

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЛАРІН ВОЛОДИМИР ВАЛЕРІЙОВИЧ



УДК 004.7:004.93 (043.5)

**МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБКИ ВІДЕОІНФОРМАЦІЇ В
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ ТА МЕРЕЖАХ
СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Спеціальність 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Черкаси – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі математичного та програмного забезпечення АСУ Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба Міністерства оборони України, м. Харків.

**Науковий
консультант:**

Доктор технічних наук, професор
Тимочко Олександр Іванович,
Харківський національний університет Повітряних Сил ім.
Івана Кожедуба, професор кафедри повітряної навігації та
бойового управління авіацією льотного факультету.

**Офіційні
опоненти:**

доктор технічних наук, професор
Семенов Сергій Геннадійович,
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», завідувач кафедри
обчислювальної техніки та програмування;

доктор технічних наук, професор
Можась Олександр Олександрович,
Харківський національний університет внутрішніх справ
Міністерства внутрішніх справ України, професор
кафедри інформаційних технологій та кібербезпеки;

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Чемерис Олександр Анатолійович,
Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова
НАН України, заступник директора з наукової роботи

Захист відбудеться «08» квітня 2021 р. о 12.00 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 73.052.04 при Черкаському державному технологічному університеті, за адресою 18006, м. Черкаси, бульв. Шевченка, 460, корп. 1.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Черкаського державного технологічного університету за адресою: 18006, м. Черкаси, бульв. Шевченка, 460.

Автореферат розісланий «05» березня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 73.052.04, к.т.н. доцент



Ю.Ю. Бондаренко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

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

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

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

Одним з ефективних напрямків підвищення продуктивності комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення є зниження інтенсивності вхідного відеопотоку на основі його компресії. У цьому випадку знижується завантаження вузлів комутації, час затримки та ймовірності втрати пакетів на вузлах комп'ютерних систем та мережах спеціального призначення.

Найбільш важливими роботами в цьому напрямі є дослідження зарубіжних і вітчизняних вчених, серед яких варто виділити наступних: Д. Бертсекас, Р. Бесслер, Є.Є. Федоров, В.М. Вишневський, В.С. Заборовський, Ю.П. Зайченко, О.М. Назаров, Ю.М. Чернишов, А.А. Сирота, В.С. Харченко, О.І. Шелухін, М.А. Ястребенецький, В.К. Стеклов, Д. Уолренд, С. Лоу, Р. Морріс, С. Флойд, Д. Кларк, Д. Катабі, Е. Таненбаум, В. Столлінгс, С. Сундарсан, Г. Ван та інші.

У той же час щодо адаптації інтенсивності відеопотоку до пропускної спроможності каналів комп'ютерних систем та мережах спеціального призначення існують деякі проблемні питання. Це стосується того, що існуючі механізми впливу на інтенсивність трафіку будуються в рамках використання таких технологій як Motion JPEG; MPEG-2; H.261 / H.263; MPEG-4 part 2 (visual); H.264 / MPEG-4 part 10. Залежно від вимог, що пред'являються до якості відновлюваного відеопотоку, всі методи компактного подання поділяються на два базових класи. Перший клас складають методи з внесенням безповоротніх змін. На виході процесу компресії відеопотоку формуються семантичні описові конструкції. Методи другого класу здійснюють обробку без внесення похибки. В даному випадку вихідний відеопотік відновлюється на приймальній стороні з нульовою похибкою (не враховуються інші види похибок, наприклад, квантування, каналу зв'язку). Основними представниками методів даного класу є кодування Хаффмана, арифметичне кодування (АК), метод кодування довжин серій (КДС), метод LZW.

Основні недоліки таких методів: часові витрати на компресію, відновлення і передачу зображень досягають декількох хвилин; коефіцієнт компресії при заданій якості відновлених зображень не забезпечує істотного зниження обсягу переданих даних; навіть при 1% втрат пакетів в ході передачі трафіку відеоінформаційних послуг психовізуальне сприйняття відновлених зображень на приймальній стороні стає неприйнятним.

Тому існуючі механізми забезпечують вплив на інтенсивність потоку відеоінформації за рахунок не передбачених втрат інформації та значних затримок на обробку.

Отже необхідно дослідити умови і причини виникнення підвищеної інтенсивності відеопотоку, виходячи з аналізу яких, проводиться розробка методу управління інтенсивністю відеоданих при виконанні заданих вимог щодо якості відновленої відеоінформації на приймальній стороні.

Таким чином, тематика дисертаційного дослідження щодо розробки та вдосконалення методів підвищення якості обробки відеоінформації в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційні дослідження проводилися відповідно до Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про Національну програму інформатизації»» від 04.10.2018 № 9166, Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2019-2023 роки від 28.12.2018 № 9457, планів наукової, науково-технічної діяльності Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, в рамках яких були виконані науково-дослідні роботи шифр «Моніторинг», шифр «Око», шифр «Палітра», в яких здобувач був виконавцем.

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є підвищення оперативності, якості та повноти надання відеоінформаційних сервісів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення.

Досягнення поставленої мети можливо при розв'язанні таких часткових завдань:

1. Аналіз методів обробки відеоінформації в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення.
2. Обґрунтування основних принципів побудови технології компактного подання відеокадрів у диференційному вигляді.
3. Розробка методу кодування прогнозованих кадрів з урахуванням управляючих механізмів.
4. Розробка методу обробки сегментів зображень на основі дворівневого зростання кодування векторів кортежів трансформанти.
5. Розробка методів обробки та перетворення відеопотоків динамічних зображень в комп'ютерних системах та мережах.
6. Розробка методу управління швидкістю передачі вихідних відеопотоків при обробці прогнозованих кадрів.
7. Оцінка ефективності розробленого методу управління інтенсивністю відеотрафіка.

Об'єкт дослідження: процеси функціонування програмно-апаратних компонентів обробки відеоінформації в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення.

Предмет дослідження: методи обробки відеоінформації на кінцевих вузлах комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення.

Методи дослідження визначаються сукупністю розв'язуваних наукових завдань дослідження та здійснювалося з використанням:

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

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше запропоновано метод обробки відеопотоку на основі кодування прогнозованих кадрів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення, що дозволяє зменшити обсяг переданих даних в середньому в 3 рази;
- одержав подальшого розвитку метод формування компактного представлення сегментованих зображень, що відрізняється від відомих процесом побудови кодограм з урахуванням встановленого обмеження на максимальну довжину кодограми та забезпечує компресію в режимі обмежених значень фактора втрати якості;
- одержав подальшого розвитку метод обробки кадрів відеопотоку на основі трансформування, що відрізняється від відомих компактним поданням трансформанти в результаті рекурентного дворівневого кодування, що дозволяє організувати реконструкцію зображень за зменшеною кількістю операцій та підвищити оперативність надання ВІС;
- вперше запропоновано метод компресії відеопотоку динамічних зображень стаціонарного фону на основі роздільної обробки стаціонарної та динамічної складових, що дозволяє врахувати структурні особливості диференціального кадру та підвищити якість та повноту надання ВІС;
- удосконалено метод обробки динамічної складової диференційно-представлених кадрів, що відрізняється від відомих побудовою позиційних чисел з адаптивним вибором значень основ та дозволяє збільшити ступінь компресії двійкової маски диференційно-представленого кадру та оперативність надання ВІС;
- удосконалено метод компактного представлення службових даних, що відрізняється від відомих застосуванням структурної подібності матриці покажчиків знаків і матриці двійкової маски та дозволяє враховувати структурну подібність відео потоку та якість надання ВІС;
- вперше запропоновано метод представлення службових даних диференційно-представленого кадру, який дозволяє побудувати адаптивну систему управління бітовою швидкістю відеопотоку в комп'ютерних системах та мережах з низькою пропускну здатністю каналу для підвищення якості та повноти надання ВІС.

Практичне значення отриманих результатів: полягає в тому, що програмна інтеграція розроблених методів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення щодо використання існуючих технологій управління забезпечує:

- 1) виграш за ступенем зниження інтенсивності при заданому параметрі PSNR в середньому від 18% до 40% по відношенню до стандарту MPEG;
- 2) заданий рівень інтенсивності в процесі управління для більш високих показників якості, який визначається параметром PSNR, на рівні приблизно 35 дБ. Це в середньому на 19% краще стандарту MPEG;
- 3) скорочення часу передачі відеоданих від джерела до приймача в середньому від 15% до 25% для технології Wi-Fi;
- 4) зменшення коефіцієнта використання вузла комутації в середньому на 10% при максимальній інтенсивності відеотрафіка;
- 5) скорочення часу обробки відеопотоку в середньому на 7% в порівнянні з аналогічними механізмами в стандарті MPEG;
- 6) зменшення ймовірності втрат пакетів в середньому від 5 до 7 разів у порівнянні зі стандартом MPEG.

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

- у військовій частині А1215 (акт впровадження дисертаційних досліджень від 23.12.2019 року);
- у Харківському регіональному структурному підрозділі «Украерорух» (акт впровадження дисертаційних досліджень від 13.07.2020 року);
- у військовій частині А4608 (акт впровадження дисертаційних досліджень від 17.07.2020 року).

Особистий внесок здобувача.

Наукові положення та результати, представлені в дисертаційній роботі, отримані здобувачем особисто. У роботах, опублікованих у співавторстві, особисто здобувачем отримане таке:

у статті [1] обґрунтовуються основні принципи побудови компактного представлення відеокадрів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення;

у статті [2] проаналізовано сучасний стан інформаційних програм щодо попиту на відеоінформаційні ресурси, виявлені небезпечні ризики щодо взаємодії з відкритим і неконтрольованим зовнішнім інформаційним середовищем;

у статті [3] розроблено методи формування еталонних зображень для умов з високорозвиненою інфраструктурою, що призводить до формування нестационарного за структурою поточного зображення;

у статті [4] показано, що каскадна технологія диференційного маскуванню застосовується як засіб оперативного ухвалення рішень при надзвичайних ситуаціях для підвищення ефективності;

у статті [5] показано доцільність використання вдосконаленого методу кодування сегментованих зображень для зменшення обчислювальних навантажень на програмно-технічні комплекси та забезпечення вимог до ефективності та надійності даних;

у статті [6] розроблено вимоги до систем компресії відеоданих в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення з урахування управляючих механізмів;

у статті [7] розроблено метод управління часовими витратами вихідного відеопотоку шляхом застосування адаптивної нормалізації компонент елементів відеоінформаційного ресурсу в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення;

у статті [8] удосконалено метод кодування і реконструкції прогнозованих кадрів шляхом використання блочного кодування, який має більшу завадостійкість і менші бітові та часові витрати при обробці блоків даних;

у статті [9] розглянуто можливість модернізації методів обробки прогнозованих кадрів в процесі попереднього виявлення типів блоків з подальшим формуванням структур блокового коду, запропоновано спосіб формування довжини двійкового ряду без вказівки їх рівня;

у статті [10] проведено оцінку інформативності бітового подання двійкової маски диференційно-поданого кадру на основі врахування нерівнозначності основ довжин двійкового ряду;

у статті [11] розроблено метод обробки масивів диференційно-представлених кадрів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення;

у статті [12] розроблено метод обробки сегментів зображень на основі дворівневої позиційної реконструкції трансформант, базується на ідентифікації та описі довжин одновимірних двійкових рядів;

у статті [13] запропоновано основні компоненти маскування видових зображень, сформульовано базові складові побудови диференційного подання відеоданих;

у статті [14] запропоновано метод обробки відеоінформації з необхідною оперативністю, якістю та повнотою надання відеоінформаційних сервісів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення;

у статті [15] представлена схема адаптивного селективного алгоритму обробки цифрових зображень на основі пошуку об'єктів інтересу. Використання адаптивного селективного алгоритму дозволить зберегти цінність (ексклюзивність) інформації не збільшувати (змінюючи) початковий об'єм, що дозволить залишити без змін (вихідний об'єм) та забезпечити необхідну оперативність передачі даних;

у статті [16] представлено швидкий метод кодування ознак рухомих об'єктів за допомогою використання методу центральних моментів зображень на основі порівняння результатів розпізнавання кольорового зображення з попередньою обробкою і без неї;

у статті [17] наведено основні компоненти методологічної бази подання відеоінформаційних ресурсів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення;

у статті [18] введено показник оцінки ефективності для побудови технології компактного представлення відеокадрів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення;

у монографії [19] визначені можливості комп'ютерних систем та мереж відносно надання відеоінформаційних сервісів;

у монографії [20] проведено аналіз комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення відносно надання відеоінформаційних сервісів;

у патенті [21] розроблено спосіб динамічного кодування та захисту інформаційного ресурсу в інфокомунікаційних системах, який вирішує задачу цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними на основі рангового підходу та принципу оптимізації;

у патенті [22] введено правило відсікання неперспективних варіантів рішень по вибору максимального значення довжини шляху в графі за вагою функціоналу та мінімального значення довжини шляху в графі за вагою обмеження на основі принципу оптимізації за напрямком та сортування даних по убутанню значень відношень коефіцієнтів в функціоналі.

Апробації матеріалів дисертації. Результати дисертаційного дослідження апробовані на 23 наукових, науково-технічних, науково-практичних конференціях: CriMiCo 2013 - 23rd International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings, 2013 Sevastopol, Crimea; Ukraine, 12th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM 2013; Lviv; Ukraine, Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science Proceedings of the International Conference TCSET'2014 Dedicated to the 170th anniversary of Lviv Polytechnic National University Lviv-Slavske, Ukraine, International Conference TCSET'2015 [Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science] (Lviv-Slavsko, Ukraine, February 23 – 27, 2015) / Lviv Polytechnic National University, International Symposium [«IEEE East-West Design & Test»], (Batumi, Georgia, September 26–29, 2015), 1st International Conference [«Advanced Information and Communication Technologies-2015 (AICT'2015)»], (Lviv, Ukraine), IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTs 2016; Yerevan; Armenia), 2th International Conference [IEEE Advanced Information and Communication Technologies (AICT)], (2017), 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2018; Lviv-Slavske; Ukraine), 9-й – 16-й наукових конференціях "Новітні технології – для захисту повітряного простору" (Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, 2013-2020 рік), Proceedings 2020 IEEE 11 th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies. DESSERT 2020), 2-а міжнародна науково-практична конференція, (Кропивницький, 2 – 3 квітня 2020 р.) / Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2020 рік), Науково-практична конференція. Проблеми кібербезпеки інформаційно-телекомунікаційних систем 10-11 березня 2016. К.: КНУ ім. Т. Шевченко), 2 Міжнародна науково-практична конференція. 24-27 лютого 2016. Київ. Європейський університет); НІСТ 2019 Міжнародна науково-практична конференція «Наукоємні технології в інфокомунікаціях» 23-25 травня 2019 р. – Харків – Кам'янець-Подільський), 7-а міжнародна науково-технічна конференція, (Черкаси-Харків-Баку-Бельсько-Бяла, 13 – 15 листопада 2019 р.)).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковано у 22 наукових працях (у тому числі 16 – у наукових фахових виданнях України, що відповідають переліку, затвердженому Міністерством освіти і науки України, 2 у виданнях, що індексуються міжнародною базою даних Scopus (з них 1 у виданні віднесеному до другого квартилю Q2, що прирівнюється до трьох публікацій), 2 колективні монографії), 2 патентах на корисні моделі та способи, 30 збірниках матеріалів

наукових конференцій та симпозиумів (з них 5 у виданнях, що індексуються міжнародною базою даних Scopus).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація містить титульний аркуш, анотацію, зміст, перелік умовних позначень, основну частину, список використаних джерел і три додатки. Основна частина складається зі вступу, семи розділів та висновків. Повний обсяг дисертації містить 373 сторінки, у тому числі 274 сторінки основного тексту, 43 рисунки (на 37 сторінках), таблиць 16 (на 18 сторінках), 15 сторінок анотації, 1 сторінка титульного аркушу, 4 сторінок змісту, 2 сторінки переліку умовних позначень, 31 сторінка списку використаних джерел (274 найменування), 27 сторінок додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, визначений зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету і визначено основні завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, подано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів із вказівкою відомостей про впровадження результатів роботи, описано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів роботи і про публікації, а також структуру роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз методів обробки відеоінформації в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення.

