

ДОДАТОК А СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

*Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра ІМІ*

*Магістерська атестаційна робота
на тему*

Контроль динаміки навантаження, що створює на мережу джерело даних у реальному часі

Виконав: Самарський Р. В.
Керівник: Омельченко А. В.

Харків - 2021

2

Мета роботи:

оптимізація вибору параметрів кодування відео потоку на рівні джерела для зменшення завантаженості мережі з одночасним забезпеченням якості надання відеосервісів

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТРАФІКУ У СУЧАСНИХ МЕРЕЖАХ

3

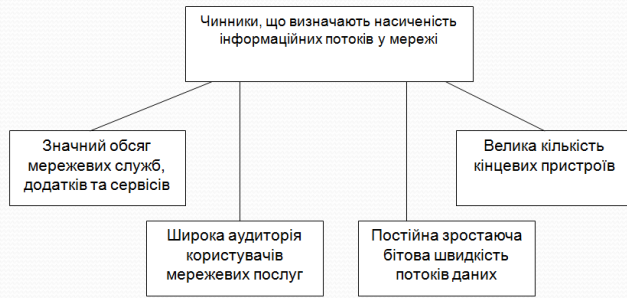


Рисунок 1 – Чинники, що визначають неоднорідність трафіку даних, що транслюються мережею у одиницю часу

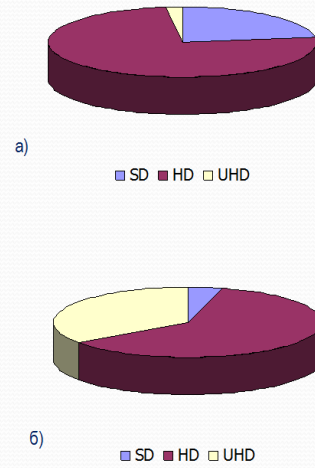


Рисунок 2 – Відсоткові частки трафіку відео різних роздільних здатностей на 2017 рік а) та 2022 рік б)

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТРАФІКУ У СУЧАСНИХ МЕРЕЖАХ

4

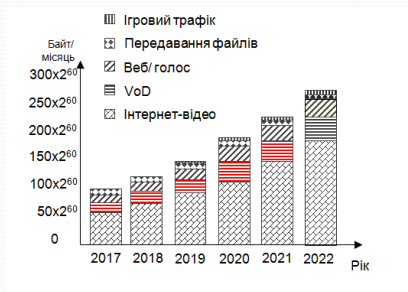


Рисунок 3 – Збільшення кількості даних різних типів у мережі з 2017 по 2022 рік (прогноз)

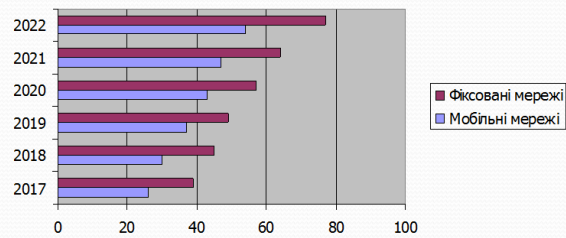


Рисунок 4 – Зростання середньої пропускнуої здатності мереж з 2017 по 2022 рік (прогноз)

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТРАФІКУ У СУЧАСНИХ МЕРЕЖАХ

Датчики	Технологічні дані систем		Геодані	Показники датчиків	
Відеоспостереження	Технологічні дані		Команди управління	Геодані	Відеодані
	Аналітика [розпізнавання об'єктів] [ідентифікація осіб] [пов'язані дані] [дані про переміщення об'єктів]				
Інтернет речей	Геодані	Показники датчиків	Технологічні дані		Відеодані
Соціальні мережі	Розміщений матеріал [URL, тип, категорія, теми]		Дані автора публікації	Зв'язані профілі	Дані аналізу матеріалу [характер, семантика, спрямованість]
Мобільні пристрої	Дані власника	Зв'язані контакти	Геодані	Повідомлення [голос] [текстові дані] [відеодані]	
Інформаційні системи	Тип даних [позиціонування] [пошуковий запит] [розміщення даних]		Розміщені дані [URL, категорія, теми]	Розміщений матеріал [URL, тип, категорія, теми]	
				Аналітика даних	



