УДК 621.327:681.5

СЕЛЕКТИВНИЙ МЕТОД ШИФРУВАННЯ ВИДЕОПОТІКУ В ТЕЛЕКОМУНИКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ ПРИХОВУВАННЯ БАЗОВОГО І-КАДРУ

В. В. Бараннік, д-р техн. наук. проф.; ***Д. І. Комолов***,
Ю. М. Рябуха, канд. техн. наук

Харківський університет Повітряних Сил

barannik_v_v@mail.ru

Розглянуто селективний метод шифрування відеокадрів, заснований на приховуванні базового І-кадру. Робота даного методу базується на основі обробки групи кадрів, з урахуванням алгоритму MPEG, який реалізований за принципом формування послідовності відеокадрів різних типів. Також у статті представлені алгоритми і схеми кодування і декодування відеопотоку із застосуванням даного методу. Розроблено метод оцінки обсягу прихованого І-кадру і його стисненого подання без приховування щодо групи кадрів у відсотковому співвідношенні. Проведено аналіз зміни обсягу стисненого уявлення групи кадрів з прихованим базовим кадром щодо стисненого початкового об'єму групи кадрів залежно від різних значень пікового відношення сигнал/шум для різних типів кадрів. Розроблено методологічну базу для визначення різниці між обсягами стисненого уявлення групи кадрів із застосуванням приховування базового І-кадру і без приховування у відсотковому співвідношенні.

Ключові слова: відеокадр, група кадрів, обсяг кадру, шифрування, коефіцієнт стиснення, відношення сигнал/шум, зображення середньої насиченості, селективний метод.

In this article the selective encryption method of video frames based on a hidden baseline I-frame. The work of this method is based on the processing-frame, taking into account the algorithm MPEG, which is implemented on the basis of the formation of different types of video sequences. The article also presents algorithms and coding and decoding the video stream using this method. A method for estimating the amount of hidden I-frame and its compressed representation without hiding under a group of frames in percentage. The analysis of changes in the volume of the compressed representation of the frame with a hidden base frame relative to the original volume of the compressed-frame depending on the different values of the peak signal/noise ratio for different frame types. The methodological basis for determining the difference between the amount of compressed representations of frames using hide the underlying I-frame and no hidden as a percentage.

Keywords: video frame, a group of frames, frame size, encryption, compression ratio, signal/noise ratio, the image is of medium intensity, selective method.

Вступ

Інтенсивні розробки систем телебачення високої роздільної здатності HDTV та стрімкий розвиток мультимедіа додатків останнім часом різко збільшили частку відеотрафіка в телекомунікаційних системах.

Упровадження таких технологій набирає масову популярність серед користувачів Інтернету, всередині комерційних та державних організацій. Тому виникає необхідність у розвитку механізмів та методів для організації конфіденційності інформації в телекомунікаційних системах (організація безпечного з'єднання та захист потокового відео, відеоконференцзв'язку і т.п.) [1–3].

Існуючі технології приховування відеоінформаційних ресурсів забезпечують необхідну конфіденційність. Однак вони мають істотний недолік: їх робота заснована на закритті усього потоку інформації, що передається незалежно від типу та змісту відеосцени. Такий підхід закриття інформації називається повним. Його використання для відкритих відеоінформаційних ресурсів в інфокомунікаційних системах реального часу є непрактичним. Це зумовлено такими причинами:

1) вся структура відеоданих руйнується;

2) у разі виникнення помилки в каналі передачі даних збільшується час обробки.

Для вирішення цієї проблеми застосовується селективний підхід шифрування. Його суть полягає в приховуванні найбільш значущих компонент відеопотоку. Ці компоненти формуються в процесі стиснення відеоданих. Тому таке шифрування відноситься до селективного. Реалізація селективного підходу

приховування можлива на різних рівнях формування MPEG-потоку.

Ієрархія потоку включає в себе кілька рівнів: власне сам відеопотік (sequence), група кадрів (GOP -Group Of Pictures), слайс (slice), макроблок (macroblock) та блок (block).

Пропонується закривати тільки базовий І-кадр. Це дасть змогу зменшити обсяг та час обробки шифрованих стислих відеоданих.

Розробка селективного методу шифрування видеопотоку

З урахуванням того, що вихідні обсяги всіх кадрів до обробки рівні, то формула для визначення обсягу стисненого представлення $V_{гк}^{(сж)}$ групи кадрів буде мати вигляд [4]:

$$V_{гк}^{(сж)} = V_k \left(\frac{N_I}{k_I} + \frac{N_P}{k_P} + \frac{N_B}{k_B} \right), \quad (1)$$

де V_k — обсяг вихідного видеокадру; N_I — кількість І-кадрів в групі кадрів; N_P — кількість Р-кадрів в групі кадрів; N_B — кількість В-кадрів в групі кадрів; k_I — коефіцієнт стиснення для І-кадрів; k_P — коефіцієнт стиснення для Р-кадрів; k_B — коефіцієнт стиснення для В-кадрів.

