

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Москаленко Олександра Олександровича

академічної групи 172-16зск-1

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

спеціалізації¹

за освітньо-професійною програмою Телекомунікації та радіотехніка

на тему Удосконалення кодера для телебачення високої чіткості

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	к.ф.-м.н., доц. Магро В.І.			
розділів:				
спеціальний	к.ф.-м.н., доц. Магро В.І.			
економічний	к.е.н., доц. Романюк Н.М.			
Рецензент				
Нормоконтролер	к.ф.-м.н., проф. Гусєв О.Ю.			

Дніпро
2019

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
безпеки інформації та телекомунікацій
_____ д.т.н., проф. Корнієнко В.І.

« _____ » _____ 20 ____ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

студенту Москаленко Олександр академічної групи 172-16зск-1
Олександровичу
(прізвище ім'я по-батькові) (шифр)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і назва спеціальності)

на тему Удосконалення кодера для телебачення високої чіткості

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Виконати огляд методів кодування відео зображень. Виявити переваги та недоліки існуючих методів відеокодування.	
Розділ 2	Розробити алгоритм кодування для телебачення високої чіткості. Розробити удосконалений кодер для телебачення високої чіткості.	
Розділ 3	Провести розрахунок витрат на розробку вартості поліпшеного методу кодування та аналіз існуючих аналогів.	

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Магро В.І.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі: _____

Дата подання до екзаменаційної комісії: _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Москаленко О.О.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 84 с., 35 рис., 1 табл., 1 додаток, 12 джерел.

Об'єкт дослідження: цифрове зображення високої чіткості.

Мета роботи: удосконалення кодера для телебачення високої чіткості.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань виконано аналіз і наукове узагальнення літературних джерел з вихідних посилань досліджень.

Практичне значення роботи полягає в розробці способу кодування, який дозволяє зменшити обчислювальну складність, спростити структурну схему і як наслідок здешевити реалізацію даної технічної розробки.

Розроблена схема кодера може застосовуватися в телебаченні високої чіткості, де розмір зображення набагато більший ніж у телебачення стандартної чіткості.

Розроблений кодер дозволяє отримати більш якісне зображення, маючи меншу обчислювальну складність. Обґрунтований в результаті виконання роботи спосіб, може бути використаний в телебаченні високої чіткості.

ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯ, ДЕКОДЕР, КАДР, КОДЕР, КОДУВАННЯ, ПРОГНОЗУВАННЯ, ПРОФІЛІ, СТИСНЕННЯ, СТАНДАРТ H.264, СТРУКТУРНА СХЕМА, СЕМПЛЮВАННЯ, ТЕЛЕБАЧЕННЯ ВИСОКОЇ ЧІТКОСТІ.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 84 с., 35 рис., 1 табл., 1 приложение, 12 источников.

Объект исследования: цифровое изображение высокой четкости.

Цель работы: совершенствование кодера для телевидения высокой четкости.

Методы исследования. При решении поставленных задач проведен анализ и научное обобщение литературных источников по исходящим ссылкам исследований.

Практическое значение работы состоит в разработке способа кодирования, который позволяет уменьшить вычислительную сложность, упростить структурную схему и как следствие удешевить реализацию данной технической разработки.

Разработанная схема кодера может применяться в телевидении высокой четкости, где размер изображения гораздо больше, чем у телевидения стандартной четкости.

Разработанный кодер позволяет получить более качественное изображение, имея меньшую вычислительную сложность. Обоснованный в результате выполнения работы кодер, может быть использован в телевидении высокой четкости.

ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЕ. ДЕКОДЕР. КАДР. КОДЕР. КОДИРОВАНИЕ. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ. ПРОФИЛЬ. СЖАТИЕ. СТАНДАРТ H.264. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА. СЭМПЛИРОВАНИЕ. ТЕЛЕВИДЕНИЕ ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ.

ABSTRACT

Explanatory note: 84 p., 35 fig., 1 tab., 1 annex, 12 sources.

The object of study: digital image high definition.

Objective: to improve the coder for high-definition television.

Method of research. In solving the problems posed, an analysis and scientific generalization of the literature on outgoing research links was carried out.

The practical significance of the work is to develop a coding method that reduces the computational complexity, simplifies the block diagram and, as a result, reduces the cost of implementing this technical development.

The developed coder scheme can be used in high-definition television, where the image size is much larger than that of standard-definition television.

The developed encoder allows you to get a better image, with less computational complexity. The coder, justified by the performance of the work, can be used in high-definition television.

VIDEO. DECODER. FRAME. CODER. CODING. FORECASTING. PROFILE. COMPRESSION. H.264 STANDARD. STRUCTURAL DIAGRAM. HIGH DEFINITION TELEVISION.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДКП – дискретне косинусне перетворення;

ІКМ – імпульсно-кодова модуляція;

ТВЧ – телебачення високої чіткості;

CCD – charge coupled device

DCT – discrete cosine transform;

HDTV – high-definition television;

HP – high profile;

MP – main profile;

PSNR – peak signal to noise ratio;

SP – simple profile;

SNR – scalable profile;

SSP – spatially scalable profile.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1.СТАН ПРОБЛЕМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	
1.1 Основи відеокодування в цифровому телебаченні.....	10
1.1.1 Телебачення високої чіткості.....	11
1.1.2 Захоплення кадру.....	13
1.1.3 Кадри та напівкадри.....	15
1.1.4 Колірні простори	17
1.1.5 Формати семпліровання	18
1.1.6 Обмеження спектру і дискретизація.....	19
1.1.7 Квантування і кодування.....	21
1.1.8 Необхідність і можливість стиснення відеосигналу.....	24
1.1.9 Відеокодек.....	25
1.2 Кодування і стиснення сигналів відео зображення.....	27
1.2.1 Стандарт MPEG-2.....	27
1.2.2 Стандарт H.264.....	29
1.2.3 Порівняння стандартів MPEG-2 і H.264.....	33
1.3 Детальний опис процесу кодування в стандарті H.264	36
1.3.1 Формування INTRA-прогнозу.....	36
1.3.2 Формування INTER-прогнозу.....	39
1.3.3 Перетворення, сканування і квантування.....	41
1.3.4 Деблокуючий фільтр.....	45
1.3.5 Ентропійне кодування.....	47
1.4 Висновок до першого розділу.....	48
1.5 Постановка задачі для другого розділу.....	49
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	50
2.1 Структурні схеми кодування і декодування	50
2.2 Алгоритм роботи кодера та декодера.....	51
2.3 Удосконалення алгоритму роботи і структурної схеми кодера в стандарті H.264.....	54

2.3.1	Вдосконалений алгоритм кодування.....	57
2.3.2	Структурна схема, що реалізує розроблений алгоритм.....	62
2.3.3	Алгоритми прийняття рішень про режим інтракодування.....	65
2.3.4	Порівняння способів кодування.....	72
2.4	Висновок до другого розділу.....	75
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА		
3.1	Визначення трудомісткості розробки алгоритму.....	76
3.2	Витрати на створення алгоритму кодування.....	78
3.3	Визначення економічної переваги розробленого алгоритму роботи кодера	
3.4	Висновок до третього розділу.....	80
ВИСНОВКИ		81
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		83
ДОДАТОК А.		
ДОДАТОК Б.		
ДОДАТОК В.		
ДОДАТОК Г.		

ВСТУП

Всеосяжне та високоякісне цифрове відео було метою компаній, дослідників та розробників відеостандартів протягом останніх двох десятиліть. У деяких сферах (наприклад, в ширококомовному телебаченні та в зберіганні відеоданих) цифрове відео повністю захопило ринок. Очевидно, що цифрове відео є дуже важливою галуззю інформаційної індустрії, яка продовжить своє поширення в бізнесі, в мережевих галузях і в наших будинках. Безперервний розвиток відеоіндустрії викликано потужними комерційними і технологічними силами. Комерційне вплив спричиняє усвідомлення операторами надання послуг потенційно величезного доходу від впровадження даної технології. З іншого боку дання технологія має безперечні переваги у якості. Все це спонукає споживачів і бізнесменів замінювати аналогові і старі цифрові технології на більш нові, ефективні та високоякісні цифрові відеопродукти і освоювати нові розважальні та комунікаційні технології, які народжуються з приходом нових цифрових відеопродуктів. Технічний розвиток технології передусім базується на безперервному зростанні продуктивності обчислювальної та процесорної техніки, на збільшенні ємності систем зберігання даних, на зростанні швидкостей передачі даних, а також на прогресі технології обробки зображень та відео.