Рисунок 5 – Приклад багатозарової структури трафіку

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТРАФІКУ У СУЧАСНИХ МЕРЕЖАХ

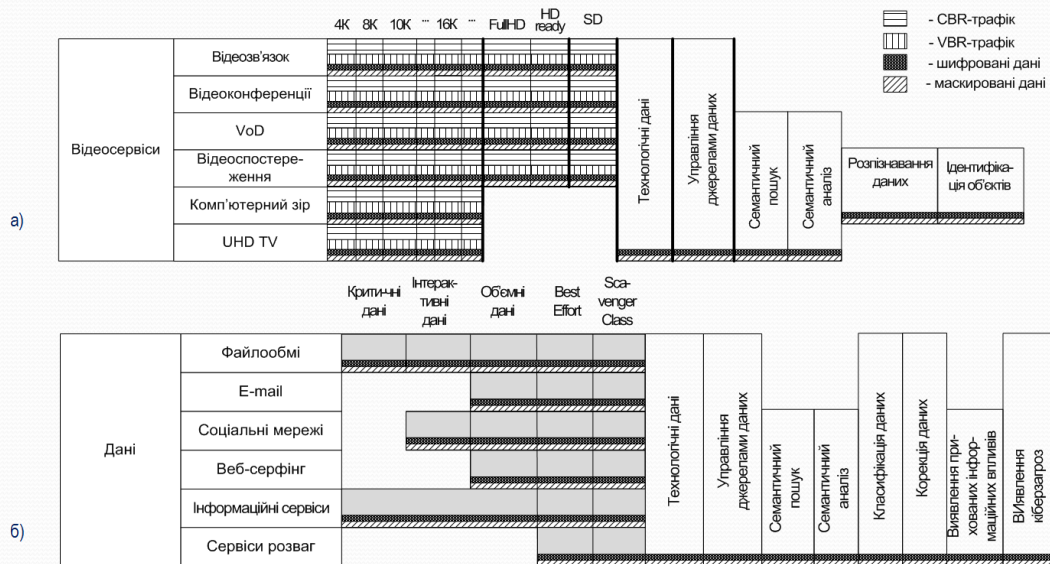


Рисунок 6 – Структура трафіку відео а) та даних б) з урахуванням наявності відкритого та маскованого сегментів а також різних рівнів пріоритетності

ОСОБЛИВОСТІ ОБІГУ У МЕРЕЖІ ПАКЕТІВ ДАНИХ ТРАФІКУ РІЗНИХ ТИПІВ

7

Таблиця 1–Показники, що характеризують якість надання мережевих сервісів за вимогами QoS

Сервіс	Відео інтерактивного типу	Відео потокового типу	VoIP	Трафік даних (інтерактивний та критичний тип)	Технологічний трафік та трафік управління
Величина джитеру χ	Менше, ніж 30мсек	Не встановлено	Менше, ніж 150мсек	→ min	→ min
Показник затримки надходження пакетів t'	Менше, ніж 150мсек	4-5 сек	Менше, ніж 10мсек	→ min	→ min
Коефіцієнт втрат пакетів даних θ	Не більше 1%	Не більше 2%	Менш, ніж 0,25%	→ min	→ min

ОСОБЛИВОСТІ ОБІГУ У МЕРЕЖІ ПАКЕТІВ ДАНИХ ТРАФІКУ РІЗНИХ ТИПІВ

8

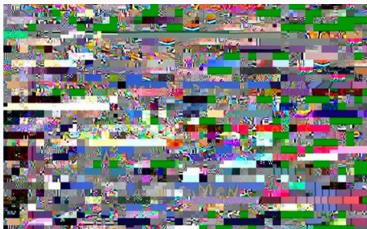


Рисунок 7 – Приклад руйнування відеокадру у наслідок часткової втрати пакетів у ході трансляції

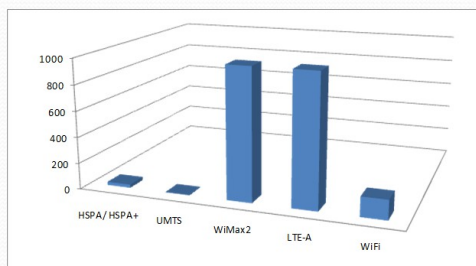


Рисунок 9 – Номінали пропускної спроможності поширених технологій доступу

Бітова швидкість Q відео:

$$Q = v \times \beta \times \psi. \quad (1)$$

де β - коефіцієнт, що описує ступінь зменшення бітової швидкості відео, кодованого з використанням тих чи інших алгоритмів стиснення;

v - значення роздільної здатності відеокадру, $v = H \times W \times 10^{-6}$, де H та W - значення висоти та, відповідно, ширини відеокадру у пікселях;

ψ - частота надходження кадрів у одиницю часу.

