

УДК 621.397

О.О. Борейко, К.А. Дрозд, В.С. Фустій

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## АНАЛІЗ СТАНУ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ УЗГОДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДЕОПОТОКУ І ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

У даній роботі проводиться оцінка характеристик узгодженості швидкості відеопотоку та інформаційної мережі, а також обґрунтовується розробка структурно-функціональної схеми, що дає можливість досягнення мети контролю мінімальної бітової швидкості потоку відеоданих із заданою втратою якості.

**Ключові слова:** відеопотік, відеоінформація, бітова швидкість, пропускна спроможність, управління бітовою швидкістю.

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Сучасний стан в інформаційних мережах характеризується високими темпами зростання об'ємів циркулюючої в них інформації, збільшенням числа даних, що передаються. Проте швидкість розвитку споживчого сегменту значно перевищує функціональні можливості устаткування, що призводить до неможливості надання всім додаткам необхідну пропускну спроможність.

Проблематика рішення задачі своєчасної доставки відео з контрольованою втратою якості в інформаційній мережі полягає в декількох аспектах рівнях.

Перший аспектний рівень полягає в актуальності для практики узгодження змінної інтенсивності відеопотоку і характеристик мережі, що динамічно змінюються. Тут потрібно показати 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.

Другий аспект проблематики полягає в тому, що існуючі технології управління інтенсивності трафіку працюють на транспортному і мережевому рівнях. Вони не впливають на сумарну інтенсивність відеопотоку і не враховують їх характеристики. Це призводить до незадоволення характеристик якості по кінцевому користувачеві з урахуванням якості сприйняття відеоінформації кінцевим споживачем. Отже існує необхідність розвивати технології управління інтенсивністю відеопотоку на рівні джерела інформації (рівень представлення мережі).

Третій аспект проблематики полягає в тому, що існуючі технології стиснення не дозволяють створювати технологій узгодження, які відповідають вимогам відеоінформаційного сервісу з використанням інформаційно-комунікаційних технологій.

**Формування мети статті.** Завданням даної статті є створення методу управління бітової швидкості для забезпечення узгодження характеристик відеопотоку, що динамічно змінюються і характеристик інфокомунікаційної мережі.

### Основна частина

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.

У загальному випадку, відеопотік який поступає на кодер має рівномірну швидкість, яка залежить, передусім, від просторового розширення кадру, частоти кадрів і глибини яскравості, тобто кількості біт що необхідно на один піксель зображення.

$$V(t) = f_k \cdot MN \cdot d, \text{ (біт/с)}, \quad (1)$$

де  $f_k$  – частоти кадрів;

$MN$  – просторове розширення трафіку;

$d$  – глибина яскравості.

Проте при оцінці бітової швидкості джерела необхідно враховувати також неоднорідність і складність трафіку з врахуванням типів відеододатків, їх вимог до візуальної якості, пропускної спроможності каналу зв'язку, тимчасових затримок в процесі обробки і різних стратегій для обробки класифікованих кадрів. Це призводить до виникнення пульсацій бітової швидкості відеопотоку.

Трафік, створений абонентами мережі, що використовують передачу відеоінформації (окремі

файли зображення, відео за запитом або потокове відео різної якості), має яскраво виражений асинхронний і пульсуючий характер.

Необхідно відзначити також, що відеопотік даних має змінну швидкість, на яку впливає як кількість користувачів, так і тип додатків з різними вимогам до характеристик каналу зв'язку і параметрами алгоритмів компресії.

Перед вступом у канал зв'язку відеопотік проходить обробку в кодері (рис. 1), після якого швидкість даних зазнає зміни в часовому діапазоні (рис. 2).