Швидкість передачі даних в мережах продовжує стрімко зростати, висока швидкість зв'язку з домівкою стала загальнодоступною, обладнання для обробки інформації вдосконалюється (з'являються більш потужні обчислювальні процесори, відеокамери та відеодисплей з великою роздільною здатністю), а ємність жорстких дисків, флеш-пам'яті і оптичних накопичувачів сильно підвищилася. Внаслідок чого стає природним перехід від звичайних відеопродуктів до більш високоякісних, зокрема до таких як цифрове телебачення високої чіткості. Тому метою роботи є удосконалення кодера для телебачення високої чіткості. Він який дозволяє підвищити якість зображення і знизити обчислювальну складність.

1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Основи відеокодування в цифровому телебаченні

Розвиток телевізійних систем, що спостерігається нині, призводить до стрімкого переходу від аналогового мовлення до цифрового. Телевізійне мовлення в цифровій формі має цілий ряд переваг перед аналоговим. Основна перевага полягає в кращій завадостійкості цифрових сигналів. Крім того, цифрова обробка сигналів значно розширює можливості впливу на оброблюваний сигнал, дозволяє отримати такі перетворення, які важко або неможливо отримати аналоговим способом. Цифрові методи застосовуються досить давно для внутрішньої студійної обробки телевізійних сигналів. Найчастіше, використовувалися оцифровані композитні сигнали аналогових систем SECAM, PAL і NTSC. Подання цих сигналів у цифровому вигляді полегшує їх обробку в апаратно-студійному комплексі, дозволяє поліпшити якість вихідного сигналу. Однак підвищення якості зображення обмежувалося можливостями композитних систем кольорового телебачення, основним недоліком яких є перехресні спотворення між сигналами яскравості і кольоровості. Крім того, для передачі по каналу зв'язку ці сигнали в цифровому вигляді не годилися внаслідок дуже широкої смуги частот, яку вони займали. Мовлення в цифровому вигляді стало можливим після розробки ефективних методів стиснення об'єму інформації, що передається. При розробці цифрового мовлення розробники вже не прагнули забезпечити сумісність зі старим аналоговим методом, як це було при переході від чорно-білого телебачення до кольорового.

Це дозволило відмовитися від композитного сигналу і перейти до використання компонентного сигналу, в якому сигнали яскравості і кольоровості передаються роздільно. Відмова від принципу сумісності з аналоговим телебаченням дозволяє перейти до абсолютно нової якості мовлення, а саме здійснити телебачення високої чіткості (ТВЧ).

1.1.1 Телебачення високої чіткості

Стрімкий перехід від аналогового телебачення до цифрового, а також значне зниження вартості дисплеїв з великою роздільною здатністю, стимулює збільшення кількості користувачів телебаченням високої чіткості.

Телебачення високої чіткості (англ. High-Definition Television, скор. HDTV) - набір стандартів телевізійного мовлення високої якості, що ґрунтуються на сучасних стандартах розкладання зображення, що значно перевищують по спроможності телебачення стандартної чіткості. Крім того, в телебаченні високої чіткості для передачі зображення і звуку застосовуються виключно цифрові технології, засновані на стисненні потоку відео-і звукових даних.

Стандартні формати високої чіткості:

- 720p: 1280 × 720 пікселів, «порядкова розгортка», відношення сторін 16:9, частота - 50 або 60 кадрів в секунду (цей формат ТВЧ рекомендований як стандартний для країн-членів, у Росії цей формат визначений як телебачення підвищеної чіткості по ГОСТ Р 53536-2009.)

- 1080i: 1920 × 1080 пікселів, «черезрядковий», співвідношення сторін 16:9, частота - 25 або 30 кадрів (50 або 60 напівкадрів) за секунду;

- 1080p: 1920 × 1080 пікселів, «порядкова розгортка», відношення сторін 16:9, частота - 24, 25 або 30 кадрів в секунду. У липні 2008 року американський комітет ATSC, а слідом за ним, у вересні 2009 року, і європейський ETSI включили в стандарти телемовлення формати 1080p50 і 1080p60 (з частотою зміни кадрів 50 і 60 в секунду, відповідно). Ці формати можуть використовуватися обладнанням (приймним і передавальним), що підтримує стандарти H.264 на рівні 4.1 і вище.

Передача відеосигналу ТВЧ на далекі відстані (від мовної станції до приймача кінцевого користувача) здійснюється, як правило, в стислому цифровому вигляді. Стиснення відео на порядки знижує вимоги до ширини каналу передачі (з 1,485 Гбіт / с до 8 – 25 Мбіт / с), при цьому якість зображення залишається прийнятною.

Для кодування відеосигналу в ТВЧ найбільш часто використовуються формати MPEG-2 і MPEG-4/AVC. Для передачі сигналу ТВЧ в основному використовуються технології цифрового телемовлення (DVB), у тому числі:

- Цифрове супутникове телебачення (DVB-S, DVB-S2);
- Цифрове кабельне телебачення (DVB-C);
- Цифрове ефірне (наземне) телебачення (DVB-T, DVB-T2).

Передача сигналу ТВЧ на короткі відстані (від приймача користувача до дисплея) здійснюється в стислому вигляді через цифрові інтерфейси (кабелі) HDMI і DVI-D. Використання цифрових інтерфейсів дозволяє повністю позбавитися від цифро-аналогових перетворень на всьому шляху проходження сигналу.

Цифрова форма будь-якого сигналу завжди є лише проміжною його формою, призначеної для поліпшення передачі і обробки цього сигналу. На кінцевій ділянці лінії зв'язку сигнал повинен бути знову представлений в аналоговій формі. Загальна структурна схема цифрової передачі може бути представлена у вигляді, показаному на рис.1.1. Джерелом аналогового ТВ сигналу можуть бути телевізійна камера, аналоговий відеомагнітофон та ін. Аналоговий сигнал в аналого-цифровому перетворювачі АЦП перетворюється в цифрову форму. Далі піддається інформаційному стисненню - відеокompresсії.

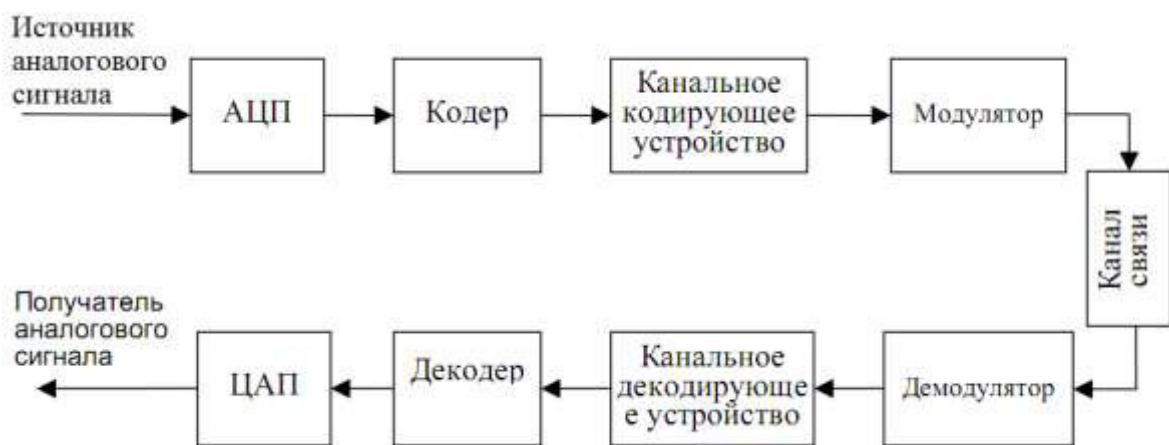


Рисунок 1.1 – Структурна схема цифрової передачі ТВ сигналу

Отриманий цифровий потік перед передачею по каналу зв'язку має бути підданий додатковій обробці. У нього повинна бути внесена додаткова службова інформація, яка допомагає правильно обробляти цифровий потік, що надходить на приймальній стороні. Цифровий потік повинен бути видозмінений так, щоб в каналі зв'язку він піддався б найменшим спотворенням (завадостійке кодування) та ін. Ця обробка проводиться в каналному кодуєчому пристрої. По каналу зв'язку цифровий сигнал передається у формі реальних електричних сигналів якими модулюється одна або безліч несучих. Сигнал формується в модуляторі. Тут передбачається, що в модуляторі також проводиться підсилення сигналу до необхідної потужності. Телевізійний сигнал по каналу зв'язку передається в приймальний пристрій, в якому відбувається перетворення сигналу в зворотній послідовності.