У випадку з закриттям І-кадру його структура руйнується — знижується потенційна кількість статистичної, психовізуальної та структурної надлишковості, аж до нульового рівня.

У результаті чого зменшується коефіцієнт стиснення $k_{I,з}$ для І-кадру. Обсяг закритого І-кадру визначається величиною $V_{I,з}^{(сж)}$.

Відповідно, обсяг стисненого представлення групи кадрів $V_{гк,з}^{(сж)}$, що містить закритий І-кадр, розраховується за формулою:

$$V_{гк,з}^{(сж)} = V_k \left(\frac{N_I}{k_{I,з}} + \frac{N_P}{k_P} + \frac{N_B}{k_B} \right). \quad (2)$$

Оцінимо зміни обсягу групи кадрів з приховуванням $V_{гк,з}^{(сж)}$ та без приховування $V_{гк}^{(сж)}$ базового І-кадру.

Для цього необхідно знати коефіцієнти стиснення для реалістичного середньонасиченого кадру при певних значеннях PSNR пікового відношення сигнал/шум (див. таблицю).

Розрахунок даних у таблиці проводиться з урахуванням того, що, основу стандартної відеопослідовності MPEG складають І-кадри, які є опорними та несуть в собі максимальну інформативність. Тому пікове відношення сигнал/шум для них має бути максимальним.

Решта типів кадрів формуються на основі І-кадру в результаті міжкадрового передбачення. Тому вимоги за якістю зображення для них будуть менше, а ступінь стиснення вище.

Залежність коефіцієнта стиснення від пікового відношення сигнал/шум для реалістичних зображень середньої насиченості

	Пікове відношення сигнал/шум PSNR, дБ						
	50	45	40	35	30	25	23
Коефіцієнт стиснення кадрів, k	1,3	2,1	2,9	4,5	6,8	16	28

Із таблиці видно, що зі збільшенням пікового відношення сигнал/шум ступінь стиснення зменшується.

Така залежність викликана тим, що при високій якості відеопотоку вноситися менше викривлень та зберігається інформація про дрібні елементи в зображеннях відеокадрів.

Наявність цих характеристик впливає на зниження ступеня стиснення відеокадру. Тому для розрахунку ступеня стиснення різних типів кадрів будуть використовуватися такі значення:

– для визначення коефіцієнта стиснення k_I для І-кадрів буде використовуватися пікове відношення сигнал/шум PSNR = 50; 45; 40 дБ. Великі значення задаються для збереження високого деталювання І-кадрів. Тому для них задаються таблиці квантування з найменшими коефіцієнтами. Також І-кадри мають найменшу ступінь стиснення через застосування алгоритмів тільки всередині кадрового передбачення;

– для визначення коефіцієнта стиснення $к_P$ для Р-кадрів буде використовуватися пікове відношення сигнал/шум PSNR = 40; 35; 30 дБ. Це пов’язано з тим, що Р-кадри несуть менше візуального навантаження.

При їх кодуванні застосовують алгоритми компенсації руху та міжкадрового передбачення вперед по попереднім І- або Р-кадрам. Для Р-кадрів задаються таблиці квантування з середніми коефіцієнтами;

– для визначення коефіцієнта стиснення k_B для B-кадрів буде використовуватися пікове відношення сигнал/шум PSNR = 30; 25; 23 дБ. У процесі їх формування застосовують алгоритми компенсації руху і двонаправленого передбачення по попереднім та наступним I- або P-кадрам.

Для них задаються таблиці квантування з найбільшими коефіцієнтами. Тому ступінь стиснення для B-кадрів є максимальною в порівнянні з іншими типами відеокадрів.

Проведемо розрахунок обсягу ${}_{\Delta}V_I^{(сж)}$ стисненого представлення I-кадру щодо обсягу групи кадрів в процентному співвідношенні з урахуванням виразів (1) і (2):

$$ {}_{\Delta}V_I^{(сж)} = \frac{100\,\%}{1+\frac{k_I}{k_P}N_P+\frac{k_I}{k_B}N_B}. \qquad (3) $$

Значення обсягу ${}_{\Delta}V_{I,з}$ прихованого I-кадру щодо обсягу груп кадрів у процентному співвідношенні буде розраховуватися так:

$$ {}_{\Delta}V_{I,з} = \frac{100\%}{1+\frac{k_{I,з}}{k_P}N_P+\frac{k_{I,з}}{k_B}N_B}. \qquad (4) $$

Значення приросту обсягу $V(h_I;h_P;h_B)$ прихованого кадру щодо обсягу стисненого не приховати кадру в групі кадрів у процентному співвідношенні розраховується за формулою:

$$ V(h_I;h_P;h_B) = {}_{\Delta}V_I^{(сж)} - {}_{\Delta}V_{I,з}. \qquad (5) $$

На рис. 1 зображена діаграма залежності значень обсягів стисненого представлення I-кадру та значень обсягів прихованого I-кадру щодо обсягу групи кадрів в процентному співвідношенні.

