

# Теоретичні основи розробки та експлуатації систем озброєння

УДК 623.4.05

DOI: 10.30748/soivt.2019.60.08

В.В. Бараннік<sup>1</sup>, М.С. Мруць<sup>1</sup>, В.С. Згоднік<sup>1</sup>, В.В. Бараннік<sup>2</sup>, В.В. Твердохліб<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

<sup>2</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

## УПРАВЛІННЯ ІНТЕНСИВНІСТЮ ВІДЕОТРАФІКУ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ТА ПЕРЕДАЧІ ВІДЕОІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ

*Розробляється метод управління бітовою швидкістю для забезпечення узгодження характеристик відеопотоку, що динамічно змінюються і характеристик інфокомунікаційної мережі. Розроблений метод дозволяє підвищити ефективність функціонування відеосервісів на базі існуючих технологій кодування, без втручання в алгоритми їх роботи. При цьому, забезпечується якість надання послуг у мережі в умовах зростання кількості сервісів та їх користувачів, при тих же самих значеннях пропускної здатності.*

**Ключові слова:** відеоінформація, пропускна здатність, бітова швидкість, кодек, буфер, квантування, вектор зміщення.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Телекомунікаційні системи бурхливо розвиваються в сучасному світі, вони застосовуються в усіх сферах людської діяльності, також у військовій сфері. Розвідка, постійне спостереження та своєчасна передача інформації про дії противника стали запорукою успішності бойових операцій на війні. Сучасні безпілотні літальні апарати (БпЛА) полегшують виконання цих завдань.

Сучасна телекомунікаційна система України достатньо ефективна, стійка, мобільна і захищена. Але цього не достатньо, тому робота щодо її вдосконалення триває. Це пов'язано з тим, що сучасний стан інформаційних мереж характеризується високими темпами зростання об'ємів інформації, що передається. Проте швидкість розвитку мережі значно перевищує функціональні можливості устаткування, що призводить до неможливості надання всім додаткам та сервісам необхідної пропускної спроможності.

На сьогоднішній день відсоток відеотрафіку у мережі є домінуючим. Його об'єм складає близько 80% у загальному обсязі трафіку [1–5]. Постає основна задача швидкої передачі відеопотоку з мінімальною втратою якості.

Рішенням завдання своєчасної доставки відеоінформації з контрольованою втратою якості в інформаційній мережі полягає в виконанні декількох вимог.

Перша вимога полягає в необхідності узго-

дження змінної інтенсивності відеопотоку та динаміки пропускної здатності мережі [6–9]. Тут потрібно зазначити наступне:

– з одного боку змінними є структурні, статистичні, психовізуальні і семантичні характеристики потоку відеокадрів. Це призводить до змінних значень інтенсивності стисненого відеопотоку;

– з іншого боку змінними є характеристики самої мережі. Це обумовлено неоднорідністю мережі, нерівномірністю навантаження на вузли комутації мережі, що динамічно змінюються із зміною кількістю користувачів мережі і їх сервісними потребами.

Другою вимогою є правильний вибір кодеку, який забезпечуватиме високий коефіцієнт стиснення [10–12].

Третьою вимогою є встановлення балансу між коефіцієнтом стиснення і якістю. Проблематика полягає в тому, що існуючі технології стиснення не дозволяють створювати технології узгодження, які відповідають вимогам відеоінформаційного сервісу з використанням інформаційно-комунікаційних технологій.

**Актуальність дослідження.** Мережевий трафік сучасних комп'ютерних мереж носить випадковий і нестаціонарний характер, обумовлений зміною інтенсивності потоків даних в різний час доби і непередбачуваністю характеру роботи абонентів мережі. Інтенсивність потоку стислих відеоданих їх структура і об'єм залежить як від вмісту вихідних зображень, так і від особливостей технології їх обробки [7–12].

Зокрема, пропускна здатність передачі даних у мережі визначається виразом:

$$S_M(t) = F_M(m_1, m_2, m_3, m_4, m_5), \quad (1)$$

де  $F_M$  – функціонал (логічний зв'язок);

$m_1$  – базова пропускна здатність (визначається характеристикою мережі);

$m_2$  – кількість активних сеансів прийому і передачі;

$m_3$  – неоднорідність трафіку;

$m_4$  – час доби;

$m_5$  – дія сторонніх завад.

У свою чергу бітова швидкість відеопотоку описується функціональною залежністю між рядом величин, як показано наступним виразом:

$$S_n(t) = F_n(n_1, n_2, n_3), \quad (2)$$

де  $F_n$  – функціонал, що описує взаємозв'язок між факторами, що впливають на формування бітової швидкості відеопотоку;

$n_1$  – структурні особливості зображення;

$n_2$  – тип кодування та множинна налаштувань параметрів кодування;

$n_3$  – особливості джерела відеоданих (роздільна здатність, інтенсивність, зміна сцен).

