

ДОДАТОК А

СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра ІМІ

Магістерська атестаційна робота
на тему

Метод ущільнення даних мультимедіа з використанням конструкцій змінної ваги

*Виконав: Наталюк С. А.
Керівник: Омельченко А.В.*

Харків - 2021

2

Мета роботи: дослідження можливостей удосконалення існуючих методів стиснення відео за рахунок використання кодових конструкцій змінної ваги

Перелік завдань, що потребують вирішення:

1. Огляд сервісів мультимедіа потокової та інтерактивної трансляції реального часу
2. Аналіз підходів щодо зменшення мережевого навантаження, що створюють мультимедійні відеосервіси
3. Дослідження процесу стиснення без втрат фрагментів кадру у спектральному просторі з використанням ефективних кодових конструкцій
4. Оцінка ступеню складності алгоритму обробки фрагментів відеокадрів на базі блочних конструкцій зі змінною вагою

СЕРВІСИ МУЛЬТИМЕДІА ПОТОКОВОЇ ТА ІНТЕРАКТИВНОЇ ТРАНСЛЯЦІЇ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

3

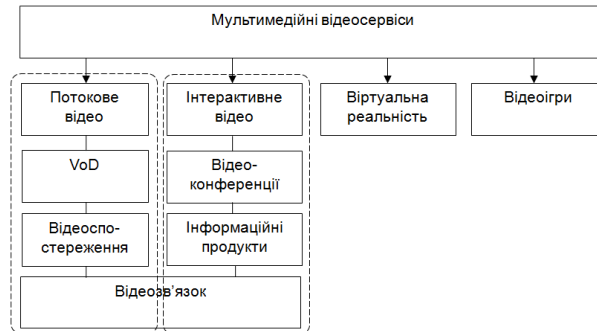


Рисунок 1 – Умовна класифікація існуючих мультимедійних відеосервісів

СЕРВІСИ МУЛЬТИМЕДІА ПОТОКОВОЇ ТА ІНТЕРАКТИВНОЇ ТРАНСЛЯЦІЇ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

4



Рисунок 2 – Лінеаризований фрагмент відеоряду сферичної зйомки 360°



Рисунок 3 – Панорамна камера Xiaomi Miija 360 Panoramic Camera



Рисунок 4 – Панорамна камера Xiaomi YI HALO

СЕРВІСИ МУЛЬТИМЕДІА ПОТОКОВОЇ ТА ІНТЕРАКТИВНОЇ ТРАНСЛЯЦІЇ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ



Рисунок 5 – Приклад імітації тактильної взаємодії з об'єктами віртуальної реальності



Рисунок 6 – Реалістичний VR-тренажер для навчання пожежників

Склад інформаційного потоку сервісів VR-симуляції

- аудіо;
- відеоряд;
- дані пристроїв трекінгу;
- команди тактильної взаємодії.

СЕРВІСИ МУЛЬТИМЕДІА ПОТОКОВОЇ ТА ІНТЕРАКТИВНОЇ ТРАНСЛЯЦІЇ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

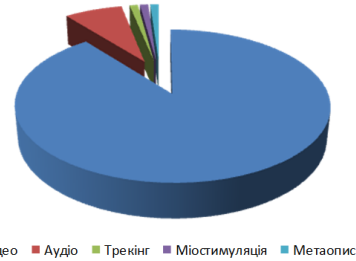
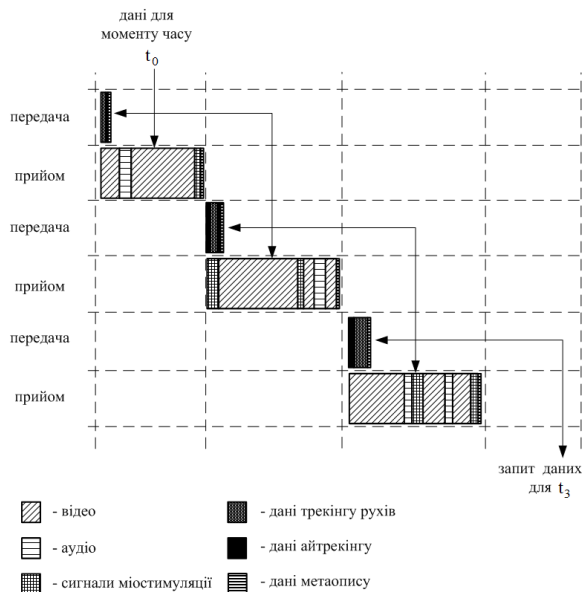


