

ДОДАТОК А

СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра інформаційно-мережної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: Оптимізація параметрів кодування відеоданих при передачі по каналу зв'язку з обмеженою пропускнуою здатністю

Студент :
групи ІМІзм-19-2
Мороз С.О.

Керівник:
доц. кафедри ІМІ
Ширяєв А.В.

Харків – 2021

2

МЕТА РОБОТИ

Оптимізація вибору параметрів кодування відео потоку у процесі передавання у мережу

ЗАВДАННЯ, ЯКІ НЕОБХІДНО ВИРІШИТИ

1. Дослідження особливостей відеотрафіку як типу даних
2. Дослідження підходів до обробки відеоданих в умовах необхідності забезпечення якості відеосервісу
3. Побудова концептуальної моделі методу контролю об'єму мультимедійних даних на базі тривимірної моделі трансформованого фрагменту кадру
4. Організація службових даних для методу управління бітовою швидкістю
5. Розробити механізм контролю швидкості передачі у каналу зв'язку

ТЕМПИ РОСТУ ОБ'ЄМУ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ

3

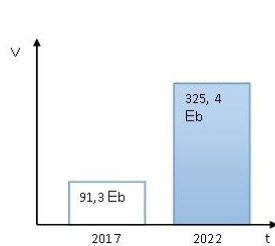


Рисунок 1 – Прогноз росту обсягів глобального відеотрафіку на 2022 рік згідно Cisco VNI Forecast

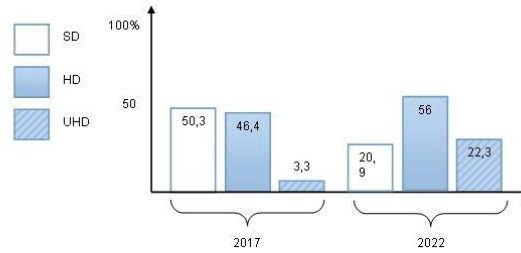


Рисунок 2 – Тенденція зміни відсоткової долі відеотрафіку різних форматів на 2022 рік згідно Cisco VNI Forecast.

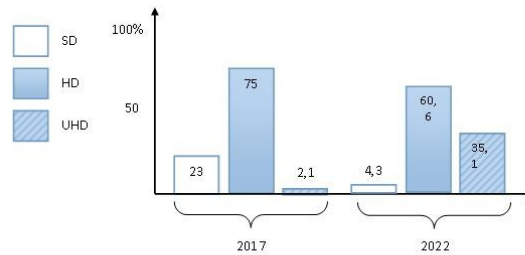


Рисунок 3 – Тенденція зміни відсоткової долі відеотрафіку різних форматів на 2022 рік для групи сервісів "відео на запит" згідно Cisco VNI Forecast.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІДЕОТРАФІКУ ЯК ТИПУ ДАНИХ

4

Загальні характеристики відеопотоку

- Формат пікселя;
- Розмір кадру;
- Формат кадру;
- Частота слідування кадрів
- Бітова швидкість.

Бітова швидкість вихідного відеопотоку

$$V(t) = \frac{h \times w \times b \times fps}{t} \quad (1)$$

h та w - відповідно ширина та висота одного кадру у пікселях;

b - кількість біт для опису одного пікселя кадру;

fps - частота слідування кадрів

Бітова швидкість кодованого відеопотоку

$$V(t) = \frac{h \times w \times b \times fps \times f(enc) \times f(r)}{t} + V(c) \quad (2)$$

$f(r)$ - функціонал, що визначає спосіб розгорнення;

$f(enc)$ - функціонал, що визначається технологією кодування та наближено може бути прирівняним до коефіцієнта стиснення;

$V(c)$ - об'єм службових даних для декодування відео

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІДЕОТРАФІКУ ЯК ТИПУ ДАНИХ

Основні показники якості передавання відео у системі QoS

- джиттер;
- відсоток втрачених пакетів;
- затримка передачі пакету

Затримка передачі пакету

$$\Delta t = T_{res} - T_{ims} \quad (3)$$

де T_{res} та T_{ims} - відповідно час прийому та початку передачі пакету.