Схема узгодження бітової швидкості відеопотоку та швидкості передачі даних в мережі представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема узгодження бітової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних в мережі

Аналізуючи схему, наведену на рис. 1 можна зробити висновок, що існують дві величини, які мають різну природу формування. Тому у загальному випадку ці величини є незалежними між собою, та не узгодженими. Враховуючи це, можемо сказати, що така неузгодженість (рис. 2) є причиною зниження якості прийнятих відеоданих, або у деяких випадках унеможливує трансляцію відеотрафіку.

Тому, актуальним є питання узгодження бітової швидкості потоку та пропускної здатності мережі. Для дослідження характеру неузгодженості бітової швидкості відео з пропускною здатністю мережі було проведено дослідження.

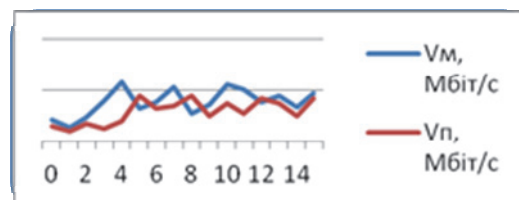


Рис. 2. Приклад неузгодженості бітової швидкості відеопотоку та пропускної здатності мережі

В ході цього дослідження здійснювалося передавання відеопотоку з одного джерела ряду абонентів протягом 200 хвилин на базі локальної мережі стандарту FAST Ethernet (100BASE-T). Фізичним середовищем передачі є кабель типу “вита пара” категорії 5Е.

У експерименті було задіяно 12 абонентів (робочих станцій мережі) та відеосервер, який був джерелом відеотрафіку.

При цьому параметри сервера даних, який виконував функції джерела відео були такі:

- ОЗП DDR4 (8 Гб);
- процесор Intel Xeon з тактовою частотою 4 ГГц;
- пристрій зберігання інформації Seagate 1 Тб;
- відеоадаптер GDDR5 (1 Гб).

Операційна система відеосерверу – Windows Server 2012. Мережева адреса джерела 192.168.1.201.

У свою чергу характеристики передавача (відеосервера) наступні:

- ОЗП DDR3 (3 Гб);
- процесор Intel Xeon E5-2430 з тактовою частотою 2,2 ГГц;
- дисковий накопичувач Seagate 250 Гб;
- процесор обробки відео Intel HD Graphics (інтегрований).

Операційна система передавача – Windows 7 Ultimate. Мережева адреса передавача 192.168.1.202.

Прийом відеопотоку здійснювався контрольним приймачем з такими характеристиками:

- ОЗП DDR3 (4 Гб);
- процесор Intel Xeon E5-2430 з тактовою частотою 2,2 ГГц;
- дисковий накопичувач Seagate 320 Гб;
- процесор обробки відео Intel HD Graphics (інтегрований).

Операційна система контрольного приймача – Windows 7 Ultimate. Адреси приймачів задіяних у дослідженні мають наступний діапазон 192.168.1.99 (контрольний приймач) – 192.168.1.110.

Задіяне окреме активне обладнання – роутер DLink DIR-400.

Трансляція відеопотоку здійснювалася за допомогою мультимедійного плеєру VLC, як контрольному приймачеві так й іншим 11 абонентам по

протоколу RTSP з мережевої адреси RTSP://192.168.1.201:8554. Така передача відеопотоку виконувалася у режимі UNICAST. Як трансляція, так і пройом відеоданих здійснювався також VLC плеєром. При цьому параметри відео наступні:

- задіяний кодек H-264;
- реконструйований формат Planar 4:2:0 YUV;
- роздільна здатність кадру 800x600 пікселів;
- частота кадрів 25 кадрів/с.

Одночасно з цим транслиювався аудіопотік з бітовою швидкістю 192 Кбіт/с.

Під час експерименту відбувалася трансляція відеопотоку 12 абонентам протягом 200 хвилин. При цьому кожної хвилини проводилася фіксація значень інтенсивності навантаження здійснюваного на мережу на Ethernet-інтерфейсі відеосерверу.

У ході дослідження було зафіксовано характер завантаження мережі під час транслиювання відеопотоку абонентам (рис. 3).