Рисунок 8 – Відсоткове співвідношення даних різних типів у композитному потоці сервісу VR

Рисунок 7 – Приклад структури інформаційного потоку сервісу VR-симуляції

СЕРВІСИ МУЛЬТИМЕДІА ПОТОКОВОЇ ТА ІНТЕРАКТИВНОЇ ТРАНСЛЯЦІЇ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

7

Таблиця 1 – Сутність протиріч між вимогами до якості різних типів трафіку за QoS та рівнем навантаження, який створюється на мережу кожним з них

Тип трафіку	Вимоги до затримки та рівня втрат	Вимоги до пропускної здатності мережі	Сутність протиріччя
Дані трекінгу	→min	≈10-100 Кбіт/с	Пріоритет на рівні з іншими типами трафіку у VR
Команди міостимуляції	→min	≈10-100 Кбіт/с	Пріоритет на рівні з іншими типами трафіку у VR
Відеоряд	$\tau < 150$, $\Delta\rho < 1\%$	$\geq g(t)_i^{(max)}$	Вищий рівень допустимих помилок відносно аудіо ряду, з необхідністю гарантування полоси пропускання
Аудіо	$\tau < 150$, $\Delta\rho < 0,25\%$	$\geq g(t)_i^{(max)}$	Необхідність мінімізації втрат без зміни пріоритету та вимог до полоси пропускання
Дані метаопису потоку	→min	≈10-100 Кбіт/с	Пріоритет на рівні з іншими типами трафіку у VR

СЕРВІСИ МУЛЬТИМЕДІА ПОТОКОВОЇ ТА ІНТЕРАКТИВНОЇ ТРАНСЛЯЦІЇ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

8

Сумарне навантаження $g(t)^{(sum)}$ у довільний момент часу t у ході сеансу інтерактивного відео:

$$g(t)^{(sum)} = g(t)_i + g(t)_{i+1}; \quad (1)$$

$$g(t)_{i+1} = \overline{g(t)_{i+1}^{(max)}; g(t)_{i+1}^{(min)}};$$

$$g(t)_i = \overline{g(t)_i^{(max)}; g(t)_i^{(min)}};$$

де $g(t)_i^{(max)}$ та $g(t)_{i+1}^{(max)}$ - максимальні значення навантаження (величини інформаційної інтенсивності), що створюють на мережу i -е та $(i+1)$ -е джерела;
 $g(t)_i^{(min)}$ та $g(t)_{i+1}^{(min)}$ - мінімальні значення навантаження (величини інформаційної інтенсивності), що створюють на мережу i -е та $(i+1)$ -е джерела.

Для випадку інтерактивного відео роздільної здатності 1920x1080 (FullHD) при 30 к/с:

2 учасника - $g(t)^{(sum)} = 3; 10$ Мбіт/с,

5 учасників - $g(t)^{(sum)} = 7,5; 25$ Мбіт/с і т.д.

**СЕРВІСИ ПІДХОДИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ МЕРЕЖЕВОГО НАВАНТАЖЕННЯ,
ЩО СТВОРЮЮТЬ МУЛЬТИМЕДІЙНІ ВІДЕОСЕРВІСИ**