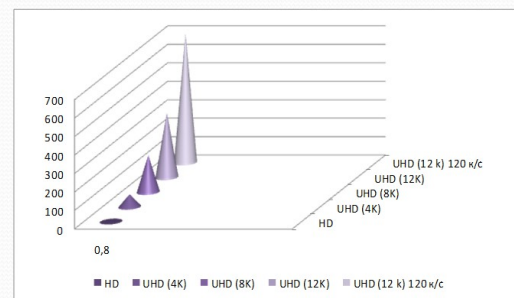


Рисунок 9 – Номінали бітових швидкостей відео різних роздільних здатностей та частоти слідування кадрів

ІСНУЮЧІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОСЕРВІСІВ

Зв'язок між якістю відновлених відеоданих та їхньою бітовою швидкістю:

$$Q_{vid} \uparrow \rightarrow Y_{vid} \uparrow, \tag{2}$$

Необхідно забезпечити компроміс між величинами Q_{vid} та Y_{vid}

Підхід, що передбачає забезпечення достатнього рівня якості:

(необхідно, щоб рівень якості Y_{vid} був не нижчим, ніж попередньо встановлений за згодою між провайдером сервісу та користувачем сервісу):

$$Y_{vid} \geq Y_{vid}^{(set)} | Q_{vid} \leq W(t), \tag{3}$$

де $Y_{vid}^{(set)}$ - деякий встановлений рівень якості реконструйованих відеоданих;

$W(t)$ - пропускна здатність мережі у момент часу t .

Підхід, що передбачає забезпечення оптимального рівня якості

$$Y_{vid} \rightarrow \max | Q_{vid} \rightarrow \min. \tag{4}$$

ІСНУЮЧІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОСЕРВІСІВ

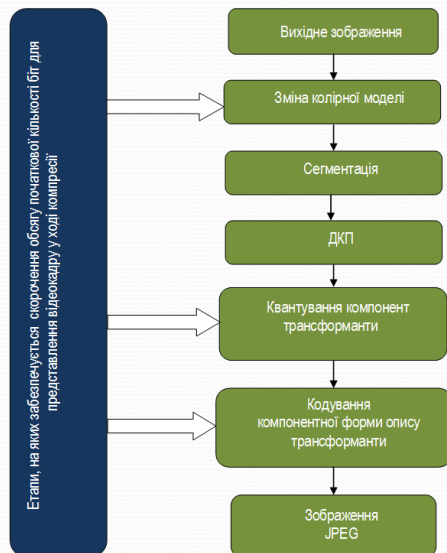


Рисунок 10 – Загальна схема обробки за алгоритмом JPEG з зазначенням етапів, на яких досягається зменшення початкового обсягу біт

Доступний обсяг $W_{free}(t)$ пропускної здатності:

$$W_{free}(t) = \Phi(V_{tr}; \Delta W(t)_{ns}; W(t)_{busy}), \tag{5}$$

де V_{tr} - швидкість обробки трафіку на мережевих вузлах, для якої справедливо $V_{tr} = var$ у т.ч. як наслідок складності трафіку;

$\Delta W(t)_{ns}$ - значення, на яку зменшується пропускна здатність мережі у наслідок впливу сторонніх завад, $\Delta W(t)_{ns} = var$;

$W(t)_{busy}$ - навантаження на мережу, що постійно змінюється у часі.

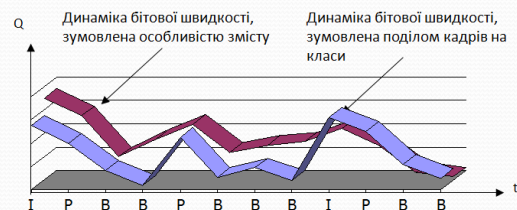


Рисунок 11 – Динаміка у часі бітової швидкості відео у наслідок змін особливостей змісту та поділом кадрів на класи у схемі MPEG

АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ БАЛАНСУВАННЯ БІТОВОЇ ШВИДКОСТІ ВІДНОСНО ЗМІН ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МЕРЕЖІ