Джиттер

$$J_t = \frac{1}{2} \max [RTT_{t,max} - RTT_{t,sp}, RTT_{t,sp} - RTT_{t,min}] \quad (4)$$

де $RTT_{t,min}$, $RTT_{t,max}$ та $RTT_{t,sp}$ - відповідно максимальний, мінімальний, та середній час двохсторонньої затримки

Відсоток втрачених пакетів

$$\delta_t = \frac{\theta_{втр,t}}{\theta_{пр,t}} \times 100\% \quad (5)$$

де $\theta_{втр,t}$ та $\theta_{пр,t}$ - середня кількість втрачених та прийнятих пакетів

Показники якості прийнятих відеоданих

- максимальне відхилення від оригіналу;
- коефіцієнт крос-кореляції;
- вірність зображення;
- MSE;
- PSNR

Середньоквадратичне відхилення

$$M = \frac{1}{HW} \sum_{x=1,y=1}^{H,W} (I(x,y) - I'(x,y))^2 \quad (6)$$

де $I(x,y)$ та $I'(x,y)$ - відповідно, початковий та відновлений пікселі зображення

Пікове відношення сигнал-шум

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2 HW}{\sum_{x,y} (I(x,y) - I'(x,y))^2} \quad (7)$$

де H та W - відповідно, ширина та висота кадру у пікселях

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІДЕОТРАФІКУ ЯК ТИПУ ДАНИХ



Рисунок 4 – Загальна схема обробки за алгоритмом JPEG

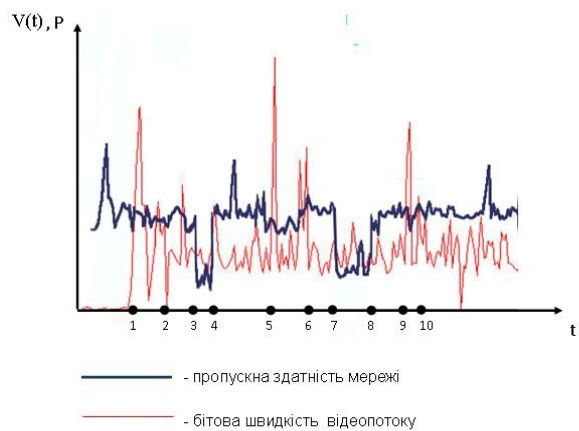


Рисунок 5 – Приклад неузгодженості бітової швидкості відео потоку та пропускної здатності мережі

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ДО ОБРОБКИ ВІДЕОДАНИХ В УМОВАХ НЕОБХІДНОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОСЕРВІСУ

7

Існуючі методи узгодження бітової швидкості та пропускної здатності



Рисунок 6 – Переваги та недоліки існуючих методів узгодження бітової швидкості відеопотоку та пропускної здатності

ПОБУДОВА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ОБ'ЄМУ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ДАНИХ

8

Загальні вимоги до методу управління бітовою швидкістю відеопотоку

$$\begin{cases} t_{obr} \leq t_{th}; \\ M \leq M_{st}; \\ V(t) \leq V(t)_{suit}, \end{cases} \quad (8)$$

Вимоги до методу управління бітовою швидкістю відеопотоку з забезпеченням оптимальних параметрів

$$\begin{cases} t_{obr} \leq t_{th}; \\ M \rightarrow \min; \\ V(t) < P \rightarrow \min. \end{cases} \quad (9)$$

де t_{obr} - сукупний час обробки відеокадру та/або його фрагменту;

$V(t)_{suit}$ - прийнятний (suitable) об'єм даних, що передаються у одиницю часу,. Тут величина $V(t)_{suit}$ еквівалентна пропускній здатності мережі;

$V(t)$ - бітова швидкість відеопотоку;

M_{st} - показник якості кадру або його окремого фрагменту, який задано умовами надання сервісу (service terms);

M - поточний показник якості кадру або його окремого фрагменту

ПОБУДОВА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ОБ'ЄМУ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ДАНИХ

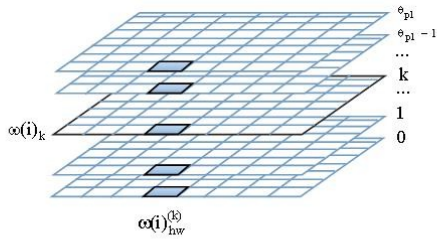


Рисунок 7 – Представлення трансформанти сукупністю бітових площин

Опис компоненти трансформанти у двійковому вигляді

$$\|\Omega(i)_{hw}\| \rightarrow \left\| \left\langle \alpha(i)_{hw}^{(p_1)}, \alpha(i)_{hw}^{(p_1-1)}, \dots, \alpha(i)_{hw}^{(k)}, \dots, \alpha(i)_{hw}^{(0)} \right\rangle^T \right\| \quad (10)$$

$$\alpha(i)_{hw}^{(k)} \in \{0,1\}, \alpha(i)_{hw}^{(0)} \in \{0,1\}, w = \overline{0,7}; k = \overline{K,0},$$