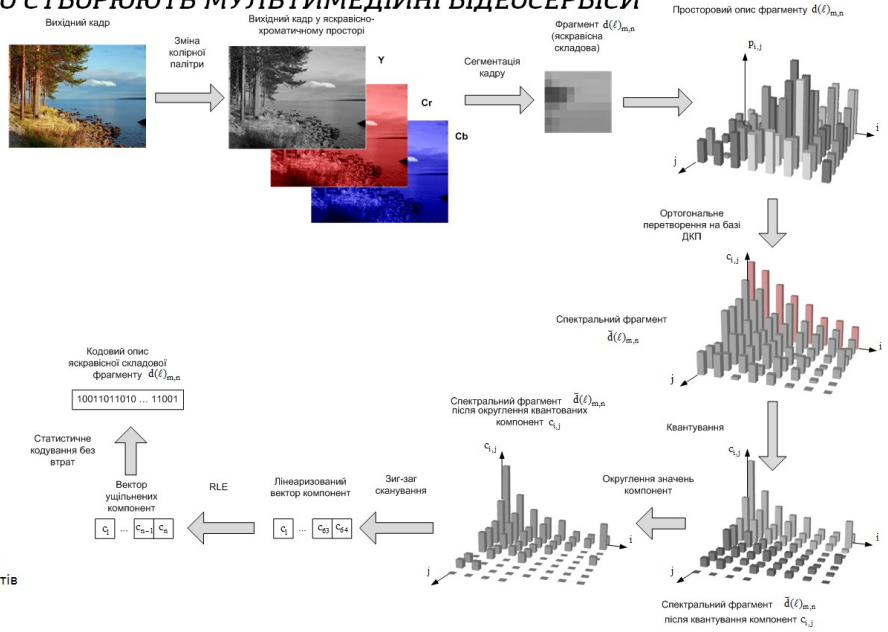


Рисунок 9 – Загальна схема виконання перетворень за алгоритмом JPEG фрагментів відеокадру у складі базису MPEG

**СЕРВІСИ ПІДХОДИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ МЕРЕЖЕВОГО НАВАНТАЖЕННЯ,
ЩО СТВОРЮЮТЬ МУЛЬТИМЕДІЙНІ ВІДЕОСЕРВІСИ**

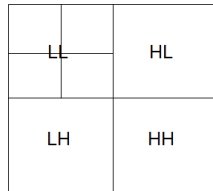


Рисунок 10 – Розбиття вихідного зображення на піддіапазони у результаті вейвлет-трансформації

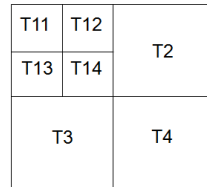


Рисунок 11 – Розбиття множини компонент вейвлет-трансформації на підмножини

СТИСНЕННЯ БЕЗ ВТРАТ ФРАГМЕНТІВ КАДРУ У СПЕКТРАЛЬНОМУ ПРОСТОРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕФЕКТИВНИХ КОДОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

11

Вимоги до методу кодування без втрат у складі технології відеокодування

- забезпечення щонайбільшого коефіцієнту стиснення H_{comp} ;
- продуктивність Z в умовах, коли доступними для використання є досить обмежені обчислювальні ресурси системи, на базі якої він функціонує;
- симетричність механізмів кодування та декодування.

$$\begin{cases} H_{\text{comp}} \rightarrow \max; \\ Z \geq Z_{\text{min}}; \\ \Xi_{\text{cod}} = \Xi_{\text{dec}}; \end{cases} \quad (2)$$

де Z - коефіцієнт продуктивності методу, фізично сутність якого полягає у можливості функціонування на рівні, не меншому, ніж деякий мінімальний, який, у свою чергу, забезпечує такі показники кодування, як:

$$\begin{cases} \xi \rightarrow \min; \\ t_{\text{cod}} \leq t_{\text{trh}}; \end{cases} \quad (3)$$

де ξ - ймовірність виникнення фатальної помилки у ході кодування;

t_{cod} та t_{trh} - величини часу обробки, та порогового значення часу обробки відповідно;

СТИСНЕННЯ БЕЗ ВТРАТ ФРАГМЕНТІВ КАДРУ У СПЕКТРАЛЬНОМУ ПРОСТОРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕФЕКТИВНИХ КОДОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