Вибухоподібне зростанням трафіку і потреби споживачів у появі нових телекомунікаційних послуг призводить до постійної зміни та модернізації комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення. Найбільш затребуваними в останні роки стають відеоінформаційні послуги – відеотелефонія, відеоконференцзв'язок, трансляція програм телебачення, відео “за запитом”, тощо. Особливістю відеотрафіка є великі обсяги передаваних даних, чутливість до часу затримки і втрат пакетів при передачі по каналу зв'язку. З урахуванням наведених вимог особливу увагу необхідно приділяти якості надаваних сервісів, що в комп'ютерних системах та мережах забезпечується за допомогою сервісу QoS. Однак його можна застосовувати тільки з позицій підстроювання параметрів транспортної мережі під задану категорію якості переданого трафіку, що може призводити до помилок або втрат передаваних даних.

Тому для підвищення якості відеоінформаційного сервісу необхідно також здійснювати контроль за умовами відповідності бітової швидкості джерела відносно пропускної спроможності каналу зв'язку. Найбільш перспективними методами зниження інтенсивності є спеціальні механізми управління параметрами обробки відеокадрів, які дозволяють гнучко підстроювати бітову швидкість джерела під поточні параметри комп'ютерної мережі.

Таким чином, проблема вдосконалення програмно-апаратних компонентів обробки відеоінформації для систем спеціального призначення остаточно не вирішена.

Постійне зростання і розвиток комп'ютерних мереж СП дозволяє операторам найбільш ефективно використовувати пропускні спроможності каналів зв'язку, вводити більшу кількість нових послуг, покращуючи при цьому їх якість. У сфері

надання комп'ютерних послуг також спостерігається активне зростання і в бездротових мережах доступу.

Очевидно, що тенденції зростання пропускної спроможності каналів комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення призводять до збільшення можливостей з надання відеоінформаційних послуг, підвищуючи при цьому попит на них, так як дані послуги в даний момент є найбільш затребуваними.

Затримки при обробці та передачі інформації відеоконтролю призводять до затримки обробки ресурсу не тільки в звичайних умовах, але й при надзвичайних та кризисних ситуаціях. Затримка в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення в середньому складає 10-15%. Додатково це є причиною несвоєчасного виконання завдань з управління та великих затримок при оцінці обстановки і прийняття рішень.

Отже, методи з втратою якості забезпечують більший рівень компресії, ніж методи без втрати якості. Але в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення необхідно використовувати обидва типи методів для обробки та передачі відеоінформації. Це пояснюється такими причинами:

1) для деяких практичних завдань управління методи з втратою якості, засновані на скороченні психовізуальної надмірності, не можуть гарантовано забезпечити високу якість зображень;

2) методи без втрати якості в різних форматах зображень (TIFF, GIF, BMP, ART і т.п.) характеризуються збільшенням обробленого обсягу для реалістичних зображень, сильнонасичених дрібними деталями;

3) методи компресії з втратою якості мають в десятки разів більший час кодування даних, ніж методи без втрати якості, що в загальному випадку призводить до збільшення сумарного часу на обробку та передачу даних;

4) розроблена група методів, спрямованих в основному на компресію кольорних координат. Але ж масиви довжин серій передаються без додаткового кодування, що знижує ступінь стиснення зображень і збільшує час передачі у комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення;

5) у багатьох комплексних методах компресії з підсистемою обробки службової інформації додаткове збільшення коефіцієнта компресії потребує додаткової обробки довжини серій.

У той самий час існуючі методи без втрати якості не забезпечують передачу зображень в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення у часі близькому до реального. Це обумовлено такими недоліками методів довжин серій і методу LZW:

1) не врахування наявності стаціонарних фонових областей;

2) для динамічної складової:

- зменшення кількості найпростішої структурної намірності (зміна довжини серій однакових елементів) для реалістичних зображень, а отже, зниження ефективності методів RLE та LZW;

- наявністю проблеми обробки кольорних координат серій однакових зображень.

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

У другому розділі зроблено постановку наукової проблеми та методологія проведення досліджень. Запропоновано концепцію з формування технологічного подання динамічних зображень стаціонарного фону. Визначено, що диференційне подання кадру з використанням порогу фільтрації дозволяє виявити області стаціонарного фону та області, які містять динамічні об'єкти. Обґрунтовано головні принципи побудови технології компактного подання відеокадрів, представлених в диференціальному вигляді.

Основні напрямки розробки комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення представлені на рис. 1.



Рисунок 1 – Протиріччя між існуючими методами обробки відеоінформації і вимогами до відеоінформаційних сервісів у комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення

Протиріччя між обмеженими можливостями існуючих методів обробки відеоінформації і вимогами щодо оперативності, якості та повноти надання відеоінформаційних сервісів у комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення зумовлює наявність актуальної наукової проблеми. Її змістом є підвищення якості відеоінформаційного сервісу в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення.

Логічний структура та взаємозв'язок методів для вирішення обґрунтованого протиріччя наведений на рис.2.



Рисунок 2. – Логічна структура та взаємозв'язок методів, що пропонуються в роботі

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

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

Основою для формування прогнозованих кадрів є усунення часової надмірності шляхом адаптивного кодування з прогнозуванням вперед. На її підставі обчислюється різниця значень блоку поточного P-кадру з відповідним блоком у попередньому I- або P-кадрі:

$$x(t)_{i,j} = \sum_{t=1}^p a_t x(t-t')_{i,j}, \quad (1)$$

де $x(t)_{i,j}$ – (i, j) -та компонента блоку зображення поточного t -го кадру; $x(t-t')_{i,j}$ – компонента блоку зображення $(t-t')$ -го кадру; a_t – коефіцієнт апроксимації; p – порядок моделі.

З врахуванням "збереження попереднього значення" формула (1) перетвориться до

$$x(t)_{i,j} = a_t x(t-1)_{i,j}, a_t = 1. \quad (2)$$

Диференційне значення між поточним t та попереднім $(t-1)$ кадрами дорівнює

$$e(t)_{i,j} = x(t)_{i,j} - x(t-1)_{i,j}. \quad (3)$$

Передбачені різницеві значення представляються у вигляді двовимірного масиву розміром $m_\zeta \times n_\gamma$ елементів:

$$E(t)^{(\zeta,\gamma)} = \begin{vmatrix} e(t)_{1,1} \dots e(t)_{1,j} \dots e(t)_{1,m_\zeta} \\ e(t)_{i,1} \dots e(t)_{i,j} \dots e(t)_{i,m_\zeta} \\ e(t)_{n_\gamma,1} \dots e(t)_{n_\gamma,j} \dots e(t)_{n_\gamma,m_\zeta} \end{vmatrix}, \quad (4)$$

де $e(t)_{i,j}$ – (i, j) -та диференційна компонента (ζ, γ) -го блоку зображення поточного кадру.

Перед початком кодування блоку визначається його тип, тобто яким чином він буде оброблений. Для цього задається функціонал $f(E(t)^{(\zeta,\gamma)})$, який враховує загальний обсяг даних, бітову швидкість та особливості подальшої технології кодування при обробці (ζ, γ) -го блоку. Проводиться порівняння функціоналу отриманого різницевого масиву з заданою межею ΔD . Якщо $f(E(t)^{(\zeta,\gamma)}) \leq \Delta D$, то блок обробляється з використанням кодування з прогнозуванням (Р-тип). Якщо в блоці з'явився новий об'єкт, і значення функціоналу перевищує $f(E(t)^{(\zeta,\gamma)}) > \Delta D$, то відбувається перехід до алгоритмів, що використовуються для кодування І-кадрів, тобто він кодується незалежно (І-тип).

Отже за умови $f(E(t)^{(\zeta,\gamma)}) \leq \Delta D$ блоковий код формується на основі матриці прогнозованих різницевих значень $E(t)^{(\zeta,\gamma)}$ (Р-тип). Якщо $f(E(t)^{(\zeta,\gamma)}) > \Delta D$, то вихідна послідовність $x(t)_{i,j}$ проходить етап трансформації і квантування.

Після виділення інформаційної частини зібраної кодової послідовності починається процес відновлення зображення, який складається з таких етапів: декодування блочного позиційного числа, визначення типу блоку, декодування диференційного сигналу для блоку Р-типу або деквантування та зворотнє ДКП для блоку І-типу.

Загальна схема процесу реконструкції зображення представлена на рис.3. На вхід декодера надходить сукупність $\{W(t)^{(\zeta,\gamma)}; N(t)_i^{(\zeta,\gamma)}\}$: вектор основ $W(t)^{(\zeta,\gamma)}$ та кодові подання стовпців (ζ, γ) -го блоку $N(t)_i^{(\zeta,\gamma)}$.

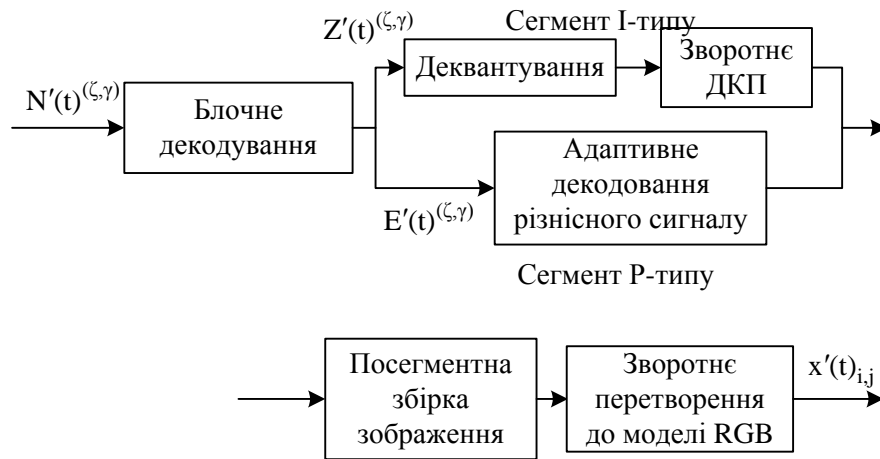


Рисунок 3. – Загальна схема відновлення передбаченого кадру.

Процес декодування кодового представлення блоку зображення представлений на рис. 4.

Для початку процесу декодування необхідно мати вектор основ $W(t)^{(\zeta, \gamma)} = \{w(t)_1, \dots, w(t)_i, \dots, w(t)_n\}$ та вектор вагових коефіцієнтів $H(t)^{(\zeta, \gamma)} = \{h(t)_1^{(\zeta, \gamma)}, \dots, h(t)_i^{(\zeta, \gamma)}, \dots, h(t)_n^{(\zeta, \gamma)}\}$ елементів стовпців блоку зображення.

Вагові коефіцієнти для елементів i -го стовпця (ζ, γ) -го блоку визначаються виразом

$$h(t)_i^{(\zeta, \gamma)} = \prod_{\eta=1}^n w(t)_\eta \quad (5)$$

З урахуванням системи основ $W(t)^{(\zeta, \gamma)}$ для i -го стовпця (ζ, γ) -го блоку та вагових коефіцієнтів, процедура декодування компоненти $\alpha(t)'_i^{(\zeta, \gamma)}$ трансформанти будується за таким правилом:

$$\alpha(t)'_i^{(\zeta, \gamma)} = \left[\frac{N(t)_i^{(\zeta, \gamma)}}{h(t)_i^{(\zeta, \gamma)}} \right] - \left[\frac{N(t)_i^{(\zeta, \gamma)}}{w(t)_i h(t)_i^{(\zeta, \gamma)}} \right] w(t)_i, \quad I = 1, m, \quad (6)$$

де $\alpha(t)'_i^{(\zeta, \gamma)}$ – декодований елемент i -го стовпця блоку;

$N(t)_i^{(\zeta, \gamma)}$ – кодове подання i -го стовпця блоку;

$w(t)_i$ – основа елемента i -го стовпця блоку.