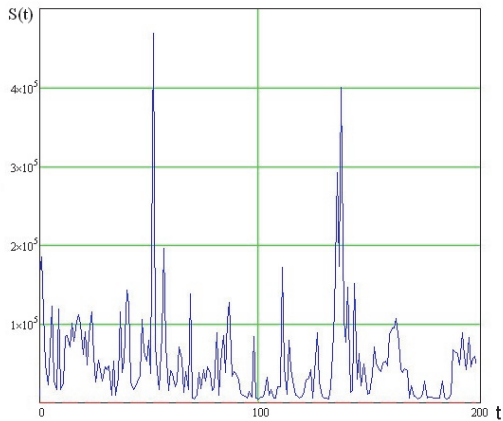


Рис. 3. Характер зміни бітової швидкості відеопотоку у ході трансляції

Аналіз рис. 3 показує, що з початку трансляції інтенсивність завантаження мережі на 1 хв. спостереження сягає показника 19 Мбіт/с.

Аналогічно, можна проаналізувати наступні піки передачі відеофайлу. На 51 хв. показник сягає 47 Мбіт/с, на 55 хв. – 20 Мбіт/с, на 107 хв. – 17 Мбіт/с, на 131 хв. – 28 Мбіт/с, на 133 хв. – 38 Мбіт/с, на 136 хв. – 25 Мбіт/с, на 138 хв. – 26 Мбіт/с.

На спостережуваному інтервалі часу зафіксовано 7 моментів перевантаження мережі, які спричинили втрату або завмирання пакетів.

Відповідно на моніторі контрольного приймача ці моменти часу характеризувалися короточасним завмиранням відео та частковим руйнуванням відеокадрів. Найбільшою мірою зниження якості відеоданих спостерігалось у моменти часу, що відповідають 51 і 133 хв., коли спостерігалось завмирання зображення з повним його руйнуванням. На кожно-

му з відмічених вище моментів спостерігалось стрибкоподібні відображення відеокадрів (тобто кадри в дані моменти часу було втрачено).

Аналіз зміни характеру завантаження мережі, а також затримки передавання пакетів, виявлений у результаті виконання дослідження дозволяє зробити висновок, що існуючі технології кодування відеоданих спрямовані на зменшення бітової швидкості відеопотоку, здатні сприяти зменшенню загального навантаження на мережу. Одночасно з цим, ці технології не забезпечують узгодження інтенсивності відеопотоку з пропускною здатністю мережі, наслідком цього є випадки перевантаження мереж. Це у свою чергу спричиняє зниження якості передавання відеотрафіку та втрати відеоданих під час трансляції, іншими словами вимоги до якості надаваних сервісів не забезпечуються. Таким чином для підвищення ефективності функціонування відеосервісів та зменшення вірогідності перевантаження мережі, доцільною є розробка та застосування алгоритмів управління бітовою швидкістю відеопотоку.

**Мета статті** полягає в розробленні методу управління бітовою швидкістю для забезпечення узгодження характеристик відеопотоку, що динамічно змінюються і характеристик інфокомунікаційної мережі.

## Виклад основного матеріалу

Сімейство технологій на сьогоднішній день є найбільш розповсюдженим для рішення завдання кодування відеоданих. При цьому внутрішньокадрове кодування у технології здійснюється на базі JPEG.

До переваг такого підходу можна віднести наступне:

- високий коефіцієнт стиснення;
- забезпечення роботи з усіма видами зображень;
- можливість регулювання параметрів стиснення;
- можливість балансування стиснення і якості;
- повністю симетричний процес відновлення.

Основним недоліком даного підходу є неузгодження між собою швидкостей.

Покроковий розгляд схеми представлений нижче. Першим кроком є сегментація кадру - зображення розбивається на блоки 8x8 пікселів. Це підготовчий крок до наступного етапу.

На другому кроці відбувається перетворення зображення з моделі RGB в кольоровий простір YCbCr.

На цьому кроці стиснення не відбувається, кожен піксель залишає складатися з трьох компонентів, тільки тепер це – яскравість і два кольорових компоненти. Тобто результат такий: створюється

чорно-біле зображення і деяка кольорова маска для нього (синього і червоного кольорів). Виконується це через людський зір, доведено, що людське око менш чутливе до зміни кольорів ніж до зміни яскравості.

Таке попереднє перетворення потрібне для того щоб з кольорових каналів можна було забрати частину деталей. Це і відбувається в подальшому. Кожних чотири кольорових пікселів об'єднуються в один, від цього зменшується кольорове розширення і втрачаються деякі деталі, але це практично не помітно. Таким чином можна зменшити об'єм файлу вже у 2 рази.

Для подальшої роботи алгоритм має зрозуміти на скільки багато деталей в кожному блоці, і якщо їх там мало закодувати меншою кількістю біт. Відбувається таке перетворення за допомогою Дискретно-косинусного перетворення (ДКП).