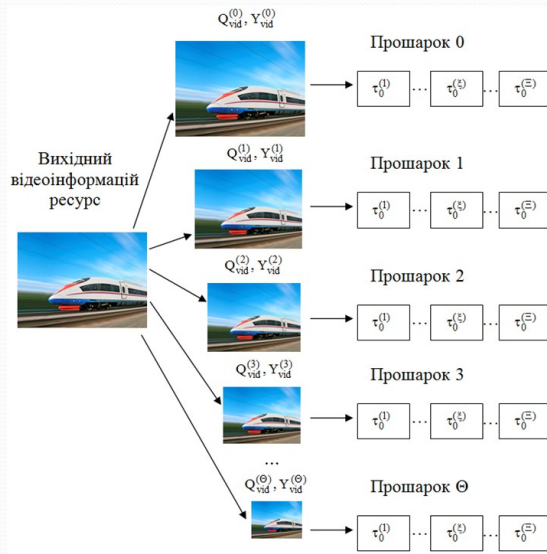


Рисунок 12 – Схема формування прошарків відеоданих у рамках ABR

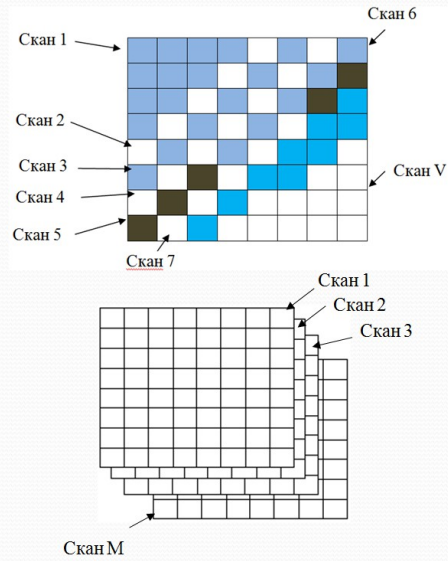


Рисунок 13 – Схема формування трансформанти сканами у режимі спектральної вибірки а) та поступового наближення б)

СИНТЕЗ МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ЯКОСТІ ВІДЕО СЕРВІСІВ НА БАЗІ УПРАВЛІННЯ БІТОВОЮ ШВИДКІСТЮ У БАЗИСІ ПРОГРЕСИВНОГО АЛГОРИТМУ JREG

Формування бімінімального завдання (вимоги до методу управління):

$$\begin{cases} Y_{vid} \rightarrow \max \\ t_{proc} \rightarrow \min \end{cases} | \begin{cases} Q_{vid} \rightarrow \min \\ t_{proc} \rightarrow \min \end{cases} \quad (6)$$

Бітова швидкість $Q_{E_j}(t)$ **кадру** E_j , **сформованого** K **трансформантами** $B_{i,j}^{(k)}$

$$Q_{E_j}(t) = \sum_{k=1}^K Q_{i,j}^{(k)}(t) = \sum_{\alpha=1}^M \sum_{k=1}^K Q(\alpha)_j^{(k)}, \quad (7)$$

де $Q(\alpha)_j^{(k)}$ - бітова швидкість двовимірного двійкового масиву α -го розряду k -ї трансформанти j -го кадру;

M - кількість розрядів для опису трансформанти $B_{i,j}^{(k)}$;

K - кількість трансформант, що формують кадр.

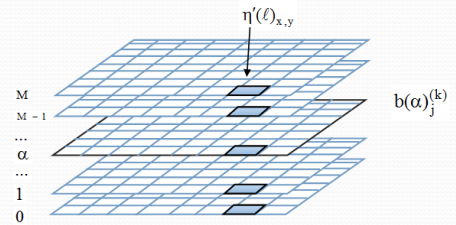


Рисунок 14 – Опис трансформанти у вигляді об'ємної структурної одиниці відео потоку, сформованої M двовимірними двійковими масивами

СИНТЕЗ МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ЯКОСТІ ВІДЕО СЕРВІСІВ НА БАЗІ УПРАВЛІННЯ БІТОВОЮ ШВИДКІСТЮ У БАЗИСІ ПРОГРЕСИВНОГО АЛГОРИТМУ JPEГ

Оптимальне управління для кадру:

$$C_{opt} = \bigcup_{k=1}^K C_{opt}^{(k)} \quad (8)$$

де $C_{opt}^{(k)}$ - оптимальне управління на k-му кроці

Процедура пошуку оптимального управління:

$$Q_{E_j}^{(opt)}(t)(Q^{(\alpha-1)}) = \min_{U_\alpha} \{f_\alpha(Q^{(\alpha-1)}, C_{\alpha-1})\}$$

$$Q_{E_j}^{(k,opt)}(t)(Q_{E_j}^{(k-1)}(t)) = \min_{U_k} \{f_k(Q_{E_j}^{(k-1)}(t)) + Q_{E_j}^{(k+1,opt)}(t)(Q_{E_j}^{(k)}(t))\} \quad (9)$$

де C_k - управління (вироблене рішення) на k – му етапі;

$Q^{(\alpha-1)}$ - величина бітрової швидкості, яку формують (α-1) трансформант;

$Q_{E_j}^{(k)}$ - значення цільової функції на k – му етапі;

f_k - показник ефективності прийняття рішення для k – го етапу, що визначається значенням цільової функції на передуючому кроці, а також згенерованого рішення (обраного управління) C_k для цього етапу.