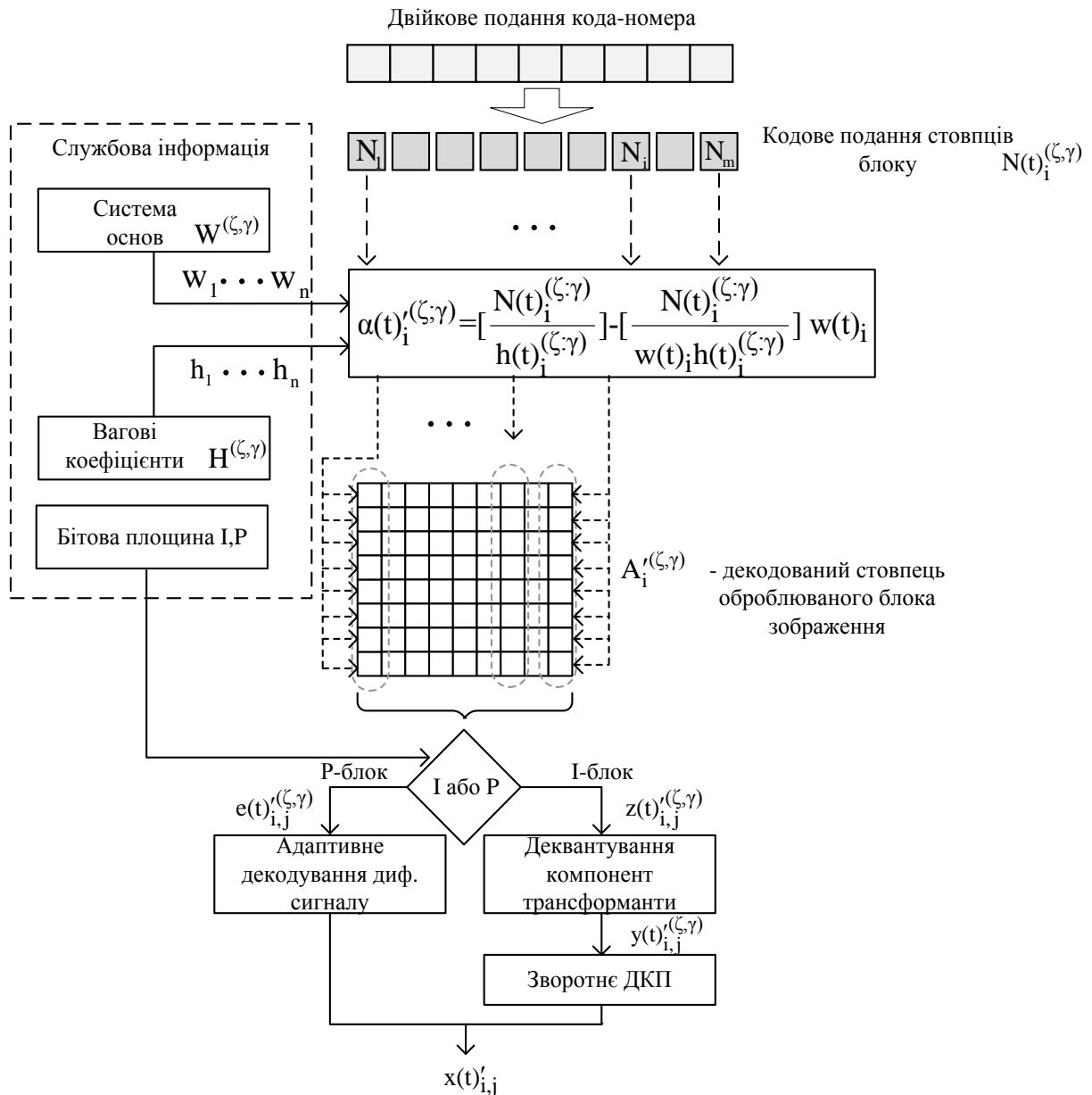


Рисунок 4. – Схема декодування елементів стовпців (ζ, γ) -го блоку прогнозованого кадру

Таким чином розроблено метод кодування прогнозованих кадрів з урахуванням управляючих механізмів, а саме: обґрунтовано вибір прогнозованих Р-кадрів для удосконалення методів обробки через їх серйозний вплив на ступінь компресії відеоінформації. Щодо опорних кадрів обсяг переданих даних у Р-кадрі зменшується в середньому в 2-3 рази. Тому, чим більша кількість Р-кадрів використовується в відеопослідовності, тим сильніша компресія в цілому, але гірша якість зображення. Відповідно, вищим повинен бути рівень контролю за помилками через те, що помилка в одному блоці пошириться на всю групу наступних Р-кадрів. Розроблено метод декодування зображень з використанням блокових чисел, який порівняно зі статистичними декодерами має ряд переваг: немає необхідності у використанні маркерів для поділу службової та інформаційної частин при формуванні пакетів даних; підвищення завадостійкості за рахунок поширення помилок тільки в межах одного коду блокового числа, таким чином, їх вплив поширюється тільки на один стовпець, а не на весь блок; елементи відновлюваного

блоку декодуються незалежно один від одного, що дозволяє застосовувати паралельну обробку даних для зниження часу на обробку даних; немає необхідності у використанні кодових таблиць і алгоритмів пошуку по ним, тому що вся необхідна інформація передається в службовій частині разом з кодом.

У четвертому розділі наведено метод обробки сегментів зображень на основі дворівневого зростання кодування векторів кортежів трансформанти.

Проведено обґрунтування інтерпретації усіченого вектора двохкомпонентних кортежів у вигляді укрупненого позиційного числа невизначеної довжини, елементами якого є коди двоелементних чисел, утворених для окремих двокомпонентних кортежів.

Доведена теорема, в результаті чого отримано кодоутворюючі співвідношення, які забезпечують формування коду для укрупненого позиційного числа з невизначеною довжиною за дворівневою схемою, а саме на першому рівні формується кодове подання для окремих двокомпонентних кортежів, а на другому рівні здійснюється формування загального кодового подання для кодів, отриманих на першому рівні.

Викладені етапи методу формування компактного представлення сегментованих зображень на основі виявлення вектора двокомпонентних кортежів для лінеаризованих трансформант.

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

В процесі такої інтеграції необхідно враховувати вимоги, які пред'являються до систем компресії зображень, а саме, забезпечити зниження бітової швидкості обробленого відеопотоку в умовах обмеженої складності процесу обробки і корекцій частотних складових. Для цього потрібно забезпечити таке:

- 1) компресію в режимі обмежених значень фактора втрати якості;
- 2) виключення використання додаткових службових даних;
- 3) виключення необхідності значного збільшення кількості операцій, які витрачаються на виконання умов інтеграції кодового подання усіченого вектора в систему компресії потоку відеокадрів;
- 4) стійкість кодових комбінацій компактно представленого потоку відеокадрів до помилок в каналі зв'язку.

Блок-схема процесу обчислення кодової складової $E(A)_{v_{\psi}}$ для відібраної змінної кількості двокомпонентних кортежів розгляднута на рис. 5. У процесі кодування укрупнених позиційних чисел враховується дворівневий принцип обробки.

На першому рівні кодування усічених векторів формуються коди для окремих двокомпонентних кортежів $\Theta_{\alpha}^{(2)}$, тобто $E(\Theta_{\alpha}^{(2)}) = (\ell_{\alpha} \lambda(c) + c_{\alpha})$. Після чого проводиться розподіл кількості кодів чисел (двокомпонентних кортежів) для формування кодових складових $E(A)_{v_{\psi}}$ та формування відповідних кодограм $G(P')_{\psi}$. В цьому випадку якщо на α -му кроці виконується нерівність

$$[\log_2 \lambda(\ell) \cdot \lambda(c) \cdot W^{(\alpha-1)}] + 1 < V_{\max}, \quad (7)$$

то поточне значення $E(A)_\alpha$ для ψ -ої кодової складової дорівнює:

$$E(A)_\alpha = E(\Theta_\alpha^{(2)}) \cdot W(A^{(\alpha)}) + \sum_{\gamma=2}^{\alpha-1} E(\Theta_\gamma^{(2)}) W(A^{(\gamma)}), \quad (8)$$

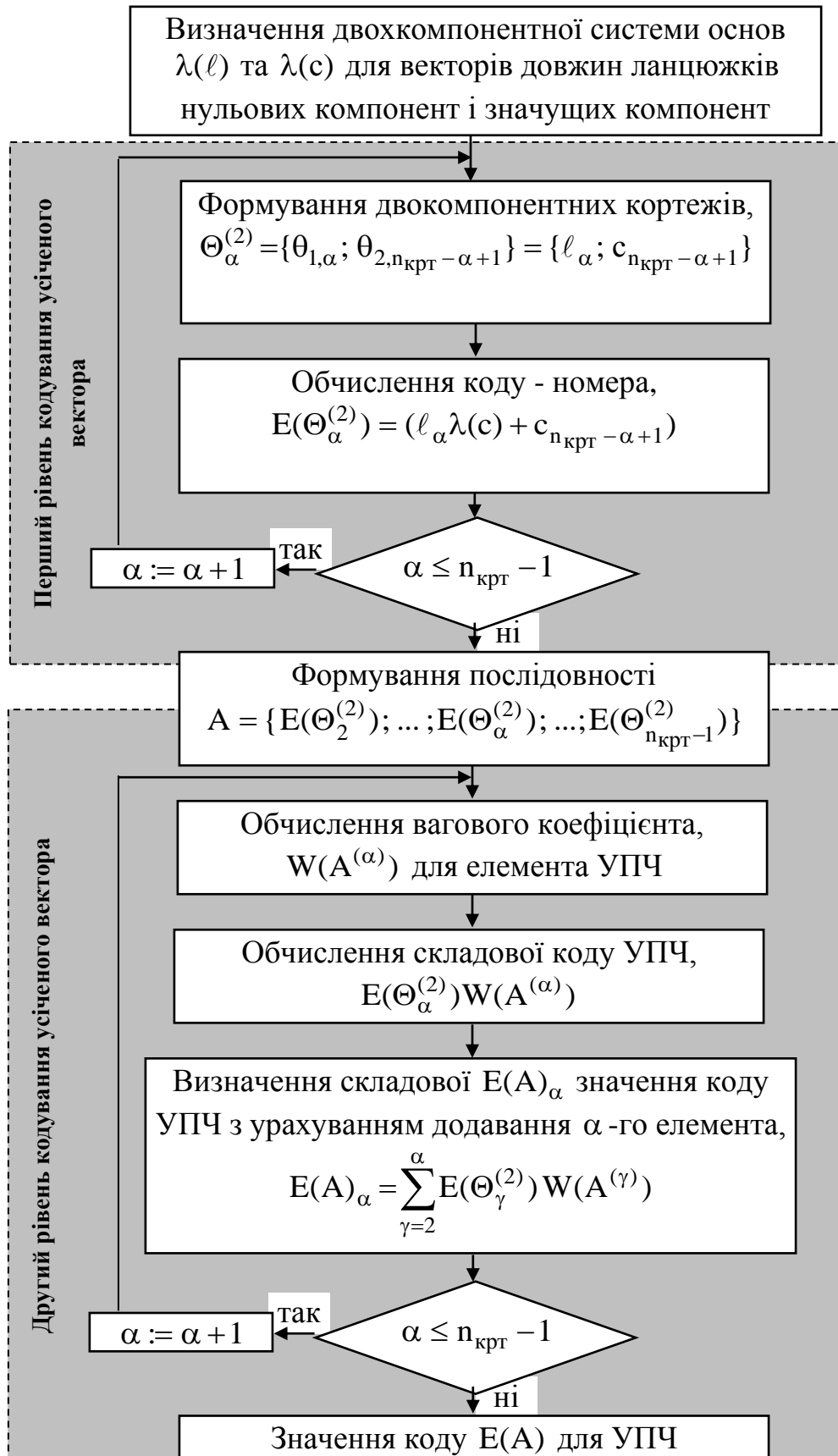


Рисунок 5. – Блок-схема формування коду для усіченого вектора за дворівневою схемою

де $\sum_{\gamma=2}^{\alpha-1} E(\Theta_{\gamma}^{(2)}) W(A^{(\gamma)})$ – значення кодової складової, отриманої для

кортежів; $E(A)_{\alpha}$ – значення кодової складової з урахуванням додавання α -го коду $E(\Theta_{\alpha}^{(2)})$ числа.

Якщо на α -му кроці нерівність (7) не виконується, то процес відбору кількості кортежів та обчислення кодової складової вважається закінченим. У результаті чого кількість кортежів для ψ -ої кодової складової дорівнюватиме $v_{\psi} = \alpha - 1$, а відповідне значення величини $E(A)_{v_{\psi}}$ визначається як:

$$E(A)_{v_{\psi}} = E(A)_{\alpha-1} = \sum_{\gamma=2}^{\alpha-1} E(\Theta_{\gamma}^{(2)}) W(A^{(\gamma)}). \quad (9)$$

Вперше отримано кодоутворюючі співвідношення для компактного представлення усіченого вектора двокомпонентних кортежів як комбінаторного об'єкту. Відмінність полягає в тому, що кодові значення формуються за дворівневою схемою для укрупненого позиційного числа з невизначеною довжиною, елементами якої є коди чисел, утворених для двокомпонентних кортежів. Це дозволяє сформулювати компактне подання для лінеаризованої трансформанти без втрати інформації.

Розроблено метод формування компактного подання сегментованих зображень на основі виявлення вектора двокомпонентних кортежів для лінеаризованої трансформанти. Кількість двокомпонентних кортежів є змінною заздалегідь не відомою величиною і залежить в загальному випадку від змісту сегмента зображення та фактору втрати якості в процесі квантування компонент трансформанти. Кодове значення і довжина кодограми для усіченого вектора двокомпонентних кортежів залежить від статистичних, структурних властивостей сегментів зображення і режиму корекції компонент трансформанти в процесі квантування.

Метод забезпечує компресію в режимі обмежених значень фактору втрати якості; виключення використання додаткових службових даних; виключення необхідності значного збільшення кількості операцій, які витрачаються на виконання умов інтеграції кодового подання усіченого вектора в систему компресії потоку відеокадрів, і базується на виконанні таких етапів: 1) виконання двовимірного дискретного косинусного перетворення для сегмента зображення; 2) корекція компонент трансформанти відповідно до фактору втрати якості візуального сприйняття зображень; 3) формування вектора двокомпонентних кортежів для лінеаризованої трансформанти; 4) кодування DC-компоненти на основі диференційного подання відносно низькочастотної складової попередньої трансформанти з подальшим формуванням коду на основі використання статичних таблиць; 5) формування послідовності кодових значень для складових усіченого вектора двокомпонентних кортежів за рекурентною дворівневою схемою на основі укрупненого позиційного кодування в умовах формування кодограм за комбінованою схемою, а саме побудова кодограми з урахуванням встановленого обмеження на максимальну довжину і змінної довжини останньої кодограми.

У п'ятому розділі наведені методи обробки та перетворення відеопотоків динамічних зображень у комп'ютерних системах та мережах.

Розроблений метод компресії відеопотоку динамічних зображень стаціонарного фону на основі роздільної обробки стаціонарної, динамічної складових та матриці знаків. Обробка динамічної складової проводиться на основі позиційного кодування з адаптивним вибором основи. Обробка двійковій маски диференційно-поданого кадру здійснюється на основі кодування за потужністю двох алфавітів довжин двійкових серій. Кодування матриці знаків реалізується на базі кодування за потужністю алфавіту з урахуванням структурної подібності з матрицею двійковій маски. Показано, що розроблені методи кодування забезпечують скорочення обсягу, збільшення ступеня компресії динамічних зображень стаціонарного фону і скорочення часу на їх обробку. Викладається побудова методу відновлення оброблених динамічних зображень стаціонарного фону на основі реконструкції матриці двійковій маски, динамічної складової та матриці знаків. Розглядається побудова технології відновлення поточного кадру в вихідному динамічному просторі без втрати інформації на основі відновлення поточного диференційно-поданого кадру та інформації про базові кадри.

Метод складається з таких етапів.

Перший етап. Формування диференційно-поданого кадру в умовах стаціонарного формування відеоінформації, здійснюється за схемою (рис. 6.).