де $\alpha(i)_{hw}^{(k)}$ - k-й біт двійкового представлення (h,w)-ї компоненти p-ї трансформанти,

K - кількість двійкових розрядів для представлення трансформанти

Кількість біт, що приходить на один кадр

$$V = \sum_{j=1}^{\theta_F} \eta_j \quad (11)$$

де η_j - об'єм даних, що відповідає одному j-му фрагменту,

θ_F - кількість фрагментів кадру

$$V = \sum_{j=1}^{\theta_F} \eta_j = \sum_{j=1}^{\theta_F} \sum_{\psi=1}^{\theta_{P1}} \eta_{j,\psi} \quad (12)$$

де $\eta_{j,\psi}$ - об'єм даних Ψ -ї бітрової площини $\alpha(i)_k$ j-ї трансформанти

θ_F - кількість трансформант кадру;

θ_{P1} - кількість бітових площин трансформанти;

Кількість біт, що приходить на одну трансформанту з Ω_i урахуванням її декомпозиції на бітові площини

$$V(\Omega_i) = \sum_{k=1}^{\theta_{P1}} \alpha(i)_k \quad (14)$$

ПОБУДОВА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ОБ'ЄМУ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ДАНИХ

Оптимальна стратегія управління для одного кадру

$$U^* = \sum_{k=1}^{\theta_F} U_k^* \quad (14)$$

де U_k^* - оптимальна стратегія на k-му етапі обробки

$$V(t)_k = f(V(t)_{k-1}, U_k) = \min V(t)_k \quad (15)$$

де $V(t)_k$ та $V(t)_{k-1}$ - значення цільової функції на поточному попередньому етапах обчислень

$$V_F^*(V_{p-1}) = \min_{U_p} \{f_p(V_{p-1}, U_p)\}$$

$$V(t)^*(V(t)_{k-1}) = \min_{U_k} \{f_k(V(t)_{k-1}, U_k) + V(t)_{k+1}^*(V(t)_k)\} \quad (16)$$

де U_k - управління на k-му етапі обробки

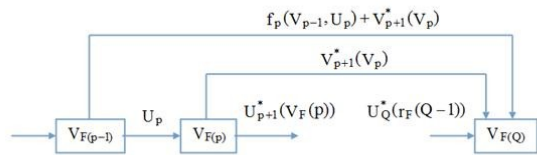


Рисунок 8 – Схема застосування принципу оптимальності Белмана у процесі управління бітровою інтенсивністю відеопотоку

ПОБУДОВА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ОБ'ЄМУ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ДАНИХ

11

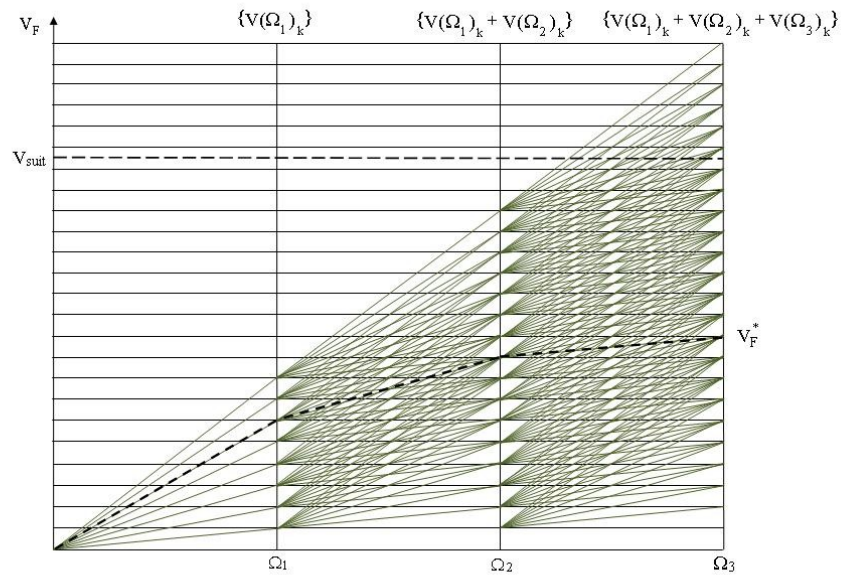


Рисунок 9 – Кількість варіантів вибору управлінь на прикладі трьох трансформант

ПОБУДОВА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ОБ'ЄМУ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ ДАНИХ