Існують три види каналу зв'язку, що використовуються в телемовленні: супутниковий, наземний і кабельний. У кожному каналі є свої особливості поширення ТВ сигналу, які необхідно враховувати при каналному кодуванні і виборі способу модуляції. Для вироблення єдиних базових технічних вимог до систем цифрового телебачення в рамках Європейського мовного союзу була створена незалежна міжпромислова група DVB Project (Digital Video Broadcasting Project). Рекомендації цієї групи для супутникового, кабельного і наземного каналів знайшли відображення в стандартах DVB-S, DVB-C, DVB-T відповідно. У світі існують і інші стандарти цифрового ТВ, наприклад американський ATSC і японський ISDB-T стандарти наземного мовлення.

Перетворення будь-якого аналогового сигналу в цифровий включає в себе наступні етапи: обмеження спектра, дискретизацію, квантування і кодування. Розглянемо особливості цих перетворень для сигналів зображення.

1.1.2 Захоплення кадру

Цифрове відео являє собою запис реальних сцен оточуючого нас світу, знятих в деякі послідовні моменти часу. Сцена фіксується (семплірується) (рис. 1.2 та рис. 1.3) в кожний момент часу у вигляді кадру (образу всієї візуальної

сцени в цей момент часу) або напівкадри (що складається з рядків кадрів з парними або непарними номерами просторового семпліровання). Семпліровання у часі проводиться з деякими проміжками (наприклад, через інтервали $1/25$ або $1/30$ секунди) (рис.1.3). При цьому формується відеосигнал. Зазвичай необхідно мати три множини компонент (семплів) відеосигналу для представлення сцени в кольоровому зображенні. Загальнопоширеним форматом представлення відеосигналу в цифровій формі є стандарт ITU-R 601 і сімейство «проміжних» форматів. Природні відеосцени є у великій мірі безперервними у часі і просторово однорідні. Подання візуальної сцени в цифровій формі припускає її просторове семпліровання (зазвичай за допомогою прямокутної сітки в плоскій проекції відеозображення) та часове семпліровання (у вигляді послідовності нерухомих зображень (кадрів) або компонентів кадрів, зафіксованих через регулярні проміжки часу) (рис. 1.4)

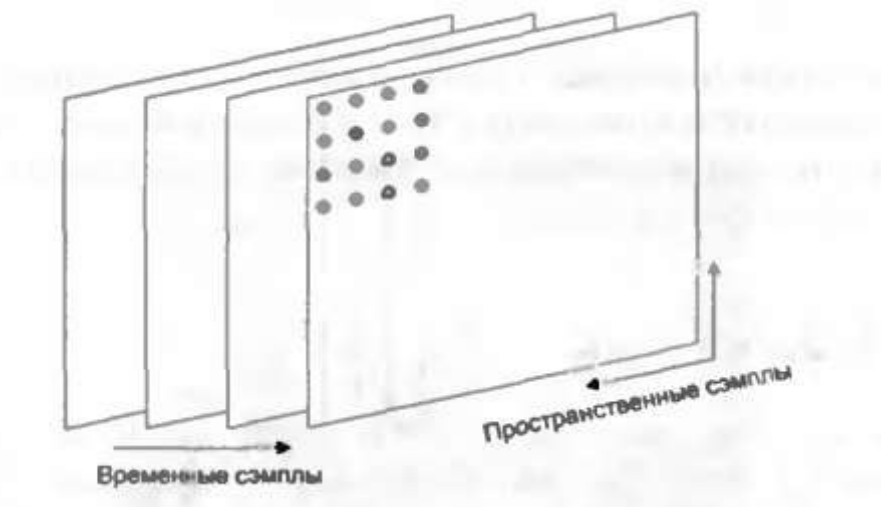


Рисунок 1.2 – Просторове та часове семпліровання

Цифрове відео є представленням семплірованого відео в цифровій формі. Кожен просторово-часової семпл (елемент зображення або піксел) представляється у вигляді числа або безлічі чисел, які позначають яскравість (світність) і колір даного семпла. Щоб отримати двомірне семплірованне зображення, відеокамера фокусує двомірну проекцію на датчику або сенсорі,

яким, наприклад, може бути матриця приладу з зарядовим зв'язком CCD (Charge Coupled Device).



Рисунок 1.3 – Зображення з двома сітками семпліровання

1.1.3 Кадри та напівкадри

Відеосигнал може бути просемплірований у вигляді серії цілих кадрів (прогресивне семпліровання) або у вигляді послідовності черезстрочних напівкадрів (черезстрочне семпліровання). У черезстрочній відеопослідовності половина пікселів кадру (полукадр) фіксується за кожен часовий інтервал семпліровання. Напівкадри складаються з непарних або парних рядків повного відеокадру, а черезрядковий відеоряд складається з послідовності напівкадрів, в кожному з яких знаходиться половина інформації цілого відеокадру (наприклад, рис. 1.5 і 1.6). Перевага такого методу семпліровання полягає в тому, що є можливість передати в два рази більше напівкадрів за секунду, ніж цілих кадрів в еквівалентній прогресивній послідовності при тій же загальній швидкості передачі даних. При цьому спостерігається певне згладжування руху в кадрі. Наприклад, відеопослідовності в системі PAL складається з 50

напівкадрів в секунду, і рух в кадрі виглядає істотно більш плавним, ніж в еквівалентній відеопослідовності цілих кадрів, що містить 25 кадрів в секунду.

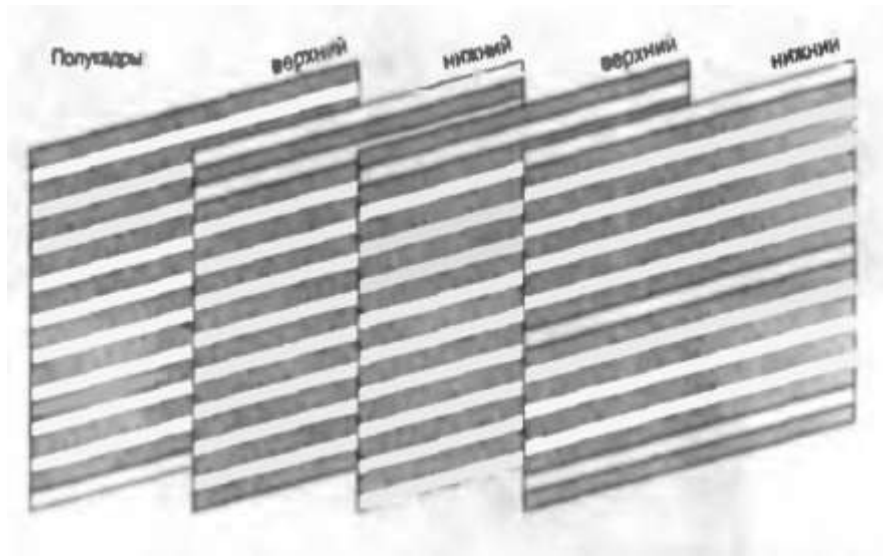


Рисунок 1.4 – Відеопослідовності при черезстрочному семпліванні



Рисунок 1.5 – Верхній полукадр



Рисунок 1.6 – Нижній полукадр

1.1.4 Колірні простори

Більшість цифрових відеододатків пристосовані для відображення кольорового відео, тому необхідно мати певний механізм для захоплення (тобто фіксації) та представлення колірної інформації. Для монохромного зображення досить задати лише одне число для вираження яскравості або світності кожного просторового пікселя. А кольорове зображення вимагає не менше трьох чисел на один піксель для точної передачі його кольору. Метод, вибраний для представлення яскравості (або світності) і кольору, називається колірним простором.

RGB (аббревіатура англійських слів Red, Green, Blue – червоний, зелений, синій) – адитивна кольорова модель, як правило, описує спосіб синтезу кольору для кольоровідтворення.

Вибір основних кольорів зумовлений особливостями фізіології сприйняття кольору сітківкою ока. Колірна модель RGB знайшла широке застосування в техніці. В телевізорах і моніторах застосовуються три електронних гармати (світлодіода, світлофільтру) для червоного, зеленого і синього каналів. Колірна модель RGB має по багатьом тонах кольори більш широкий колірний обхват (може уявити більш насичені кольори), ніж типовий обхват кольорів YCbCr, тому іноді зображення, чудово виглядають в RGB, значно тьмяніють і гаснуть в YCbCr.

Адитивною вона називається тому, що кольори виходять шляхом додавання (англ. addition) до чорного. Інакше кажучи, якщо колір екрану, освітленого кольоровим прожектором, позначається в RGB як (r_1, g_1, b_1) , а колір того ж екрану, освітленого іншим прожектором, - (r_2, g_2, b_2) , то при освітленні двома прожекторами колір екрану буде позначатися як $(r_1 + r_2, g_1 + g_2, b_1 + b_2)$. Зображення в цій колірній моделі складається з трьох каналів.