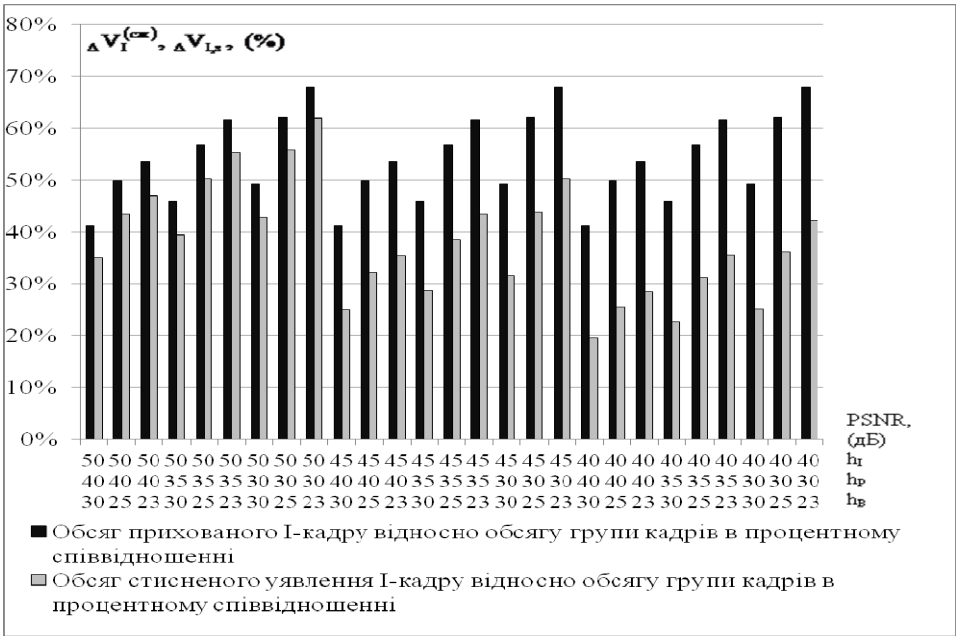

Рис. 1. Діаграма значень величин обсягу ${}_{\Delta}V_{I,з}$ стисненого представлення I-кадру і прихованого обсягу ${}_{\Delta}V_I^{(сж)}$ I-кадру залежно від пікового відношення сигнал/шум в групі кадрів у відсотковому співвідношенні

З розрахунків видно, що приріст обсягу прихованого кадру у відсотковому співвідношенні щодо обсягу стисненого не приховати кадру в групі кадрів залежно від значень PSNR становить 7–25 %. Це зумовлено утаєнням базового I-кадру щодо варіанту стиснення I-кадру без приховування.

З аналізу діаграми на рис. 1 видно, що обсяг прихованого I-кадру більше обсягу стисненого представлення I-кадру щодо обсягу групи кадрів у процентному співвідношенні. Також видно, що зі зниженням значень пікового відношення сигнал/шум вага (у відсотках) прихованого I-кадру в групі кадрів збільшується. Це пов'язано з тим, що при низьких значеннях PSNR для P та B-кадрів ступінь стиснення збільшується, а для прихованого I-кадру — ступінь стиснення буде постійним ($k_I = 1$). Розрахунки показали, що при високих значеннях PSNR обсяг стисненого представлення I-кадру становить 35 % від усього обсягу групи кадрів, а обсяг прихованого I-кадру в групі кадрів склав 42 %. При низьких значеннях PSNR обсяг стисненого представлення I-кадру щодо обсягу групи кадрів дорівнює 43 %, а прихованого I-кадру — 68 %.

Нижче представлена діаграма величини приросту $D(h_I;h_B;h_P)$ стисненого обсягу $V_{гк,з}^{(сж)}$

групи кадрів з прихованим I-кадром по відношенню до стиснутого обсягом $V_{гк,з}^{(сж)}$ групи кадрів без приховування у процентному співвідношенні з урахуванням пікового відношення сигнал/шум для середньонасичених зображень (рис. 2), яка розраховується за формулою:

$$D(h_I;h_P;h_B)=\left(1-\frac{V_{гк,з}^{(сж)}}{V_{гк}^{(сж)}}\right)\cdot 100\% . \qquad (6)$$

