2006. – Вып 144. - С.198 – 200.

2. Корольова Н.А., Ковтун И.В. Обґрунтування необхідності використання міжкадрового поліадичного кодування відеоданих у системах транкінгового зв'язку // Телекомунікаційні системи та мережі на залізничному транспорті. – Х.: УкрДАЗТ. - 2006. – Вып. 78. – С. 102 – 112.

3. Баранник В.В., Королёва Н.А., Ковтун И.В. Метод компактного представлення зображень в стандарті TETRA // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ». - 2007. – Вып.35. - С.86 - 91.

4. Баранник В.В., Королёва Н.А., Ковтун И.В. Межкадровое полиадическое кодирование изображений с выявлением серий одинаковых элементов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: НАКУ «ХАИ». - 2007. – Вып.34. - С.136 - 140.

5. Баранник В.В., Королёва Н.А., Ковтун И.В. Метод межкадрового полиадического восстановления видеоданных в стандарті TETRA // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. - 2007. - Вып. 1(59). - С. 9 - 12.

6. Ковтун І.В. Оценка ефективності міжкадрового представлення зображень в стандарті TETRA // Системи обробки інформації . – Х.: ХВУ. - 2007. – Вип.. 2(60). - С. - 37 - 40.
7. Баранник В.В., Корольова Н.А., Ковтун І.В. Компактне представлення відеоданих у стандарті TETRA // Матеріали ІІІ наукової конференції Харківського університету повітряних сил імені Івана Кожедуба. – Х.: ХУПС - 2007. – С. 39.
8. Баранник В.В., Корольова Н.А., Ковтун І.В. Способ исключения міжкадровой избыточности зображень в телекомунікаційних системах // Матеріали міжнародної науково – практичної конференції «Обробка сигналів і негауссівських процесів». – Черкаси. – 2007. – С.133.
9. Ковтун І.В. Декодування відеоданих у стандарті TETRA // Матеріали ІІІ наукової конференції Харківського університету повітряних сил імені Івана Кожедуба. – Х.: ХУПС. - 2007. – С. 87.
10. Ковтун І.В. Порівняльний аналіз методів, які знищують міжкадрову надмірність // Матеріали І міжнародної конференції «Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України». – Євпаторія. – 2007. – С.54 - 55.
11. Ковтун І.В. Оцінка результатів стиснення і відновлення зображень на основі використання міжкадрового поліадичного кодування // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2007.– №4 – С. 48.
12. Ковтун І.В. Порівняльний аналіз розробленого і існуючих методів стиску і відновлення зображень на основі видалення міжкадрової надмірності // Матер. VII міжнарод. НТК «Проблеми інформатики и моделирования». - Харьков: ХПИ. – 2007. – С. 33.

АНОТАЦІЯ

Ковтун І.В. Міжкадрове поліадичне кодування для скорочення часу обробки і передачі відеоінформації в системах мобільного радіозв'язку. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи і мережі – Українська Державна Академія залізничного транспорту, Харків, 2007.

У дисертаційній роботі показано, що своєчасність і точність рішення задач по управлінню залізничним транспортом залежить від оперативності і достовірності обробки і передачі відеоінформації. Використання візуальних датчиків з метою

організації відеоінформаційної взаємодії диспетчерів з об'єктами контролю і управління підвищують точність ухвалення правильних і своєчасних рішень. Розроблено метод стиску відеоінформації без втрати інформації, що враховує особливості організації відеоінформаційного обміну в системах мобільного радіозв'язку, заснований на поліадичному кодуванні масивів довжин серій. Розроблено метод відновлення зображень, який забезпечує декодування інформаційної частини пакету стандартів SMP; декодування поліадичних кодів; відновлення масивів довжин серій і їх зіставлення колірним координатам і дозволяє одержати зображення без втрати інформації; виключити витрати машинних операцій, а також скоротити кількість операцій на зіставлення поліадичного коду і стовпців колірних координат.

Ключові слова: відеодані, поліадичне число (код-номер), довжини серій, послідовність кадрів, надмірність

АННОТАЦИЯ

Ковтун И.В. Межкадровое полиадическое кодирование для уменьшения времени обработки и передачи видеoinформации в системах мобильной радиосвязи. – Рукопис.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети – Украинская Государственная Академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2007.

В диссертационной работе показано, что своевременность и точность решения задач по управлению железнодорожным транспортом зависит от оперативности и достоверности обработки и передачи видеoinформации. Использование визуальных датчиков с целью организации видеoinформационного взаимодействия диспетчеров с объектами контроля и управления повышают точность принятия правильных и своевременных решений. Однако недостатком видеoinформационного обмена являются большие объемы передаваемых данных. Обоснована необходимость передачи изображений с сохранением высокого качества (без потери информации). Проведен анализ известных методов компактного представления видеoinформации без потери качества, который показал, что данные методы обеспечивают максимальную достоверность, однако соответствующие им степени сжатия недостаточны для своевременной передачи видеоданных в системах мобильной радиосвязи. В работе было доказано, что массивы длин серий имеют большое количество комбинаторной избыточности. Разработан и исследован метод сжатия видеoinформации без потери