12

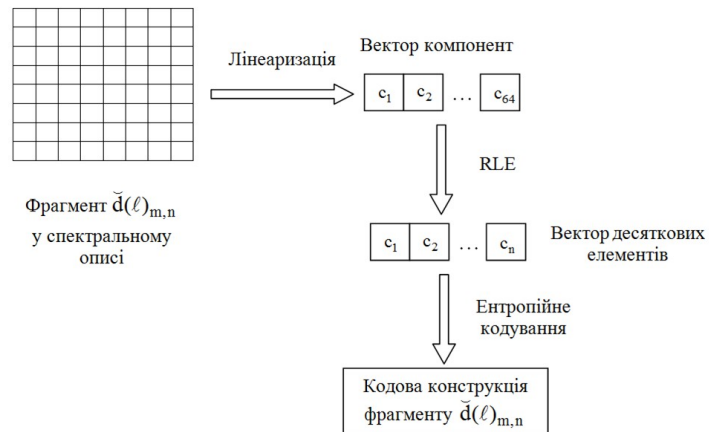


Рисунок 12 – Схема технологічних етапів кодування без втрат у схемі JPEG

СТИСНЕННЯ БЕЗ ВТРАТ ФРАГМЕНТІВ КАДРУ У СПЕКТРАЛЬНОМУ ПРОСТОРІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕФЕКТИВНИХ КОДОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Кодовий опис фрагменту $E(\check{d}(\ell)_{m,n})$:

$$E(\check{d}(\ell)_{m,n}) = \bigcup_{j=1}^8 P_j \tag{4}$$

де P_j - кодове число для j -го стовпця.

Характерна закономірність кодових конструкцій змінної ваги:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_i \neq P_j \\ (\Phi(\check{d}(\ell)_{m,n}) | P_i) = (\Phi(\check{d}(\ell)_{m,n}) | P_j) \end{array} \right. \tag{5}$$

де $\Phi(\check{d}(\ell)_{m,n})$ - кількість біт, що витрачається на опис кодованого на базі конструкцій змінної ваги фрагменту $\check{d}(\ell)_{m,n}$, початково поданого у спектральному просторі;

P_i та P_j - кодові числа, утворені на базі i -го рядка та j -го стовпця відповідно, при цьому вважається, що $i = j$.

Обчислення кодового значення числа P_j :

$$P_j = \sum_{i=1}^8 [c_{i,j} \times \Theta_w^{(j)}], \tag{6}$$

де $\Theta_w^{(j)}$ - ваговий коефіцієнт для j -го стовпця спектрального фрагменту $\check{d}(\ell)_{m,n}$ рядка, що визначається на основі системи $\{B\}$ базисних елементів $b_{i,j}$

СТИСНЕННЯ БЕЗ ВТРАТ ФРАГМЕНТІВ КАДРУ У СПЕКТРАЛЬНОМУ ПРОСТОРІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕФЕКТИВНИХ КОДОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Визначення базисного елементу рядку:

$$b_i = \max(c_{i,j}) + 1, \tag{7}$$

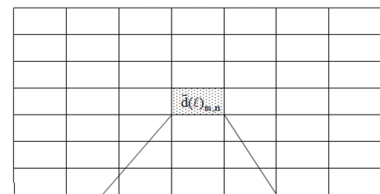
Обчислення вагових коефіцієнтів:

$$\Theta_w^{(j)} = \prod_{k=j+1}^8 b_{i,k}. \tag{8}$$

Підсумкове кодове значення $\check{d}(\ell)_{m,n}^{(enc)}$ фрагменту $\check{d}(\ell)_{m,n}$ у спектральному просторі являє собою конкатенацію обчислених значень чисел P_j :

$$\check{d}(\ell)_{m,n}^{(enc)} = P_1 \& P_2 \& \dots \& P_j \& \dots \& P_8. \tag{9}$$

Вихідний кадр у спектральному описі



Фрагмент $\check{d}(\ell)_{m,n}$

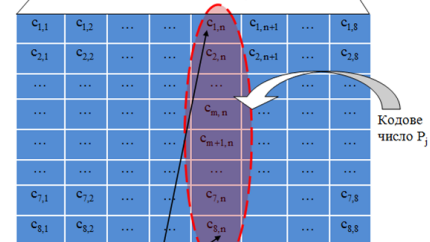


Рисунок 13 – Локалізація блочних чисел та їхніх складників у межах фрагментів кадру у спектральному форматі опису

Елементи кодового числа

СТИСНЕННЯ БЕЗ ВТРАТ ФРАГМЕНТІВ КАДРУ У СПЕКТРАЛЬНОМУ ПРОСТОРІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕФЕКТИВНИХ КОДОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Підсумковий об'єм біт на кодове представлення фрагменту $\tilde{d}(\ell)_{m,n}$:

$$\Phi(\tilde{d}(\ell)_{m,n}^{(enc)}) = \ell \log_2 \left[\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 [c_{i,j} \times \Theta_w^{(j)}] \right] \quad (10)$$