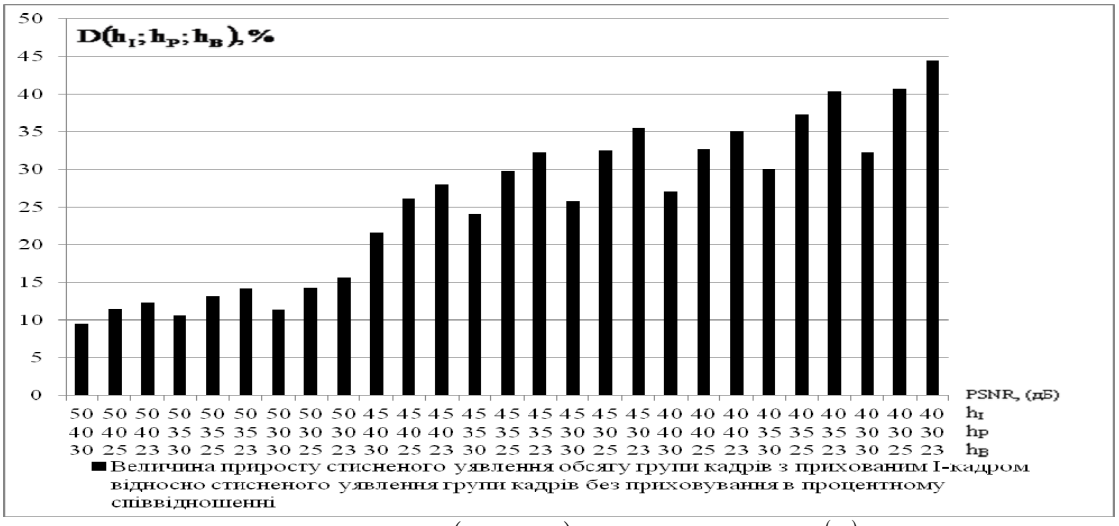

Рис. 2. Діаграма зміни величини приросту $D(h_I;h_B;h_P)$ стисненого обсягу $V_{гк,з}^{(сж)}$ групи кадрів з прихованим I-кадром по відношенню до стиснутого обсягу $V_{гк,з}^{(сж)}$ групи кадрів без приховування у відсотковому співвідношенні з урахуванням пікового відношення сигнал/шум для середньонасичених зображень

Аналіз діаграми на рис. 2 показує:

– збільшення відсоткового співвідношення обсягу стисненого представлення групи кадрів з прихованим I-кадром залежно від стисненого представлення групи кадрів без приховування I-кадру в середньому на 12 % при зниженні пікового відношення сигнал/шум для I-кадру на 5 дБ;

– збільшення обсягу стисненого представлення групи кадрів з прихованим I-кадром безпосередньо залежить від пікового відношення сигнал/шум. Зі зменшенням пікового відношення сигнал/шум погіршується візуальне якість зображення, але збільшується його ступінь стиснення;

– при максимальних пікових відносинах сигнал/шум для середньонасичених зображень (висока якість зображень) величина приросту $D(h_I;h_P;h_B)$ стисненого обсягу $V_{гк,з}^{(сж)}$ групи кадрів з прихованим I-кадром відносно до стиснутого обсягом $V_{гк,з}^{(сж)}$ групи кадрів без приховування в відсотковому співвідношенні складає близько 10–15 %, а при мінімальних значеннях PSNR величина приросту збільшується до 40–44 %.

У селективному підході прихованню піддається тільки I-кадр, який є базовим та має максимальний обсяг у групі кадрів. Тому зі зменшенням значень пікового відношення сигнал/шум ступінь стиснення для I-кадру буде постійним ($k_I=1$), а для P та B кадрів ступінь стиснення буде зростати. У результаті обсяг I-кадру щодо обсягу групи кадрів у відсотковому співвідношенні з застосуванням селективного шифрування залежно від пікового відношення сигнал/шум може коливається від 41 до 68 %.

Також слід відзначити те, що при використанні алгоритмів шифрування після квантування структура проміжного представлення руйнується. Змінюються структурні характеристики (значення компонент та залежність між ними) в матрицях дискретного косинусного перетворення. Це руйнує ймовірнісні та статистичні характеристики, призводить до відсутності ланцюжків нульових значень при зигзагскануванні. У результаті чого, ступінь стиснення I-кадру зменшується. Тому відмінності між значеннями обсягів стисненого представлення групи кадрів зі приховуванням базового I-кадру та без приховування у відсотковому співвідношенні стають явно вираженими та можуть сягати 35 %.

Для визначення зміни візуальної якості зображень за різних режимах обробки проведемо оцінку середніх значень пікового відношення сигнал/шум $PSNR(8)_{ср}$ для 8 відеокадрів середньонасичених зображень, які визначаються наступним чином:

$$PSNR(8)_{ср} = \frac{PSNR(K_I) + 2 \cdot PSNR(K_B) + 5 \cdot PSNR(K_P)}{8}. \quad (7)$$

Залежність середнього значення пікового відношення сигнал/шум у групі з 8 кадрів для середньонасичених зображень від коефіцієнтів стиснення за різних режимах обробки розрахована за формулою (7) та представлена у вигляді діаграми на рис. 3.