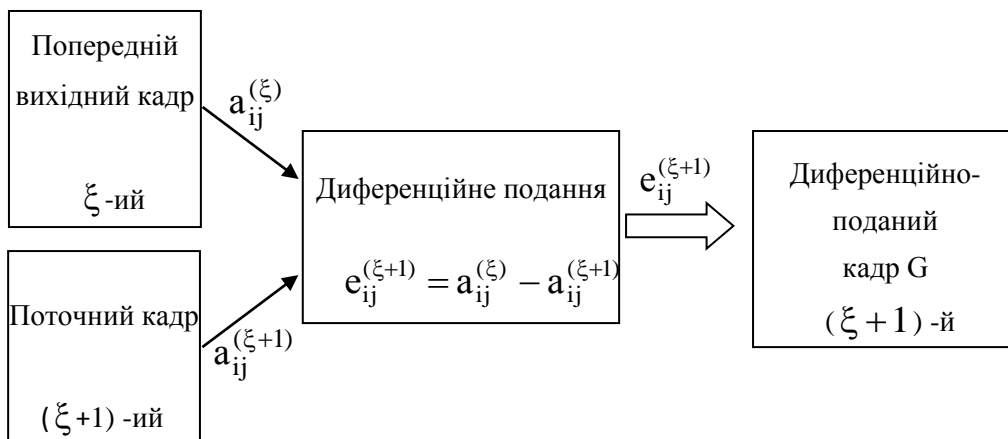


Рисунок 6. – Схема формування диференційно-поданого кадру

Попередній вихідний кадр і поточний кадр утворюють формат диференційно-поданого кадру, який структурно складається з двох складових, що описують стаціонарний фон і динамічні об'єкти.

Однак формування кадрів здійснюється в умовах зміни освітленості об'єктів; вібрації камери і спотворень у процесі перетворення аналогового сигналу в цифровий.

Тому елементи стаціонарного фону відрізняються від нульового значення. Для усунення флуктуацій і для підкреслення стаціонарної складової фону диференційно-поданого кадру пропонується проводити його попередню фільтрацію.

Другий етап – фільтрація з порогом, суть якої полягає у виявленні елементів диференційно-поданого кадру, які містять імпульсну заваду. Це дозволить визначити стаціонарну чи динамічну складові. Для скорочення кількості операцій на обробку використовується скалярна порогова фільтрація з порогом ΔP (рис. 7.).

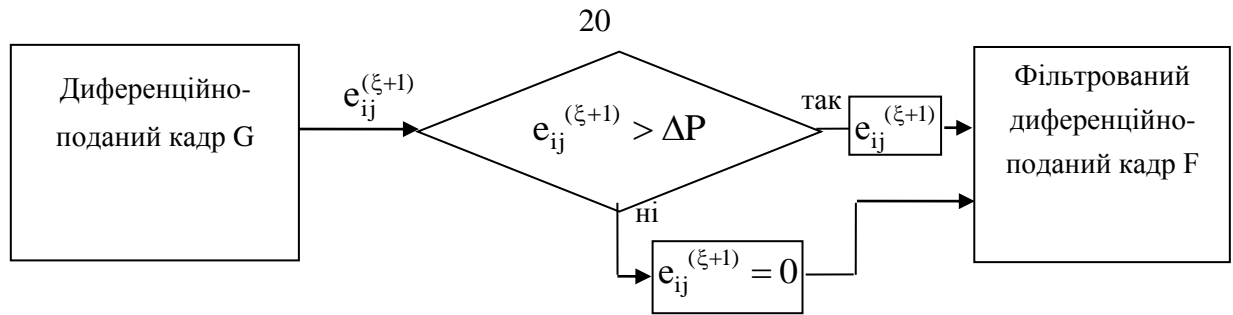


Рисунок 7. – Схема порогової фільтрації диференційно-поданого кадру

Скалярна порогова фільтрація проводиться за таким правилом. Кожен оброблюваний елемент e_{ij} порівнюється з величиною порога ΔP . Якщо значення елемента менше величини порога ($e_{ij} \leq \Delta P$), то даний елемент вважається елементом стаціонарної складової, $e_{ij} \in I_{ст}$, та $e_{ij} = 0$. Навпаки, якщо значення елемента перевищує величину порога $e_{ij} > \Delta P$, то даний елемент належить динамічній складовій $e_{ij} \in I_{дин}$.

В результаті такої фільтрації структура диференційно-поданого має дві складові:

1. Нульові значення відповідають елементам стаціонарного фону.
2. Значення елементів, відмінних від нуля, належать елементам динамічної складової.

Третій етап – формування та обробка масивів динамічної складової:

1. Розподіл елементів динамічної складової по масивах, а саме:

а) розбиття динамічної складової на масиви з урахуванням наявної інформації про кількість елементів динамічної складової. На процес розбиття динамічної складової на масиви D_u впливає максимальне значення d_{max} елемента $I_{дин}$ і кількість $n_{дин}$ стовпців. Це обумовлено тим, що код формується не для окремого елемента, а для рядка масиву динамічної складової. Тому на значення коду позиційного числа $N(u)_j$ і на довжину його кодограми L_j впливає адаптивна основа, яка вибирається відповідно до величини d_{max} і кількості елементів в позиційному числі, що визначається величиною $n_{дин}$. При цьому можна управляти тільки величиною $n_{дин}$. Величина d_{max} визначається окремо для кожної динамічної складової;

б) визначення розмірів масивів D_u динамічної складової шляхом обрання довжини рядка масивів динамічної складової рівної 6, тобто ($n_{дин} = 6$), якщо $n_{дин} \leq v_{дин}$, де $v_{дин}$ – кількість елементів у динамічній складовій.

Сумарна кількість рядків розбивається на окремі масиви. Так як кількість рядків в одному масиві $n_{дин} = 6$, то кількість $v_M^{(дин)}$ масивів, на які розбивається вся динамічна складова дорівнює:

$$v_M^{(дин)} = \left\lceil \frac{m(\Sigma)_{дин}}{n_{дин}} \right\rceil.$$

в) заповнення масивів D_u динамічної складової. Для скорочення кількості основ позиційних чисел, які обирають для кожного масиву окремо, пропонується така процедура:

$$m(\Sigma)_{\text{дин}} - \left[\frac{m(\Sigma)_{\text{дин}}}{m_{\text{дин}}} \right] m_{\text{дин}} < 3.$$

Тоді останній повний масив заповнюється рядками, які залишилися з неповного масиву.

В іншому випадку, коли:

$$m(\Sigma)_{\text{дин}} - \left[\frac{m(\Sigma)_{\text{дин}}}{m_{\text{дин}}} \right] m_{\text{дин}} \geq 4,$$

формується неповний масив.

У загальному випадку повний масив D_u динамічної складової має вигляд:

$$D_u = \begin{pmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & \dots & d_{1,j} & \dots & d_{1,n_{\text{дин}}} \\ & & \dots & & & \\ d_{i,1} & d_{i,2} & \dots & d_{i,j} & \dots & d_{i,n_{\text{дин}}} \\ & & \dots & & & \\ d_{m_{\text{дин}},1} & d_{m_{\text{дин}},2} & \dots & d_{m_{\text{дин}},j} & \dots & d_{m_{\text{дин}},n_{\text{дин}}} \end{pmatrix},$$

де $d_{i,j}$ – (i ; j)-ий елемент масиву динамічної складової;

$m_{\text{дин}}$, $n_{\text{дин}}$ – відповідно кількість рядків і стовпців в масивах D_u .

Потрібно зауважити, що масив D_u може бути заповнений не повністю.

2. Обробка масивів динамічної складової.

Для запропонованого представлення масивів D_u схема обчислення позиційних чисел для рядків $D_{u,j} = \{d_{1,j}; d_{2,j}; \dots, d_{i,j}, \dots, d_{j,n_{\text{дин}}}\}$ цих масивів з урахуванням адаптивного вибору основи λ_u задається виразами:

$$\lambda_u = \max \{d; j\} + 1;$$

$$\begin{matrix} 1 \leq j \leq n_{\text{дин}} \\ 1 \leq i \leq m_{\text{дин}} \end{matrix}$$

$$P_j = \lambda_u^{(n_{\text{дин}} - j)};$$

$$N(u)_j = \sum_{j=1}^{n_{\text{дин}}} d_{i,j} P_j,$$

де $N(u)_j$ – значення коду для j -го позиційного числа, отриманого для j -го стовпця u -го масиву динамічної складової;

P_j – ваговий коефіцієнт j -го елемента позиційного числа;

λ_u – основа u -го масиву динамічної складової.

Таким чином, в результаті запропонованого кодування масиви динамічної складової замінюються послідовністю кодових значень позиційних чисел з адаптивною основою $\{N(u)_1, \dots, N(u)_j, \dots, N(u)_{n_{\text{дин}}}\}$.

Структурно-функціональна схема обробки динамічної складової наведена на рис. 8.

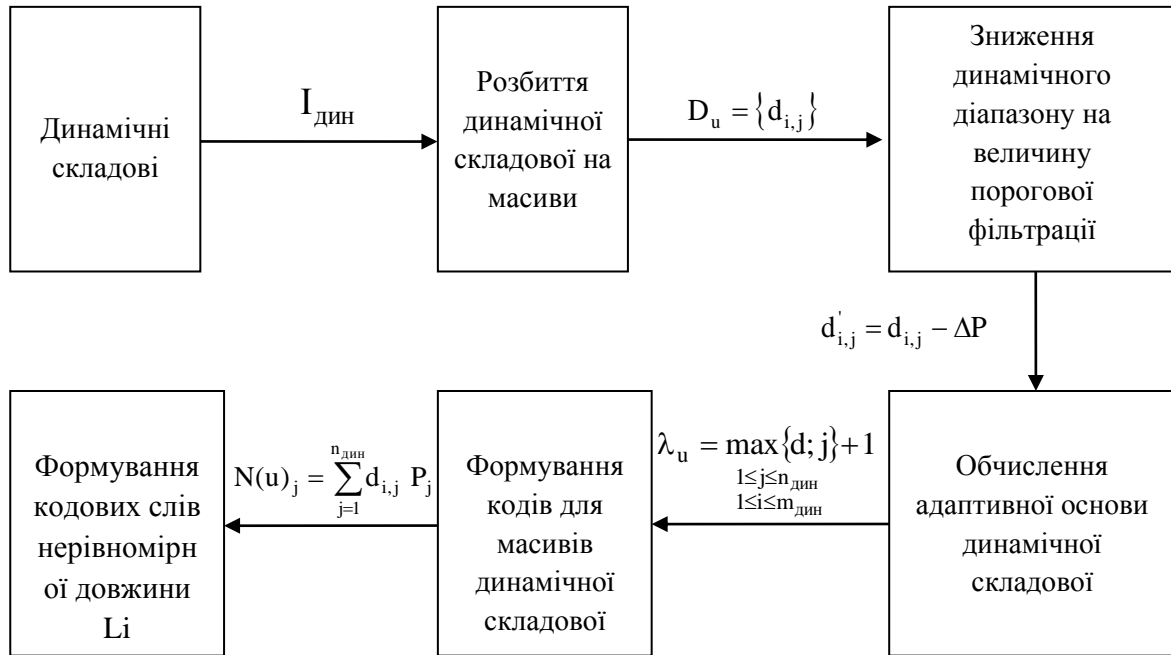


Рисунок 8 – Структурно-функціональна схема обробки динамічної складової

Четвертий етап – побудова й обробка двійкової маски диференційно-поданого кадру. Інформація про стаціонарну складову міститься в елементах диференційно-поданого кадру, які приймають нульові значення. У зв'язку з чим формується двійкова маска. З урахуванням роздільної обробки диференційно-поданий кадр розбивається на три складові (рис. 9).

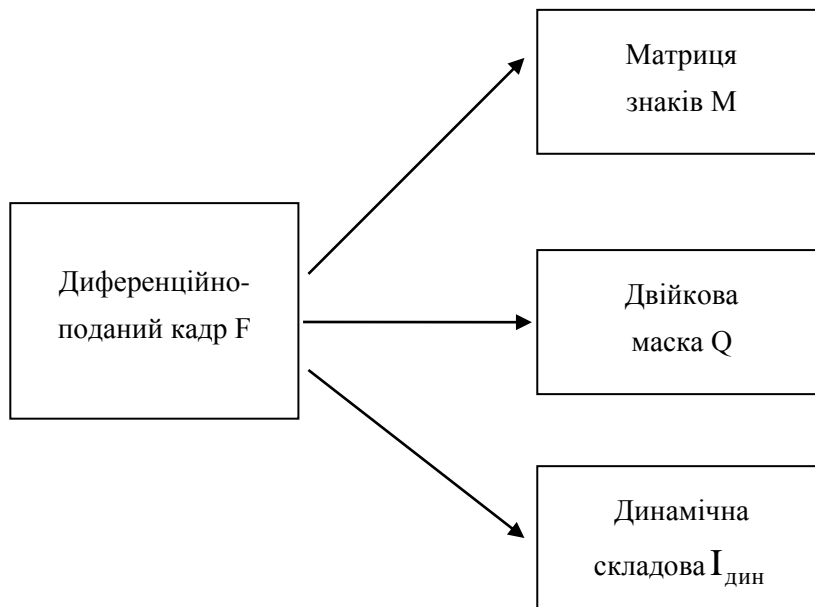


Рисунок 9 – Схема розбивки диференційно-поданого кадру на складові

Для скорочення кодової надмірності пропонується формувати довжину кодограми, враховуючи структурні особливості кожного стовпця $D_{u,j}$ масиву динамічної складової і нерівномірність довжини кодограми. Тобто, для кожного рядка масиву динамічної складової в загальному випадку може виконуватися нерівність:

$$L_1 \neq \dots L_j \neq \dots L_{m_{\text{дин}}}$$

Для таких умов існують дві базові стратегії позиціонування кодограм обробленого подання.

Перша стратегія полягає у використанні маркерних роздільників між кодограмами. Маркерні роздільники – це кодова посилка, зміст якої не може повторюватися в жодній кодограмі. З одного боку, це дозволяє забезпечити поділ кодограм на приймальній стороні, але, з іншого боку, призводить до збільшення обсягу обробленого подання.

Суть другої стратегії полягає в тому, що кількість розрядів під кодограми вибирається з урахуванням особливостей динамічних діапазонів оброблюваних рядків динамічної складової. При цьому для скорочення службових даних пропонується використовувати тільки ту службову інформацію, яка використовувалася в процесі формування коду.