Колірний простір YCbCr і його варіації (іноді їх позначають YUV) є популярним методом ефективного представлення кольорових зображень. Буква Y позначає компоненту світність, яка обчислюється як зважене усереднення компонент R, C і B за наступною формулою:

$$Y = k_r R + k_g G + k_b B. \quad (1.1)$$

Відзняте RGB-зображення легко конвертувати в YCbCr для зменшення об'єму пам'яті для збереження або переданих даних. Проте перед тим, як відобразити картинку на екрані, необхідно зробити зворотну конвертацію YCbCr в RGB. Відповідні обчислення для прямого і зворотного перетворення відбуваються за допомогою рівнянь (1.2) і (1.3) Відзначимо, що множник k_g виходить із співвідношення $k_g + k_r + k_b = 1$, а величина компоненти G виходить вирахуванням суми Cb і Cr з Y .

$$\left\{ \begin{array}{l} Y = k_r R + (1 - k_b - k_r)G + k_b B, \\ Cb = \frac{0,5}{1 - k_b} (B - Y), \\ Cr = \frac{0,5}{1 - k_r} (R - Y); \end{array} \right. \quad (1.2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R = Y + \frac{1 - k_r}{0,5} Cr, \\ G = Y - \frac{2k_b(1 - k_b)}{1 - k_b - k_r} Cb - \frac{2k_r(1 - k_r)}{1 - k_b - k_r} Cr, \\ B = Y + \frac{1 - k_b}{0,5} Cb. \end{array} \right. \quad (1.3)$$

Рекомендація ITU-T з ідентифікатором BT.601 пропонує наступні коефіцієнти: $k_b = 0,114$ і $k_r = 0,229$. Використовуючи ці значення в рівняннях (1.2) і (1.3), отримуємо наступні формули:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B, \\ Cb = 0,564(B - Y), \\ Cr = 0,713(R - Y); \end{array} \right. \quad (1.4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R = Y + 1,402Cr, \\ G = Y - 0,344Cb - 0,714Cr, \\ B = Y + 1,772Cb. \end{array} \right. \quad (1.5)$$

1.1.5 Формати семпліровання

На основі стандарту ITU-T H.264, для кодування відеосигналу найбільш часто застосовуються формати колірної дискретизації 4:2:2 і 4:2:0. Кожна цифра в назві формату дискретизації означає співвідношення частот

дискретизації компонентів відеосигналу (яскравості Y , колірних компонентів RY (Cr) і BY (Cb)). $4:2:0$ являє собою формат для перетворення сигналу рухомого зображення, наприклад RGB , в компонент яскравості (Y) і два кольворізностних компонента (Cb і Cr) при скороченні кількості вибірок кольворізностних компонентів вдвічі в горизонтальному і вертикальному напрямках відносно кількості вибірок компонента яскравості. Формат $4:2:2$ означає, що при дискретизації хроматичні компоненти будуть подаватися на кожен другий піксель зображення. Формат $4:4:4$ має на увазі, що всі три компоненти відеосигналу мають однакове дозвіл (дискретизуються з однаковою частотою) (рис. 1.7), отже, семпли всіх компонентів присутні в кожному пікселі, що дає можливість безпосередньо використовувати R , G і B замість Y , Cb і Cr і використовувати багато інших визначень колірних просторів.

1.1.6 Обмеження спектру і дискретизація

Дискретизація - це заміна безперервного аналогового сигналу $E(t)$ послідовністю значень $E(t_n)$, взятих в дискретні моменти часу (відліки) t_n . Найбільшого поширення набула рівномірна дискретизація, при якій відліки беруться з постійним періодом: $t_n = nT$, де T - інтервал дискретизації. Цей процес умовно показаний на рис. 1.8, а. Дискретизований сигнал можна представити як періодичний імпульсний сигнал з частотою проходження $f_d = 1 / T$, і модульований відеосигналом. У свою чергу, імпульсний сигнал - це безліч гармонік. В результаті, спектр Дискретизований сигнал набуває вигляд, який показаний на рис. 1.8, б. Частота f_d носить назву частоти дискретизації. Нижня частина спектра до частоти F_{max} являє собою спектр вихідного сигналу. Таким чином, для його відновлення достатньо Дискретизований сигнал пропустити через ФНЧ, частота зрізу якого не перевищує F_{max} .

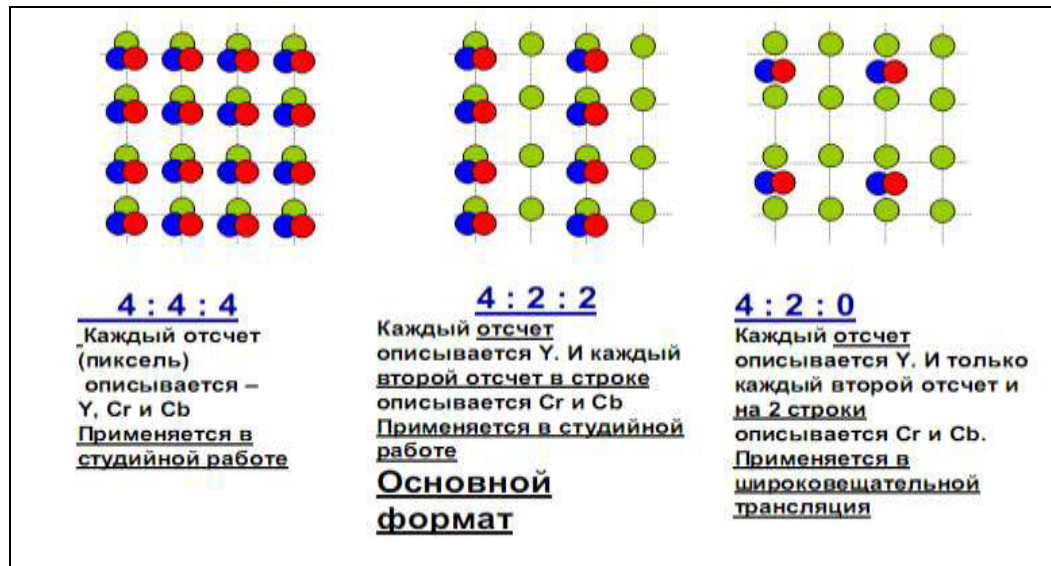


Рисунок 1.7 – Форматы семплирования

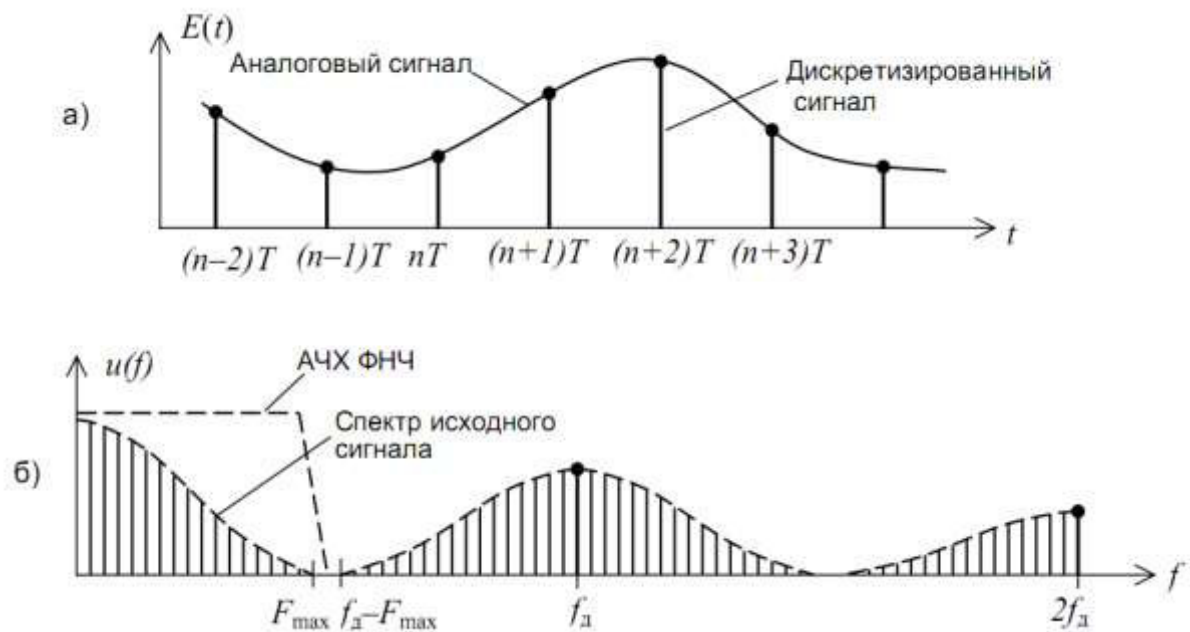


Рисунок 1.8 – Дискретизация аналогового сигнала: а) выбор відліків, б) спектр дискретизованого сигналу

Такий фільтр має назву постфільтру. З цього випливає, що частота дискретизації повинна бути, як мінімум, у два рази більше, ніж максимальна частота аналогового сигналу. Це відповідає відомій теоремі Котельникова. Таким чином, для виключення перешкод дискретизації вихідний сигнал повинен бути обмежений за частотою, тобто повинні бути придушені всі його

складові, частота яких вище $f_d / 2$. Це робиться за допомогою передфільтру. Узагальнена структурна схема цифрової передачі в цьому випадку має вигляд, показаний на рис. 1.9.