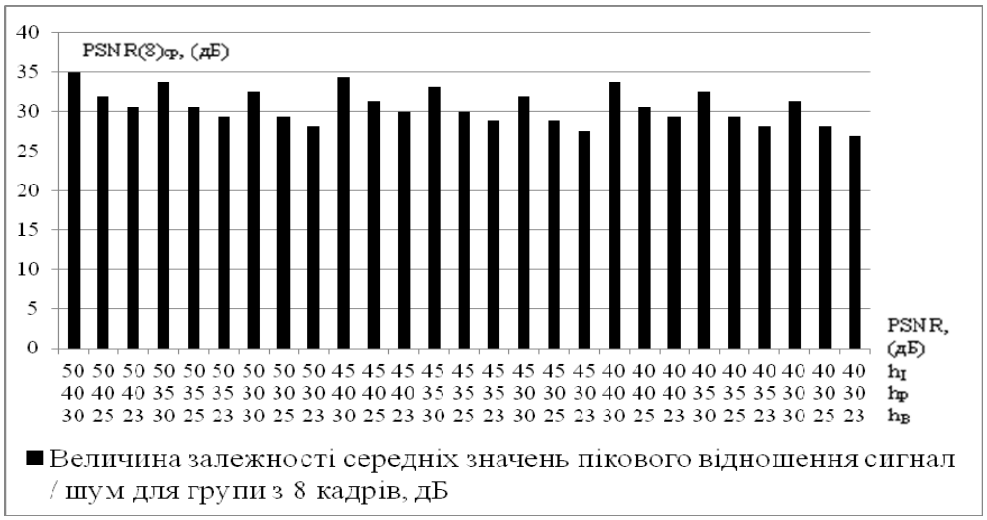

Рис. 3. Середні значення $PSNR(8)_{ср}$ по групі з 8 кадрів для різних режимів обробки кадрів у середньонасичених зображеннях

Із аналізу діаграми на рис. 3 видно, що:

– середні значення для групи з 8 кадрів при різних режимах обробки кадрів в середньонасичених зображеннях коливаються в межах 27–35дБ. Це свідчить про значні зміни якості зображень при різних режимах обробки;

– при зміні PSNR для I-кадру на 5дБ середнє пікове значення відносини сигнал/шум для групи кадрів зменшується на 1дБ. При цьому такі зміни незначно впливають на обсяг стисненого представлення групи кадрів;

– на середній PSNR групи кадрів суттєво впливають значення відносин сигнал/шум для P та B-кадрів.

На рис. 4 показана діаграма приросту обсягу $D(h_I; h_P; h_B)$ стисненого представлення групи кадрів у відсотковому співвідношенні з застосуванням приховування базового I-кадру та без приховування залежно від середнього пікового відношення сигнал/шум для середньонасичених зображень.

З аналізу діаграми на рис. 4 чітко спостерігається збільшення приросту обсягу стисненого представлення обсягу $V_{гк}^{сж,з}$ групи кадрів з прихованим базовим I-кадром відносно до стиснутого поданням обсягу $V_{гк}^{сж}$ групи кадрів без приховування зі зменшенням середнього пікового відношення сигнал/шум для групи кадрів.

Отже видно, що при зменшенні середнього PSNR для групи кадрів на 9 дБ приріст обсягу $D(h_I; h_P; h_B)$ стисненого представлення $V_{гк}^{сж,з}$ групи кадрів з прихованим базовим I-кадром по відношенню до стиснутого поданням обсягу $V_{гк}^{сж}$ групи кадрів без приховування досягає 35 %.

Структурна схема кодування відеопотоку для селективного підходу з закриттям базового I-кадру представлена на рис. 5.

Нижче представлені етапи кодування вихідного відеопотоку в селективному підході (рис. 5):

1. Покадровий розподіл вихідного відеопотоку (виділення кадрів I, P та B типів з групи кадрів для подальшої обробки).

2. Перетворення вихідного відеокадру в колірний простір YUV. У результаті застосування розкладання колірного простору на яскраву та колірні складові, досягається краща ступінь стиснення. На даному етапі кодування за допомогою відповідних співвідношень колірна модель RGB перетвориться в YCbCr:

$$Y' = 0 + (0.299 \cdot R'_D) + (0.587 \cdot G'_D) + (0.114 \cdot B'_D);$$

$$C_B = 128 - (0.168736 \cdot R'_D) - (0.331264 \cdot G'_D) + (0.5 \cdot B'_D);$$

$$C_R = 128 + (0.5 \cdot R'_D) - (0.418688 \cdot G'_D) - (0.081312 \cdot B'_D).$$

Рис. 4. Діаграма приросту $D(h_I;h_P;h_B)$ стисненого представлення обсягу групи кадрів з прихованим I-кадром відносно стисненого представлення обсягу групи кадрів без приховування в відсотковому співвідношенні з урахуванням від середніх значень пікового відношення сигнал/шум для середньонасичених зображень

