

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СОРОКУН АНТОН ДМИТРОВИЧ



УДК 621.327: 681.5

**МЕТОД ЗНИЖЕННЯ БІТОВОГО ОБ'ЄМУ ВІДЕОЗНІМКІВ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОСЕРВІСУ З ВИКОРИСТАННЯМ
ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
лауреат Державної премії в галузі науки та техніки
Юдін Олександр Костянтинович,
Київський національний університет імені
Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки
України,
професор кафедри теоретичної кібернетики

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Ткаченко Ольга Миколаївна,
Державний університет телекомунікацій
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри Комп'ютерної інженерії;

кандидат технічних наук
Гуржій Павло Миколайович,
Науковий центр зв'язку та інформатизації
Військового інституту телекомунікацій та
інформатизації Міністерства оборони України,
начальник науково-дослідного відділу
(комплексних систем захисту інформації
в інформаційно-телекомунікаційних системах)
науково-дослідного управління (проблем захисту
інформації).

Захист відбудеться « 24 » вересня 2020 р. о 15⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.062.19 у Національному авіаційному університеті за адресою: Україна, 03058, м. Київ, пр-т. Любомира Гузара, 1.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного авіаційного університету за адресою: Україна, 03058, м. Київ, пр-т. Любомира Гузара, 1.

Автореферат розісланий « 21 » серпня 2020 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
д.т.н., доцент



Р. С. Одарченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток сфер державної діяльності, соціуму і особистості супроводжується повномасштабними процесами інформатизації. Ключовою складовою тут є забезпечення своєчасного обміну інформацією між користувачами, з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. При цьому, сучасні тенденції розвитку телекомунікації спрямовані на використання наукоємних технологій в сфері надання відеоінформаційних сервісів різних класів. В той же час, потрібні вимоги до якості забезпечення відеосервісів з використанням сучасних інформаційно-комунікаційних систем не забезпечуються повною мірою в рамках технічних характеристик та обмежень для сучасних каналів зв'язку. Необхідні часові затримки на доставку відеоданих в умовах заданої якості відеоданих з використанням телекомунікаційних технологій не досягаються. Існує суперечність, викликана невідповідністю вимог відеосервісів і характеристик продуктивності інформаційно-комунікаційних мереж. Звідси випливає, що зниження часових затримок доставки цифрового представлення відеознімків з використанням інфокомунікаційних технологій для підвищення якості відеоінформаційних сервісів є актуальним науково-прикладним завданням.

Сформульовану задачу пропонується вирішувати на базі розвитку методів зниження бітового об'єму потоку відеоданих в інформаційно-комунікаційних системах та їх мережах. Питанням розробки та розвитку методів зменшення бітового об'єму відеопотоку присвятило суттєву увагу багато вчених, а саме: Юдін О. К., Корольов А. В., Бараннік В. В., так й іноземні, до яких слід віднести наступних вчених: Рябко Б. Я., Вудс Р., Гонсалес Р., Претт У. К., Шеннон К. та ін.

Методи зниження бітового об'єму залежно від накладення обмежень на рівень візуальних оцінок по сприйняттю відеознімків, поділяються на два базові класи. Методи зниження бітового об'єму з максимальним рівнем візуальних оцінок по сприйняттю відеознімків, що реконструюються, мають обмежене застосування в системах доставки відеоданих з використанням мобільних безпроводних телекомунікаційних технологій для організації надання відеосервісів реального часу. Методи другого класу в режимі обмеженого рівня візуальних оцінок забезпечують додаткове зниження бітового об'єму. У той же час такий вииграш досягається за рахунок внесення втрат інформації і зростання затримок на виконання ортогональних перетворень.

Тому для вдосконалення технологій зниження бітового об'єму з гнучкими контрольованими обмеженнями на рівень візуальних оцінок пропонується використовувати попередню обробку, яка полягає в описі структурно-статистичних залежностей на основі виявлення областей когерентності. Отже, тематика дисертаційних досліджень, яка полягає в створенні методів зниження бітового об'єму відеознімків з контрольованим рівнем візуальних оцінок по їх сприйняттю, для підвищення якості

відеосервісу з використанням інфокомунікаційних мереж на основі виявлення областей когерентності, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційні дослідження проводилися відповідно до наступних програм і нормативних документів: Законом України «Про телекомунікації» від 18 листопада 2003 року № 1280-IV, указом Президента № 96 від 15 березня 2016 року про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 27 січня 2016 року «Про Стратегію кібербезпеки України», Законом України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» від 5 жовтня 2017 року № 2163-VIII, Законом України «Про національну безпеку України» від 21 червня 2018 року № 2469-VIII, постановою Кабінету Міністрів України № 518 від 19 червня 2019 року «Про затвердження Загальних вимог до кіберзахисту об'єктів критичної інфраструктури», планами наукової, науково-технічної діяльності Національного авіаційного університету, Харківського національного університету радіоелектроніки, в рамках яких була виконана НДР № 276-4 «Технології створення інтегрованих інформаційних систем на основі мереж цифрового мобільного зв'язку» (№ 0113U000360), в якій автор дисертації був виконавцем.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення якості відеосервісу в інформаційно-комунікаційних системах на базі розробки нових методів зниження бітового об'єму відеоданих з контрольованим рівнем візуальних оцінок на основі виявлення областей когерентності.

Для досягнення сформульованої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Обґрунтувати підхід для зниження бітового об'єму відеоданих в інформаційно-комунікаційних системах на основі виявлення і опису областей когерентності відеоданих в умовах заданого рівня візуальних оцінок.
2. Побудувати модель оцінки інформативності ділянок відеоданих на основі виявлення та формування сукупності значущих областей когерентності.
3. Розробити метод кодування значущої структурної складової області когерентності для досягнення усунення структурної надмірності без внесення додаткових помилок.
4. Розробити метод інтеграційного компонування ключових складових відеоданих на основі кодових конструкцій без внесення додаткових помилок в процесі їх доставки в інформаційно-комунікаційних мережах.
5. Побудувати метод декомпозиції компонувальних кодових конструкцій з метою реконструкції відеоданих в умовах виключення додаткового внесення помилок.
6. Вдосконалити існуючу технологію обробки цифрових відеозображень та провести порівняльну оцінку ефективності функціонування технологій зниження бітового об'єму відеоданих в інформаційно-комунікаційних системах.

Об'єкт дослідження. Процеси підвищення якості відеосервісу з використанням інформаційно-комунікаційних систем.

Предмет дослідження. Методи зниження бітового об'єму відеознімків для підвищення якості відеосервісу з використанням інформаційно-комунікаційних мереж.