информации, учитывающий особенности организации видеoinформационного обмена в системах мобильной радиосвязи, основанный на полиадическом кодировании массивов длин серий. Данный метод позволяет осуществлять компактное представление длин серий полиадическими кодами, формировать массивы длин серий и полиадических кодов, обеспечивать упаковку последовательностей длин серий в машинные слова фиксированных размеров, учитывать динамический диапазон представления длин серий. Разработаны программно-аппаратные методы реализации сжатия изображений на основе полиадического кодирования массивов длин серий, которые позволили дополнительно, относительно известных методов, увеличить сжатие в среднем в 2,5 раза, снизить суммарное время на обработку и передачу видеoinформации в среднем на 40%. В этом случае сжатие изображений достигается за счет сокращения межкадровой избыточности при формировании массивов длин серий на основе учета структурных и комбинаторных закономерностей в полученных массивах длин серий в результате их полиадического кодирования. Предложено локально-равномерное представление кодов-номеров массивов и выведено его аналитическое выражение, которое позволяет дополнительно снизить цифровой объем сжатого представления, а также количество пакетов стандартов систем мобильной радиосвязи, необходимых для его передачи. Разработан и исследован метод восстановления изображений, который обеспечивает декодирование информационной части пакета стандартов SMP; декодирование полиадических кодов; восстановление массивов длин серий и их сопоставление цветовым координатам и позволяет получить изображение без потери информации; исключить затраты машинных операций, а также сократить количество операций на сопоставление полиадического кода и столбцов цветовых координат. Создана система аналитических правил, обеспечивающая вычисление размеров и границ кодовых комбинаций с учетом определения очередности их следования. Получены выражения для определения времени восстановления изображения в зависимости от размера изображения и от количества сравниваемых кадров. Расчеты, проведенные по этим выражениям, показали, что за счет разработанных методов обеспечивается дополнительное сокращение времени обработки и передачи видеоданных. Дано сравнение характеристик разработанного и существующих методов сжатия и восстановления изображений.

Ключевые слова: видеоданные, полиадическое число (код-номер), длины серий, последовательность кадров, избыточность.

ABSTRACT

Kovtun I.V. Interpersonnel poliadical coding for reduction of time of processing and transmissions of a video information in systems of a mobile radio communication. – Manuscript.

Thesis on reception scientific degrees of candidate of technical sciences on professions 05.12.02 - "Telecommunication systems and network" - Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkov, 2007.

In thesis functioning is shown that timeliness and accuracy of deciding the tasks on rail-freight traffic control depends on velocity and validity of processing and transmissions an videoinformation. Use of visual gauges with the purpose of the organization of videoinformation interaction of dispatchers with objects of the control and management raise accuracy of acceptance of correct and duly decisions it is connected. The method of compression of a video information without loss of the quality, taking into account features of the organization of a videoinformation exchange in systems of the mobile radio communication, based on poliadical coding of files of lengths of series is developed. The method of recovering the expressing which provides decoding an information part of a package of standards systems of the mobile radio communication is developed; decoding poliadical codes; restoration of files of lengths of series and their comparison to color coordinates also allows to receive the image without loss of quality; To exclude expenses of machine operations, and also to reduce quantity{amount} of operations to comparison poliadical a code and color coordinates.

Key words: the videodata, poliadical number (code - number), lengths of series, sequence of the staff, redundancy.

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України.

Науковий керівник: - кандидат технічних наук, доцент, **Корольова Наталія Анатоліївна**, доцент кафедри «Транспортний зв'язок» Української державної академії залізничного транспорту, Міністерства транспорту і зв'язку України, м. Харків.

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, професор **Федорович Олег Євгенович**, завідувач кафедри «Інформаційні управляючі системи» Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Міністерства освіти і науки України, м. Харків;

- кандидат технічних наук, **Остроумов Борис Володимирович**, Заслужений машинобудівник України, начальник відділу НТ СКБ "Полісвіт" філія ДНВП „Об'єднання Комунар” Національного космічного агентства України, м. Харків.

Захист відбудеться «_____» _____ 2008 року о _____ годин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01 Українській державній академії залізничного транспорту, 61050, м. Харків, вул. Фейєрбаха 7.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту.

Відгук на автореферат просимо надсилати за адресою:
Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий «_____» _____ 2008 р.

*Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., доцент*

С.І. Приходько

Ковтун Ірина Володимирівна

**МІЖКАДРОВЕ ПОЛІАДИЧНЕ КОДУВАННЯ ДЛЯ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ
ОБРОБКИ ТА ПЕРЕДАЧІ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ У СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО
РАДІОЗВ'ЯЗКУ**

05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск
Головко

зав. лаб. В.М.

Підписано до друку _____

Формат 60 × 84 1/16. Папір для множних апаратів.

Ум. друк. Арк.. 0,9. Обл., - вид. Арк.. 1,15 Безкоштовно.

Замовлення № _____. Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу. Свідоцтво ДК № 112 від 06.07.2000 р.

Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7