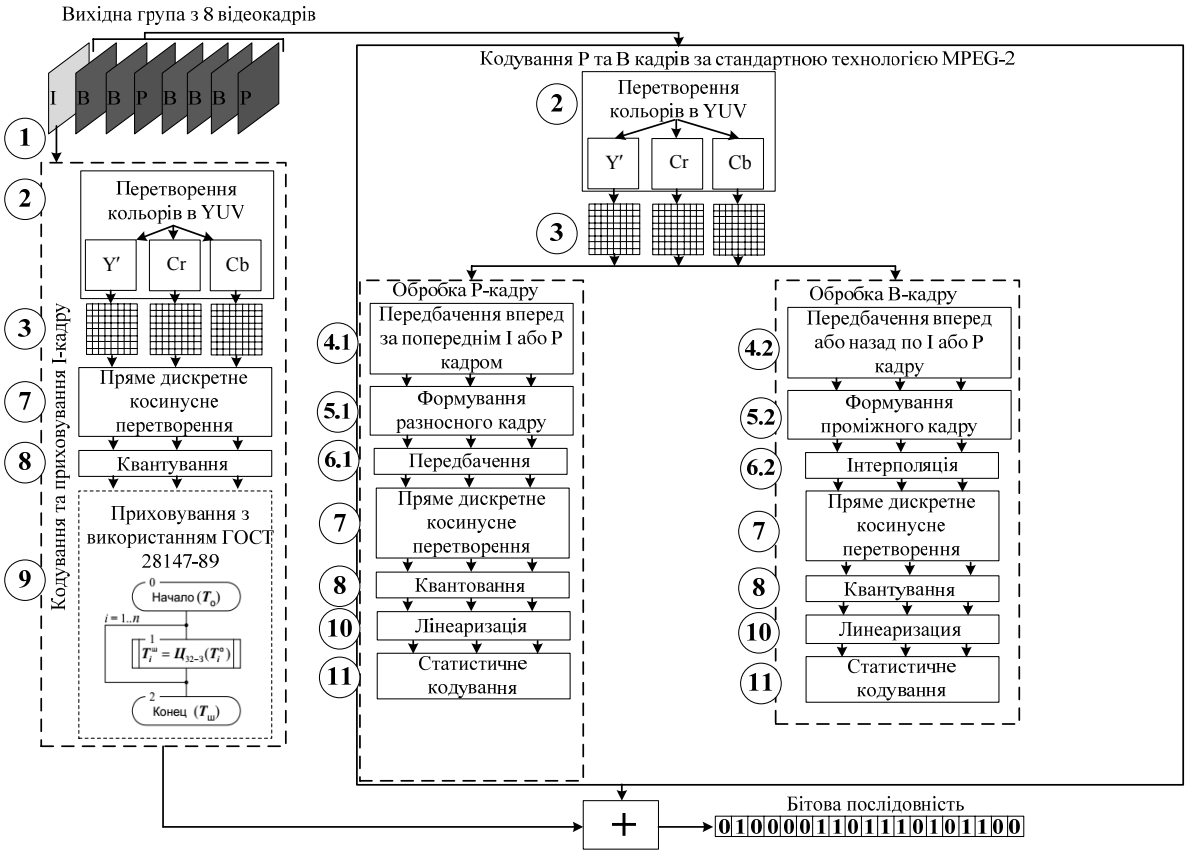

Рис. 5. Схема кодування відеопотоку в селективному підході з приховуванням I-кадру

3. Субдискретизація компонентів яскравості та кольоровості (рис. 6).

4. Складові кольоровості (Cb та Cr) містять високочастотну колірну інформацію, до якої око людини менш чутливе. Тому певна її частина може бути відкинута і, тим самим, можна зменшити кількість врахованих пікселів для каналів кольоровості.

Рис. 6. Схема субдискретизації компонентів яскравості та кольоровості

4.1. Передбачення вперед за попереднім I- або P-кадром. P-кадри стискаються з використанням попередніх I- або P-кадрів за допомогою передбаченого кодування та компенсації руху (так зване передбачення вперед, що усуває тимчасову надмірність), що забезпечує збільшення ступеня стиснення.

4.2. Передбачення вперед або назад по I- або P-кадрам. P-кадри стискаються з використанням двонапрямленого передбачення, тобто з залученням попередніх та наступних I- та P-кадрів.

5. Формування разносного кадру із застосуванням алгоритму диференційної імпульсно-кодової модуляції.

5.1. Формування проміжного кадру з використанням методу інтерполяції.

6. Кодування P-кадрів з використанням алгоритмів компенсації руху та передбачення вперед по попереднім I- або P-кадрам. Для такого кодування застосовується диференціальна імпульсно-кодова модуляція (ДІКМ) — метод кодування, який ґрунтується на припущенні наявності кореляційного зв'язку між сусідніми відліками зображення. У цьому випадку значення подальшого відліку оцінюється на основі попередніх. Отримана оцінка використовується для формування різницевого сигналу, яка буде тим менше, чим точніше побудована поточна оцінка.

6.1. При кодуванні B-кадрів застосовується компенсація руху та передбачення вперед по найближчим попереднім опорним I- або P-кадрам. При інтерполяційному (двонапрямленому) передбаченні оцінка виконується за відомими значеннями попередніх і наступних відліків із застосуванням алгоритмів інтерполяції.

7. Застосування дискретних косинусних перетворень для зменшення надмірності зображення.

$$F_{(u,v)} = \frac{1}{4} C(u) C(v) \times$$
$$\times \sum_{x=0}^{7} \sum_{y=0}^{7} p(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{16}\right), \quad (8)$$

$$A(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, u = 0; \\ 1, x \neq 0, \end{cases}, \quad (9)$$

де $p(x,y)$ — блок зображення розміром 16×16 пікселів; v — горизонтальна координата графічного блоку; u — вертикальна координата графічного блоку; x — вертикальна координата усередині блоку; y — горизонтальна координата усередині блоку.