Методи дослідження. Обґрунтування напрямку підвищення якості відеосервісів з використанням інфокомунікаційних систем здійснювалось на основі системного підходу, базуючись на теоретичному апараті дослідження складних систем. Розробка методу зниження бітового об'єму на основі компактного представлення потоку відеокадрів проводилось з використанням положень теорії інформації та кодування, методів цифрової обробки зображень. Оцінка адекватності теоретичних і практичних результатів проводилась на основі методів математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів дослідження полягає в наступному.

1. Вперше створена інформаційна модель представлення сукупності значущих елементів областей когерентності відеознімку у вигляді структурних позиційних чисел з наявністю властивостей глобальної і локальної нерівності суміжних елементів. Відмінні особливості моделі полягають в обліку попереднього нерівномірного проріджування областей когерентності по елементах з рівними значеннями; збереження інформації про значущі елементи області когерентності з позиції показників глобальної і локальної чутливості. Це дозволяє оцінити інформативність такого опису і отримати оцінки щодо мінімальної кількості надмірності, як потенційного параметру усунення.

2. Отримав подальший розвиток метод кодування значущої структурної координатно-яскравісної складової на основі виявлення областей когерентності цифрового представлення відеознімку. Відмінна особливість методу полягає в тому, що враховується: двох ієрархічна схема формування кодових значень для сукупності областей когерентності після нерівномірної субдискретизації з виключенням елементів з рівними значеннями; показник локальної чутливості визначає плаваючу кількість значущих елементів області когерентності. Це забезпечує усунення структурної надмірності без внесення додаткових помилок, і збереження рівня візуальної оцінки по сприйняттю відеознімків.

3. Вперше створено метод інтеграційного компоунання ключових складових обробки відеоданих на основі формування компоувальної кодової конструкції. Відмінні особливості методу полягають в тому, що компоновка кодових конструкцій ділянки відеознімку проводиться на основі заповнення базової кодограми, отриманої для рядка масиву значущої складової координатної яскравості, шляхом інтеграції сегменту кодограми рядка масиву нерівномірних довжин областей когерентності. При цьому значуща складова координатної яскравості відеознімку розглядається у вигляді структурного позиційного числа з глобальною і локальною нерівністю значень сусідніх елементів. Це дозволяє

додатково знизити бітовий об'єм відеознімку без внесення додаткових помилок в процесі його обробки.

4. Розроблено метод декомпозиції компонувальних кодових конструкцій з метою реконструкції відеоданих в умовах виключення додаткового внесення помилок. Відмінні особливості методу полягають в тому, що в процесі оцінки бітового об'єму враховуються напрями його скорочення за рахунок розподілу кодограм нерівномірної лінійно-масштабуючої складової в незначущих бітах базових кодограм значущих координатно-яскравісних складових. Це дозволило підвищити рівень якості реконструкції відеоданих в умовах виключення додаткового внесення помилок.

5. Отримала подальший розвиток технологія зниження бітового об'єму відеоданих на основі розроблених методів та моделі з умови виявлення областей когерентності. Відмінні особливості вдосконаленої технології полягають в тому, що в процесі оцінки бітового об'єму враховуються напрями його скорочення за рахунок структурної надмірності на основі обліку глобальної і локальної нерівності між сусідніми елементами сукупності областей когерентності. Це дозволяє підвищити рівень відео сервісу та провести оцінку ефективності створених методів.

Новизна отриманих результатів підтверджується відсутністю розроблених моделей і методів в існуючих інформаційно-комунікаційних технологіях щодо зниження бітового об'єму (ЗБО) відеоданих.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що інтеграція розроблених моделей, методів кодування і реконструкції відеоданих в інформаційно-комунікаційні системи для надання відеосервісів забезпечує:

1. Рівень зниження бітового об'єму для створених методів і моделі перевищує рівень, що досягається з використанням відомих методів в середньому на 10 % в умовах забезпечення рівня візуальних оцінок сприйняття реконструйованих відеознімків по показнику пікового відношення сигнал/шум на рівні 55 дБ.

2. Для розробленого методу на основі формування компонувальних кодових конструкцій в порівнянні з існуючими методами в умовах наявності корекцій візуальних оцінок сприйняття реконструйованих відеознімків досягається зниження тимчасових затримок на обробку відеознімку в середньому у 7 разів. Такий результат досягається за рахунок скорочення кількості оброблюваних даних в результаті попереднього виявлення областей когерентності, зниження кількості операцій множення і складання, а також виконання обчислень тільки з цілими числами.

Вдосконалена технологія ЗБО в режимі корекцій візуальних оцінок сприйняття реконструйованих відеознімків в порівнянні з існуючими технологіями сформувала умови для обробки статичних відеознімків з використанням мобільних інфокомунікаційних технологій в реальному часі для:

- відеознімків з роздільною здатністю 576×768 з використанням МП Dragonball, тактова частота 66 МГц;

- відеознімків з роздільною здатністю 2048×1536 з використанням МП Arm-11 (Nokia 5700), тактова частота 369 МГц.

3. Вдосконалена технологія в порівнянні з відомими технологіями в режимі корекції візуальних оцінок на рівні пікового відношення сигнал/шум в 40 дБ з використанням в якості базового компоненту МП Snapdragon (HTC HD2), тактова частота 1000 МГц, забезпечує можливість доставки в реальному часі відеознімків з роздільною здатністю порядку 24Мп. Усереднений по різних класах відеознімків вигреш за часом доставки для розробленого методу щодо існуючих в середньому дорівнює 1,3 разів, що обумовлено додатковим збільшенням рівня зниження бітового об'єму і скорочення часових затримок на обробку.

Практичне значення отриманих результатів дисертації підтверджується їх застосуванням при виконанні дослідно-конструкторських робіт в Державному науково-дослідному інституті МВС України (акт реалізації від 19.12.2019 р.); в навчальному процесі Національного авіаційного університету (акт реалізації від 20.02.2020 р.).