На третьому кроці виконується дискретно-косинусне перетворення. Блоки  $8 \times 8$  вже розбиті на канал яскравості і канали двох кольорів, в подальшому перетворення відбувається над кожним каналом окремо.

Результат ДКП блоків  $8 \times 8$  можна представити як суміш із 64-х базових картинок на яких зображені плавні переходи, які називаються просторовими хвилями.

ДКП вираховує коефіцієнти для наложування такої базової картинки одна на одну. Всього 64 числа, а коефіцієнт – це важливість складової, є ті що відповідають за плавні переходи і ті що відповідають за більш часті переходи, якщо деталей мало, то коефіцієнти у останніх будуть практично нульовими. Саме завдяки цьому моменту можна провести сильніше стиснення.

Четвертим кроком є етап квантування. На етапі квантування відбувається ділення кожного коефіцієнта ДКП на деяке число відповідно до матриці квантування. Ця матриця може бути фіксованою, або для якіснішого і ефективнішого стиснення отримана в результаті аналізу характеру початкової картини. Чим більші числа на які відбувається ділення, тим більше в результаті ділення буде нульових значень, тобто сильніше стиснення і помітніші втрати. Тобто даний етап надає більшу можливість стиснення зображення. Базова формула розрахунку матриці квантування в стандарті JPEG:

$$Q = 1 + (1 + L) \cdot \lambda, \quad (3)$$

де  $Q$  – матриця квантування;

$L$  – координатна змінна;

$\lambda$  – крок квантування.

В даному випадку:

$$L = i + j,$$

де  $i$  – ширина кадру;

$j$  – довжина кадру.

Наступний крок – кодування за Хаффманом. Перед цим відбувається перетворення матриці ДКП в лінійну послідовність. Робиться це для того, щоб згрупувати по можливості разом всі числові значення і всі нульові значення спектру.

Порядок сканування починається з лівого верхнього кута до правого нижнього і називається “zigzag” скануванням. В результаті матриця  $8 \times 8$  квантових коефіцієнтів перетворюється на лінійну послідовність з 64 чисел (велика частина з яких нульові).

При застосуванні алгоритму статистичного кодування за Хаффманом з'являється нова послідовність розміри якої значно менші за розміри масиву початкових даних (відбувається заміна нульових значень). Кодування за Хаффманом має таке представлення: нульові значення, яких дуже багато кодуються малою кількістю біт, а інші символи – більшою кількістю біт.

В кінці, все що залишилося від блоків  $8 \times 8$  поєднуються в один файл і виходить у вихідне стиснене зображення, зчитування відбувається в зворотньому порядку.

В роботі запропоновано використовувати алгоритм управління бітовою швидкістю орієнтований на роботу з алгоритмом внутрішньокадрового кодування у сімействі MPEG, а саме JPEG. Вибір базису JPEG пояснюється впершу чергу тим, що саме такий механізм обробки використовується більшістю технологій кодування відео.

Розроблена схема управління бітовою швидкістю представлена на рис. 4.

Далі пропонується більш детально проаналізувати розроблену схему. На наступному кроці після роботи кодеку, певний об'єм кодованих відеоданих попадає в буфер. Буфер має певний фіксований розмір. При цьому ступінь завантаженості буферу у довільний момент часу залежить від об'єму даних який поступає у поточний момент часу, кількості біт, які знаходилися у буфері в попередній момент та від пропускної здатності каналу. У деякий довільний момент часу  $t_n$  до буферу надходить деякий об'єм даних. Якщо у деякий довільний момент часу не виконується умова:

$$V(t_n) < V_{\text{конт}},$$

то необхідно знизити бітову швидкість даних, які надходять.

$$V(t) \leq P, \quad (4)$$

де  $V(t)$  – об'єм обробленого кадру;

$P$  – пропускна можливість каналу.

При цьому на першому кроці управління бітовою швидкістю, здійснюється перевірка наявного кроку квантування.