Рисунок 1.9 – Узагальнена структурна схема цифрового каналу зв'язку

1.1.7 Квантування і кодування

Квантування являє собою заміну величини дискретного відліку сигналу найближчим значенням з набору фіксованих величин - рівнів квантування. Іншими словами, квантування - це округлення величини відліку. Перед квантуванням необхідно весь динамічний діапазон зміни сигналу u (nT) розбити на окремі рівні, отримавши тим самим шкалу квантування, яка може бути як лінійною, так і нелінійною. Ці процеси показані на рис. 1.10.

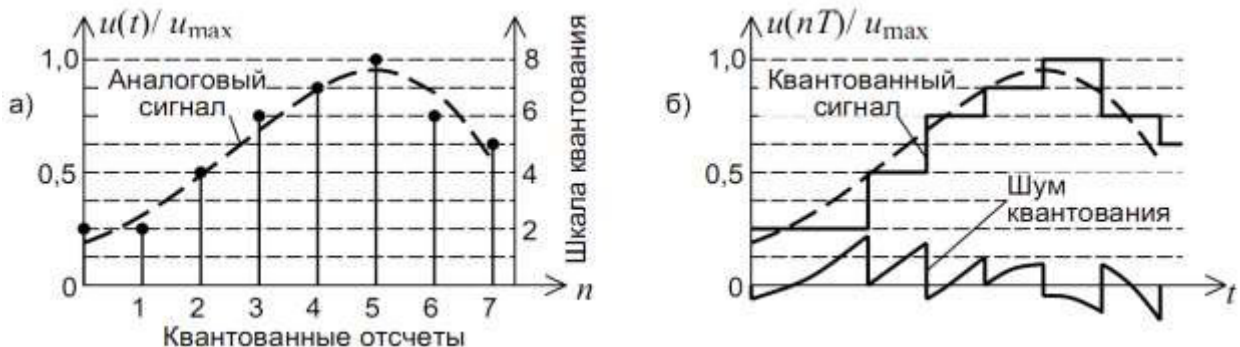


Рисунок 1.10 - Квантування відліків

На рис. 1.10, а пунктирною лінією показана часова залежність аналогового сигналу $u(t)$. Його динамічний діапазон за допомогою нормування (ділення на U_{\max}) приведений до діапазону $0 - 1$. Останній розбитий на вісім рівнів. У моменти взяття відліків nT значення сигналу округлюються до найближчого

рівня квантування. Ясно, що при відновленні сигналу у постфільтрі виникнуть спотворення сигналу. Який їх характер? Для відповіді на це питання уявимо квантований сигнал у вигляді східчастої функції, як показано на рис. 1.10,б. Функція $\Delta u(t)$, що визначається як різниця між вихідним і квантованим сигналами, показана внизу графіка. Ця функція має шумоподібний характер і носить назву шуму квантування. Таким чином, відновлений сигнал можна представити як вихідний неспотворений сигнал на тлі шуму квантування. Рівень шуму буде залежати від величини кроку квантування: чим менше крок, тим менше шум. Наприклад, для шкали квантування, що має 256 рівнів, відношення сигналу до шуму квантування становить приблизно 50 дБ, а для 1024 рівнів - на 12 дБ більше.

Сенс цифрової передачі полягає в тому, що по лінії зв'язку передаються не абсолютні рівні квантованих відліків, а їх коди в двійковій системі числення. Наприклад, відліки 1 і 2 на рис. 1.10, а мають рівні 2 і 4 за шкалою квантування. У двійковій системі числення ці рівні можна виразити за допомогою кодів 010 і 100. Фізично це можна зробити, якщо, наприклад, символ "1" передавати у формі позитивного короткого імпульсу, а "0" - негативного. У цьому і полягає процес кодування, його здійснюють у пристрої, що зветься кодером. На приймальній стороні виробляється зворотне перетворення - декодування, у пристрої, що зветься декодером. Декодер порівнює отримані імпульси з порогом і приймає рішення про те, який символ прийнятий. Якщо рівень каналних шумів істотно менше порога, то рішення приймається практично без помилок. Таким чином, шуми відокремлюються від сигналу. В аналоговій системі передачі відокремити шуми каналу від сигналу неможливо.

Подання дискретизованих і проквантованих відліків в натуральному двійковому коді носить назву імпульсно-кової модуляції (ІКМ). Причому, це визначення не слід пов'язувати з якими або фізичними імпульсами. Наведений вище приклад лише ілюстрація простого виду реалізації ІКМ. Слід зауважити, що ІКМ - це найбільш простий, але не єдиний спосіб кодування.

Кількість розрядів k в двійковому коді пов'язана з кількістю рівнів квантування m за формулою:

$$k = \log_2 m \approx 3,3 \lg m. \quad (1.6)$$

Значить, для передачі сигналів зображення будуть потрібні коди з числом розрядів не менше восьми. Максимальне число рівнів квантування при $k = 8$ дорівнює 255, якщо не вважати нульовий рівень. З таким числом рівнів квантування працювали цифрові ТВ пристрої перших поколінь, наприклад цифрові відеомагнітофони формату D-1. Сучасна апаратура проектується з розрахунком на роботу з кодами довжиною $k = 10$ і числом рівнів квантування $m = 1023$ (існують коди більшої довжини і відповідно з великим числом рівнів квантування). На рис. 1.11, а показано розподіл рівнів квантування для сигналу яскравості, діапазон зміни якого лежить в межах 0-1.

Праворуч від графіка показані дві шкали квантування, відповідні довжинам кодів $k = 8$ і $k = 10$. Для прикладу узятий випробувальний сигнал восьми колірних смуг. Звернемо увагу, що синхроімпульс виходить за межі шкали квантування. Це пов'язано з тим, що в цифровому ТВ немає необхідності виділяти синхроімпульси за допомогою амплітудного селектора, їх передають у кодованому вигляді на рівнях 0 і 255 (при $k = 8$).

Рівень чорного встановлений на рівні квантування 16, а білого - на рівні 235. Невеликий запас рівнів внизу і вгорі шкали необхідний у випадку, якщо діапазон зміни аналогового сигналу перевищить номінальне значення.

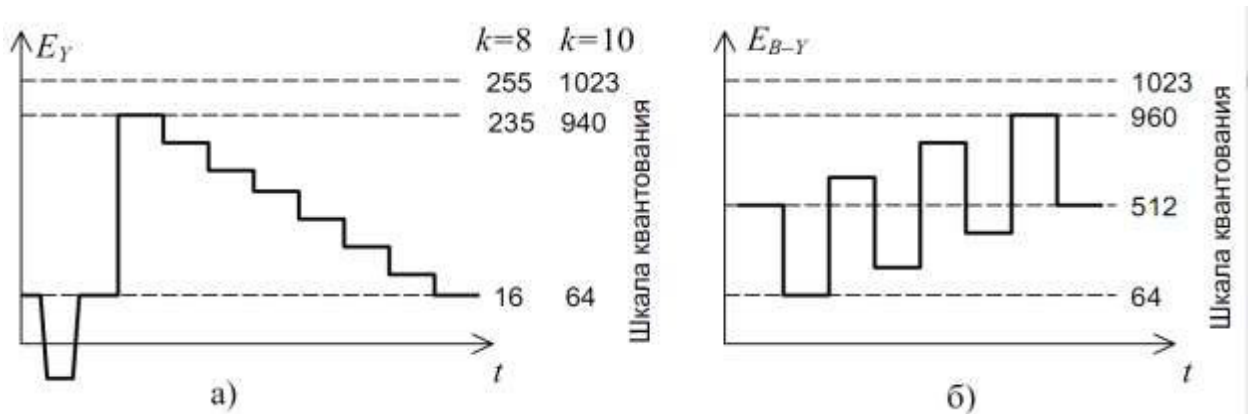


Рисунок 1.11 – Рівні квантування для сигналу яскравості (а) і кольороворізностних сигналів (б)

1.1.8 Необхідність і можливість стиснення відеосигналу

Цифровий ТВ сигнал передається в компонентній формі з використанням 10-ти бітових кодових слів. Розрахуємо максимальну швидкість символів при використанні ІКМ. Частота дискретизації сигналу яскравості дорівнює 13,5 МГц, значить, швидкість цифрового потоку складе $13,5 \times 10^6 \times 10 = 135$ Мбіт/с. Крім цього, необхідно передавати два кольороворізностних сигналів з частотою дискретизації не більше 6,75 МГц. Цифровий потік для цих сигналів має швидкість $2 \times 6,75 \cdot 10^6 \times 10 = 135$ Мбіт / с. Таким чином, швидкість передачі символів компонентного сигналу дорівнює 270 Мбіт / с, що є дуже великою величиною для будь-якого радіоканалу. Тому цифровий потік відеосигналів необхідно стискати. Ставлення швидкості передачі нестисненого цифрового потоку до швидкості передачі стисненого потоку називається коефіцієнтом стиснення. Реальні цифрові потоки можуть стискатися в кілька десятків разів. Можливість стиснення відеосигналу заснована на його великій інформаційної надмірності. Умовно її поділяють на статичну і фізіологічну.