12



Рисунок 10 – Схема застосування принципу оптимальності Белмана у процесі управління бітовою інтенсивністю відеопотоку

Кількість варіантів вибору бітових площин для кадру відеопотоку

$$W = (2^K)^G \quad (17)$$

де K - кількість бітових площин для опису компонент однієї трансформанти;

G - кількість трансформант у кадрі

Таблиця 1 - Число станів алгоритму управління W для кадрів формату Full HD та HD-ready

Формат	Розмір кадру	Кількість бітових площин							
		1	2	3	4	5	6	7	8
HD-ready	1280×720	1	2^{14400}	4^{14400}	8^{14400}	16^{14400}	32^{14400}	64^{14400}	128^{14400}
Full HD	1920×1080	1	2^{32400}	4^{32400}	8^{32400}	16^{32400}	32^{32400}	64^{32400}	128^{32400}

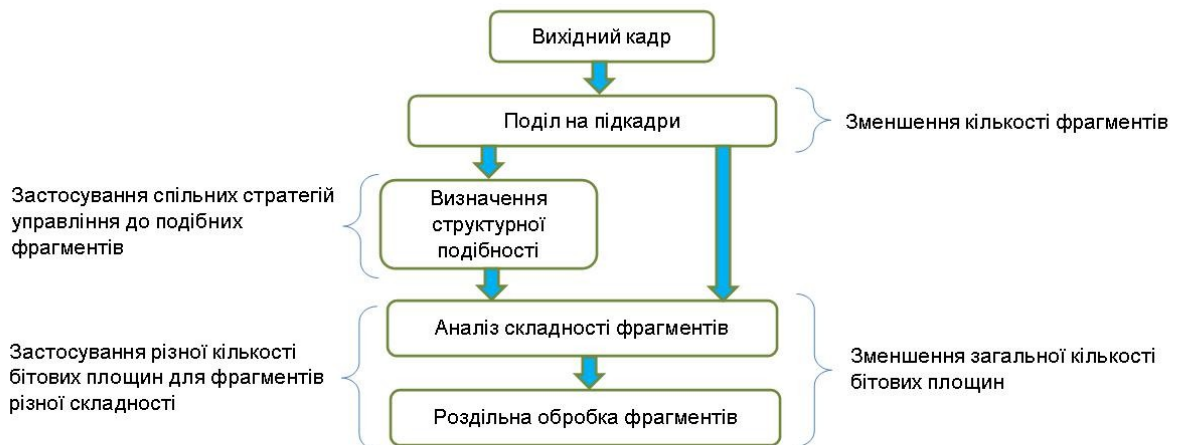


Рисунок 11 – Застосування схеми двокаскадної обробки

Кількість варіантів вибору бітових площин для випадку, коли $1/3$ фрагментів визнана незначно-складною, $1/3$ – середньо-складною, між $1/2$ усіх фрагментів середньо-складних та складних є структурні подібності

$$W = (2^3)^{G_{md}} + (2^K)^{G_d} \quad (18)$$

де G_{md} та G_d - відповідно, кількість середньо-складних та складних фрагментів

ОРГАНІЗАЦІЯ СЛУЖБОВИХ ДАНИХ ДЛЯ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ БІТОВОЮ ШВИДКІСТЮ

Вимоги до організації службових даних

- однозначне визначення бітових площин як значущих, так і відсічених;
- простота та тривіальність у реалізації, без помітного ускладнення загального алгоритму управління;
- мінімальний об'єм.

Вектор передачі бітових площин

$$T(i)_k = \langle t(i)^k, \dots, t(i)^k, \dots, v(t)^0 \rangle \quad (19)$$

Передавана послідовність бітових площин трансформанти

$$S(i) = t(i)^k \& \dots t(i)^k \& \dots t(i)^0 \& (\alpha(i)_{hw}^{(k)} | \alpha(i)_{hw}^{(k)} = 1) \quad (20)$$