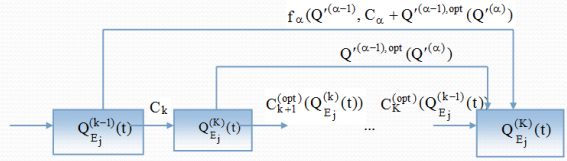


Рисунок 14 – Ілюстрація використання принципу оптимальності Белмана для побудови процесу управління бітровою швидкістю відеоданих

Таблиця 2 – Кількість станів алгоритму управління бітровою швидкістю для кадрів роздільної здатності FullHD та HD-ready

Формат	Розмір кадру	Кількість розрядів (кількість масивів $b(\alpha)_j^{(k)}$)							
		2	3	4	5	6	7	8	
HD-ready	1280x720	1	2^{14400}	4^{14400}	8^{14400}	16^{14400}	32^{14400}	64^{14400}	128^{14400}
FullHD	1920x1080	1	2^{32400}	4^{32400}	8^{32400}	16^{32400}	32^{32400}	64^{32400}	128^{32400}

СИНТЕЗ МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ЯКОСТІ ВІДЕО СЕРВІСІВ НА БАЗІ УПРАВЛІННЯ БІТОВОЮ ШВИДКІСТЮ У БАЗИСІ ПРОГРЕСИВНОГО АЛГОРИТМУ JPEГ

Рівень δ балансу між бітровою швидкістю $Q_{E_j}^{(k)}(t)$, помилкою D та часом обробки:

$$\begin{cases} \delta \uparrow \rightarrow \vartheta \downarrow | D \downarrow \& t_{proc} \uparrow; \\ \delta \downarrow \rightarrow \vartheta \uparrow | D \uparrow \& t_{proc} \downarrow; \\ \delta \downarrow \rightarrow \vartheta \uparrow | D_{const} \& t_{proc} \uparrow. \end{cases} \quad (10)$$

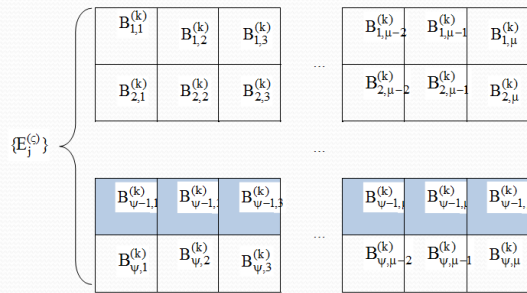


Рисунок 15 – Виділення підкадрів у структурі початкового кадру у напрямку рядків

СИНТЕЗ МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ЯКОСТІ ВІДЕО СЕРВІСІВ НА БАЗІ УПРАВЛІННЯ БІТОВОЮ ШВИДКІСТЮ У БАЗИСІ ПРОГРЕСИВНОГО АЛГОРИТМУ JPEГ

15

Процедура виявлення структурної подібності фрагментів субкадру за найбільшою $\gamma(B_{i,j}^{(k)})_{\max}$ та найменшою $\gamma(B_{i,j}^{(k)})_{\min}$ довжинами серій двійкових елементів у межах α -го масиву $b(\alpha)_j^{(k)}$ i -ї та $(i+1)$ -ї трансформант субкадру:

$$S_{str} = (|\Delta\gamma_{\max}^{(\alpha,i,\bar{i})}|; |\Delta\gamma_{\min}^{(\alpha,i,\bar{i})}|), \quad (11)$$

де $|\Delta\gamma_{\max}^{(\alpha,i,\bar{i})}|$ - різниця між максимальними довжинами серій двійкових елементів, виявлених у структурі k -х масивів $b(\alpha)_j^{(k)}$ i -ї та $(i+1)$ -ї трансформант субкадру, що визначається як $|\Delta\gamma_{\max}^{(\alpha,i,\bar{i})}| = |\gamma(B_{i,j}^{(k)})_{\max} - \gamma(B_{i+1,j}^{(k)})_{\max}|$,

$|\Delta\gamma_{\min}^{(\alpha,i,\bar{i})}|$ - різниця між мінімальними довжинами серій двійкових елементів, виявлених у структурі k -х масивів $b(\alpha)_j^{(k)}$ i -ї та $(i+1)$ -ї трансформант субкадру, яка обчислюється за виразом $|\Delta\gamma_{\min}^{(\alpha,i,\bar{i})}| = |\gamma(B_{i,j}^{(k)})_{\min} - \gamma(B_{i+1,j}^{(k)})_{\min}|$.