Статична надмірність полягає в тому, що між розподілами яскравостей на зображенні і, отже, між напругами відеосигналу існують певні зв'язки. Наприклад, усередині кадру більша частина зображення зазвичай припадає на поля, що мають мало мінливу в просторі яскравість, а різкі світлові переходи займають малу частку площі зображення.

Фізіологічна надмірність обумовлена обмеженістю зорового апарату людини. Використовувати обмеження зору - значить, не передавати ту частину інформації, яка не буде сприйнята людським зором. Наприклад, високочастотний шум менш помітний, тому швидко мінливі компоненти сигналу можна квантувати на менше число рівнів, збільшуючи, тим самим, шум квантування. Стискати відеосигнал без істотного його погіршення можна лише в певних межах, які залежать від призначення кінцевого продукту. Стиснення сигналів припускає більш ефективні, ніж ІКМ, методи кодування цифрового сигналу. Їх можна розділити на всереденікадрові і міжкадрові. Реалізує такі методи пристрій під назвою відеокодек.

1.1.9 Відеокодек

Відеокодек кодує вихідне зображення в стислу форму, а також декодує, виробляючи його цифрову копію, яка або співпадає, або близька до вихідної відеопослідовності. Якщо декодувати зображення збігається з вихідним, то процес кодування називається кодуванням без втрат. Якщо ж вони відрізняються один від одного, то процес називається кодуванням з втратами.

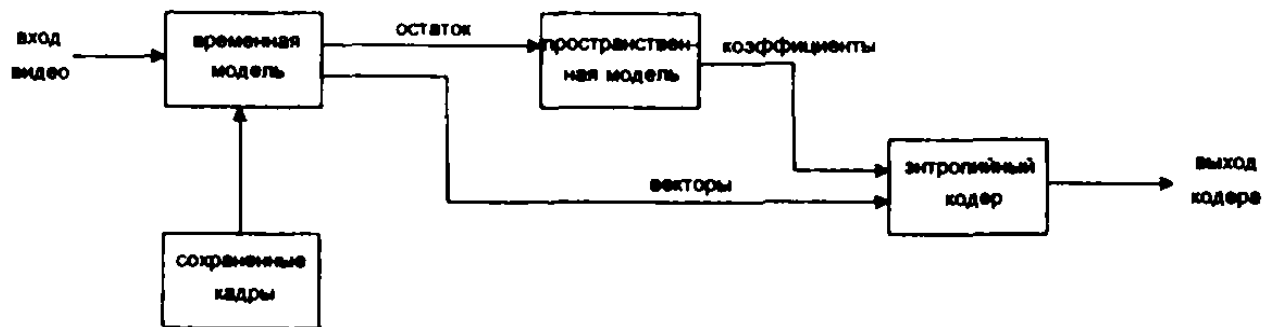


Рисунок 1.12 – Відеокодер

Кодек перетворює вихідний відеоряд за допомогою певної моделі (ефективно кодоване уявлення відеоданих, за допомогою якого можна реконструювати ці дані з тим або іншим ступенем точності). В ідеалі модель повинна представляти послідовність з найменшим числом біт і найбільшою можливою точністю. Ці дві мети (ефективність стиснення і висока якість), як правило, суперечать один одному, так як висока ступінь стиснення відеоданих зазвичай припускає істотне зниження якості зображення на виході декодера.

Відеокодер (рис.1.12) складається з трьох основних функціональних одиниць: часової моделі, просторової моделі та ентропійного кодера. На вхід часової моделі подається незжатий цифровий відеосигнал. Часова модель прагне скоротити часову надмірність, використовуючи схожість між послідовними відеокадрами, зазвичай будуючи прогноз для наступного кадру по сусідніх кадрах послідовності. Виходом часової моделі служить залишковий кадр (вироблений відніманням кадру-прогнозу з справжнього поточного кадру)

і деяке сімейство числових параметрів моделі, звичайно безліч векторів руху, що описують, як цей рух було скомпенсовано.

Залишковий кадр є входом для просторової моделі, яка використовує схожість або подібність сусідніх просторових семплів цього кадру, скорочуючи тим самим просторову надмірність. Перетворення переводить семпл в іншу область, в якій він представляється у вигляді послідовності коефіцієнтів використовуваного перетворення. Коефіцієнти квантуються методом видалення несуттєвих значень; при цьому залишається невелике число істотних коефіцієнтів, які забезпечують більш компактне представлення залишкового кадру. Виходом просторової моделі виступає сімейство квантованих коефіцієнтів перетворення. Параметри часової моделі (вектори руху) і просторової моделі (коефіцієнти перетворення) стискаються ентропійним кодером.

При цьому видаляється статистична надмірність даних (наприклад, кодуєчи часто зустрічаються вектори і коефіцієнти більш короткими двійковими кодами) і формується стиснене бітовий потік або файл, який можна передавати по мережах або зберігати на носіях цифрових даних. Файл стислій послідовності складається з закодованих векторів руху, закодованих залишкових коефіцієнтів і деякого інформаційного заголовка.

Відеодекодер реконструює відеокадр по стиснутому бітовому потоку даних. Коефіцієнти і вектори руху декодуються ентропійним декодером, після чого просторова модель декодує отримані дані, формуючи деяку версію залишкового кадру. Декодер використовує параметри векторів руху разом з одним або декількома раніше декодувати кадрами для побудови прогнозу поточного кадру, а сам кадр реконструюється додаванням залишкового кадру до цього кадру-прогнозом.

1.2 Кодування і стиснення сигналів відео зображення

Протягом більше 20 років стиснення зображень і відео було вельми активно розроблювальним полем дослідження та розробок. Це призвело до розвитку багатьох ключових міжнародних стандартів для стиснення зображень та відео, що включають серії стандартів JPEG, MPEG і H.26x.

На сьогоднішній день в ТВЧ для кодування відеозображень найбільш часто використовуються стандарти MPEG-2 та MPEG-4 AVC (H.264). Розглянемо докладніше методи стиснення цих стандартів.

1.2.1 Стандарт MPEG-2

Стандарт MPEG-2 (ISO / IEC 13818 Part 8) розроблений спеціально для кодування ТВ сигналів мовного телебачення, він дозволяє отримати високу чіткість ТВ зображення. Роботи над стандартом MPEG-2 почалися в 1990р. Стандарт призначений для каналів зв'язку, що забезпечують швидкість передачі даних 3-10 Мбіт / с для звичайного телевізійного стандарту і 15-30 Мбіт / с для телебачення високої чіткості (ТВЧ). Стандарт MPEG-2 набув поширення в цифрових відеодисках DVD, системах компресії відеозображень, цифровому телебаченні DVB. У разі використання в цифровому телебаченні MPEG-2 активно застосовується як стандарт, що визначає структуру транспортних потоків і способи передачі даних.

Стандарт містить кілька підрозділів (parts). Наприклад, MPEG-2 part 1 визначає тип контейнера, наприклад, може використовуватись Transport Stream, який дозволяє коригувати помилки обладнання, приймає сигнал. Part 2 – структуру компресованого зображення (елементарний потік MPEG-2). Стандарт MPEG-2 навмисно не визначає способи компресії зображення (звуку), він лише вказує, як повинно бути оформлено стислий зображення (звук). Стандарт не визначає, яким чином має бути реалізований кодер або декодер MPEG-2, він визначає тільки структуру даних. Це дає можливість

учасникам ринку конкурувати один з одним за створення більш якісних пристроїв і алгоритмів. Розглянемо Профілі й рівні стандарту H.264.

Профілі визначають використовувані методи стиснення та організацію цифрового потоку. У MPEG-2 є п'ять профілів.