ОРГАНІЗАЦІЯ СЛУЖБОВИХ ДАНИХ ДЛЯ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ БІТОВОЮ ШВИДКІСТЮ

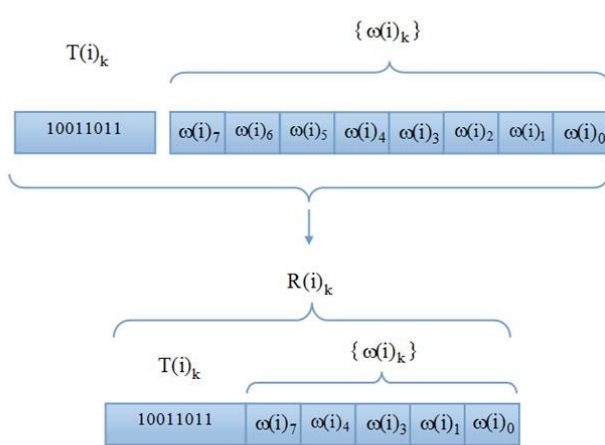


Рисунок 12 – Формування послідовності передачі бітових площин

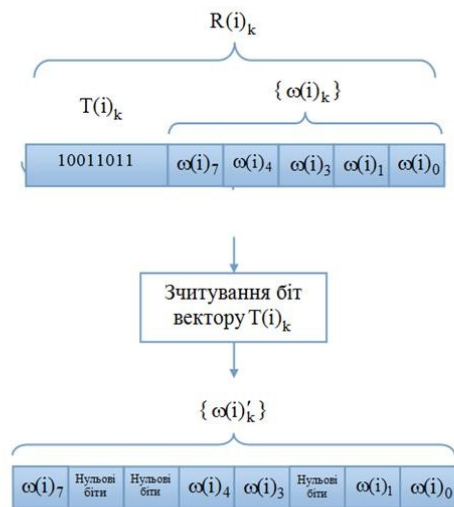
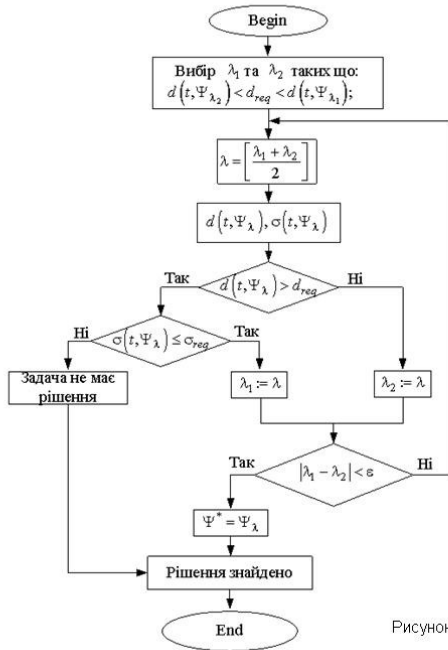


Рисунок 13 – Відновлення трансформанти на прийомному боці

РОЗРОБКА МЕХАНІЗМУ КОНТРОЛЮ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ У КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ

17



$$d(t, \Psi_{\lambda_2}) < d_{req} < d(t, \Psi_{\lambda_1})$$

$$|\lambda_2 - \lambda_1| < \varepsilon$$

$$1) d(t, \Psi_{\lambda}) > d_{req} \text{ та } \sigma(t, \Psi_{\lambda}) \leq \sigma_{req}$$

$$2) d(t, \Psi_{\lambda}) > d_{req} \text{ та } \sigma(t, \Psi_{\lambda}) > \sigma_{req}$$

$$3) d(t, \Psi_{\lambda}) \leq d_{req}$$

Рисунок 14 – Блок-схема алгоритму реалізації пошуку оптимального параметра управління

РОЗРОБКА МЕХАНІЗМУ КОНТРОЛЮ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ У КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ

18

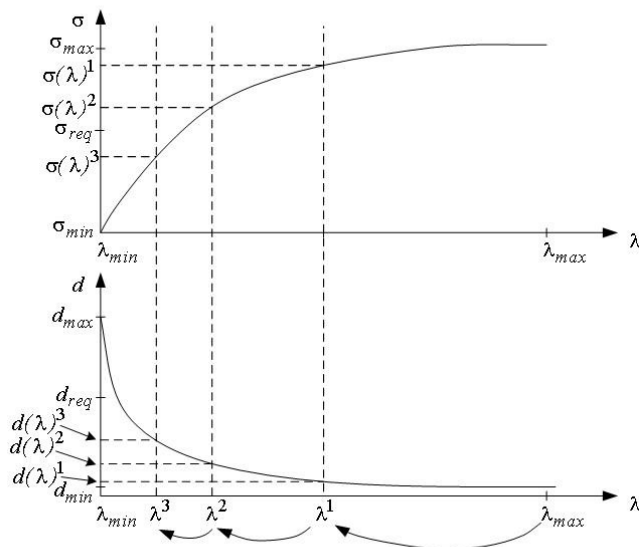


Рисунок 15 – Ілюстрація роботи алгоритму пошуку оптимального параметра

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