Особистий внесок здобувача. Усі положення, які виносяться на захист, отримано автором особисто. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить наступне: в працях [1, 4] - розробляється спосіб виділення значущих областей відеокадру. Висловлюються основні етапи побудови методу обробки відеокадрів з урахуванням виділених областей значимості; в працях [2, 5, 9, 12] - створюється технологія обробка відеокадрів зі встановленням позицій і динаміки зміни значимості їх областей в динамічному потоці; в праці [3, 7, 11] - проводиться оцінка можливості використання процесу виділення значущих областей для підвищення достовірності інформації в системах критичної інфраструктури з використанням безпроводних телекомунікаційних технологій мобільного сегменту мережі; в працях [8, 10, 18, 20, 21] - проводиться розробка методу кодування значущої координатно-яскравісної складової відеознімку на основі її уявлення у вигляді структурного позиційного числа з глобальною і локальною нерівністю значень сусідніх елементів. Обґрунтовується співвідношення для оцінки верхнього рівня кількості біт, яке витрачається на представлення кодового значення рядка масиву значущої координатно-яскравісної складової відеознімку; в працях [13-17, 19, 22] - висловлюються етапи побудови методу формування компоновки кодових конструкцій ділянки відеознімку на основі заповнення базової кодограми, отриманої для рядка масиву значущої координатно-яскравісної складової, шляхом інтеграції сегменту кодограми, отриманої для рядка масиву нерівномірних довжин областей когерентності.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідались і були схвалені на: 31 міжнародній науково-практичній

конференції [«Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті»], (Харків, 24-25 жовтня 2018 р.); VII Міжнародній науково-практичній конференції [«Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах»] / Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 8-10 листопада 2018 р.; VI Міжн. наук.-практ. конф., (Черкаси, 24–26 травня 2019 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2019; I наук.-практ. конф., (Київ 5–6 квітня. 2019 р.). Київ: нац. ун-т імені Тараса Шевченка, 2019.; Міжнародній науково-практичній конференції Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання (20–25 травня 2019 року, Івано-Франківськ–Яремче); VII Міжнародній науково-практичній конференції [«Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах»] / Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 8-10 жовтня 2019 р.; IEEE Second International Scientific-Practical Conference. (Kharkiv, Ukraine, October 13–15, 2018). Kharkiv: 2018; *The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics CADSM 2018: The 14th International Conference*, (Polyana-Svalyava (Zakarpattya), Ukraine, 21–25 February 2018). 2018.; *Advanced Information and Communication Technologies, AICT 2019: 3rd IEEE International Conference, Proceedings*, (Lviv, July 2019). Lviv, 2019; 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019 (28.06.2019–07.07.2019), Bulgaria 2019; IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2019). 18.12.19–20.12.19 Kyiv Ukraine.

Публікації. Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковано в 24 наукових працях, серед яких одна колективна монографія, 11 статей, зокрема, одна одноосібна стаття та 6 статей опубліковано в журналах, які входять до міжнародних наукометричних баз, дві статті опубліковано в журналах Європейського Союзу. Апробація результатів дисертації відображена у 13 тезах доповідей на міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях, зокрема 6 публікацій у матеріалах конференцій, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, списку використаної літератури і чотирьох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 186 сторінок, з них: 24 ілюстрації, з яких 7 на цілих сторінках, 11 таблиць, список використаної літератури зі 140 джерел на 13 сторінках та чотири додатки на 9 сторінках. Дисертація написана українською мовою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі доводиться актуальність тематики дисертаційних досліджень, обґрунтовується мета досліджень, наводиться об'єкт та предмет досліджень, формулюється наукова новизна, практична значимість та достовірність

отриманих наукових результатів. Приводяться відомості про особистий внесок автора дисертації у наукових статтях, які виконано у співавторстві.

У першому розділі обґрунтовується необхідність та значимість підвищення якості відеосервісу з використанням інформаційно-комунікаційних мереж. Показується, що вирішення сформульованої науково-прикладної задачі полягає у розвитку методів зниження бітового об'єму. Доводиться, що для вдосконалення технологій зниження бітового об'єму (ЗБО) потрібно використовувати попередню обробку, яка полягає в описі структурно-статистичних залежностей на основі виявлення областей когерентності.

Основними характеристиками методів ЗБО являються: часові затримки на доставку відеоданих в інфокомунікаційних мережах і часові затримки на кодування і реконструкцію цифрового представлення відеознімка.

Часові $t(\Theta; S_{tr}; S_{pr})_{del}$ затримки на доставку відеоданих в інформаційно-комунікаційних мережах (ІКМ), знаходиться за формулою:

$$t(\Theta; S_{tr}; S_{pr})_{del} = t(\Theta; S_{tr})_{tr} + t(\Theta; S_{pr})_{enc} + t(\Theta; S_{pr})_{rec}.$$

Тут $t(\Theta; S_{tr})_{tr}$ - часові затримки на передачу кодованих відеознімків, $t(\Theta; S_{tr})_{tr} = V_{beg} / \eta \cdot S_{tr}$; S_{tr} - характеристика ІКМ по швидкості передачі даних; V_{beg} - початковий бітовий об'єм відеознімку, $V_{beg} = v \cdot Z_{lin} \cdot Z_{col}$; v - кількість розрядів на представлення одного елементу відеознімку; $t(\Theta; S_{pr})_{enc}$, $t(\Theta; S_{pr})_{rec}$ - часові затримки відповідно на кодування та реконструкцію відеознімку; η - рівень зниження бітового об'єму.

Часові $t(\Theta; S_{pr})_{enc}$, $t(\Theta; S_{pr})_{rec}$ затримки, відповідно на кодування і реконструкцію цифрового представлення відеознімку, що залежать від відповідної кількості операцій $\mu(\Theta)_{enc}$, $\mu(\Theta)_{rec}$ і характеристик інформаційно-комунікаційних технологій по обчислювальній продуктивності S_{pr} . Встановлено, що основною характеристикою якості функціонування методів зниження бітового об'єму є рівень η , рівний наступного відношенню обсягів V_{beg} і V_{enc} , тобто $\eta = V_{beg} / V_{enc}$, V_{enc} - бітовий об'єм кодованого цифрового представлення відеоданих.

Найбільший рівень візуальних оцінок по сприйняттю відеознімків досягається для методів кодування, які не враховують скорочення психовізуальної надмірності. Але для таких методів рівень зниження бітового об'єму не перевищує 2 разів. Відповідно час доставки відеоданих з середньою швидкістю передачі в інфокомунікаційних системах на рівні 10 Мбіт/с, досягає декількох хвилин, що не дозволяє потреб сучасних відеосервісів. Методи, які дозволяють усувати психовізуальну надмірність, забезпечують збільшення рівня зниження бітового об'єму переважно в

режимі низького рівня пікового відношення сигнал шум (не більш ніж 20 дБ). Отже для вдосконалення технологій зниження бітового об'єму з гнучкими контрольованими обмеженнями на рівень візуальних оцінок пропонується використовувати попередню обробку, яка полягає в описі структурно-статистичних залежностей на основі виявлення областей когерентності. Тому, мета дисертаційних досліджень полягає в створенні методів зниження бітового об'єму відеознімків з контрольованим рівнем візуальних оцінок по їх сприйняттю, для підвищення якості відеосервісу з використанням інфокомунікаційних мереж на основі виявлення областей когерентності.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячено обґрунтуванню аналітичного підходу для зниження бітового об'єму відеознімків в ІКМ на основі виявлення і опису областей когерентності відеознімків в умовах заданого рівня візуальних оцінок; створюється модель оцінки інформативності ділянок відеознімків на основі формування сукупності значущих областей когерентності і збереження інформації о її елементах.