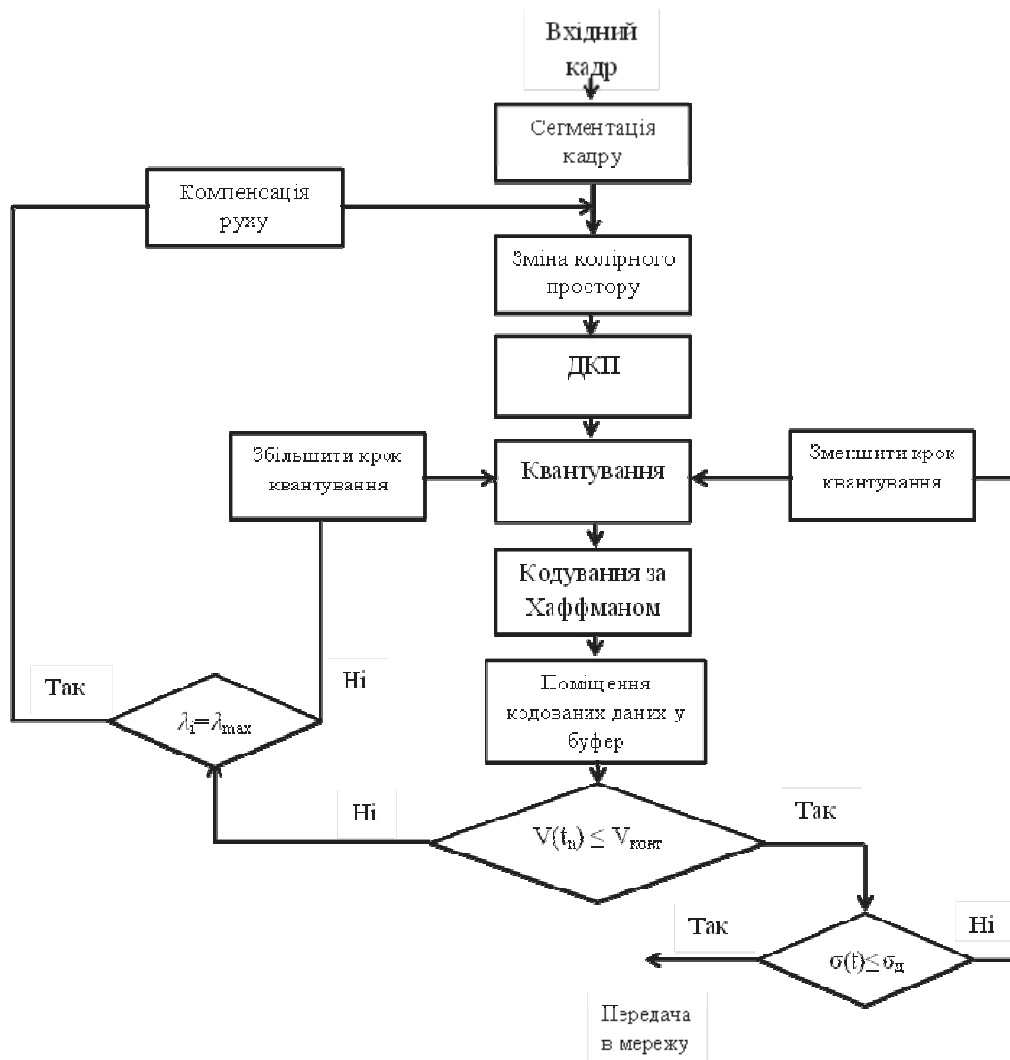


Рис. 4. Структурна схема управління інтенсивністю відеотрафіку

При цьому, якщо не досягнуто максимального кроку квантування, попередньо приймається рішення про збільшення поточного кроку квантування у поточний момент часу.

Таким чином, для часового проміжку  $t_2$ , тобто наступного від поточного, квантування буде здійснюватися вже з іншим показником, тобто з іншим кроком квантування. Відповідно, об'єм даних для наступного проміжку часу, буде надходити в буфер, після чого буде здійснюватися запит до контролеру буферного пристрою, на предмет контролю перевищення значення  $V_{\text{конт}}$ .

Якщо кількість біт в буфері буде більшою, ніж  $V_{\text{конт}}$ , буде прийматися рішення про подальше збільшення кроку квантування.

Таким чином на кожному наступному кроці, який буде відповідати наступним часовим проміжкам, буде зростати крок квантування, до тих пір поки не буде досягнуто зниження рівня заповненості буфера, нижче контрольного, або якщо буде досягнуто максимальне значення кроку квантування.

Якщо досягнуто максимального кроку квантування, але одночасно з цим зниження заповнення буфера не буде забезпечено, буде задіяно механізм компенсації руху.

У роботі розглядається метод зіставлення блоків, який ґрунтується на тому, що об'єкти і їх місце розташування на кадрі з плином часу змінюються незначно. Тоді в околиці будь-якої точки кадру цю зміну з високим ступенем точності можна наблизити паралельним перенесенням цієї околиці на деякий вектор.

Тобто, основна мета методу компенсації руху полягає в тому, що між двома послідовними кадрами, кодується їхня різниця.