У разі формування коду для позиційного числа пропонується враховувати такі властивості. Максимальне значення коду позиційного числа для заданої основи визначається накопиченим добутком основ його елементів:

$$N(u)_{\text{max}} = \lambda^{m_{\text{дин}}} - 1$$

Таким чином:

1) виявлені особливості процесу формування коду потужності алфавіту при побудові кодових конструкцій обробленого подання зображень, які забезпечують:

- виключення випадків, які призводять до втрати інформації в процесі кодування матриць двійкової маски;
- мінімізацію кодової надмірності;

2) для зменшення обсягу матриці покажчиків знаків запропоновано враховувати структурну подібність з матрицею двійкової маски, яка полягає в тому, що:

- довжина та позиції серії нульових елементів для матриці покажчиків знаків збігаються з довжиною і позиціями серії нульових елементів для матриці двійкової маски;
- серія одиничних елементів у матриці двійкової маски вказує на позиціонування і довжину негативних і позитивних значень елементів динамічної складової.

3) розроблений метод компактного подання службових даних, які утворюються для технології обробки диференційно-поданих кадрів, на основі формування двійкового вектора покажчиків знаків динамічної складової.

Даний метод базується на таких принципах:

- матриця покажчиків знаків будується після порівняння з порогом;
- при побудові матриці покажчиків знаків не використовується серія покажчиків, які відносяться до нульових елементів диференційно-поданого кадру. Дані серії структурно відповідають серіям нульових елементів матриці двійкової маски;

- нульовими елементами позначаються позитивні елементи динамічної складової, одиничними елементами – негативні елементи. В силу структурної подібності довжини і позиції таких елементів формують серії одиничних елементів матриці двійкової маски.

Кількість розрядів на подання службової інформації, що утворюється для технології обробки диференційно-поданих кадрів, в середньому скоротиться на 30-50% за рахунок:

- зменшення обсягу матриці показників знаків диференційно-поданого кадру на основі структурної подібності з матрицею двійкової маски;
- застосування одноалфавітного коду для послідовностей довжин серій двійкового вектора показників знаків динамічної складової.

У шостому розділі розроблено метод управління швидкістю передачі вихідних відеопотоків при обробці прогнозованих кадрів.

При обробці різних типів кадрів формується нерівномірна кількість біт на кадр, що призводить до виникнення пульсацій трафіку і негативно впливає на функціонування комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення. Тому є необхідність у розробці методу управління бітовою швидкістю відеопотоку для її узгодження з характеристиками комп'ютерної мережі. Основним показником ефективності функціонування кодера є бітрейт. Виходячи з цього, проводиться аналіз кількості біт, які витрачаються на передачу одного кадру, з урахуванням впливу складових колірної моделі YCrCb, розмірів блоків і макроблоків в кадрі, типу оброблюваного блоку та підсумкового кодування.

У роботі пропонується управляти не тільки кількістю біт на оброблений блок, але й його візуальною якістю. Необхідно знайти значення фактора якості QF_{opt} , при якому середньоквадратична помилка буде мінімальною $\sigma(t, \Psi^*) = \min_{\Psi^i \in \Psi} \sigma(t, \Psi^i)$, з урахуванням того, що швидкість, а відповідно і бітові витрати, не будуть перевищувати необхідного значення $d(t, \Psi^*) \leq d_{req}$.

Для пошуку оптимального коефіцієнта QF використовується відомий метод поділу відрізка навпіл (дихотомії), який по відношенню до інших методів є більш швидким, простим та забезпечує задану точність (ε).

Позначимо QF як параметр β та відповідно QF_{opt} як параметр β_{opt} . Метод реалізації пошуку для даної задачі можна представити у вигляді такої послідовності етапів.

Підготовчий етап.

Визначаємо значення $\beta_1 = \min$ та $\beta_2 = \max$, такі що $d(t, \Psi_{\beta_2}) < d_{req} < d(t, \Psi_{\beta_1})$.

Ітерація.

Знайдемо середнє значення β відповідно до методу дихотомії на інтервалі

$[\beta_1; \beta_2]$: $\beta = \left[\frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \right]$ для наближення до значення β_{opt} .

Для перевірки відповідності $\beta \approx \beta_{opt}$ розрахуємо: $d(t, \Psi_\beta)$, $\sigma(t, \Psi_\beta)$.

Якщо $d(t, \Psi_\beta) > d_{\text{req}}$ та $\sigma(t, \Psi_\beta) \leq \sigma_{\text{req}}$, то зміщується нижня межа інтервалу ($\beta_1 := \beta$).

Якщо $d(t, \Psi_\beta) > d_{\text{req}}$ та $\sigma(t, \Psi_\beta) > \sigma_{\text{req}}$, то для даних параметрів завдання не має рішення, і блок управління змінює значення QF або ΔD .

Якщо $d(\Psi_\beta) \leq d_{\text{req}}$, то зміщується верхня межа інтервалу ($\beta_2 := \beta$).

Перевірка умови закінчення алгоритму.

Якщо $|\beta_1 - \beta_2| < \varepsilon$, то пошук рішення завершений, і результат є оптимальним, тобто $\Psi^* = \Psi_\beta$. Якщо немає, то здійснюється перехід до наступної ітерації.

Блок-схема методу реалізації пошуку оптимального параметра для управління бітовою швидкістю наведена на рис. 6.5.

Розглянемо приклад роботи даного методу.

Надаємо значення $\beta_1 = QF_{\text{min}}$ та $\beta_2 = QF_{\text{max}}$ такі, що відповідають умові $d(t, \Psi_{\beta_2}) < d_{\text{req}} < d(t, \Psi_{\beta_1})$.

Проводимо першу ітерацію. Знаходимо $\beta^1 = \left[\frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \right]$ та обчислюємо для даного значення $d(t, \Psi_\beta)$ та $\sigma(t, \Psi_\beta)$. Проводимо порівняння $d(t, \Psi_\beta) > d_{\text{req}}$.

Якщо умова не виконується, то бітові витрати необхідно збільшувати для поліпшення якості зображення.

У цьому випадку присвоюємо $\beta_2 := \beta$ і далі розглядається діапазон $[\beta_1; \beta]$, як показано на рисунку 10.

Якщо умова $d(t, \Psi_\beta) > d_{\text{req}}$ виконується, проводимо перевірку по середньоквадратичній помилці $\sigma(t, \Psi_\beta) \leq \sigma_{\text{req}}$.

При значенні помилки менше необхідної $\sigma(t, \Psi_\beta) \leq \sigma_{\text{req}}$ присвоюємо $\beta_1 := \beta$. Далі оптимальне значення знаходиться в діапазоні $[\beta; \beta_2]$. Таким чином, після першої ітерації в наведеному прикладі буде проведено зрушення $\beta_{\text{max}} \rightarrow \beta$.

У разі якщо і бітові витрати і помилка перевищують необхідні значення, то не виконується жодна з умов $d(t, \Psi_\beta) > d_{\text{req}}$, $\sigma(t, \Psi_\beta) > \sigma_{\text{req}}$.

Бачимо, що оптимізація даним методом компресії неможлива, та необхідні зміни початкових параметрів. У цьому випадку пропонується збільшувати фактор якості при квантуванні з кроком в 1.

У разі якщо бітові витрати не будуть знижені до необхідного рівня, подальшим етапом буде збільшення порогу ΔD .

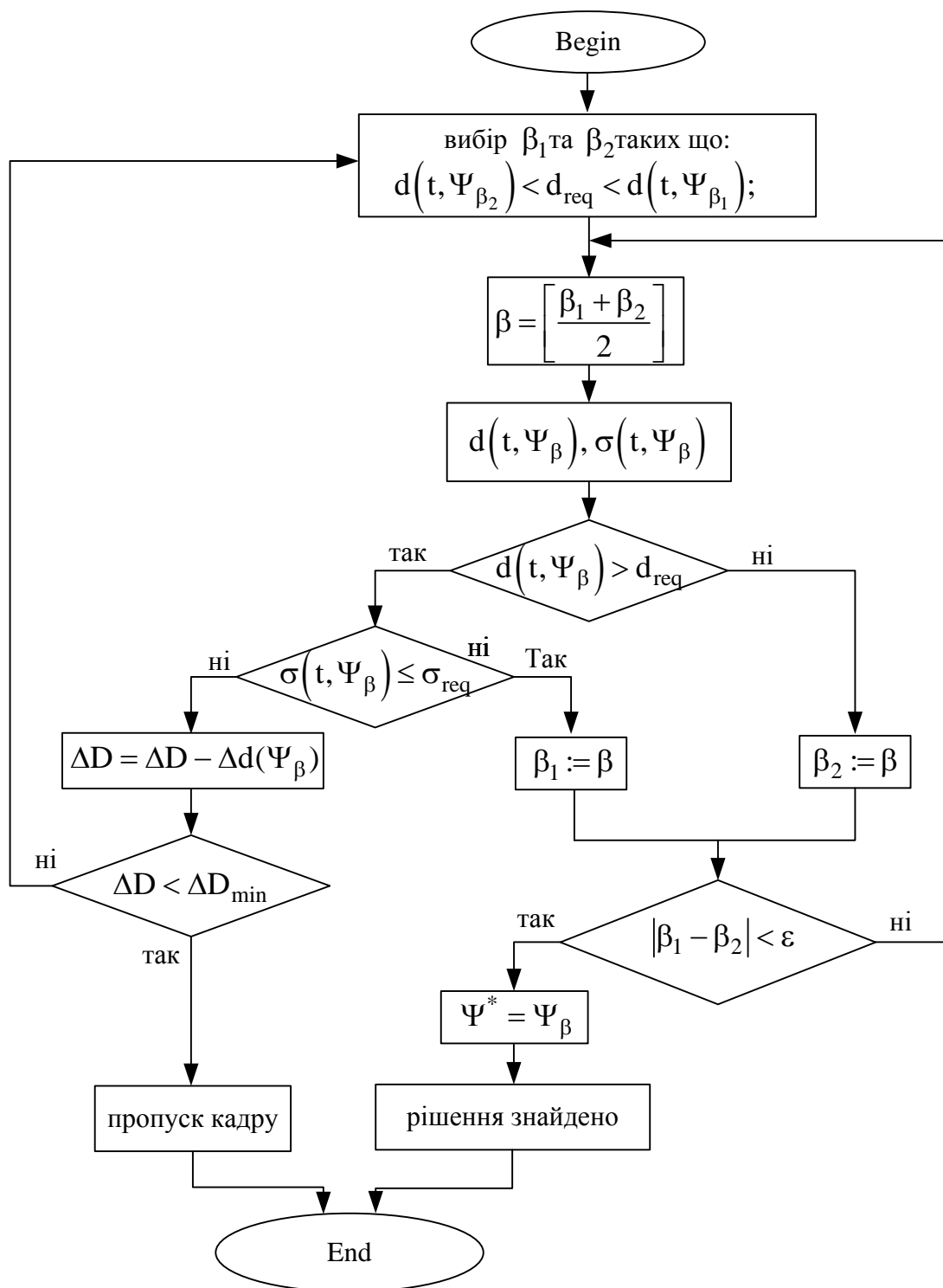


Рисунок 10. – Блок-схема методу реалізації пошуку оптимального параметра управління

Аналіз зміни фактора якості QF від мінімуму до максимуму показав, що бітові витрати та виникаюча при цьому помилка відповідно буде змінюватися за графіками, показаними на рис. 11.

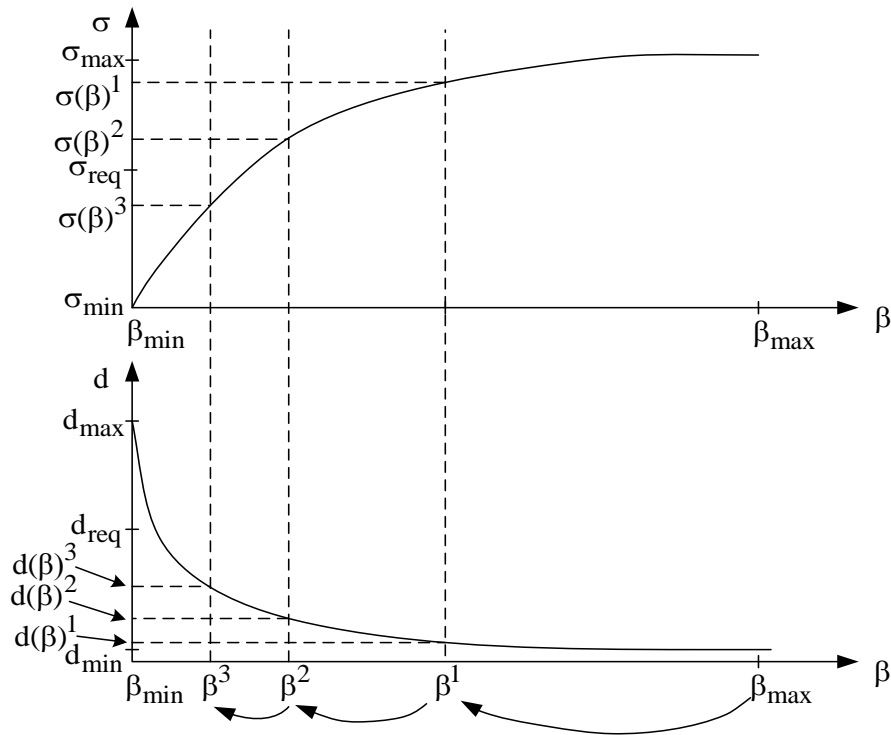


Рисунок 11. – Ілюстрація роботи методу пошуку оптимального параметра

Таким чином, блок управління робить вибір фактора якості для кожного Р-кадру. Також при прийнятті рішення блок управління містить у собі пристрій, в який записуються оптимальні параметри QF та ΔD , що в подальшому зменшує час прийняття рішення та підбору необхідних значень при квантуванні.

На останньому етапі перевіряється оптимальність. Перевіряємо умову $|\beta_1 - \beta_2| < \varepsilon$, де параметр ε показує задану точність обчислень. Якщо необхідна точність була досягнута, то оптимальним значенням вважаємо $\sigma(t, \Psi_\beta)$. Рішення завдання знайдено. Інакше пошук триває та проводиться виконання наступної ітерації.

Розроблений метод управління бітовою швидкістю роботи кодера, використовує за параметр компресії фактор якості при квантуванні блоку. Для пошуку оптимального значення параметра квантування було прийнято рішення використовувати метод поділу відрізків навпіл. Основна його перевага полягає в тому, що не потрібний повний (або близький до повного) перебір множини рішень. Це дозволяє знизити час обробки та передачі кадру, що необхідно при обробці відеопослідовності в масштабі часу, близькому до реального.

Простота методу дозволяє також знизити навантаження на обчислювальний апарат кодера. Тому можливо його використати в системах з обмеженими обчислювальними властивостями.