Існує два базових підходи для побудови функціоналу Φ_{reg} регресійного опису області когерентності. Але такі підходи мають ряд недоліків, а саме: низький рівень зниження бітового об'єму; зростає складність алгоритмічного втілення; знижується рівень візуальної оцінки.

Для усунення недоліків існуючих методів формування регресійного опису пропонується наступне. Область когерентності $X^{(\xi)}$ розглядається як композиція двох послідовностей $X''^{(\xi)}$ і $X'''^{(\xi)}$, що відповідно містять елементи з рівними і нерівними значеннями з урахуванням показника $\delta^{(loc)}$ локальної незначущості, $X^{(\xi)} \xrightarrow{\delta^{(loc)}} \{X''^{(\xi)}; X'''^{(\xi)}\}$. Тут можуть одночасно бути ділянки, для яких виконуються наступні умови:

$$x_{\xi, \gamma} = \dots = x_{\xi, \gamma+r} = \dots = x_{\xi, \gamma+R_{\xi}-1}; x_{\xi, \gamma+1} \neq \dots \neq x_{\xi, \gamma+r_2} \neq \dots \neq x_{\xi, \gamma+r_3},$$

де r_{ξ} – ділянки ОКГ з неоднорідним структурним змістом відносно нерівності елементів.

Сукупний розгляд довжин областей когерентності по значущих елементах інтерпретується як нерівномірна лінійно-маштабуюча форма фрагмента відеознімку. Тому пропонується з окремих довжин значущих областей когерентностей формувати масиви $\Delta R_{m,n}^{(u)}$, і розглядати їх як структурні позиційні числа з системою основ, яка задається максимальними значеннями на динамічний діапазон в рядках, а саме:

$$\Delta R_{m,n}^{(u)} = \{\Delta R_{i,j}''\}, \text{ так що } 0 \leq \Delta R_{i,j}'' \leq \Delta R_{\max,i}'' - 1, i = \overline{1, m}.$$

Тоді максимальний рівень витрат кількості біт $V(R)_{m,n}$ на кодове представлення такого масиву $\Delta R_{m,n}^{(u)}$ задається виразом:

$$V(R)_{m,n} = [n \sum_{i=1}^m \log_2(w(R)_i) + 1].$$

Середня кількість біт $\overline{V(R)}_{m,n}$, що припадає на кодовий опис однієї довжини області когерентності, оцінюється за формулою:

$$\overline{V(R)}_{m,n} = [n \sum_{i=1}^m \log_2(w(R)_i) + 1] / m n.$$

Відповідна мінімальна кількість $\overline{H(R)}_{\min}$ надмірності, що усувається, оцінюється співвідношенням:

$$\overline{H(R)}_{\min} = (1 - \frac{[\sum_{i=1}^m \log_2(w(R)_i) + 1]}{m \log_2 \Delta R_{\max}''}) \cdot 100\% ,$$

аналіз якого показує, що її рівень буде вищий нульового, $\overline{H(R)}_{\min} > 0\%$.

Тут $\log_2 \Delta R_{\max}''$ – максимальна кількість розрядів, витрачених на представлення коду однієї довжини значущої ОКГ, без врахування структурних обмежень.

Пропонується з окремих послідовностей значущих елементів областей когерентності формувати масиви $G_{m,k}^{(u)}$, а саме:

$$G_{m,k}^{(u)} = \{g_{i,j}\}, G_k = \{g_1; \dots; g_j; \dots; g_k\},$$

де G_k - k -мірна послідовність значимих ОКГ; g_j – елемент однієї з послідовностей $X^{n(\xi)}$, $\xi = \overline{1, n}$.

Тоді такі масиви, для елементів яких виконується умова:

$$g_{1,1} \leq w(g)_1 = g_{\max} + 1; \quad g_{i,j} \leq w(g)_i = g_{\max};$$

$$i = \overline{2, m} \text{ для } j = 1 \text{ и } i = \overline{1, m} \text{ для } j \geq 2,$$

називаються структурним позиційним числом з глобальною і локальною нерівністю сусідніх елементів.

Звідки усереднена кількість біт $\overline{V(g)}_{m,k}$, яка припадає на один елемент масиву $G_{m,k}^{(u)}$, визначається за допомогою наступного виразу:

$$\overline{V(g)}_{m,k} = \frac{[\log_2(g_{\max} + 1) + (k-1)\log_2 w(g) + k \sum_{i=2}^m \log_2(g_{\max})] + 1}{m \cdot k},$$

а відповідна мінімальна кількість $\overline{H(g)}_{\min}$ надмірності такою формулою:

$$\overline{H(g)}_{\min} = (1 - [\frac{\log_2(g_{\max} + 1)}{8mk} + \frac{\log_2 w(g)}{8m} + \frac{\sum_{i=2}^m \log_2(g_{\max})}{8m}]) \cdot 100\% .$$

Звідки видно, що її рівень буде значно вищий нульового, $\overline{H(g)}_{\min} > 0\%$.

Максимальні сумарні витрати кількості $\overline{V(\max)}_{m,n}$ біт, що в середньому доводяться на одну значущу область когерентності у разі її представлення створеними підходами, оцінюються по формулі:

$$\overline{V(\max)}_{m,n} = \overline{V(R)}_{m,n} + \overline{V(g)}_{m,k} + V^{(w)},$$

де $\overline{V(R)}_{m,n}$, $\overline{V(g)}_{m,k}$ – максимальна кількість біт, які потрібно витратити в середньому на кодове представлення довжини значущої області когерентності та її значущих елементів; $V^{(w)}$ – об'єднання витрат на кількість розрядів у службових даних (основи масивів $\Delta R_{m,n}^{(u)}$ и $G_{m,k}^{(u)}$).

Звідки мінімальне значення рівня η_{\min} зниження бітового об'єму знаходиться за допомогою виразу:

$$\eta_{\min} = (8 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{i,j}) / \overline{V(\max)}_{m,n} ;$$

При цьому оцінки показали, що мінімальне значення рівня зниження бітового об'єму зображень з високою насиченістю структурними деталями досягає від 1,8 до 5 разів, а середньонасичених від 2 до 8 разів. Це створює потенційні можливості для побудови методів компактного представлення зображень на основі запропонованого підходу.

У третьому розділі дисертаційної роботи основна увага приділяється розробці методу кодування значущої структурної складової області когерентності для досягнення усунення структурної надмірності без внесення додаткових помилок; створюється метод інтеграційного компонування

ключових складових відеоданих на основі кодових конструкцій без внесення додаткових помилок в процесі їх доставки в інформаційно-комунікаційних мережах та метод декомпозиції компоновальних кодових конструкцій з метою реконструкції відеоданих в умовах виключення додаткового внесення помилок.