Для кадру FullHD забезпечується:

1. Для найгіршого випадку, коли не виявлено жодної пари подібних трансформант, виключно за рахунок розбиття кадру на субкадри, що мають розмір рядка початкового кадру, корочення обсягу кількість станів алгоритму (множини ймовірних управлінь) з 128^{32400} до 128^{240} , інакше кажучи, у 128^{32160} разів;
2. Якщо у межах субкадру половина трансформант визнана подібними за структурною ознакою S_{str} , що еквівалентно зменшено субкадру до 1/2 рядка вихідного кадру, кількість станів Φ алгоритму скорочується до 128^{120} , тобто, у 128^{32280} разів.

СИНТЕЗ МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ЯКОСТІ ВІДЕО СЕРВІСІВ НА БАЗІ УПРАВЛІННЯ БІТОВОЮ ШВИДКІСТЮ У БАЗИСІ ПРОГРЕСИВНОГО АЛГОРИТМУ JPEГ

16

Визначення рівня $V_{i,j}^{(k)}$ семантичної значимості

1. Обчислення суми значень $\overline{\eta'(\ell)_{x,y}}$ елементів усередненого динамічного діапазону десятих значень $\eta'(\ell)_{x,y}$ компонент яскравісної складової.
2. Розрахунок ймовірної середньої величини для максимальної компоненти яскравості:

$$\overline{\eta'(\ell)_{x,y}} = \frac{\eta'(\ell)_{x,y}^{(\max)}}{2} \quad (12)$$

- встановлюються межі динамічного діапазону усереднених значень компонент. Верхня межа обчислюється на базі наступного виразу:

$$\overline{\eta'(\ell)_{x,y}^{(\text{top})}} = \overline{\eta'(\ell)_{x,y}} + \omega \overline{\eta'(\ell)_{x,y}}, \quad (13)$$

де ω - коефіцієнт, що залежить від особливостей змісту відеоккадру. Розрахунок нижньої межі:

$$\overline{\eta'(\ell)_{x,y}^{(\text{bottom})}} = \overline{\eta'(\ell)_{x,y}} - \omega \overline{\eta'(\ell)_{x,y}}, \quad (14)$$

3. Обчислення величини величини $V_{i,j}^{(k)}$:

$$V_{i,j}^{(k)} = \sum (\overline{\eta'(\ell)_{x,y}} | \overline{\eta'(\ell)_{x,y}} \in [\overline{\eta'(\ell)_{x,y}^{(\text{top})}}; \overline{\eta'(\ell)_{x,y}^{(\text{bottom})}}]) \quad (15)$$

Трансформанти найвищого рівня градації $V_{i,j}^{(k)}$ лишаються незмінними;

Трансформанти середнього рівня градації $V_{i,j}^{(k)}$ підлягають процедурі усереднення масивів $b(\alpha)_j^{(k)}$, що відповідають 5 молодшим розрядам їх двійкового опису;

Трансформанти нижнього рівня виключаються з розгляду та не беруть участі у процесі побудови управлінь для субкадру.

Приклад:

- 33% трансформант віднесено до нижнього рівня градації значень $V_{i,j}^{(k)}$;
- 33% трансформант визнано як такі, що належать середньому рівню;
- 50% трансформант першого та другого рівня градацій $V_{i,j}^{(k)}$ є структурно подібними.

Для субкадру, рівному за розмірами рядку кадру з роздільною здатністю FullHD, кількість станів алгоритму Φ рівна:

$$W = (2^3)^{\Pi} + (2^M)^I, \quad (16)$$

де Π та I - відповідно, обсяг трансформант, що належать другому та, відповідно, першому рівню градації.