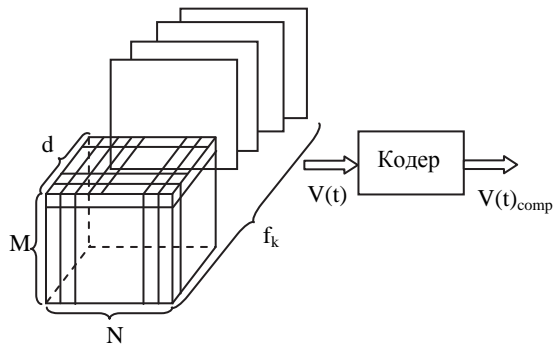


Рис. 1. Структура відеопотоку

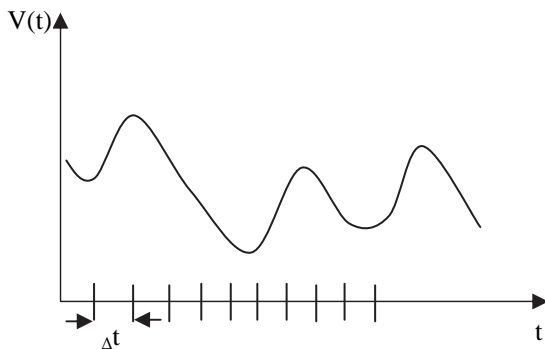


Рис. 2. Варіація бітової швидкості

Це відбувається унаслідок зміни характеристик оброблюваних зображень, які можна представити як:

- статистичні характеристики (міра кореляції елементів сегменту зображення, тимчасова і просторова надмірність);
- структурні характеристики (яскравість, кольорова насиченість, міра насиченості дрібними деталями, складність контурів).

Отже, бітова швидкість відеопотоку визначається функцією декілька змінних:

$$V_{\text{comp}} = F_{\text{comp}}(f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7), \quad (2)$$

де  $f_1$  – статистичні особливості вихідного зображення;

$f_2$  – структурні особливості вихідного зображення;

$f_3$  – розмір сегменту зображення;

$f_4$  – тип колірної моделі;

$f_5$  – вигляд сегментації зображення;

$f_6$  – параметр квантування;

$f_7$  – тип кодування.

З іншого боку швидкість даних зазнає змін унаслідок того, що механізм дії кодера, є функціоналом залежності роботи від статистичних, структурних, психовізуальних особливостей початкового зображення, а також функцією втрати якості, яка, у свою чергу, залежить від параметра квантування. До усього цього необхідно додати і швидкість роботи кодера, який залежить від кількості операцій закладених в алгоритмі роботи кодера:

$$V_{\text{comp}}(t) = F_c(Z_{\text{ст}}, Z_{\text{стр}}, Z_{\text{псих}}, f_{\text{ПК}}, P_{\text{ПК}}, T_{\text{ОБР}}), \quad (3)$$

де  $Z_{\text{ст}}$  – параметр статистичної особливості зображення;

$Z_{\text{стр}}$  – параметр структурної особливості зображення;

$Z_{\text{псих}}$  – параметр психовізуальної особливості зображення;

$f_{\text{ПК}}$  – функція втрати якості початкового зображення після обробки;

$P_{\text{ПК}}$  – параметр квантування;

$T_{\text{ОБР}}$  – час роботи кодера необхідний для обробки зображення.

Таким чином, з'являється труднощі у збалансованості швидкості відправки бітової послідовності після кодера в канал зв'язку.

На динаміку змінних характеристик мережі впливають швидкість передачі, завадостійка обстановка, обчислювальна продуктивність.

Іншими словами кількість користувачів формує сумарний відеопотік, який постійно змінюється.

Також змінними є характеристики самої мережі. Це обумовлено неоднорідністю мережі, нерівномірністю навантаження, на вузли комутації мережі, що динамічно змінюються кількістю користувачів мережі і їх сервісними потребами.

Передача відеопотоків по каналах зв'язку стикається з негативним фактом в питанні, що стосується своєчасності доставки потоків відеоданих до адресата через так звану «пульсацію» безпосередньо каналів зв'язку.