Загальна концепція методу обробки цифрового представлення відеознімку полягає в компоновці його ключових складових. Компоновку ключових складових відеознімку пропонується здійснювати на основі інтеграції сегментів кодових конструкцій лінійно-маштабуючої складової

$\Delta R_{m,n}^{(u)}$ в кодові слова значущих координатно-яскравісних складових $G_{m,k}^{(u)}$.

Отже виходить, що необхідно розробити метод кодування значущої координатно-яскравісної складової.

Процес такого кодування *пропонується* організувати, розглядаючи рядки G_i масивів $G_{m,k}^{(u)}$ як числа, для елементів яких виконуються наступні умови:

$$g_j \neq g_\chi, \quad j, \chi = \overline{1, k};$$

$$g_{1,1} \leq w(g)_1 = g_{\max} + 1, \quad g_{i,j} \leq w(g)_i = g_{\max},$$

$$i = \overline{2, m} \text{ для } j = 1 \text{ и } i = \overline{1, m} \text{ для } j \geq 2.$$

Тоді відповідне кодове значення $E(\delta^{(loc)}; g)_i$ з позиції двох ієрархій і в залежності від величини $\delta^{(loc)}$ локальної незначущості визначається такими співвідношеннями:

$$E(\delta^{(loc)}; g)_i = \sum_{\xi=1}^{v_{ok}} \sum_{r=1}^{R_\xi''} Q(\delta^{(loc)}; g)_{i,\xi}^{(r)}, \quad g_0 = w(g).$$

Тут v_{ok} – кількість значимих областей когерентності в рядку; R_ξ'' – кількість значимих елементів в ξ -й області когерентності; $Q(\delta^{(loc)}; g)_{i,\xi}^{(r)}$ – ваговий коефіцієнт для $(\gamma + r)$ -го значимого елемента ξ -й області когерентності, структурованої в i -му рядку масиву $G_{m,k}^{(u)}$.

При цьому виходячи з властивості кодових значень структурних чисел, максимальна кількість біт на їх представлення матиме обмеження $V(g)_i$ зверху, як показано наступною нерівністю:

$$\log_2 E(g)_i \leq V(g)_i = k \log_2 (w(g) - 1).$$

Тут $w(g)_i$ - динамічний діапазон значимих елементів ОКГ.

Процес сегментації кодограм усічених структурно-позиційних чисел полягає в їх декомпозиції на D кодових частин, що задається наступним виразом (рис. 1):

$$V(R)_i = \bigcup_{d=1}^D \Delta_d V(R)_i,$$

де $\Delta_d V(R)_i$ – довжина d -го сегменту i -ї кодограми УСПІ числа.

Причому довжина такого сегменту залежить від кількості незначущих біт у відповідній базовій кодовій конструкції, та визначається співвідношенням:

$$\Delta_d V(R)_i = \Delta V = V_{nec} - V(g)_d.$$

Тоді процес заповнення базової кодограми полягає в інтеграції на позиції незначущих елементів відповідного сегменту кодограми незначущої лінійно-маштабуючої складової відеознімку. Для визначення довжини інтегрованого сегменту потрібно обчислювати довжину ΔV послідовності незначущих біт в базовій кодограмі. Для чого використовується такий вираз:

$$\Delta V = V_{nec} - V(g)_i > 0.$$

Після чого, якщо виконується нерівність:

$$V(g)_i < V_{nec},$$

то проводиться інтеграція відповідного сегменту необхідною довжиною.

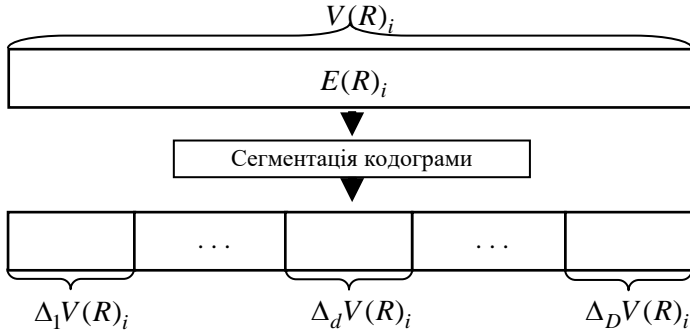


Рис. 1. Схема сегментації кодограми $V(R)_i$

В результаті розроблено метод кодування значущої структурної складової області когерентності для досягнення усунення структурної надмірності без внесення додаткових помилок; створено метод інтеграційного компонування ключових складових відеоданих на основі кодових конструкцій без внесення додаткових помилок в процесі їх доставки в інформаційно-комунікаційних мережах та метод декомпозиції компонувальних кодових конструкцій з метою реконструкції відеоданих в умовах виключення додаткового внесення помилок.

У четвертому розділі дисертаційної роботи вдосконалюються технологія та наводиться порівняльна оцінка ефективності функціонування технологій зниження бітового об'єму відеоданих в інформаційно-комунікаційних системах.

Знаходження величини $V(\delta^{(glob)}; \delta^{(loc)}; U)$ бітового об'єму відеоданих, визначається по формулі:

$$V(\delta^{(glob)}; \delta^{(loc)}; U) \approx \sum_{u=1}^U (V(w)^{(u)} + (([d_i \log_2(w(g)-1)] + 1) + \Delta_d V(R)_i^{(u)}) \sum_{i=1}^m D_i^{(u)}).$$

З урахуванням чого рівень η зниження бітового об'єму оцінюється як:

$$\eta = V_{beg} / V(\delta^{(glob)}; \delta^{(loc)}; U).$$

Аналіз експериментальних оцінок дозволяє зробити висновок, що рівень зниження бітового об'єму для створеного методу перевищує рівень що досягається відомими методами в середньому на 10 % в умовах забезпечення пікового відношення сигнал/шум на рівні 55 дБ. Оцінки часових затримок $t(\Theta; S_{tr}; S_{pr})_{del}$ на доставку відеознімків залежно від їх роздільної здатності і швидкості передачі даних в мобільній мережі, показані у вигляді діаграм на рис. 2.