Отже, для розглядуваного прикладу маємо $W = (2^3)^{80} + (2^8)^{80} = 2^{240} + 2^{640}$;

СИНТЕЗ МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ЯКОСТІ ВІДЕО СЕРВІСІВ НА БАЗІ УПРАВЛІННЯ БІТОВОЮ ШВИДКІСТЮ У БАЗИСІ ПРОГРЕСИВНОГО АЛГОРИТМУ JPEГ

17

Для субкадру, що має розмір 1/2 рядку FullHD-кадру:

$$\Phi = (2^3)^{40} + (2^8)^{40} = 2^{120} + 2^{320}.$$

Для субкадру, що формується на базі 6 фрагментів $B_{i,j}^{(k)}$ кадру E_j для найгіршого випадку

$$\Phi = 2^{48}.$$

Для субкадру, що формується на базі 6 фрагментів $B_{i,j}^{(k)}$ кадру E_j з використанням алгоритмів виявлення структурної подібності та рівнів градації семантичної значимості:

$$\Phi = (2^2)^2 + (2^8)^2 = 2^4 + 2^{16}.$$

Доповідь закінчено. Дякую за увагу!

ДОДАТОК Б

ПУБЛІКАЦІЯ ПО ТЕМІ РОБОТИ



65.	<i>Крупка Я. А.</i> СПОСОБИ, ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ У ГРНИЧНИХ ВИРОБКАХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ	345
66.	<i>Лапась О. В.</i> СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД УКРАЇНИ ТА МЕТОДИ ЇХ ПОКРАЩЕННЯ	352
67.	<i>Молодецька Т. І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗГИНУ ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ З ПОКРИТТЯМ	356
68.	<i>Несук О. О., Потапова К. Р.</i> ЗВОРОТНІЙ АЛГОРИТМ ВИВЕДЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ	360
69.	<i>Оберська Н. В.</i> ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕМЕНТАХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	366
70.	<i>Омельченко А. В., Самарський Р. В., Наталюк С. А.</i> АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО КОНТРОЛЮ ДИНАМІКИ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ МЕРЕЖІ	371
71.	<i>Падалка О. С., Карнаушченко В. П.</i> ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМОВАНИХ СТРУКТУР FPGA ДЛЯ ВПОРЯДКУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ	374
72.	<i>Пісоцький Є. Р.</i> ОСОБЛИВОСТІ ПРОСУВАННЯ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ	380
73.	<i>Попомарьов П. Є.</i> АНАЛІЗ СТАНУ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ С. ПАРАСКОЇВКА ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛ.	383
74.	<i>Поцелуй Я. С., Яворський О. Л.</i> ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБУ ВИРАЗНОСТІ «ХРОМАКЕЙ» У ПРОЦЕСІ СТВОРЕННЯ ВІДЕОКОНТЕНТУ	386
75.	<i>Привала В. О.</i> МЕТОДОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОГО ДОБОРУ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ І ОЦІНКИ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	391
76.	<i>Рухметов А. Р.</i> ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТРУДОМІСКОСТІ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ЗАВАНТАЖЕННІ УНІВЕРСАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ МАЛИМИ СЕРІЯМИ ДЕТАЛЕЙ	395
77.	<i>Семенова О. І., Ясіньська В. О., Онофрієнко А. І.</i> ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ	398
78.	<i>Стефанович П. І., Стефанович І. С.</i> КОНЦЕПЦІЯ ООН ПРО СТАЛІЙ РОЗВИТОК ЛЮДСТВА ЯК КОНЦЕПТУАЛЬНА ОСНОВА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	405
79.	<i>Супруненко К. Є., Лицана Ю. В.</i> ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ НЕРІВНИХ	414

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО КОНТРОЛЮ ДИНАМІКИ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ МЕРЕЖІ

Омельченко Анатолій Васильович

к.т.н., доц.

Самарський Руслан Володимирович

Наталюк Сергій Андрійович

Студенти

Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна

Вступ. Ключова особливість сучасного стану розвитку інформаційно-комунікаційних систем та мереж полягає у постійному стійкому ускладненні та збільшенні ступеню інтегрованості структури трафіку на тлі зростання рівня завантаженості мережі. У зазначених умовах ускладнюється забезпечення якості надання мережевих сервісів. Це зумовлює актуальність технологічних рішень, спрямованих на контроль динаміки завантаженості мережі.

Мета роботи. Аналіз існуючих підходів відносно забезпечення якості надання мережевих сервісів шляхом контролю динаміки завантаженості мережі.