Якщо умова виконується і значення функціоналів $f(E(t, Y)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)})$, $f(E(t, C_r)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)})$, $f(E(t, C_b)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)})$ не перевищують заданий поріг:

$$\begin{aligned} f(E(t, Y)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}) &\leq \Delta D(Y); \\ f(E(t, C_r)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}) &\leq \Delta D(C_a); \end{aligned} \quad (10)$$

$$f(E(t, C_b)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}) \leq \Delta D(C_a),$$

то далі блокам присвоюється тип подальшої обробки P . У цьому випадку різницеві масиви $E(t, Y)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$, $E(t, C_r)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$, $E(t, C_b)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$ надходять на кодер. У ньому для блоків P -типу формуються одновимірні блокові коди $N(P, Y)_{t,j}^{(\xi,\gamma)}$, $N(P, C_r)_{t,j}^{(\xi,\gamma)}$, $N(P, C_b)_{t,j}^{(\xi,\gamma)}$ для j -го стовпця блоків $V(t, Y)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$, $V(t, C_r)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$, $V(t, C_b)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$ відповідно.

Якщо умова не виконується, значить, у блоці з'явився динамічний об'єкт, і значення функціоналів $f(E(t, Y)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)})$, $f(E(t, C_r)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)})$, $f(E(t, C_b)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)})$ перевищує поріг:

$$\begin{aligned} f(E(t, Y)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}) &> \Delta D(Y); \\ f(E(t, C_r)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}) &> \Delta D(C_a); \\ f(E(t, C_b)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}) &> \Delta D(C_a). \end{aligned} \quad (11)$$

Такому блоку присвоюється тип обробки I та він буде оброблятися за алгоритмами, які використовуються для кодування I -кадрів.

У цьому випадку різницеві масиви $E(t, Y)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$, $E(t, C_r)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$, $E(t, C_b)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$ проходять етап трансформування за допомогою дискретного косинусного перетворення. Відбувається процедура квантування, після чого отримана матриця пройде обробку зигзаг-скануванням, також кодується одновимірним блоковим кодом.

Третім етапом механізму адаптації є визначення значення фактора якості, який використовується при формуванні матриці квантування. Розрахунок матриці квантування полягає в такому: задається одне значення фактора якості (QF), зазвичай в діапазоні від 1 до 25, і проводиться розрахунок значень матриці за формулою:

$$\begin{aligned} q(t, Y)_{i,j} &= 1 + (1 + i + j) \cdot QF(Y); \\ q(t, C_r)_{i,j} &= 1 + (1 + i + j) \cdot QF(C_a); \\ q(t, C_b)_{i,j} &= 1 + (1 + i + j) \cdot QF(C_a). \end{aligned} \quad (12)$$

При цьому, так само як і у випадку зі значеннями порогів, фактори якості для яскравісної та кольорорізнисних складових будуть вибиратися з різними величинами.

На наступному етапі адаптації проводиться оцінка підсумкової бітової швидкості $V(t)_{\text{comp}}$ і середньоквадратичної помилки $\sigma(t)$ відеопотоку оброблюваного кадру при вихідних параметрах обробки блоків: порогів $\Delta D(Y)_{\text{in}}$, $\Delta D(C_a)_{\text{in}}$ та чинників якості $QF(Y)_{\text{in}}$, $QF(C_a)_{\text{in}}$.

Вихідні параметри вибираються з міркувань досягнення найкращої якості зображення, проте вони задаються в межах:

$$\Delta D_{\min} \leq \Delta D(Y)_{\text{in}}, \Delta D(C_a)_{\text{in}} \leq \Delta D_{\max}; QF_{\min} \leq QF(Y)_{\text{in}}, QF(C_a)_{\text{in}} \leq QF_{\max}.$$

Перевірка відеоданих на якість зображення проводиться шляхом визначення середньоквадратичної помилки:

$$\sigma(t) = \sum_{\xi=1}^{m_{mc}} \sum_{\gamma=1}^{n_{mc}} \left(\sum_{k=1}^{m_c} \sum_{\ell=1}^{n_c} \sigma(t, Y_{k,\ell})^{(\xi,\gamma)} + \sigma(t, C_r)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)} + \sigma(t, C_b)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)} \right), \quad (13)$$

де $\sigma(t, w)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$ – середньоквадратична помилка блоку $V(t, w)_{k,\ell}^{(\xi,\gamma)}$;

$b'_{i,j}^{(\xi,\gamma)}$ – відновлений елемент блоку зображення;

$b_{i,j}^{(\xi,\gamma)}$ – вихідний елемент блоку зображення;

m – кількість елементів у блоці по горизонталі;

n – кількість елементів у блоці по вертикалі.

У разі якщо середньоквадратична помилка $\sigma(t)$ перевищує необхідне значення $\sigma(t) \geq \sigma_{req}$, то якість відновленого зображення менше заданої, або підсумкова бітова швидкість $V(t)_{comp}$ вища від необхідної $V(t)_{comp} \geq V_{req}$. Відповідно до механізму адаптації проводиться зміна параметрів значень факторів якості та порога ΔD для всіх складових колірної моделі. У разі якщо перебір можливих варіантів параметрів компресії не дозволив досягти необхідних параметрів швидкості та якості, приймається рішення про зміну формату цифрової субдискретизації.

Оцінка підсумкової бітової швидкості $V(t)_{comp}$ та середньоквадратичної помилки $\sigma(t)$ проводиться після зміни кожного параметра. Якщо після всіх змін параметрів не вдалося досягти заданої швидкості протягом часу обробки, яке було відведено на обробку одного кадру, може бути прийнято рішення про пропуск поточного P-кадру.

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

У сьомому розділі проведено оцінку ефективності розробленого методу управління інтенсивністю відеотрафіка.

Розроблено метод управління бітовою швидкістю, який дозволяє виробляти необхідне коригування інтенсивності відеопотоку відповідно до основних параметрів комп'ютерних систем та мереж СП при забезпеченні заданої якості відеотрафіка. Даний метод дозволяє адаптивну зміну таких параметрів компресії: формату колірної субдискретизації, порога прийняття рішень і фактора якості методом Лагранжевих релаксацій. Механізм комбінування вибраних параметрів складено так, щоб рішення про оптимальність було прийнято з мінімальними часовими затримками. При цьому здійснюється контроль та адаптація бітової швидкості до пропускнув спроможності каналу зв'язку, а також є можливість вибору якості переданого зображення.

Показано, що створений метод управління бітовою швидкістю при обробці прогнозованих кадрів має здатність підвищення якості надання відеоінформаційних

сервісів за рахунок розширення загального методу компресії стандарту MPEG вдосконаленим методом кодування. Він має більшу завадостійкість блокових кодових конструкцій, що дозволить знизити кількість помилок при відновленні кадрів. При цьому розроблений метод управління за рахунок оптимізації по трьох параметрах компресії забезпечує необхідне підстроювання інтенсивності відеопотоку під поточні параметри комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення.

Оцінка результатів досліджень показує, що є відповідність між візуальною оцінкою ступеня семантичної насиченості та кількісною оцінкою на основі кластерного аналізу. Дана відповідність дозволяє виробити емпіричні рекомендації щодо проведення автоматичної класифікації семантичної складності відеозображень без участі оператора. Це дозволить впровадити в розроблюваний метод обробки зображень з маскуванням адаптивне визначення параметрів компресії залежно від семантичної насиченості відеозображень.

Порівняльна оцінка ефективності простих методів маскуваня та 2-х каскадної схеми маскуваня наведена на рис. 12 – 14.



Рисунок 12 – Оцінка ефективності локалізації контурів простими методами маскуваня і запропонованої 2-х каскадної схеми

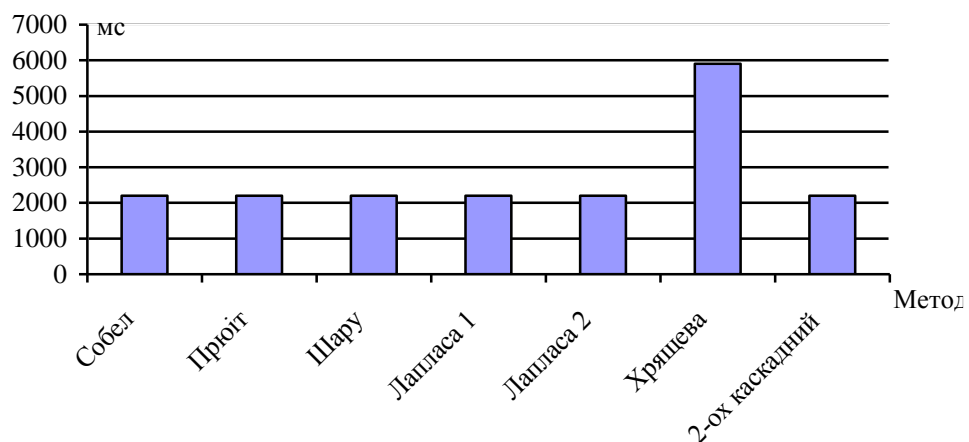


Рисунок 13 – Оцінка ефективності часу обробки існуючими методами маскуваня і запропонованої 2-х каскадної схеми

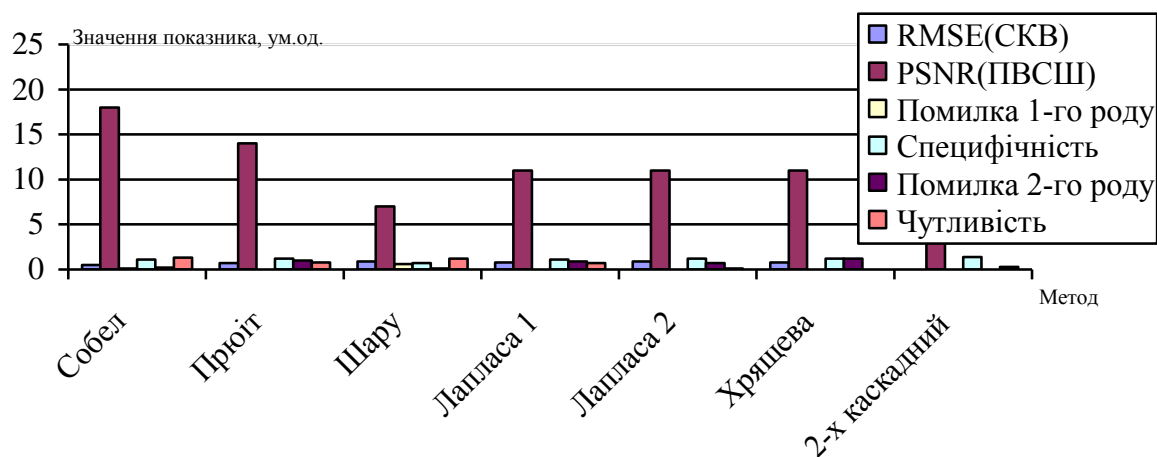


Рисунок 14 – Оцінка ефективності точності виділення контурів простими методами маскування і 2-х каскадної схемою

Таким чином, побудовано правило на базі системи аналітичних виразів для кількісних показників структурної складності зображення. Вони враховують: розміри оброблюваного зображення (кількість рядків і стовпців); розривність функції яскравості (визначення двійкових перепадів); двовимірне цифрове подання зображень (визначення двійкових перепадів у строках щодо стовпців і строк щодо стовпців); загальна кількість пікселів у контурах (параметр питомого насичення контурами). Розроблені показники структурної складності зображення забезпечують оцінку ступеня семантичної насиченості зображень та виконання подальшої класифікації насиченості контурами відеозображень (фрагментів). Розроблено каскадну технологію маскування, яка дозволяє усунути недоліки окремо використовуваних методів зі збереженням переваг технології маскування в цілому.

Дана технологія базується на таких концептуальних складових:

- виявлення та локалізація семантично значущої інформації в відеозображеннях з використанням технологій маскування;
- визначення показників структурної складності зображення для оцінки характеристик семантичної насиченості зображень (фрагментів);
- класифікація маскованих фрагментів за ступенем семантичної насиченості на основі кластерного аналізу;
- вторинне маскування з метою підвищення точності виділення і локалізації семантики в зображенні для фрагментів з класом семантичної насиченості "сильнонасичені";

в) реалізація компактного подання відеозображень, параметри якого будуть адаптивно визначатися залежно від класу семантичної складності.

Створено двукаскадну технологію маскування зображень на основі застосування фільтруючих масок і визначення структурних показників складності фрагментів відео зображень. Клас семантичної складності буде враховуватися на етапі формування кодового подання відеозображень, що забезпечить підвищення доступності та цілісності відеоінформаційного ресурсу у КСМ спеціального призначення при управлінні у кризових ситуаціях.

Сучасний стан комп'ютерних систем та мереж СП характеризується високими темпами зростання обсягів циркулюючої в них інформації, збільшенням числа користувачів та розширенням спектру надаваних сервісів. Однак швидкість розвитку споживчого сегмента значно перевищує функціональні можливості

обладнання сучасних КСМ спеціального призначення, що знижує якість надання сервісів.

Проблематика рішення завдання своєчасної доставки відео з контрольованою втратою якості в комп'ютерних системах та мережах СП полягає в декількох рівнях. Згідно одного з них, необхідно узгодити змінну інтенсивність відеопотоку та нестационарність характеристик мережі. З одного боку, змінними є структурні, психовізуальні та семантичні характеристики потоку відеокadrів. Тоді змінні значення мають інтенсивності обробленого відеопотоку. З іншого боку, змінними є характеристики самої мережі. Це обумовлено неоднорідністю мережі і навантаженням на вузли її комутації, непередбаченою кількістю користувачів мережі та їх сервісними потребами.

Причинами виникнення пульсацій швидкості передачі даних у комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення є:

- неоднорідні можливості та складність трафіку;
- наявність завад та обривів у лінії зв'язку, які призводять до блокування окремих трактів мережі;
- модифікації та зростання мереж доступу відносно транспортної магістралі;
- зміна кількості абонентів, підключених до єдиного каналного ресурсу;
- різні відстані між вузлами мережі.

У нашому випадку поняття бітової швидкості полягає в обсязі оброблених даних, які виробляє кодек за одиницю часу. Дійсно, змінну швидкість потоків відеоданих можна згладити за допомогою буфера.

Управління на рівні буфера, не враховуючи обсягу відеоданих має ряд недоліків і не дозволяє вирішувати проблему узгодження бітової швидкості та швидкості передачі даних у комп'ютерній мережі. Буферизація тільки частково знижує пульсації бітової швидкості, оскільки з одного боку, чим більший об'єм пам'яті буферного пристрою, тим вищі пульсації бітової швидкості відеопотоку, який він може згладжувати.

Комп'ютерна система спеціального призначення має обмеження, пов'язані з величиною та пульсацією інтенсивності вхідного навантаження, яку вона здатна обслужити. Інтенсивність вхідного навантаження та її пульсація формуються в джерелі повідомлення. Тому, змінюючи ці параметри можна домогтися зменшення втрат даних за рахунок переповнення буферів обслуговуючих вузлів, а так само їх завантаження обробкою даних, які надходять.