8. Квантування кожного блоку ДКП.

$$Yq[u,v] = IntegerRound\left(\frac{Y(u,v)}{q(u,v)}\right). \quad (10)$$

9. Для приховування I-кадру застосовується шифрування за алгоритмом ГОСТ 28147-89: де $Ò_{â}$, $Ò_{çàø}$ — масиви відповідно відкритих та зашифрованих даних; $Ò_{s}^{â}$, $Ò_{s}^{çàø}$ — i-ті по порядку 64-бітові блоки відповідно відкритих та зашифрованих даних; n — число 64-бітових блоків у масиві даних; $Ö_{Ò}$ — функція перетворення 64-бітового блоку даних за алгоритмом базового циклу «X».

9.1. Кожен блок розбивається на два «підблоки» (лівий та правий, відповідно).

9.2. Початкове заповнення правого блоку записується в лівий блок на виході.

9.3. Над правим блоком виробляється криптографічне перетворення із застосуванням ключових даних.

9.4. Лівий (вихідний) та правий (перетворений) блоки складаються по модулю 2 у суматорі за модулем 2.

9.5. Дія 8.4 повторюється 32 рази.

10. Лінеаризація матриць квантова.

$$[M \times N] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow (M_0, N_0), (M_0, N_1), (M_1, N_0), (M_2, N_0) \ldots (M_7, N_7), \quad (11)$$

де $[M \times N]$ — розмір матриці квантування.

11. Статистичне кодування результуючих коефіцієнтів із застосуванням алгоритмів групового кодування та алгоритму Хаффмана для видалення надлишковості інформації.

Структурна схема декодування відеопотоку в селективному підході із закриттям базового I-кадру представлена на рис. 7.

Висновки

1. Розроблено метод селективного шифрування в процесі стиснення відеопотоку, заснований на приховуванні базового I-кадру.

Робота даного методу базується на основі обробки групи кадрів, з урахуванням алгоритму MPEG, який реалізований за принципом формування послідовності відеокадрів різних типів.

У результаті його роботи приховується весь відеопотік при шифруванні від 8 до 15 % початкового об'єму відеоданих. Даний метод шифрування застосовується після етапу квантування. Наукова новизна — пропонується метод приховування відеопотоку, заснований на шифруванні тільки базового I-кадру. Це дозволяє

забезпечити приховування групи кадрів в умовах мінімізації втрат за ступенем стиснення. Він враховує ступінь стиснення в процесі кодування залежно від пікового відношення сигнал/шум. У роботі представлена схема і алгоритм кодування відеопотоку в селективному підході з приховуванням І-кадру.

2. Розроблено метод декодування відеоданих після застосування селективного шифрування, заснований на відновленні базового І-кадру в процесі розпакування відеопотоку.

Представлена схема та алгоритм декодування відеопотоку в селективному підході з приховуванням І-кадру.