Матеріали і методи. Використовуються описи існуючих механізмів та технологій, що здійснюють контроль завантаженості мережі, та прогноз щодо розвитку мереж Cisco VNI Forecast. Обґрунтування недоліків існуючих механізмів підвищення якості надання відеоінформаційних сервісів за рахунок контролю динаміки завантаженості мережі здійснювалося на основі системного підходу, базуючись на теоретичному апараті дослідження складних систем. Розробка рекомендацій щодо удосконалення методів контролю завантаженості мережі ґрунтується на положеннях теорії інформації та кодування.

Оскільки відео на сьогодні становить понад 80% усього мережевого трафіку, доцільним є скорочення обсягу трафіку відеоінформаційних ресурсів. Це, у свою чергу, веде до зменшення загального навантаження мережі, що створює умови росту якості Q надання сервісів усіх типів. Разом з тим, методи

компресії відеоданих не забезпечують балансування бітової швидкості відео відносно динаміки змін пропускної здатності W мережі, що є причиною падіння якості відео сервісів. У цих умовах ефективнішими є методи контролю бітової швидкості V відео на рівні джерела, що дозволяють адаптувати її величину до поточного значення параметрів мережі.

Так, алгоритм EBCOT, що є частиною стандарту JPEG2000, використовує механізми усічення бітових площин блоків кадру, тим самим змінюючи бітову швидкість потоку. Даний підхід ґрунтується на забезпеченні потрібної комбінації величин V та Q на базі методу множників Лагранжа, що задається виразом $V - \lambda Q = 0$, де множник λ визначає точку на кривій бітова швидкість/якість. У той же час, характер побудови даної кривої визначається особливостями змісту оброблюваних блоків та є справедливою лише для випадку, коли двійковий опис блоку кадру буде містити виключно одиничні елементи, що обмежує його застосовуваність.

У свою чергу, технологія адаптивної бітової швидкості (ABR), що лежить в основі багатьох сервісів VoD, базується на використанні сітки відеопотоків різних роздільних здатностей (та, відповідно, швидкостей), що генеруються на основі вихідного файлу. Такі потоки формують множину I т.з. «прошарків якості», кожен з яких поділено на часові ділянки $t(\text{layer } i)_j$, при цьому $t(\text{layer } I)_j = t(\text{layer } i)_j = t(\text{layer } 1)_j$. У ході трансляції j -го відеопотоку, в умовах, коли $V < W$, здійснюється перехід з більш високого $t(\text{layer } i)_j$ за бітовою швидкістю прошарку до прошарку $t(\text{layer } i-1)_j$, за рахунок чого параметри потоку підлаштовуються до величини W . Недоліками ABR є:

- відсутність механізмів забезпечення якості;
- нерациональне використання файлоосховищ у наслідок зберігання множини відеофайлів різної роздільної здатності;
- технологічна складність реалізації сервісів реального часу.

У таких умовах альтернативою зазначеним підходам є:

- використання роздільної компресії відеофрагментів залежно від рівня їх інформативності;
- забезпечення можливості зміни структурних складників потоку, на рівні яких здійснюється компресія у ході обробки.

Це, у свою чергу, дозволяє:

- досягти зменшення величини помилки, що вноситься у ході управління бітовою швидкістю;
- скоротити ймовірність внесення значного рівня затримки під час вибору параметрів компресії.

Результати та обговорення. Реалізація означених підходів забезпечує зростання візуальної якості Q реконструйованих відеоданих навіть за умов, що за оцінками пікового відношення сигнал-шум спостерігаються результати, аналогічні застосуванню стандартизованих підходів. Це відповідає випадку застосування управління кроком квантування для фрагментів відеокадру залежно від рівня інформативності.

Разом з тим, у випадку, коли спільно застосовуються механізми зміни формату колірної субдискретизації, та кроку квантування, при цьому фрагменти кадрів диференціюються на 3 групи відповідно до рівня інформативності, разом зі збільшенням візуальної якості відновлених даних зростає якість відео за оцінкою пікового відношення сигнал-шум. У середньому для кадрів насиченого, середньо-насиченого та ненасиченого типів пікове відношення сигнал-шум зростає на 10% порівняно зі стандартизованими методами.

Висновки. Розглянуто існуючі підходи до контролю динаміки завантаженості мережі на базі скорочення обсягу надходячих відеоданих. Обґрунтовано, що найбільш перспективними напрямками тут є управління бітовою швидкістю відео на рівні джерела, що ґрунтується на роздільній компресії фрагментів відповідно до їх інформативності. Для збільшення ефективності розглянутих підходів пропонується скорочення структурної надмірності структурних складників відеокадрів.