При блоковому підході для кожного блоку компенсація проводиться незалежно від сусідніх блоків. Виходячи з того, що рух по сцені здійснюють об'єкти, необхідно, щоб компенсації по всіх блоках одного і того ж об'єкта давала один і той же результат. Це можна зробити, якщо співвіднести кожному блоку кадру той чи інший об'єкт руху сцени. Після цього можна буде оцінювати сумарну

помилку компенсації по всіх блоках.

Процес сегментації може відбуватися незалежно від процесу пошуку параметрів руху, або і те, і інше може визначатися в рамках єдиного процесу, що повторюється ітеративно. У першому випадку підставою для сегментації служить зазвичай яркісна інформація, у другому сегментація проводиться з урахуванням знайдених параметрів руху, які потім уточнюються. Іноді сегментація кадру на об'єкти застосовується після визначення векторів зсуву для окремих блоків з метою корекції знайденого векторного поля.

Загальна ідея методу компенсації руху визначена наведеними нижче виразами.

У випадку, якщо кодується весь кадр :

$$V(K_i) = \sum_{j=1}^Y V(S_j), \quad (5)$$

де  $V(K_i)$  – бітова швидкість вихідного кадру;

$V(S_j)$  – бітова швидкість блоку;

$j$  – загальна кількість сегментів.

У випадку, якщо кодується вектор руху:

$$V(K_i) = \sum_{\mu=1}^{\omega} V(S_{\mu}), \quad (6)$$

де  $V(K_i)$  – бітова швидкість вихідного кадру при компенсації руху;

$V(S_{\mu})$  – бітова швидкість блоків, які будуть передаватися;

$\mu$  – кількість сегментів, які формують частину кадру, яка буде зміщуватися.

Але основною умовою є:  $\omega \ll Y$ .

Якщо досягнуто в буфері зниження кількості нижче  $V_{конт}$ , то далі виконується оцінка наявної.

Умова, за якої застосоване управління у момент часу  $t$  забезпечує ефективне узгодження бітової швидкості відеоданих з пропускнуою здатністю, буде наступною:

$$\sigma(t) \leq \sigma_{\delta}, \quad (7)$$

де  $\sigma(t)$  – середньо-квадратична помилка після виконання усіх кроків алгоритму у момент  $t$ ;

$\sigma_{\delta}$  – допустиме значення середньої квадратичної помилки.

У випадку, коли наявний рівень помилки не перевищує заданий, приймається рішення про переміщення сегменту даних у мережу.

Якщо досягнутий рівень помилки, перевищує  $\sigma_{\delta}$ , необхідно скорегувати рівень помилки шляхом зниження кроку квантування. У той же час, на відміну від зміни кроку квантування, при корекції бітової швидкості зміна величини  $\lambda_1$  буде здійснюватися на одиницю за крок.

Підходи до підвищення кроку квантування:

1. Перший підхід, полягає у збільшенні кроку квантування на одиницю за крок.

2. Другий підхід застосовує метод половинного ділення відрізка (рис. 5).

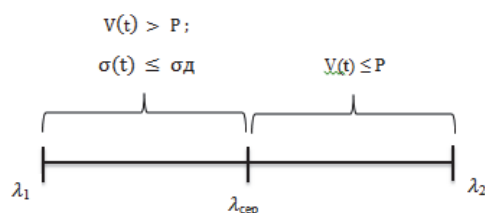


Рис. 5. Схема методу половинного поділу відрізка

Визначаємо значення  $\lambda_1 = \min$  та  $\lambda_2 = \max$ . Відповідно до методу поділу відрізка шукаємо середнє значення на відрізку  $[\lambda_1, \lambda_2]$ :

$$\lambda_{сеп} = (\lambda_1 + \lambda_2) / 2. \quad (8)$$

Якщо  $V(t) > P$  і  $\sigma(t) \leq \sigma_{\delta}$ , то  $\lambda_1 := \lambda_{сеп}$ , тобто вибирається ліва частина відрізка.

Якщо  $V(t) > P$  і  $\sigma(t) > \sigma_{\delta}$ , то задача не має розв'язку і алгоритм припиняє роботу;

Якщо  $V(t) \leq P$ , то  $\lambda_2 := \lambda_{сеп}$ , тобто вибирається права частина відрізка.

Даний метод пошуку закінчиться тоді, коли результат буде оптимальним для роботи буферу. Якщо цього не відбулося, то відбувається повторний цикл з вибраною частиною відрізка.