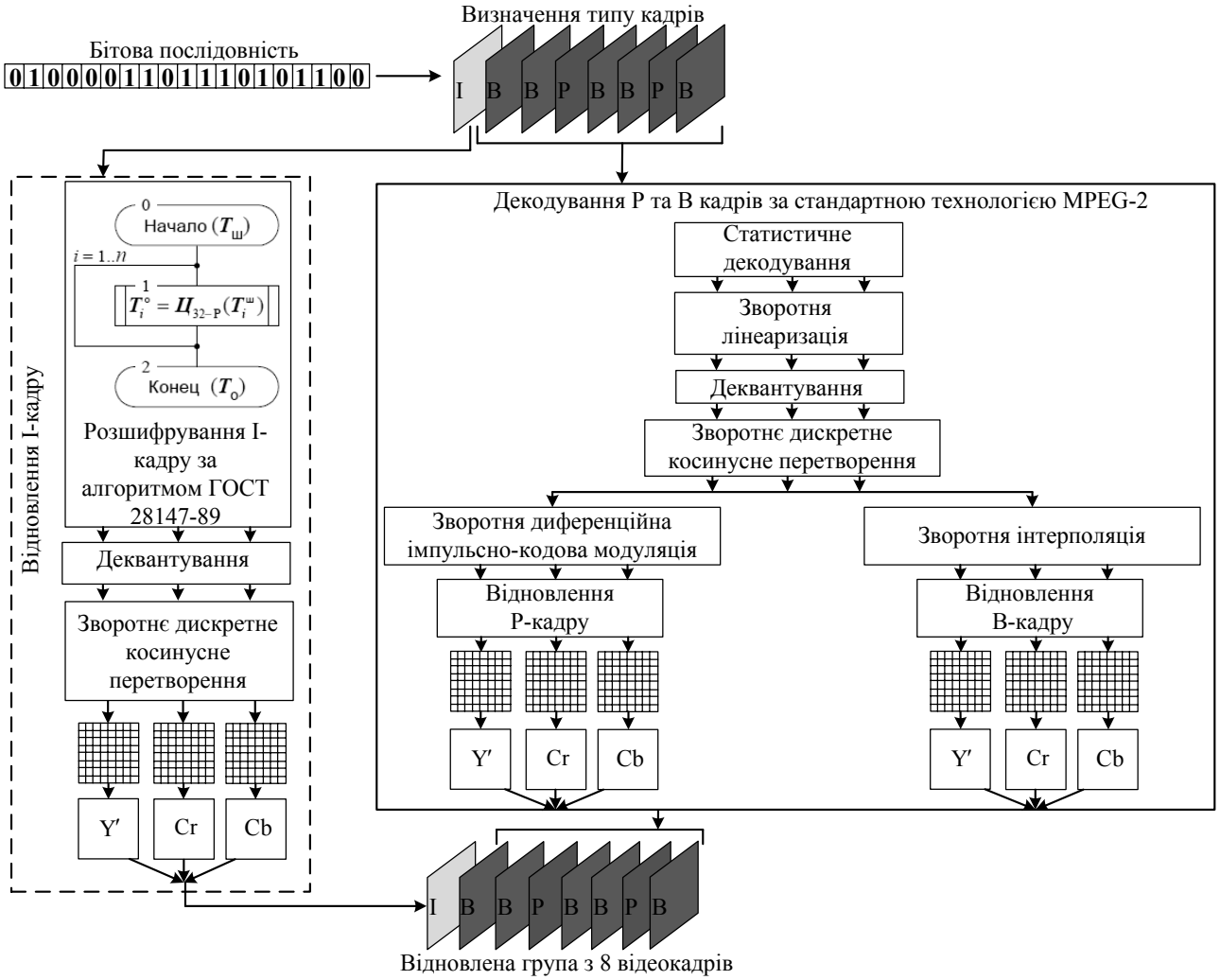

Рис. 7. Схема декодування відеопотоку в селективному підході з приховуванням І-кадру

3. Розроблено метод оцінки величини обсягу стисненого представлення групи кадрів із застосуванням приховування базового І-кадру та без приховування.

4. Розроблено метод оцінки обсягу прихованого І-кадру та його стисненого подання без приховування щодо групи кадрів у відсотковому співвідношенні. Проведено аналіз зміни обсягу стисненого представлення І-кадру та прихованого обсягу І-кадру щодо групи кадрів у відсотковому співвідношенні.

Його результати показали, що залежно від пікового відношення сигнал/шум обсяг прихованого І-кадру порівняно зі стисненим його поданням щодо групи кадрів збільшується від 7 до 20 %.

5. Розроблена методологічна база для визначення різниці між обсягами стисненого представлення групи кадрів із застосуванням приховування базового І-кадру та без приховування у відсотковому співвідношенні. Проведено розрахунки щодо зміни обсягу стисненого представлення групи кадрів з прихованим І-кадром та без його приховування. Вони показали, що зі зменшенням пікового відношення сигнал/шум обсяг стисненого представлення групи кадрів з прихованим І-кадром збільшується з 9 до 44 % відносно до обсягу

стисненого представлення групи кадрів без приховування І-кадру.

6. Проведено оцінку обсягу стислих вихідних відеоданих без приховування та з приховуванням І-кадру. Розрахунки показали, що обсяг стисненого представлення відеоданих з використанням селективного підходу шифрування (приховування І-кадру) залежить від якості переданого відеопотоку. У разі приховування відеопотоку високої якості із застосуванням селективного підходу під час стиснення, обсяг відеоданих збільшується незначно (10 %).

З погіршенням якості переданого відеопотоку зростає ступінь стиснення, але через застосування алгоритмів шифрування ступінь стиснення зменшується. Тому із зменшенням значень пікового відношення сигнал/шум на 5–15 дБ для всіх типів кадрів, обсяг прихованих стислих відеоданих (з прихованим І-кадром) збільшується на 10–44 % порівняно з вихідним стисненим об'ємом.

Отже, при зменшенні якості відеоконтенту його стислий прихований обсяг значно збільшується. З цього можна зробити висновок про те, що при використанні селективного підходу з приховуванням базового І-кадру в телекомунікаційних системах (відеоконференції з високою роздільною здатністю, трансляція відео високої якості і т.д.) збільшення навантаження на обчислювальні системи і канали передачі даних буде досягати 45 % залежно від якості переданих відеоданих. Оцінка вихідних значень обсягів відеоданих показує, що застосування даного методу буде краще використовувати при роботі з відео високої якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ватолин Д.* Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. — М. : Диалог-Мифи, 2003. — 381с.

2. *Ричардсон Ян.* Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 — стандарты нового поколения / Ян Ричардсон. — М. : Техносфера, 2005. — 368с.

3. *Баранник В. В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В. В. Баранник, В. П. Поляков. — Х. : ХУПС, 2010. — 212 с.

4. *Баранник В. В.* Методологическая база для управления битовой скоростью видеопотока в процессе компрессии / В. В. Баранник, Р. В. Сафронов // Праці УНДІРТ. — 2013. — 22 с.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2015