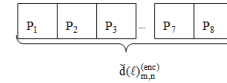


Рисунок 14 – Структура кодового представлення фрагменту відеокадру на базі сукупності кодових чисел

Процедура реконструкції даних на рівні окремих компонент $c_{i,j}$:

$$c_{i,j} = \left[\frac{P_j}{\Theta_w^{(j)}} \right] - \left[\frac{P_j}{b_i \times \Theta_w^{(j)}} \right] \times b_i, \quad (11)$$

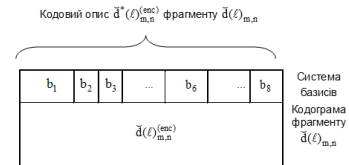


Рисунок 15 – Структура кодового опису фрагменту

ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЮ СКЛАДНОСТІ АЛГОРИТМУ ОБРОБКИ ФРАГМЕНТІВ ВІДЕОКАДРІВ НА БАЗІ БЛОЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗІ ЗМІННОЮ ВАГОЮ

Таблиця 2 – Значення показників продуктивності ряду існуючих обчислювальних систем

Процесор	Тактова частота, МГц	Інструкцій за такт	Пікова продуктивність, гігафлоп (мрд. опер. сек.)
AMD Athlon 64 X2 4200	2200	3	13,3
AMD Phenom II X6 1100T Black Edition (HDE00ZF)	4000	4	64
Intel Pentium 4	3000	2	6
Intel Core 2 Duo	3000	4	24
Intel Core 2 Quad Q8300	2500	4	40
Intel Core 2 Quad	3500	4	56

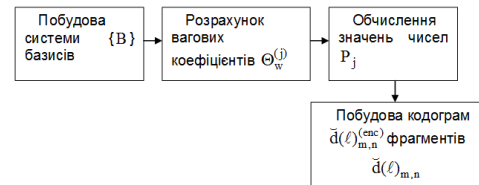


Рисунок 16 – Умовний поділ процесу формування кодової структури зі змінною вагою на технологічні етапи

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЮ СКЛАДНОСТІ АЛГОРИТМУ ОБРОБКИ ФРАГМЕНІВ
ВІДЕОКАДРІВ НА БАЗІ БЛОЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗІ ЗМІННОЮ ВАГОЮ**

17

- у ході визначення системи $\{B\}$ базисів кодового числа 64 рази виконується логічна операція "АБО", та 8 разів – логічна операція XOR ($N_{op}^{(max)} = 64, N_{op}^{(inc)} = 8$);

- розрахунок вагових коефіцієнтів $\Theta_w^{(j)}$ потребує виконання 28 операцій множення $N_{op}^{(\Theta_w^{(j)})} = 28$;

- сумарна кількість операцій, необхідних для формування коду кодового числа дорівнює 568 ($N_{op}^{(bn)} = 568$).

Загальний обсяг N_{op} елементарних операцій, що виконуються у процесі побудови кодового представлення фрагменту $\check{d}(\ell)_{m,d}$:

$$N_{op} = N_{op}^{(max)} + N_{op}^{(inc)} + N_{op}^{(\Theta_w^{(j)})} + N_{op}^{(bn)}, \quad (12)$$

$$N_{op} = 64 + 8 + 28 + 568 = 668.$$

- етап знаходження системи $\{B\}$ базисів b_i - 2 інструкції;
- етап розрахунку вагових коефіцієнтів $\Theta_w^{(j)}$ - 1 інструкція;
- обчислення значення кодового числа P_j - 2 інструкції.

Сумарна кількість інструкцій, що є необхідними для реалізації алгоритму – 5.

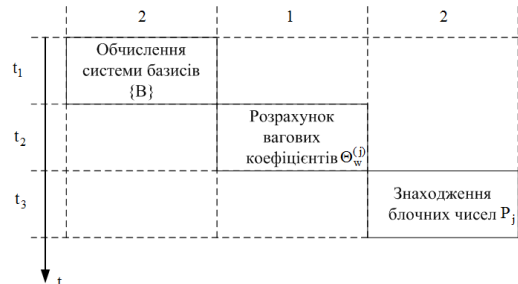


Рисунок 17 – Зміна необхідної кількості інструкцій у ході роботи алгоритму з часом

Максимальна кількість інструкцій, що виконуються одночасно - 2

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