Одним з можливих механізмів зниження значень імовірності втрат є збільшення розміру буферної пам'яті на вузлі доступу, що дійсно зменшує імовірність втрат. Однак при збереженні колишніх тенденцій зростання переданих обсягів трафіку розмір буферної пам'яті практично перестає грати істотну роль. Зі збільшенням обсягу буферної пам'яті підвищується час обробки пакетів, а отже, і час затримки передачі за рахунок очікування обробки на обслуговуючому елементі.

Таким чином, реалізована можливість контролю та корекції значень середньоквадратичної помилки та бітової швидкості в процесі обробки Р-кадру.

Проведені порівняльні характеристики показали, що найбільш оптимальним для обробки Р-кадрів є формат колірної субдискретизації 4: 2: 2, при якому для фактора якості (крок квантування), який дорівнює нулю та порозі прийняття рішення рівному 33 з 255 можливих значень забезпечується:

- виграш за ступенем зниження інтенсивності при заданому параметрі PSNR в середньому на 36% по відношенню до стандарту MPEG;
- заданий рівень інтенсивності в процесі її управління для більш високих показників якості, яке визначається параметром PSNR на рівні 30 дБ, що в середньому на 16% краще стандарту MPEG;
- забезпечується скорочення часу передачі відеоданих від джерела до одержувача в середньому на 23% для технології Wi-Fi;
- забезпечується зменшення коефіцієнта використання вузла комутації в середньому на 8% при максимальній інтенсивності відеотрафіка;
- забезпечується скорочення часу обробки відеопотоку в середньому на 5% в порівнянні з аналогічними механізмами в стандарті MPEG;
- забезпечується зменшення ймовірності втрат пакетів в середньому в 6 разів в порівнянні зі стандартом MPEG.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна наукова проблема підвищення якості відеоінформаційного сервісу в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення. Це досягається за рахунок розробки методу управління бітовою швидкістю відеотрафіка на кінцевих вузлах комп'ютерних систем та мереж спеціального призначення, що дозволяє знизити інтенсивність відеопотоку при необхідній якості надання відеоінформаційних послуг, а також забезпечує розвантаження вузлів комутації комп'ютерної мережі спеціального призначення.

В процесі проведення досліджень при обробці прогнозованих кадрів з форматом колірної субдискретизації 4: 2: 2 при значеннях фактора якості $QF = 0$ та порога прийняття рішення $\Delta D = 33$ з 255 можливих отримані наступні основні науково-практичні результати:

- створено метод обробки відеопотоку на основі кодування прогнозованих кадрів в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення, що дозволяє зменшити обсяг переданих даних в середньому в 3 рази. Це забезпечує виграш за ступенем зниження інтенсивності при заданому параметрі PSNR в середньому від 18% до 40% по відношенню до стандарту MPEG;
- вдосконалено метод формування компактного представлення сегментованих зображень, що відрізняється від відомих процесом побудови кодограм з урахуванням встановленого обмеження на максимальну довжину кодограми та забезпечує компресію в режимі обмежених значень фактора втрати якості. Це забезпечує скорочення часу передачі відеоданих від джерела до приймача в середньому від 15% до 25% для технології Wi-Fi;
- модифіковано метод обробки кадрів відеопотоку на основі трансформування, що відрізняється від відомих компактним поданням трансформанти в результаті рекурентного дворівневого кодування, що дозволяє організувати реконструкцію зображень за зменшеною кількістю операцій та підвищити оперативність надання ВІС. Заданий рівень інтенсивності в процесі управління для більш високих показників якості, який визначається параметром PSNR, на рівні приблизно 35 дБ. Це в середньому на 19% краще стандарту MPEG;
- розроблено метод компресії відеопотоку динамічних зображень стаціонарного фону на основі роздільної обробки стаціонарної та динамічної

складових, що дозволяє врахувати структурні особливості диференціального кадру та підвищити якість та повноту надання ВІС. Це надає можливість усунення надмірності на джерелі інформаційного ресурсу в режимі часу близькому до реального з урахування обмежених можливостей з обробки;

- удосконалено метод обробки динамічної складової диференційно-представлених кадрів, що відрізняється від відомих побудовою позиційних чисел з адаптивним вибором значень основ та дозволяє збільшити ступінь компресії двійкової маски диференційно-представленого кадру та оперативність надання ВІС. Це дозволило зменшити коефіцієнт використання вузла комутації в середньому на 10% при максимальній інтенсивності відеотрафіка;

- удосконалено метод компактного представлення службових даних, що відрізняється від відомих застосуванням структурної подібності матриці покажчиків знаків і матриці двійкової маски та дозволяє враховувати структурну подібність відеопотоку та якість надання ВІС. Це призводить до скорочення часу обробки відеопотоку в середньому на 7% в порівнянні з аналогічними механізмами в стандарті MPEG;

- розроблено метод представлення службових даних диференційно-представленого кадру, який дозволяє побудувати адаптивну систему управління бітовою швидкістю відеопотоку в комп'ютерних системах та мережах з низькою пропускну здатністю каналу для підвищення якості та повноти надання ВІС. Це дозволило зменшити ймовірності втрати пакетів в середньому від 5 до 7 разів у порівнянні зі стандартом MPEG. Залежно від виконання умов по необхідній швидкості або заданій якості змінюються параметри якості обробки кольорорізнисних складових та їх порогів таким чином, щоб обрати оптимальні значення для компресії в максимально короткий часовий проміжок. Це дозволило використовувати розроблений метод у масштабі часу, близькому до реального.

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

- у військовій частині А1215 (акт впровадження дисертаційних досліджень від 23.12.2019 року);

- у Харківському регіональному структурному підрозділі «Украерорух» (акт впровадження дисертаційних досліджень від 13.07.2020 року);

- у військовій частині А4608 (акт впровадження дисертаційних досліджень від 17.07.2020 року).

Таким чином, реалізована можливість контролю та корекції значень середньоквадратичної помилки і бітової швидкості в процесі обробки прогнозованого кадру. При якій досягається зменшення коефіцієнта використання вузла комутації в середньому на 9% при максимальній інтенсивності відеотрафіка.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ларин В. Подходы для защиты видеоинформации на основе устранения избыточности в инфокоммуникациях / В. Ларин, А. Яковенко, Р. Тарнополов, // Сучасна спеціальна техніка. 2014. - №2(37). — С. 82 — 89.

2. Larin V. A method for constructing a combined compression system and encryption of video data / V. Larin, A. Korotenko, D. Baiush, A. Ivanichenko // Системи озброєння і військова техніка 2(50). – 2017. – X. ХУПС. 2017. — С. 121 — 124.
3. Ларін В. Метод захисту низькочастотних складових в алгоритмі кодування JPEG / В. Ларін, Д. Гаврилов, Д. Комолов, К. Ялівець // Системи обробки інформації.– № 9. – X. ХУПС. 2015. — С. 24 — 27.
4. Ларін В. Адаптивний селективний алгоритм обробки цифрових зображень на основі пошуку та виділення об'єктів інтересу / В. Ларін, Д. Гаврилов, Т. Гаврилець // Системи озброєння і військова техніка 2(46). – X. ХУПС. 2016. — С. 121 — 124.
5. Ларін В. Засоби відеоаналітики рухомих цілей на основі отриманого зображення/ В. Ларін, В. Ткачук, Є. Лисенко // Системи обробки інформації.– 2016. - № 1. – X. ХУПС. 2016. — С. 26 — 28.
6. Larin V. Rationale for necessity of improving the protection of operational videoinformation in wireless infocommunication systems / V. Larin, V. Barannik, Yu. Riabukha // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. — № 4(53). – 2017. – X. ХНУПС. 2017. — С. 54 — 58.
7. Larin V. Formation of reference images and decision function in radiometric correlation-extremal navigation systems / V. Larin, N. Yeromina, S. Petrov, A. Tantsiura, M. Iasechko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Volume 4, Issue 9, 2018. — pp. 27 — 35. **ISSN:** 17293774. **DOI:** 10.15587/1729-4061.2018.139723. **Scopus.**
8. Larin V. The reasoning of necessity enhancing video privacy in conditions of providing the quality of the video information service provided in virtual infocommunication systems / V. Larin, D. Yerema, Y. Bolotska // Системи озброєння і військова техніка 2(35). – X. ХНУПС. 2019. — С. 158 — 162.
9. Volodymyr Larin. Development of an advanced method of video information resource compression in navigation and traffic control systems. / Serhii Yevseiev, Ahmed Abdalla, Serhii Osiievskyi and others. All – 5 authors. // EUREKA: Physics and Engineering. No. 5 (2020), pp. 31-42. – **ISSN** 24614254. **DOI:** 10.21303/2461-4262.2020.001405. **Scopus.**
10. V.Larin. Method of coding predictable frames with the account of management mechanisms for improving the quality of video information's service./ О.Тумочко, А. Liuti, А. Abdalla // Системи управління, навігації та зв'язку. 4(62). – П. Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». 2020, С. 69-72.
11. V.Larin. Method of processing video information resource for aircraft navigation systems and motion control. / О.Тумочко, S. Osiievskyi // Сучасні інформаційні системи. X. – Том 4, № 2 (2020), с. 140-145.
12. V.Larin. The method of the compact video frames representation, which are presented in a differential form in computer systems. / М. Pavlenko, А. Abdalla, Р. Open'ko // Збірник наукових праць ХНУПС 4(66). – X. ХНУПС. 2020, С. 79-84.
13. Ларин В. Метод криптокомпрессионных преобразований с ключом. / С.Сидченко // Сучасна спеціальна техніка. К. – 2013. - №1(32). – С. 51-57.
14. Ларин В. Методологическая база криптокомпрессионного представления видеoinформационных ресурсов. / С.Сидченко // Захист інформації. К., НАУ, 2013. Том №15(2) С.97-104.
15. Ларін В. Методологічні основи криптосемантичного представлення відеозображень в інформаційних комунікаціях. / С.Сідченко // Наукоємні технології. – К. – 2012. - №3(15). – С. 78 – 82.

16. V.Larin. Development of an advanced method for compressing the dynamic component of a differential-represented frame. / O.Tymochko, I. Sheviakov, A. Abdalla // Телекомунікаційні та інформаційні технології. 3(68). – К. ДУТ. 2020, С. 67-83.

17. V.Larin. Investigation of the mechanism for processing predicted frames in the technology of compression of transformed images in computer systems and special purpose networks. / O.Tymochko, I. Sheviakov, A. Abdalla // Системи обробки інформації.– № 4. – Х. ХУПС. 2020. — С. 24 — 31.

18. V.Larin. The video processing features research in computer systems and special purpose networks. / E. Kazakov, I. Sheviakov, A. Abdalla // Системи озброєння і військова техніка 4(64). – Х. ХУПС. 2020. — С. 111 — 119.

19. Ларін В. В. Оцінка вразливості телекомунікаційних систем та мереж від кібератак / В. В. Ларін, А. В. Ширяєв, Д. О. Медведєв // Наукоемкие технологии в инфокоммуникациях: обработка информации, кибербезопасность, информационная борьба: Коллективна монографія. — Харків : Издательство «Лидер», 2017. — С. 483 — 516.

20. Ларін В. В. Обґрунтування необхідності зниження стрімкості відео потоків для надання можливості підвищення якості відеоінформаційних послуг / В. В. Ларін, А. Абдалла // Кібербезпека та інформаційні технології: Колективна монографія. — Харків : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020. — С. 327 — 340.

21. Ларін В. В. Патент № UA 92959 10.09.2014 / Спосіб динамічного кодування та захисту інформаційного ресурсу в інфокомунікаційних системах // Патент № UA 92959 2014. Бюл. №17 / Третьяк В.Ф., Корольов Р.В., Красноручський А.О. та ін.

22. Ларін В. В. Патент № UA 92960 10.09.2014 / Спосіб розподілу та кодування інформаційного ресурсу в мультисервісних мережах // Патент № UA 92960 2014. Бюл. №17 / Власов А.В., Голубничий Д.Ю., Корольова Н.А. та ін.

23. Larin V. The analys of cyberattacks against the information and telecommunication systems / V.Larin, R. Tarnopolov // 23rd International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, CriMiCo 2013; Sevastopol, Crimea; Ukraine; 8 September 2013. — pp. 448 – 449. **ISBN: 978-966335401-9. Scopus.**

24. Ларін В. В. Комбинированная технология безопасности видеoinформации в инфокоммуникационных системах / В. В. Ларин // Дев'ята наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 17-18 квітня 2013 року / . тези допов – Х.: ХУПС, 2013. — С. 197.

25. Larin V. The methodical base of cryptocompression presentation of videoinformation resorces / V. Larin, V. Barannik, S. Sidchenko // 12th International Conference: The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM 2013 : Lviv; Ukraine. — pp. 27 – 28. **ISBN: 978-966219116-5. Scopus.**

26. Ларин В. В. Показатель характеризующий процесс защиты изображений в процессе устранения избыточности / В. В. Ларин, Р. В. Тарнополов, Д. С. Гаврилов // Новітні технології-для захисту повітряного простору. 10 наукова конференція ХУПС 9-10 квітня 2014 р. – Харьков / . тези допов – Х.: ХУПС, 2014. — С. 161.

27. Larin V. Analysis of Options for Increasing Secrecy of the Videosystem Resource / V. Larin, S. Sidchenko, R. Tarnopolov // Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science Proceedings of the International Conference TCSET'2014 Dedicated to the 170th anniversary of Lviv Polytechnic National University Lviv-Slavske, Ukraine February 25 – March 1, 2014. — p. 231.

28. Larin V. Design of steganographic system on the basis of a code container in nonnequilibrium positional base / V. Larin, S. Sidchenko // International Conference TCSET'2015 [Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science] (Lviv-Slavsko, Ukraine, February 23 – 27, 2015) / Lviv Polytechnic National University, 2015. — pp. 39 – 41.

29. Larin V. A mathematical model of the process of transferring video / V. Larin, S. Podlesny, A. Hahanova // International Symposium [«IEEE East-West Design & Test»], (Batumi, Georgia, September 26–29, 2015). — pp. 383 – 385.

30. Larin V. The analysis of template method of video processing / V. Larin, P. Krasnikov, D. Gavrilov // 1st International Conference [«Advanced Information and Communication Technologies-2015 (AICT'2015)»], (Lviv, Ukraine, October 29 – November 1, 2015). — pp. 80 – 82.

31. Ларин В. В. Аналіз методів маскування даних в частотній області / В. Ларин, В. Твердохлеб // Науково-практична конференція. Проблеми кібербезпеки інформаційно-телекомунікаційних систем 10-11 березня 2016. К.: КНУ ім. Т. Шевченка: тези допов. — С. 49 – 51.

32. Ларин В. В. Оценка методов выделения контуров на цифровых изображениях / В. Ларин // 2 Міжнародна науково-практична конференція. 24-27 лютого 2016. К.: Європейський університет: тези допов. — С. 94 – 96.