Існують два типи каналів зв'язку – це так званий канал з комутацією і мережі на основі комутації пакетів. Канал з комутацією (канал з постійною швидкістю) до передачі потоків відеоданих, у яких змінна швидкість, не пристосований. У той самий час, мережі на основі комутації пакетів підтримують змінну швидкість передачі. Проте такі мережі мають негативний чинник, який полягає в непостійності пропускної спроможності каналів. Пропускна спроможність каналів, у свою чергу залежить як від швидкості зв'язку, так і від перевантаженості. Таким

чином, виникає питання про управління або адаптацію біткової швидкості відеопотоків для конкретного каналу. Тут поняття біткової швидкості полягає в

об'ємі стислих даних і виробляється кодеком. Природно, що варіюючу швидкість потоків відеоданих, можна згладити за допомогою буфера (рис. 3).

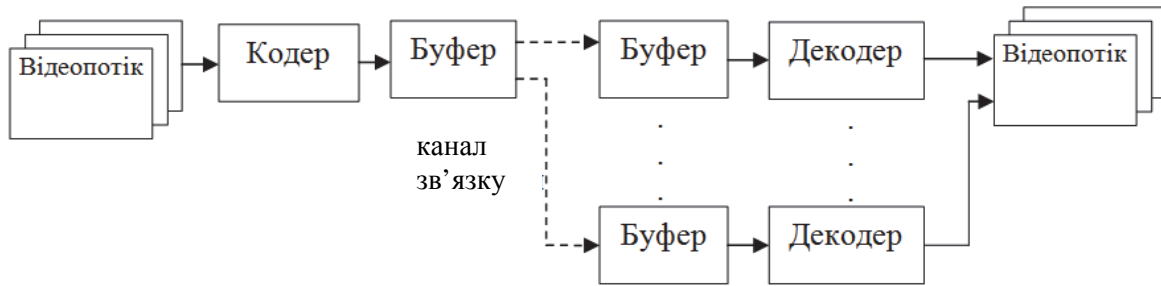


Рис. 3. Згладжування варіюючої швидкості потоків відеоданих за допомогою буфера

Зрозуміло, що чим вище «стрибки» біткової швидкості, тим знадобиться буфер більшого об'єму. Проте збільшення об'єму буфера веде до зростання тимчасової затримки декодування. Оскільки допускаються затримки, від захоплення кадру кодером і безпосередньо декодуванням, до однієї секунди, то необхідно у складі кодера мати механізм контролю біткової швидкості, тобто кодер повинен контролювати швидкість вихідного відеопотоку.

Отже, бітова швидкість це функція об'єму стислих даних в одиницю часу і часу обробки цих даних. Тоді контроль біткової швидкості полягатиме не лише в оцінці об'єму даних, але і часу роботи з цими даними.

Бітова швидкість відеопотоку є функцією ряду параметрів:

$$R_t(t) = F_t(P_1, P_2, \dots, P_n) + F(P_A, P_B, P_M), \quad (4)$$

де  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – змінні параметри відеопотоку, які включають статистичні особливості початкового зображення; структурні особливості початкового зображення; розмір сегменту зображення; тип колірної моделі зображення; вид сегментації зображення; параметр квантування, а також тип кодування;

$P_A, P_B, P_M$  – змінні характеристики мережі.

З вищеперелічених змінних параметрів відеопотоку можна умовно виділити параметри, якими можна управляти :

- розмір сегменту зображення;
- тип колірної моделі;
- вид сегментації зображення;
- параметр квантування;
- статистичні, структурні і психовізуальні особливості як початкового зображення так і потоку відеокадрів;

Управління цими параметрами веде до змінних значень інтенсивності стислого відеопотоку.

Другою частиною вираження 4 являється функція змінних характеристик безпосередньо мережі. Це обумовлено неоднорідністю мережі, нерівномірністю навантаження на вузли комутації мережі, а

також динамікою зміни кількості користувачів мережі і їх сервісними потребами.

Таким чином, є присутнім протиріччя, що полягає в необхідності узгодження біткової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних в мережі. Обумовлено це тим, що бітова швидкість відеопотоку і швидкість передачі даних в мережі постійно змінюються. Отже, стоїть завдання погоджувати бітову швидкість відеопотоку відповідно до швидкості передачі даних в мережі  $R_t \rightarrow S_k$ .