Простий профіль, що має позначення SP (Simple Profile). В цьому профілі передбачені найпростіші методи стиснення без використання В-кадрів.

Головний профіль – MP (Main Profile). Цей профіль реалізує всі можливості MPEG-2 по стисненню сигналів, крім масштабованості.

Масштабований профіль по шуму – SNRP (SNR Scaleable Profile). Це профіль використовує можливість побудови ієрархічної цифрового потоку. Таким чином, система може адаптуватися до умов прийому за рахунок зміни якості зображенні.

Масштабований профіль по вирішенню – SSP (Spatially Scaleable Profile). За допомогою цього профілю може бути забезпечена сумісність телебачення звичайної чіткості і ТВЧ. Звичайний телеприймач буде обробляти тільки базовий потік, а приймач ТВЧ - повний потік.

Високий профіль – HP (High Profile). Високий профіль адаптується по частоті розгортки, дозволяючи здійснити передачу цифрового потоку, який можна декодувати з отриманням двох різних кадрових частот. Профіль використовується для обробки сигналів в професійній техніці і часто називається професійним.

Рівні вказують на параметри формату зображення. Наприклад, низький рівень (LL) має на увазі обробку зображення, що складається з 352×288 відліків при 25-й кадрах в секунду. Крім низького рівня в MPEG-2 є такі рівні: головний (ML) – для телебачення звичайної чіткості; високий-1440 (H14L) – для ТВЧ з числом відліків 1440; високий-1920 (HL) – для ТВЧ з числом відліків 1920.

MPEG-2 передбачає використання як внутрішньокадрового, так і міжкадрового кодування. При внутрішньокадровому кодуванні застосовуються такі основні методи стиснення:

- ДКП – дискретне косинусне перетворення;
- Квантування з різним кроком для різних просторових частот;
- Z-впорядковування;
- Двовимірне кодування типу "кількість нулів / рівень ненульового коефіцієнта" і подальше використання коду Хаффмана з перемінною довжиною слова.

Використання кодів різної довжини вимагає застосування управління швидкістю цифрового потоку. При міжкадрового кодуванні застосовується компенсація руху. Використовуються прогнозування як вперед з отриманням Р-кадрів, так і двунаправлене кодування з отриманням В-кадрів.

1.2.2 Стандарт H.264

Стандарт H.264 (ISO / IEC 14496 MPEG-4 Part 10) був розроблений для ефективного кодування і перешкодостійкою передачі відео прямокутного формату. Його первинним завданням було забезпечення функціональності, схожою з MPEG-2, але з кращим стиском і з більш надійним механізмом передачі відеоданих. Цільові додатки включають: двосторонні відеокомунікації (відеоконференції і відеотелефонія), кодування широкомовного телебачення високої чіткості (ТВЧ / HDTV), відео студійної якості і організацію відеопотоків через мережі пакетної передачі даних. Підтримка стійкої передачі даних по мережах вбудована в стандарт, який розроблений так, щоб його можна було легко вбудовувати в різні комп'ютерні платформи.

Описувані в новому стандарті методи в цілому не сильно відрізняються від методів, передбачених стандартом MPEG-2. Тим не менш, новий стандарт включає в себе кілька досить перспективних рішень, які заслуговують найпильнішої уваги.

В якості базових одиниць кодування в даному випадку виступають блоки розміру 4x4, 8x8, 8x4 і 4x8. При цьому розмір макроблоку залишається тим же - 16x16, що дає можливість здійснювати компенсацію руху з великою кількістю різних варіантів розбиття макроблоку на блоки. Розбиття здійснюється в два

етапи. Спочатку макроблок 16×16 розбивається на одну або кілька прямокутних областей, кожна з яких має свій, відмінний від інших вектор руху (можливі наступні варіанти розбиття: 16×16 , $16 \times 8 + 16 \times 8$, $8 \times 16 + 8 \times 16$ і $8 \times 8 + 8 \times 8 + 8 \times 8$). На другому етапі кожен підблок розміру 8×8 в свою чергу розбивається на області одним з нижчеперелічених способів: 8×8 , $8 \times 4 + 8 \times 4$, $4 \times 8 + 4 \times 8$ і $4 \times 4 + 4 \times 4 + 4 \times 4 + 4 \times 4$.

Як видно, компенсація руху зазнала досить суттєвих змін порівняно зі стандартом MPEG-2. Слід виділити також ще дві його особливості: велика точність представлення векторів руху й інший спосіб збільшення масштабу опорних фреймів, що використовуються для одержання передбачення. Допускається точність, рівна або $1/4$, або $1/8$. Для масштабування опорних фреймів застосовується досить складна багатоточечна інтерполяція. У сукупності дані рішення дозволяють отримати досить вагомий приріст в ефективності.

Великий інтерес викликає метод кодування квантованих коефіцієнтів перетворення. Для intra-макроблоків застосовується так зване intra-передбачення. Із значень коефіцієнтів intra-макроблоків віднімаються числа, одержувані з сукупностей значень деяких коефіцієнтів сусідніх макроблоків / блоків з використанням однієї з декількох схем передбачення (для макроблоків передбачено 4 схеми, а для блоків - 9 схем). При кодуванні отриманих різниць для випадку intra-боків і помилок передбачення для випадку inter-блоків заліснюється метод, практично ідентичний методу, що описується в стандарті MPEG4.

Дієвим прийомом збільшення ефективності представлення відеоінформації виявляється використання для генерації коду арифметичного кодування замість префіксних. Особливістю запропонованої реалізації арифметичного кодування є те, що кодування приймає на вхід тільки бінарні символи. З одного боку, це дещо ускладнює застосування даного способу генерації коду (доводиться використовувати бінарну декомпозицію для багатосимвольних алфавітів), з іншого боку, подібний підхід робить

можливими досить швидко реалізації і дещо полегшує процес побудови імовірнісних моделей. У стандарті описується володіє високою продуктивністю таблична реалізація методу.

Розглянемо профілі і рівні H.264.

Об'єднана група, що бере участь у визначенні стандарту H.264, зосередила свою основну увагу на створенні простого і ясного рішення, що зводить до мінімуму кількість опцій і параметрів. Найважливішим аспектом даного стандарту, як і у випадку з іншими відеостандартів, є надання різних можливостей в рамках профілів (наборів алгоритмічних параметрів) і рівнів (класів функціонування) для оптимальної підтримки популярних продуктів і поширених форматів.

У H.264 закладено вісім профілів, кожен з яких розрахований на конкретну область застосування. Кожен профіль визначає, який саме набір параметрів може використовувати кодер, і обмежує складність реалізації декодера.

Baseline Profile (Базовий профіль)

Застосовується в недорогих продуктах, що вимагають додаткової стійкості до втрат. Використовується для відеоконференцій і в мобільних продуктах. Включає всі можливості Constrained Baseline Profile і, додатково, можливості для більшої стійкості до втрат при передачі. З появою Constrained Baseline Profile відійшов на другий план, тому що всі потоки Constrained Baseline Profile відповідають Baseline Profile, і обидва цих профілю мають загальний код ідентифікатора.

Constrained Baseline Profile (Обмежений базовий профіль) - розрахований на застосування в недорогих продуктах. Включає набір можливостей, загальних для профілів Baseline, Main, і High профілів.

Main Profile (Основний профіль) – застосовується для цифрового телебачення стандартної чіткості в трансляціях, що використовують стиснення MPEG-4 у відповідності зі стандартом DVB.

Extended Profile (Розширений профіль) – призначений для потокового відео, має відносно високий ступінь стиснення і додаткові можливості для підвищення стійкості до втрати даних.

High Profile (Високий профіль) – є основним для цифрового мовлення та відео на оптичних носіях, особливо для телебачення високої чіткості. Використовується для Blu-Ray відеодисків і DVB HDTV мовлення.

High 10 Profile (Високий профіль 10) – додатково підтримує 10-бітову глибину кодування зображення.

High 4:2:2 Profile (Hi422P) – націлений на професійне використання при роботі з черезстрочним відеопотоком. Підтримує додатковий варіант кодування кольоровості.

High 4:4:4 Predictive Profile (Hi444PP) – базуючись на Hi422P, включає ще один варіант кодування кольоровості і роботу з 14-бітної глибиною кодування.

H.264 має 11 рівнів або ступенів обмеження вимог до функціональності, пропускну каналу і пам'яті. Кожен рівень визначає швидкість передачі даних і швидкість кодування в макроблоку в секунду для дозволів в діапазоні від QCIF до HDTV. Чим вище дозвіл, тим вище необхідний рівень.

В залежності від профілю H.264, кодером можна використовуватися різні типи кадрів, а саме I-кадри, P-кадри і B-кадри.