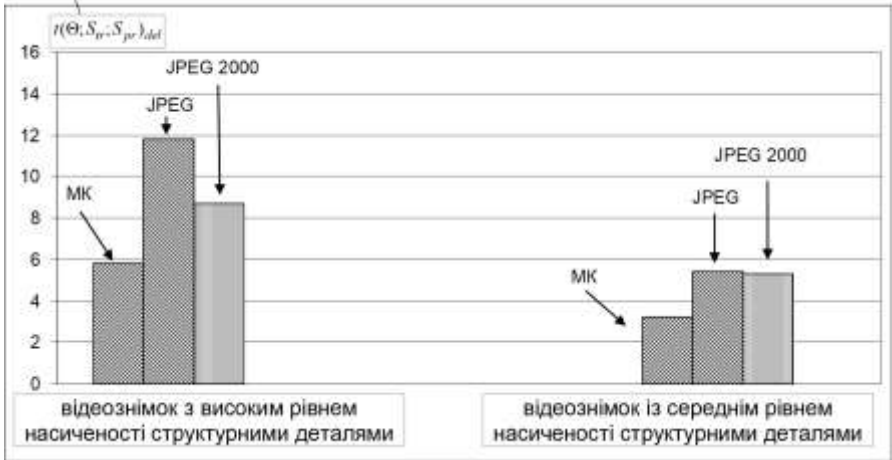


Рис. 2. Діаграми залежності величини $t(\Theta; S_{tr}; S_{pr})_{del}$

від класу оброблюваних відеознімків для

$$V_{beg} = 2048 \times 1536 \times 24 = 75 \text{ Мбіт і } S_{tr} = 10 \text{ Мбіт/с}$$

Аналіз діаграм на цьому малюнку дозволяє зробити висновок щодо того, що усереднений по різних класах відеознімків вииграш за часом доставки для розробленого методу щодо існуючих в середньому рівний 1,3 рази, що обумовлене додатковим збільшенням рівня зниження бітового об'єму і

скорочення часових затримок на обробку. Відповідно вдосконалена технологія в порівнянні з відомими в режимі пікового відношення сигнал/шум 40 дБ з використанням існуючих мікропроцесорних технологій мобільного сегменту забезпечує можливість доставки в реальному часі відеознімків з роздільною здатністю близько 24 Мп.

На основі викладеного можна зробити висновок, що вдосконалена технологія та розроблені методи стиснення і відновлення відеоданих, є закінченим рішенням, і можуть бути реалізовані з використанням інформаційно-комунікаційних систем.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-прикладну задачу, яка полягає в зниженні часових затримок доставки відеоданих з використанням інформаційно-комунікаційних технологій для підвищення якості відеоінформаційних сервісів. Основними науковими результатами, отриманими в роботі, є наступні.

1. Розроблена інформаційна модель представлення сукупності значущих елементів областей когерентності цифрового представлення відеознімку у вигляді структурних позиційних чисел з наявністю властивостей глобальної і локальної нерівності суміжних елементів. В результаті чого було доведено, що мінімальне значення рівня зниження бітового об'єму зображень з високою насиченістю структурними деталями досягає від 1,8 до 5 разів, а середньо-насичених від 2 до 8 разів.

2. Вдосконалено метод кодування значущої координатно-яскравісної складової цифрового опису відеознімку на основі виявлення областей когерентності з використанням двоєрархічної схеми формування кодових значень для сукупності областей когерентності після нерівномірної субдискретизації з виключенням елементів з рівними значеннями. Це забезпечує усунення структурної надмірності без внесення додаткових помилок в середньому на 17–25 %.

3. Вперше розроблено метод інтеграційного компоунання ключових складових обробки відеоданих на основі формування компоувальної кодової конструкції. Відмінною основою методу, є то що компоновка кодових конструкцій ділянки відеознімку проводиться шляхом заповнення базової кодограми, отриманої для рядка масиву значущої складової координатної яскравості, а також за рахунок інтеграції сегменту кодограми рядка масиву нерівномірних довжин областей когерентності. Це дозволяє додатково знизити бітовий об'єм відеоданих без внесення додаткових помилок в процесі його обробки в середньому на 10 %.

4. Розроблено метод декомпозиції компоувальних кодових конструкцій з метою реконструкції відеоданих в умовах виключення додаткового внесення помилок. Відмінні особливості методу полягають в тому, що в процесі оцінки бітового об'єму враховуються напрями його скорочення за рахунок розподілу кодограм нерівномірної лінійно-маштабуючої складової в незначущих бітах базових кодограм значущих координатно-яскравісних складових. Це дозволило в порівнянні з існуючими методами в умовах наявності корекцій візуальних оцінок сприйняття реконструйованих

відеознімків досягається зниження часових затримок на обробку цифрового представлення відеознімку в середньому в 7 разів.

5. Вдосконалено технологію обробки цифрових відеозображень на основі розроблених методів та моделі з умови виявлення областей когерентності відеоданих в інформаційно-комунікаційних системах, що дозволило в порівнянні з відомими технологіями в режимі корекцій візуальних оцінок на рівні пікового відношення сигнал/шум в 40 дБ з використанням в якості базового компоненту МП Snapdragon (HTC HD2), тактова частота 1000 МГц забезпечує можливість доставки в реальному часі цифрових відеознімків з роздільною здатністю порядку 24Мп. Усереднений по різних класах відеоданих вигаш за часом доставки для розробленого методу щодо існуючих в середньому дорівнює 1,3 разів, що обумовлено додатковим збільшенням рівня зниження бітового об'єму і скорочення часових затримок на обробку.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Создание метода синтаксического представления сегментов видеокадров с учетом наличия ключевой информации / А. Д. Сорокун, В. В. Баранник, Д. О. Медведев, О. Н. Стеценко, А. Н. Додух // Наукоємні технології в інфокомунікаціях: обробка, захист та передача інформації : кол. моногр.; за ред. В. В. Баранніка, В. М. Безрука. Харків : Стиль-Видат, 2018. – С. 188–198.

2. А. Д. Сорокун, В. В. Баранник, Д. В. Баранник, М. В. Дворський. Вдосконалення методів компенсації руху динамічних об'єктів у відеопотоці в системі відеоконференцзв'язку. *Наукоємні технології*. 2018. № 3. – С. 22–29.

3. Сорокун А. Д., Баранник В. В., Гаврилов Д. С. Розробка інформаційної технології оперативної та конфіденційної доставки відеоінформаційного ресурсу в системі критичної інфраструктури. *Радіоелектроніка та інформатика*. 2018. № 2. – С. 17–20.

4. Сорокун А. Д., Баранник В. В., Баранник В. В., Тупиця І. М. Технологія кластеризації даних інформаційного ресурсу за кількісною ознакою. *Наукоємні технології*. 2018. № 4. – С. 398–404. URL: <http://jrnل.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/13264/18612> (дата звернення: 20.08.2020).

5. Сорокун А. Д., Баранник В. В., Баранник В. В., Дворський М. В. Метод ефективного представлення та захисту динамічних об'єктів у відеопотоці на основі технології компенсації їх руху. *Кібербезпека*. 2018. № 2. – С. 90–97. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/cest_2018_2_8 (дата звернення: 20.08.2020).

6. Сорокун А. Д. Обоснование направления для снижения битового объема видеоснимков в инфокоммуникационных системах. *Радіоелектроніка та інформатика*. 2019. № 3. – С. 15–19.