## Висновки

Аналіз закономірностей зміни величини бітової швидкості відеопотоку та пропускнуої здатності мережі показав, що існує необхідність узгодження даних величин. Така необхідність обумовлена постійною зміною бітової швидкості відеопотоку і пропускнуої здатності з причини їх взаємної незалежності. Такі висновки було підтверджено за результатами проведеного дослідження. При цьому, використання технологій кодування, які дозволяють суттєво скоротити бітову швидкість відеопотоку є недостатньо ефективним, оскільки при цьому здійснюється виключно зменшення об'єму відеоданих без узгодження їх параметрів з пропускнуою здатністю.

У ході виконання дослідження проаналізовано технологію внутрішньо кадрового кодування JPEG, її особливості, переваги та недоліки. Це дало змогу на базі технології JPEG розробити метод управління інтенсивністю відеотрафіку. Розроблений метод базується на зміні параметрів кодування базового JPEG та компенсації руху.

Основні відмінності розробленого методу полягають у тому, що в процесі узгодження бітової інтенсивності запропоновано враховувати технологічні процеси щодо компенсації руху об'єктів між сусідніми кадрами в потоці.

Це дозволяє підвищити якість в умовах забезпечення потрібної бітової інтенсивності.

Розроблений метод дозволяє підвищити ефективність функціонування відеосервісів на базі існуючих технологій кодування, без втручання в алго-

ритми їх роботи.

При цьому, забезпечується якість надання послуг у мережі в умовах зростання кількості сервісів та їх користувачів, при тих же самих значеннях пропускну здатності.

## Список літератури

1. Miano J. Formats and image compression algorithms in action / J. Miano. – Kyiv: Triumph, 2013, 336 p.
2. Абламейко С.В. Обработка изображений: технология, методы, применение / С.В. Абламейко, Д.М. Лагуновский, Минск: Амалфея, 2000. – 304 с.
3. Shirani J.S. JPEG compliant efficient progressive image coding / J.S. Shirani, F. Kossentini // Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). – Seattle. – 1998. – P. 2633-2636. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.1998.678063>.
4. Miano J. Compressed image file formats: JPEG, PNG, GIF, XBM, BMP / J. Miano. – Moscow: ACM, 1999. – 264 p.
5. Pratt W. Slant transform image coding. Proc. Computer Processing in communications / W.K. Pratt, W.H. Chen, L.R. Welch. – New York: Polytechnic Press, 1969. – 184 p.
6. Efficient hierarchical graph-based video segmentation / M. Grundmann, V. Kwatra, M. Han, I. Essa // 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – San Francisco. – 2010. – P. 2141-2148.
7. Gonzalez R. Digital image processing / R. Gonzalez, K. Woods. – Kyiv: Tekhnosfera, 2018. – 1104 p.
8. Salomon D. Data Compression: The Complete Reference. Fourth Edition / D. Salomon. – London: Springer-Verlag Limited, 2007. – 899 p.
9. Encoding mode selection in HEVC with the use of noise reduction / O. Stankiewicz, K. Wegner, D. Karwowski, J. Stankowski, K. Klimaszewski // International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP). – Poznan, 2017. – P. 1-6.
10. Christophe E. Quality criteria benchmark for hyperspectral imagery / E. Christophe, D. Lager, C. Mailhes // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2005. – № 9(43). – P. 2103-2114.
11. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: ДИАЛОГ–МИФИ, 2003. – 384 с.
12. Баранник В.В. Основы теории структурно-комбинаторного стеганографического кодирования: монография / В.В. Баранник, Д.В. Баранник, А.Э. Бекиров. – Х.: Лидер, 2017. – 256 с.

## References

1. Miano, J. (2013), *Formats and image compression algorithms in action*, Triumph, Kyiv, 336 p.
2. Ablamejko, S.V. and Lagunovskij, D.M. (2000), “*Obrabotka izobrazhenij: tehnologija, metody, primenenie*” [*Image processing: technology, methods, application*], Amalfeja, Minsk, 303 p.
3. Shirani, J.S. and Kossentini, F. (1998), JPEG compliant efficient progressive image coding, *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, Seattle, USA, pp. 2633-2636. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.1998.678063>.
4. Miano, J. (1999), *Compressed image file formats: JPEG, PNG, GIF, XBM, BMP*, ACM, Moscow, 264 p.
5. Pratt, W., Chen, W.H. and Welch, L.R. (1969), *Computer Processing in communications*, Polytechnic Press, New York, 1969, 184 p.
6. Grundmann, M., Kwatra, V., Han, M. and Essa, I. (2010), Efficient hierarchical graph-based video segmentation, *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Francisco, California, pp. 2141-2148.
7. Gonzalez, R. and Woods, K. (2018), *Digital image processing*, Tekhnosfera, Kyiv, 1104 p.
8. Salomon, D. (2007), *Data Compression: The Complete Reference. Fourth Edition*, Springer-Verlag Limited, London, 899 p.
9. Stankiewicz, O., Wegner, K., Karwowski, D., Stankowski, J., Klimaszewski, K. and Grajek, T. (2017), Encoding mode selection in HEVC with the use of noise reduction, *International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*, Poznan, pp. 1-6.
10. Christophe, E., Lager, D. and Mailhes, C. (2005), Quality criteria benchmark for hyperspectral imagery, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, No. 9(43), pp. 2103-2114.
11. Vatin, D., Ratushnyak, A., Smirnov, M. and Yukin, V. (2003), “*Metody szhatiya dannyih. Ustroystvo arhivatorov, szhatie izobrazheniy i video: uchebnoe posobie*” [*Methods of data compression. The device archivers, image and video compression: a training manual*], DIALOGUE–MEPhI, Moscow, 384 p.
12. Barannik, V.V., Barannik, D.V. and Bekirov, A.E. (2017), “*Osnovyi teorii strukturno-kombinatornogo steganograficheskogo kodirovaniya*” [*Fundamentals of the theory of structurally combinatorial steganographic coding*], Leader, Kharkiv, 256 p.