Під процесом узгодження розуміється приведення біткової швидкості відеопотоку (інтенсивності відеопотоку) відповідно до швидкості передачі даних в мережі:

$$R_t = F_t(f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7) \rightarrow V_k. \quad (5)$$

Блок-схема, що відображає суть узгодження біткової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних в мережі представлена на рис. 4.



Рис. 4. Блок-схема узгодження біткової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних в мережі

Для узгодження біткової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних використовують наступні технології:

– контролю бітової швидкості відеопотоку, реалізованих у вигляді спеціальних схем, вбудованих у відеокодеки;

– засоби буферизації на каналному рівні і рівні кодерів і декодерів;

– реалізація засобів загальносистемного управління, а саме маршрутизація, розподіл каналних і буферних ресурсів.

Для узгодження бітової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних використовують наступні технології:

– контролю бітової швидкості відеопотоку, реалізованих у вигляді спеціальних схем, вбудованих у відеокодеки;

– засоби буферизації на каналному рівні і рівні кодерів і декодерів;

– реалізація засобів загальносистемного управління, а саме маршрутизація, розподіл каналних і буферних ресурсів.

Управління на рівні буфера, не враховуючи об'єму відеоданих, має ряд недоліків і не дозволяє вирішувати задачу узгодження бітової швидкості і швидкості передачі даних у мережі. Буферизація тільки частково знижує пульсацію бітової швидкості, оскільки з одного боку, чим більше об'єм пам'яті буферного пристрою, тим більш високі

пульсації бітової швидкості відео потоку він може згладжувати. Але збільшення об'ємів пам'яті буферного пристрою, тим вище часові затримки, що проявляється в зниженні швидкості обробки відеоданих. Управління переходить на рівень пріоритетів, що виражається у втраті даних з низьким пріоритетом.

Існуючі технології загальносистемного управління при узгодженні бітової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних в мережі не знижують інтенсивності відеопотоку, а лише роблять перерозподіл відеотрафіку, що є їх істотним недоліком. У разі неможливості перерозподілу відеопотоку відбувається втрата даних.

Отже, для зменшення втрат даних при узгодженні бітової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних мережі, стоїть завдання у створенні технології управління інтенсивністю відеопотоку на рівні джерела інформації.

Структурно-функціональна схема, що відображає суть узгодження бітової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних в мережі представлена на рис. (5).

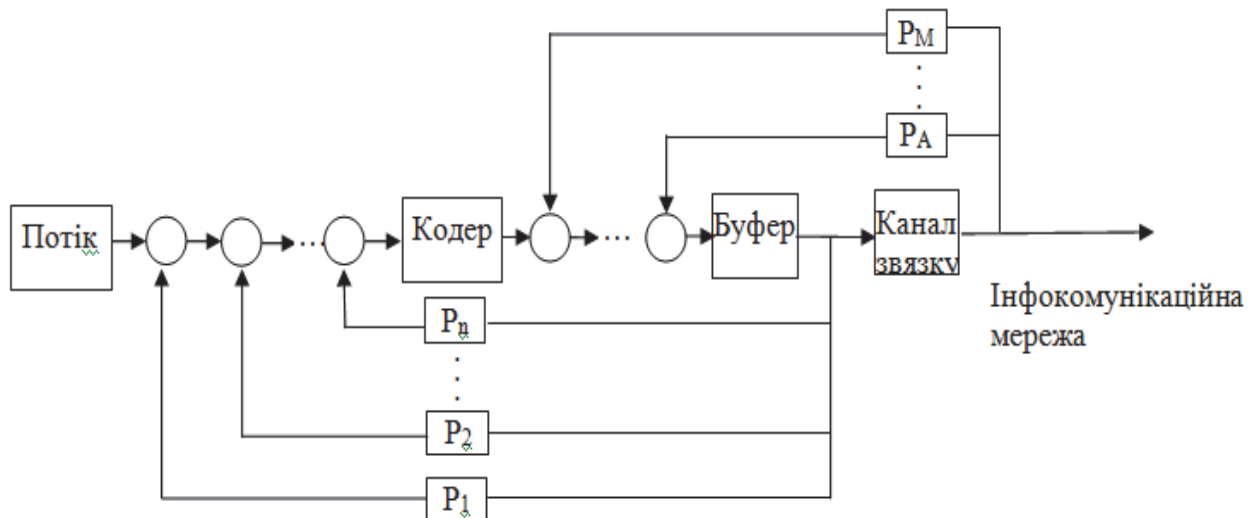


Рис. 5. Структурно-функціональна схема узгодження бітової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних в мережі

Запропонована схема дозволяє відстежувати пропускну спроможність каналу зв'язку оцінювати змінні характеристики мережі. Крім того, оцінюючи завантаженість буфера, з'являється можливість впливати на змінні параметри відеопотоку.