7. Сорокун А. Д., Баранник В. В., Рябуха Ю. М., Твердохліб В. В., Бабенко Ю. М. Метод кодування бітового опису трансформант на базі незалежних кодових структур у технології управління інтенсивністю відеопотоку. *Наукоємні технології*. 2019. № 3. – С. 295–299. URL: <http://jrnل.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/13979> (дата звернення: 20.08.2020).

8. Сорокун А. Д., Бараннік В. В., Бабенко Ю. М., Яковенко О. В. Метод кодування значущої координатно-яскравісної складової відеознімку в інфокомунікаційних системах. *Сучасна спеціальна техніка*. 2019. № 4. – С. 17–28.

9. Sorokun A., Volodymyr Barannik, Mykola Dvorsky, Valeriy Barannik, Viktoria Himenko. Improvement of Methods Motion Compensation of Dynamic Objects Moving in Video Stream in the Videoconferencing System. *Informatyka Automatyka Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Środowiska (IAPGOŚ)*. 2018. № 4. – P. 22–25. URL: <https://ph.pollub.pl/index.php/iapgos/article/view/947/722> (last accessed: 20.08.2020).

10. Sorokun A., Barannik V., Ryabukha Y., Barannik D., Babenko Y. Developing a Method of Reconstructing a Video Image and Composing Key Components Of a Video. *Informatyka Automatyka Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Środowiska (IAPGOŚ)*. 2020. №1. P. 22–25.

11. Сорокун А. Д., Юдін О. К. Дослідження особливостей використання сучасних автоматизованих систем управління проектами для підвищення ефективної діяльності підприємств. *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2018. 3(44). – С. 39–45.

12. Сорокун А. Д., Бараннік В. В., Стеценко О. М., Корольова Н. А. Мультиагентна модель управління процесом кодування кадру. XXXI Міжн. наук.-практ. конф. «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті», 24–25 жовт. 2018 р. Харків : Укр. ун-т залізничного транспорту. – С. 28–30.

13. Сорокун А. Д., Бараннік В. В., Дворський М. В., Хіменко В. В., Погольський М. А. Аналіз методів компенсації руху динамічних об'єктів у відеопотоці в системі відеоконференцзв'язку. VII Міжн. наук.-практ. конф. «Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах», 8–10 листоп. 2018 р., Чернівці : ЧНУ ім. Ю. Федьковича. С. 172–173.

14. Аналіз використання методу внутрішньої реструктуризації даних в процесі статистичного кодування інформаційного ресурсу. Обробка сигналів і негауссівських процесів : матеріали VI Міжн. наук.-практ. конф., присвяч. пам'яті проф. Кунченка Ю. П., 24–26 трав. 2019 р., Черкаси : ЧДТУ, 2019. – С. 25–264.

15. Сорокун А. Д., Бараннік В. В., Бараннік В. В., Стеценко О. М. Обґрунтування напрямків розробки технологій обробки відеокадрів на базі мультиагентного підходу. Проблеми кібербезпеки інформаційно-комунікаційних систем (PCSITS) : матеріали I наук.-практ. конф., 5-6 квіт. 2019 р. Київ : КНУ ім. Т. Шевченка, 2019. – С. 123–126.

16. Антон Сорокун, Володимир Бараннік, Оксана Стеценко, Вікторія Хіменко. Методологічна база ефективного застосування мультиагентних схем у процесі кодування відеоданих. Міжн. наук.-практ. конф. «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання», 20–25 трав. 2019 р., Яремче : Івано-Франківськ : ПНУ ім. В. Стефаніка. – С. 67–70.

17. Сорокун А. Д., Бараннік В. В., Фустій В. С., Малік О. В. Оцінка ефективності методів маскування аерофотографій. VII Міжн. наук.-практ.

конф. «Фізико-технологічні проблеми передавання, оброблення та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах», 3–5 жовтня 2019 р., Чернівці : ЧНУ ім. Ю. Федьковича. – С. 35–36.

18. Anton Sorokun, Vladimir Barannik, Viktoria Himenko, Natalia Barannik, Yuriy Stasev, Alexander Musienko. IEEE Problems of Infocommunications. Science and Technology (PICS&T'2018): Materials of IEEE Second International Scientific-Practical Conference, Kharkiv, Ukraine, Oct. 13–15, 2018. – P. 144–147.

19. Sorokun A., Barannik V., Stetsenko O., Musienko A., Yudin O. Technology for Efficient Encoding of Structural Components Using the Multi-Agent Approach for Telecommunication Tools and Devices. The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics CADSM'2018: The 14th International Conference, Polyana-Svalyava (Zakarpattya), Ukraine, 21–25 Feb. 2018. – P. 29–31.

20. Development Second and Third Phase of the Selective Frame Processing Method on Advanced Information and Communication Technologies. Sorokun A., Barannik V., Barannik V., Havrylov D. / AICT 2019: Proceedings of the 3d IEEE International Conference, Lviv, Ukraine, Jul. 2019. – P. 188–192.

21. Development of The Combined Selective Frame Processing Method. Anton Sorokun, Vladimir Barannik, Mikolaj Karpinski, Dmytro Havrylov, Marcin Bernas / XIX International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019, Bulgaria, Jun. 28–Jul.7 2019. – P. 121–128.

22. Development of a Method of Encoding a Significant Coordinate Brightness Component of a Video Image. Sorokun A., Barannik V., Babenko Y., Yakovenko O. MODERN SPECIAL TECHNICS. 2019. Vol. 4 (59). – P. 5–13.

23. Sorokun A., Barannik V., Ryabukha Y., Hahanova A., Parkhomenko M., Dodukh O. Developing a Method of Composing Key Components of a Video Image Based on the Integration of Their Code Structures. IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (IEEE ATIT 2019), Kyiv, Ukraine, Dec. 18–20, 2019. – P. 188–192.

24. Сорокун А. Д., Юдін О. К. Дослідження стеганографічного методу приховування даних у JPEG-зображеннях. XII Міжн. наук.-техн. конф. «АВІА–2015», 28–29 квіт. 2015 р., Київ : НАУ. – С. 58–61.

АНОТАЦІЯ

Сорокун А. Д. Метод зниження бітового об'єму відеознімків для підвищення якості відеосервісу з використанням інфокомунікаційних систем. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи і мережі. – Національний авіаційний університет, Київ, 2020.

Дисертаційна робота присвячена рішенню актуальної науково-прикладної задачі, яка полягає в зниженні часових затримок на доставку відеоданих з використанням інформаційно-комунікаційних технологій для підвищення якості відеосервісів.