33. Larin V. The application for internal restructuring the data in the entropy coding process to enhance the information resource security / V. Larin, I. Tupitsya // IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTs 2016; Yerevan; Armenia; 14 October 2016 . — pp. 77 – 78. **ISBN:** 978-966219116-5. **DOI:** 10.1109/EWDTs.2016.7807749. **Scopus.**

34. Larin V. Method of image segments compression based on two-level local position representation of vectors / V. Larin, A. Alimpiev // 2th International Conference [IEEE Advanced Information and Communication Technologies (AICT)], 2017. — pp. 75 – 78.

35. Larin V. Model of syntactic representation of aerophoto images segments/ V. Larin, A. Krasnorutsky, A. Hahanova, S. Shulgin // 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2018; Lviv-Slavske; Ukraine; 20 February 2018 . — pp. 974 – 977. **ISBN:** 978-153862556-9. **DOI:** 10.1109/TCSET.2018.8336356. **Scopus.**

36. Ларін В. В. Концепція реструктуризації даних інформаційного ресурсу / В. В. Ларін, І. М. Тупиця // Новітні технології-для захисту повітряного простору. 15 міжнародна наукова конференція ХНУПС 10-11 квітня 2019 р. – Харків, 2019 тези допов. — С. 299.

37. Ларін В. В. Метод визначення показників якості перспективних зразків озброєння в умовах нестохастичної невизначеності / В. В. Ларін, Н. О. Королюк // НІСТ 2019 Міжнародна науково-практична конференція «Наукоємні технології в інфокомунікаціях» 23-25 травня 2019 р. – Харків – Кам'янець-Подільський, 2019 тези допов. — С. 112 – 113.

38. Ларін В. В. Метод формалізації процесу наведення штурмової авіації на наземні цілі на основі синтезу нечіткої нейронної мережі / В. Ларін, С. Олізаренко, А. Самокіш, О. Черток // 7-а міжнародна науково-технічна конференція, (Черкаси-Харків-Баку-Бельсько-Бяла, 13 – 15 листопада 2019 р.) / Черкаський державний технологічний університет, Черкаси: 2019 тези допов. — С. 43.

39. Larin V. The characteristics evaluation of securing videoinformation process for wireless system / V. Larin, D. Zhuikov, V. Dokuchaev, A. Liuti, A. Abdalla // Новітні технології-для захисту повітряного простору. 16 міжнародна наукова конференція ХНУПС 15-16 квітня 2020 р. – Харків, 2020 тези допов. — С. 410.

40. Larin V. Conceptual Basis of Cascading Differential Masking Technology / V. Larin, M. Pavlenko, O. Tymochko, M. Kolmykov, S. Khmelevskiy // IEEE 11 th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies. DESSERT: 2020. — pp. 290 – 294. **ISBN:** 978-172819957-3. **DOI:** 10.1109/DESSERT50317.2020.9125024. **Scopus.**

41. Ларин В. В. Анализ кибератак на информационно-телекоммуникационные системы / В. В. Ларин, Ю. Н. Рябуха, Р. В. Тарнополов // Научные технологии в инфокоммуникациях: Обработка и защита информации: коллективная монография. — Харків: Компания Смит, 2013. С. 336 — 344.

42. Larin V. Determining the function of splitting the charged particles of the strongly ionized air environment in the openings of the case-screens of radio electronic means / M. Iasechko, V. Larin, A. Trystan, O. Ochkurenko // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering Volume 8, Issue 1.3 S1 — 2019. — P. 19—23. **ISSN:** 22783091. **DOI:** 10.30534/ijatcse/2019/0481.32019. **Scopus.**

43. Larin V. The method of determining the probability of affection of the semiconductor elements under the influence of the multifrequency space-time signals / M. Iasechko, V. Larin, D. Maksyuta, S. Bazilo, I. Sharapa // Journal of Critical Reviews. — 2020. — № 7(9),2020. — P. 569-571. **ISSN:** 23945125. **DOI:** 10.31838/jcr.07.09.113. **Scopus.**

44. Larin V. Model description of the modified solid state plasma material for electromagnetic radiation protection / M. Iasechko, V. Larin, D. Maksyuta, O. Ochkurenko, I. Krasnoshapka, Y. Samsonov, H. Lyashenko, A. Zinchenko, R. Vozniak // IJETER. — 2019. — № 7 (10). — P. 376—382. **ISSN:** 23473983. **DOI:** 10.30534/ijeter/2019/027102019. **Scopus.**

45. Larin V. Protection of board radioelectronic equipment from the destructive powerful electromagnetic radiation with the use of natural technologies / M. Iasechko, O. Turinskyi, M. Burdin, V. Larin, Y. Gnusov, D. Ikaev, V. Borysenko, V. Manoylo // IJETER. — 2019. — № 7 (11). — pp. 542 – 548. **ISSN:** 23473983. **DOI:** 10.30534/ijeter/2019/237112019. **Scopus.**

46. Larin V. Model of Combined Solid Plasma Material for the Protection of Radio-Electronic Means of Optical and Radio Radiation / M. Iasechko, O. Sotnikov, A. Syrotenko, V. Larin, S. Iasechko, O. Ochkurenko, A. Volkov // IJATCSE. — 2019. — № 8 (4). — pp. 1241 – 1247.

47. Larin V. The model of a medium for creation of electric hermetic screens of the radio electronic means / M. Iasechko, O. Sotnikov V. Larin, O. Ochkurenko, D. Maksyuta // IJATCSE. — 2019. — 8(2). — pp. 300 – 304. **ISSN:** 22783091. **DOI:** 10.30534/ijatcse/2019/32822019. **Scopus.**

48. Larin V. The Investigation of the Impulse Evolution of the Radio-Frequency and Optical Radiation During the Interaction With the Solid-State Plasma Media On Radioisotope and Hexaferrite Inclusions / M. Iasechko, O. Turinskyi, V. Larin, T. Prokopenko, O. Kolmohorov, O. Salash, V. Tarshyn // IJETER. — 2020. — 8(4). — pp. 1333 – 1337. **ISSN:** 23473983. **DOI:** 10.30534/ijeter/2020/64842020. **Scopus.**

49. Larin V. Conditions for reliable transmission of information over long distances using a powerful electromagnetic radiation / M. Iasechko, M. Mozhaiev, I. Manzhai, M. Volk, V.

Manoylo, O. Ochkurenko, D. Maksiuta, V. Larin, A. Markov, O. Kostyria // IJETER. — 2020. — 8(1). — pp. 138 – 144. **ISSN:** 23473983. **DOI:** 10.30534/ijeter/2020/18812020. **Scopus.**

50. Larin V. Estimation of the influence of the nonequilibrium state of the electronic subsystem and the dispersion properties of a solid-state plasma medium in the conditions of decay instability on the reflection of laser radiation / O. Tymochko, O. Kolodiaznyi, V. Larin, O. Rybkin, V. Patalakha, V. Mazharov, N. Benyk, A. Heilyk, M. Mozhaiev // IJETER. — 2020. — 8(2). — pp. 568 – 573.

51. Larin V. Formalized Model Descriptions Of Modified Solid-State Plasma-Like Materials To Protect Radio-Electronic Means From The Effects Of Electromagnetic Radiation / M. Iasechko, V. Larin, O. Ochkurenko, S. Salkutsan, L. Mikhailova, O. Kozak // IJATCSE. — 2019. — 8(3). — pp. 393 – 398. **ISSN:** 22783091. **DOI:** 10.30534/ijatcse/2019/09832019. **Scopus.**

52. Larin V. Model and development of plasma technology for the protection of radio-electronic means of laser emission / M. Iasechko, O. Turinskyi, V. Larin, D. Dulenko, V. Kravchenko, O. Golubenko, D. Sorokin, O. Zolotukhin // IJATCSE. — 2019. — 8(5). — pp. 2429 – 2433. **ISSN:** 22783091. **DOI:** 10.30534/ijatcse/2019/85852019. **Scopus.**

53. Larin V. Drawbacks of wireless telecommunication systems / V. Larin, M. Pavlenko, A. Abdalla // 2-а міжнародна науково-практична конференція, (Кропивницький, 2 – 3 квітня 2020 р.) / Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький: 2020: тези допов. — С. 49.

54. Larin V. Influence of ionization source onto macroscopic parameters of the air media in the holes in cops-screens of radio electronic means / M. Iasechko, V. Larin, D. Maksiuta, O. Ochkurenko, Y. Samsonov, H. Lyashenko, A. Zinchenko // APRN Journal of Engineering and Applied Sciences. — 2019. — № 14 (20). — pp. 3566 – 3571. **ISSN:** 18196608. **Scopus.**

Анотація

Ларін В.В. Методи підвищення якості обробки відеоінформації в комп'ютерних системах та мережах спеціального призначення. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 “Комп'ютерні системи та компоненти” (123 – Комп'ютерна інженерія). – Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, 2021.

При виконання дисертаційної роботи отримані такі основні наукові результати: вперше запропоновано метод обробки відеопотоку на основі кодування прогнозованих кадрів; одержав подальшого розвитку метод формування компактного представлення сегментованих зображень; одержав подальшого розвитку метод обробки кадрів відеопотоку на основі трансформування; вперше запропоновано метод компресії відеопотоку динамічних зображень стаціонарного фону; удосконалено метод обробки динамічної складової диференційно-представлених кадрів; удосконалено метод компактного представлення службових даних, вперше запропоновано метод представлення службових даних диференційно-поданого кадру.

Практичне значення отриманих результатів: відбувається скорочення часу передачі відеоданих від джерела до приймача в середньому від 15% до 25% для технології Wi-Fi.

Ключові слова: оперативність, комп'ютерні системи та мережі спеціального призначення, обробка, відеоінформація, трафік, сервіс, програмно-апаратні компоненти, якість, метод, модель, інтенсивність, пропускна здатність.

Аннотация

Ларин В.В. Методы повышения качества обработки видеоинформации в компьютерных системах и сетях специального назначения. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты" (123 - Компьютерная инженерия). - Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков, 2021.

При выполнении диссертационной работы получены следующие основные научные результаты: впервые предложен метод обработки видеопотока на основе кодирования прогнозируемых кадров; получил дальнейшее развитие метод формирования компактного представления сегментированных изображений; получил дальнейшее развитие метод обработки кадров видеопотока на основе трансформирования; впервые предложен метод компрессии видеопотока динамических изображений стационарного фона; усовершенствован метод обработки динамической составляющей дифференциально-представленных кадров; усовершенствован метод компактного представления служебных данных, впервые предложен метод представления служебных данных дифференциально-представленного кадра.

Практическое значение полученных результатов: происходит сокращение времени передачи видеоданных от источника к приемнику в среднем от 15% до 25% для технологии Wi-Fi.

Ключевые слова: оперативность, компьютерные системы и сети специального назначения, обработка, видеоинформация, трафик, сервис, программно-аппаратные компоненты, качество, метод, модель, интенсивность, пропускная способность.

ANNOTATION

Larin V. Methods of improving the quality of video information processing in computer systems and special purpose networks. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.13.05 "Computer systems and components" (05 – technical sciences). – Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, 2021.

The development of software and hardware components of video information processing in computer systems and special purpose networks, which are determined by the growth of traffic and society's need for modern services, lead to the need for continuous growth and modernization of computer systems and networks.

The existing mechanisms provide an impact on the intensity of the flow of video information due to unforeseen loss of information and significant delays in processing.

Therefore, it is necessary to investigate the conditions and causes of increased intensity of the video stream, based on the analysis of which, the development of a method

for controlling the intensity of video data in compliance with the requirements for the quality of restored video information on the receiving side.

Thus, the topic of the dissertation research on the development of methods for improving the quality of video information processing in computer systems and special purpose networks is relevant.

As a result of the dissertation work the following main scientific results were obtained:

1) for the first time a method of video stream processing based on coding of predicted frames in computer systems and special purpose networks is proposed, which allows to reduce the amount of transmitted data by an average of 2-3 times.

2) the method of forming a compact representation of segmented images, which differs from the known process of construction of codograms, taking into account the established limit on the maximum length of the codogram and provides compression in the mode of limited values of the quality loss factor.

3) the method of processing video stream frames based on transformation, which differs from the known compact representation of transformants as a result of recurrent two-level coding, which allows to organize image reconstruction using a number of operations not exceeding the number of operations spent on compression.

4) for the first time the method of video stream compression of dynamic images of a stationary background on the basis of separate processing of stationary and dynamic components is offered that allows to consider structural features of a differential frame, namely various degree of saturation and the big sizes of areas of a stationary background.

5) the method of processing the dynamic component of differentially represented frames is improved, which differs from the known ones by constructing position numbers with adaptive choice of base values and allows to increase the degree of compression of the binary mask of differentially represented frames.

6) improved method of compact representation of service data, which differs in the use of structural similarity of the matrix of pointers and the matrix of the binary mask and allows to take into account the structural similarity of the video stream.

7) a method for presenting service data of a differentially represented frame has been created, which allows to build a system for controlling the bit rate of the video stream in computer systems and networks with low channel bandwidth.

The practical significance of the obtained: gain by the degree of intensity reduction at a given parameter PSNR on average from 20% to 36% relative to the MPEG standard; the specified level of intensity in the control process for higher quality indicators, which is determined by the PSNR parameter, at a level of approximately 30 dB. This is on average 16% better than the MPEG standard; reduction of video transmission time from source to receiver on average from 18% to 23% for Wi-Fi technology; reducing the utilization factor of the switching node by an average of 8% at the maximum intensity of video traffic; reduction of video stream processing time by an average of 4% compared to similar mechanisms in the MPEG standard; reducing the probability of packet loss by an average of 4 to 6 times compared to the MPEG standard.

The researches carried out in the dissertation work allow to develop and to improve the software and hardware components of video information processing in computer systems and special purpose networks.

The validity of the main scientific provisions, conclusions and recommendations obtained in the dissertation is confirmed by the software integration of the developed

methods in computer systems and special purpose networks, as well as the absence of contradictions between known and obtained scientific results.

In favor of the reliability of the main scientific provisions, conclusions and recommendations, the results of evaluating the effectiveness of the process of managing the intensity of video traffic in computer systems and special purpose networks, as well as testing the results of scientific and technical seminars and conferences.

The results of the dissertation can be useful:

- during conducting research on the creation of effective tooling for computer systems and special purpose networks;
- in the development of hardware and software for the processing and transmission of information in computer systems and special purpose networks;
- in the development of new and improvement of existing methods of reducing the compact representation of the video information resource;
- in academic disciplines related to the organization of the principles of construction, circuit solutions and design of computer systems and special purpose networks.

Keywords: efficiency, computer systems and special purpose networks, processing, video information, traffic, service, software and hardware components, quality, method, model, intensity, bandwidth.