Таким чином, для досягнення мети контролю мінімальної бітової швидкості потоку відеоданих із заданою втратою якості, з'являється механізм управління параметрами цих пакетів передбачаючи

завантаженість мережі до попадання кодованих потоків у інфокомунікаційну мережу.

## Висновки

1. Проведений аналіз характеристик відеопотоку та інформаційної мережі показав, що існує необхідність в узгодженні бітової швидкості відеопотоку і швидкості передачі даних в мережі, що обумовлено постійною зміною бітової швидкості відеопотоку і швидкості передачі.

2. Існуючі способи згладжування «стрибків» бітової швидкості, за допомогою буфера мають недоліки.

3. У роботі було обґрунтовано доцільність структурно-функціональної схеми, що дає можливість досягнення мети контролю мінімальної бітової швидкості потоку відеоданих із заданою втратою якості.

### Список літератури

1. Харченко Н.А. Метод компресії відеопотока на основі поліадического кодирования предсказываемых кадров / Н.А. Харченко, В.Н. Кривонос // Радиозлектроника и информатика. – № 1. – 2013. – С. 21-28.

2. Barannik V.V. The model of avalanche-relating effect in the process of images reconstruction in the combined cryptosemantic systems on the polyadic presentation / V.V. Barannik V.V. Larin, S.A. Sidchenko // Наукоємні технології. – 2010. - № 1(5). – С. 68-70.

3. Gavrulov D. The analysis of template method of video processing / V. Larin, P. Krasnikov, D. Gavrulov // Proceedings of 2015 1st International Conference on Advanced Information and Communication Technologies-2015 (AICT'2015), Lviv, Ukraine, October 29 – November 1, 2015. – P. 87-89.

4. Баранник В.В. Метод підвищення інформаційної безпеки в системах відеомоніторинга кризових ситуацій: моногр. / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха. – Черкаси, 2015. – 143 с.

5. Баранник В.В. Модель загроз безпеки відеоінформаційного ресурсу систем відеоконференцв'язку / А.В. Власов, В.В. Баранник, Р.В.Тарнополов // Наукоємні технології. – 2014. - № 1 (21). – С. 55-60.

6. Методология совершенствования обработки видеoinформации, для повышения эффективности сервиса предоставления дистанционных видеослуж, при управлении в кризисных ситуациях / В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, А.А. Красноруцкий, В.Ж. Яценко // АСУ и приборы автоматки. - № 170. – 2015. – С. 12-20.

Надійшла до редколегії 7.06.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. В.В. Баранник, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожеду-ба, Харків.

### АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СОГЛАСОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИДЕОПОТОКА И ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

О.О. Борейко, К.А. Дрозд, В.С. Фустий

В данной работе проводится оценка характеристик согласованности скорости видеопотока и информационной сети, а так же обосновывается разработка структурно-функциональной схемы, которая дает возможность достичь цели контроля минимальной битовой скорости потока видеоданных с заданной потерей качества.

**Ключевые слова:** видеопоток, видеoinформация, битовая скорость, пропускная способность, управление битовой скоростью.

### ANALYSIS OF THE STATE OF THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE HARMONIZATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE VIDEO POTENTIAL AND INFORMATION NETWORKS

O. Boreiko, K. Drozd, V. Fustii

The paper determines the features of matching video stream rate and information network and grounds the development of structural-functional chart that enables achieving the purpose of control of minimum video stream bit rate with a given loss of quality.

**Keywords:** video stream, video information, bit rate, bandwidth, bit rate control.