Обґрунтовано, що зберігається дисбаланс між можливостями сучасних

ІКС щодо швидкості передачі даних і зростанням потреб щодо надання високоякісних відеосервісів у реальному часі з використанням мобільного сегменту мережі. Створюється інформаційна модель представлення сукупності значущих елементів областей когерентності відеознімка у вигляді структурно-позиційних чисел з наявністю властивостей глобальної і локальної нерівності суміжних елементів. Будується модель оцінки інформативності ділянок відеознімків на основі виявлення і формування сукупності значущих областей когерентності. Проводиться розробка методу кодування значущої координатно-яскравісної складової відеознімка на основі її представлення у вигляді структурного позиційного числа з глобальною і локальною нерівністю значень сусідніх елементів. Викладаються етапи побудови методу формування кодових конструкцій ділянки відеознімка на основі заповнення базової кодограми, отриманої для рядка масиву значущої координатно-яскравісної складової шляхом інтеграції сегменту кодограми, отриманої для рядка масиву нерівномірних довжин областей когерентності. Створюються етапи побудови методу декомпозиції компонувальних кодових конструкцій з метою реконструкції відеоданих в умовах виключення додаткового внесення помилок. Вдосконалюється технологія підвищення рівня відеосервісу в інформаційно-комунікаційних системах за рахунок зниження бітового об'єму відеознімка у разі використання розроблених методів і моделей.

Ключові слова: відеосервіси, зниження бітового об'єму, структурно-статистична надмірність, область когерентності, компонування кодограм, структурно-позиційне число.

АННОТАЦІЯ

Сорокун А. Д. Метод снижения битового объема видеоснимков для повышения качества видеосервиса с использованием инфокоммуникационных систем. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – телекоммуникационные системы и сети. – Национальный авиационный университет, Киев, 2020.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-прикладной задачи, которая заключается в снижении временных задержек на доставку видеоданных с использованием инфокоммуникационных технологий для повышения качества видеосервисов.

Обосновано, что сохраняется дисбаланс между возможностями современных ИКС по скорости передачи данных и ростом потребности в предоставлении высококачественных видеосервисов в реальном времени с использованием мобильного сегмента сети. Создается информационная модель представления совокупности значимых элементов областей когерентности видеоснимка в виде структурно-позиционных чисел с наличием свойств глобальной и локальной неровности смежных элементов. Строится модель оценки информативности участков видеоснимка на основе выявления и формирования совокупности значимых областей когерентности.

Проводится разработка метода кодирования значимой координатно-яркостной составляющей видеоснимка на основе ее представления в виде структурного позиционного числа с глобальным и локальным неравенством значений соседних элементов. Излагаются этапы построения метода формирования кодовых конструкций участка видеоснимка на основе заполнения базовой кодограммы, полученной для строки массива значимой координатно-яркостной составляющей путем интеграции сегмента кодограммы, полученной для строки массива неравномерной длины областей когерентности. Создаются этапы построения метода декомпозиции компоновочных кодовых конструкций с целью реконструкции видеоданных в условиях исключения дополнительного внесения ошибок. Совершенствуется технология повышения уровня видеосервиса в информационно-коммуникационных системах за счет снижения битового объема видеоснимка в случае использования разработанных методов и моделей.

Ключевые слова: видеосервисы, снижение битового объема, структурно-статистическая избыточность, область когерентности, компоновка кодограмм, структурно-позиционное число.

ANNOTATION

Sorokun Anton D. A method of reducing the bit volume of video footage to improve the quality of video footage services by using info-communication systems. – As a manuscript.

Thesis for gaining a Candidate Degree in Engineering by the specialty 05.12.02 – Telecommunication Systems and Networks. – National Aviation University, Kyiv, 2020.

The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific and applicable problem, which refers to reducing the time delays for the delivery of video data by using info-communication technology to improve the quality of video services.

It is shown that there is an imbalance between the capabilities of modern ICS in terms of data rates and the growing demand for high-quality real-time video services using the mobile network segment. The information model of the representation of a set of significant elements of the video coherence areas of a video image is being created in a form of structural positional numbers with the presence of properties of global and local inequality of contiguous elements. A model for assessing the information content of video sections is being constructed based on the identification and formation of a set of significant areas of coherence. The method of coding a significant coordinate-brightness component of the video is developed based on its representation as a structural positional number with global and local inequality of values of neighboring elements. A method of coding a significant coordinate-brightness component of the video is being developed on the basis of its representation in the form of a structural positional number with global and local inequality of values of neighboring elements. The stages of construction of the method of forming code constructions of a video section on the basis of filling the basic codogram obtained for an array line of significant

coordinate-brightness component by integrating a segment of codogram obtained for an array line of non-uniform lengths of coherence regions are described. Stages of construction of a method of decomposition of the arranging code constructions for the purpose of reconstruction of video data in terms of exclusion of the additional error input are being created. The technology of increasing the level of video service in information and communication systems is being improved by reducing the video bit volume in case of using the developed methods and models:

1. An information model of representation of a set of significant elements of video coherence regions in the form of structural positional numbers with the presence of properties of global and local inequality of related elements has been developed. As a result, it was proved that the minimal value of the bitmap reduction level with a high saturation of structural parts reaches from 1.8 to 5 times, and the average saturation enumerates from 2 to 8 times.

2. A method of encoding a significant component of a coordinate-brightness description of a video has been created based on the detection of the coherence regions using a two-hierarchical scheme of code-value formation for a set of coherence regions after unequal sub-sampling with the exclusion of elements with equal values. This eliminates structural redundancy without additional errors on the average of 17–25 %.

3. For the first time, a method of integration layout of key components of video data processing based on the formation of a layout code structure has been developed. The difference in the basis of the method is that the layout of code structures of the video is performed by filling the base codegram obtained for the array line of the significant component of coordinate brightness, as well as by integrating the codogram segment of the array of non-uniform lengths of coherence domains. This enables the further reducing the bit size of video data without making additional errors in its processing by an average of 10 %.

4. The method of decomposition of layout code constructions for the purpose of reconstruction of video data in terms of exclusion the additional errors input has been developed. The distinctive features of the method are that in the process of estimating the bit volume the directions of its reduction are taken into account due to the distribution of codograms of non-uniform linear-scaling component in insignificant bits of basic codograms of significant coordinate-brightness components. This allowed to improve the quality of video data reconstruction in terms of excluding the input of additional errors.

5. The technology of reducing the bit volume of video data on the basis of the developed methods and models on the condition of revealing the areas of coherence has been further developed. Distinctive features of the advanced technology are that in the process of estimation of bit volume the directions of its reduction at the expense of structural redundancy on the basis of the account of global and local inequality between the next elements of a set of areas of coherence are considered. This enables to increase the level of video service and evaluate the effectiveness of the created methods.

Keywords: video services, bit volume reduction, structural-statistical redundancy, coherence region, codogram layout, structural-positional number.

Вставить выходные сведения