Надійшла до редколегії 15.10.2019

Схвалена до друку 19.11.2019



**Відомості про авторів:**

**Бараннік Володимир Вікторович**

доктор технічних наук професор  
начальник кафедри  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2848-4524>

**Мруць Мар'яна Сергіївна**

курсант  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-1942-8798>

**Згоднік Віктор Сергійович**

курсант  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-1223-8924>

**Бараннік Валерій Володимирович**

студент  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2848-4524>

**Твердохліб Віталій Вікторович**

викладач  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2996-9523>

**Information about the authors:**

**Vladimir Barannik**

Doctor of Technical Science Professor  
Head of Department  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2848-4524>

**Mariana Mruts**

Cadet  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-1942-8798>

**Viktor Zgodnik**

Cadet  
of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-1223-8924>

**Valery Barannik**

Student  
of Kharkov National University  
of Radio Electronics,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2848-4524>

**Vitalii Tverdokhlib**

Instructor  
of Kharkiv National University  
of Radio Electronics,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2996-9523>

**УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ВИДЕОТРАФИКА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

В.В. Баранник, М.С. Мруць, В.С. Згоднік, В.В. Баранник, В.В. Твердохліб

*Разрабатывается метод управления битовой скоростью для обеспечения согласования характеристик видео-потока, которые динамично меняются и характеристик инфокоммуникационной сети. Разработанный метод позволяет повысить эффективность функционирования видеосервисов на базе существующих технологий кодирования, без вмешательства в алгоритмы их работы. При этом обеспечивается качество предоставления услуг в сети в условиях роста количества сервисов и их пользователей, при тех же самых значениях пропускной способности.*

**Ключевые слова:** видеоинформация, пропускная способность, битовая скорость, кодек, буфер, квантование, вектор смещения.

**CONTROL OF VIDEOTRAFIC INTENSITY FOR INFORMATION TECHNOLOGIES OF PROCESSING  
AND TRANSMISSION OF VIDEO INFORMATION RESOURCES**

V. Barannik, M. Mruts, V. Zgodnik, V. Barannik, V. Tverdokhlib

*It is proposed to develop a method of bit rate control to ensure the harmonization of the characteristics of dynamically changing video stream and the characteristics of the infocommunication network. A bit rate control method is being developed to ensure that the characteristics of the dynamically changing video stream and that of the infocommunication network are consistent. An analysis of the patterns of changes in the bit rate of the video stream and the network bandwidth showed that there is a need to agree on these values. This need is due to the constant change in the bit rate of the video stream and bandwidth due to their mutual independence. Such findings were confirmed by the results of the study. At the same time, the use of encoding technologies that can significantly reduce the bit rate of the video stream is not effective enough, since it only reduces the amount of video data without matching their parameters with bandwidth. In the course of the research, JPEG internal coding technology, its features, advantages and disadvantages were analyzed. This enabled JPEG to develop a method for managing video traffic intensity. The developed method is based on changing the basic JPEG encoding parameters and motion compensation. The main differences of the developed method are that in the process of matching the bit intensity it is suggested to take into account the technological processes for compensating the movement of objects between adjacent frames in the flow. This allows to improve the quality in terms of providing the required bit intensity. The developed method allows to increase efficiency of functioning of video services on the basis of existing coding technologies, without interfering with algorithms of their work. At the same time, the quality of network services provision is ensured in the conditions of increasing number of services and their users, with the same bandwidth values.*

**Keywords:** video information, bandwidth, bit rate, codec, buffer, quantization, offset vector.