I-кадр (або вступний кадр) - це ізольований кадр, який може декодувати незалежним чином без прив'язки до будь-яких інших зображень. Перше зображення в відеопослідовності завжди є I-кадром. I-кадри необхідні в якості початкових точок для нових переглядів або точок повторної синхронізації у випадку порушення переданого потоку бітів.

P-кадр - проміжний кадр передбачуваного характеру, містить посилання для свого кодування на частини попередніх I-кадрів і / або P-кадрів. P-кадри, як правило, вимагають меншу кількість біт, ніж I-кадри, але мають недолік в тому плані, що вони дуже уразливі по відношенню до помилок передачі через свою складної залежності від попередніх посилальних P-і I-кадрів.

В-кадр (або проміжний кадр двонаправленого передбачення) – це кадр, що містить в собі посилання і на попередній, і на наступний послідовні кадри.

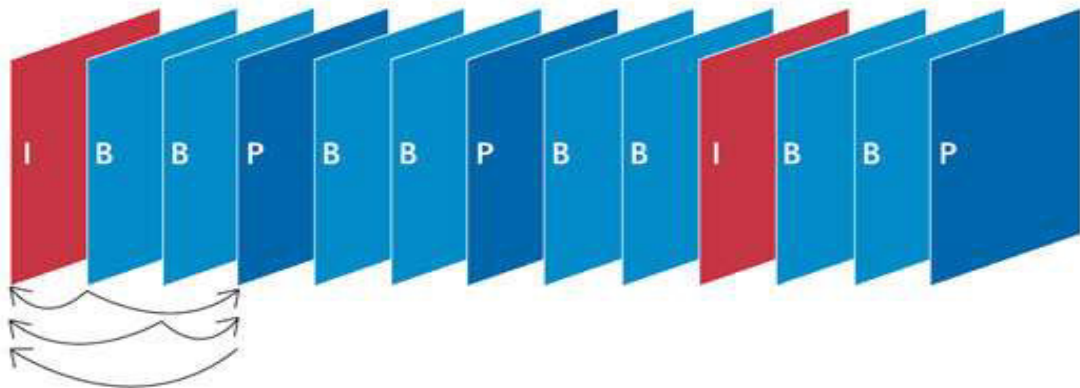


Рисунок 1.13 – Типова послідовність I-, B-і P-кадрів

P-кадр може посилатися тільки на попередній I-або P-кадр, в той час як B-кадр може посилатися як на попередній, і на наступний I-або P-кадри.

1.2.3 Порівняння стандартів MPEG-2 і H.264

Стандарт MPEG-2 використовується в цифровому телебаченні вже більше десяти років. Алгоритми стиснення за цим стандартом мають невеликі вимоги до продуктивності обробного устаткування. У зв'язку з розвитком цифрового телебачення MPEG-2 наблизився до своєї межі ефективності кодування в сенсі вартості його застосування. Застосовувати цей стандарт в ТВЧ стало економічно невиправдано, оскільки глядач в даному випадку замість 5-ти каналів стандартної чіткості отримає всього один канал високої чіткості. Особливо це стосується цифрового наземного телебачення, де особливо гостро відчувається дефіцит смуги частот.

Стандарт H.264 розроблявся як більш ефективна альтернатива більш ранніх версій MPEG-4 та MPEG-2, яка дозволяє при однаковій якості зображення знизити щільність відеопотоку до 50% в порівнянні з більш ранніми версіями MPEG-4 і в кілька разів у порівнянні з MPEG-2. Для досягнення таких показників, використовуються більш складні алгоритми стиснення, що володіють високою обчислювальною складністю. У H.264

закладено безліч можливостей для поліпшення якості зображення і підвищення ступеня стиснення в порівнянні з існуючими до нього стандартами. До числа нововведень ставляться, наприклад, можливість використання блоків малих розмірів, на які розбивається вихідне зображення при кодуванні, вбудований деблочний фільтр і розширені методи ентропійного кодування.

H.264, на відміну від MPEG-4 та MPEG-2, дозволяє працювати з перемінним розміром блоків (від 4x4 до 16x16 точок) при розрахунку компенсації руху. Це дає можливість підібрати потрібний розмір блоку для кожного конкретного моменту фільму, що дозволяє кодеру найкращим чином закодувати складні рухи у конкретній ділянці кадру і динамічно змінювати точність компенсації руху. Чим точніше цей параметр, тим вище буде ступінь стиснення відеопотоку.

В результаті даний стандарт у порівнянні з іншими не має такої можливості, він дозволяє або зменшити щільність відеопотоку при однаковій якості, або підвищити якість зображення при однаковій щільності відеопотоку.

Ще однією особливістю H.264, яка дозволяє поліпшити якість зображення, є деблочний фільтр. Він застосовується як на стороні кодера, так і декодера, дозволяючи позбавитися від деяких спотворень, викликаних поділом вихідного зображення на блоки, за рахунок згладжування країв блоків.

У силу того що обладнання MPEG-2 і донині використовується у великій кількості по всьому світу, розробниками H.264 було запропоновано дуже практичне рішення, а саме розділити процеси кодування і передачі інформації. Таким чином, з'явилася можливість інкапсулювати кодовану інформацію в пакети транспортного потоку MPEG-2 та інші. Це рішення дозволяє передавати інформацію по різних мережах і протоколів, що дає можливість «безболісного» переходу від старих стандартів до більш ефективних новим. На рис. 1.14 у вигляді графіка показані швидкості цифрових потоків відеосигналу кодованого відеозображення стандартами MPEG-2, MPEG-4 ASP і H.264.

З рисунка видно, що стандарт H.264 має очевидну перевагу в ефективності стиску відеозображень перед своїми конкурентами. Кодування по даному стандарту дозволяє передавати кодоване відеозображення на більш низьких швидкостях.

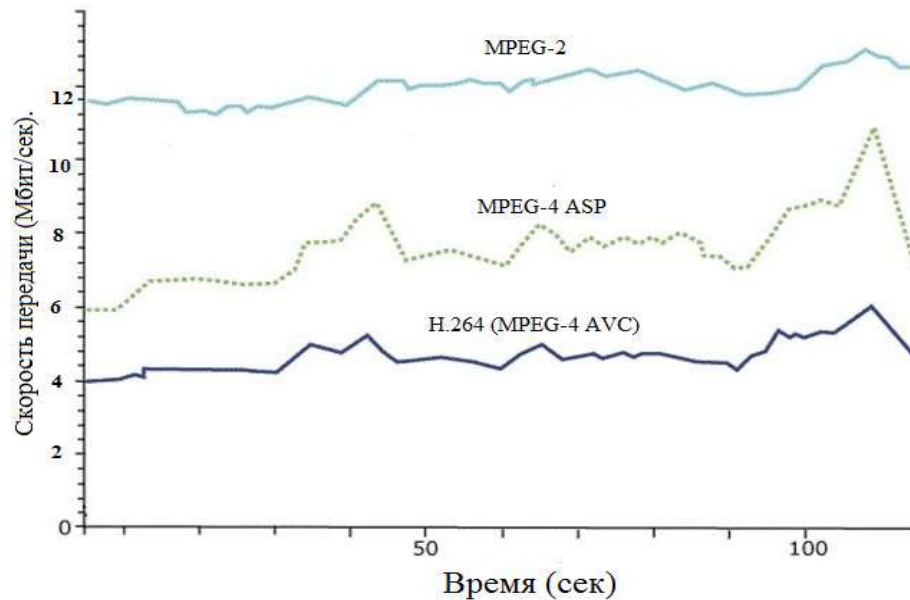


Рисунок 1.14 – Швидкість передачі відеозображення

На рисунку 1.14 у вигляді графіка показані значення сигнал/шум (PSNR – peak signal to noise ratio) для цих же стандартів, в залежності від швидкості передачі кодової відеоінформації. PSNR найбільш часто використовується для вимірювання рівня спотворень при стисненні зображень. Простіше всього його визначити через середньоквадратичну помилку (СКО або MSE (англ. mean square error)), яке для двох монохромних зображень I і K розміру $m \times n$, одне з яких вважається зашумленими наближенням іншого, обчислюється так:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (1.7)$$

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i, j) - K(i, j)|^2 \quad (1.8)$$

де MAX_I – це максимальне значення, яке приймається пікселем зображення. Коли пікселі мають розрядність 8 біт, $MAX_I = 255$. Взагалі

кажучи, коли значення сигналу представлені лінійно (PCM) з B бітами на значення, максимально можливе значення MAX_I буде $2^B - 1$.

З графіка видно що при однаковій швидкості передачі відеозображення кодоване за стандартом H.264 має кращі показники якості в порівнянні з іншими.

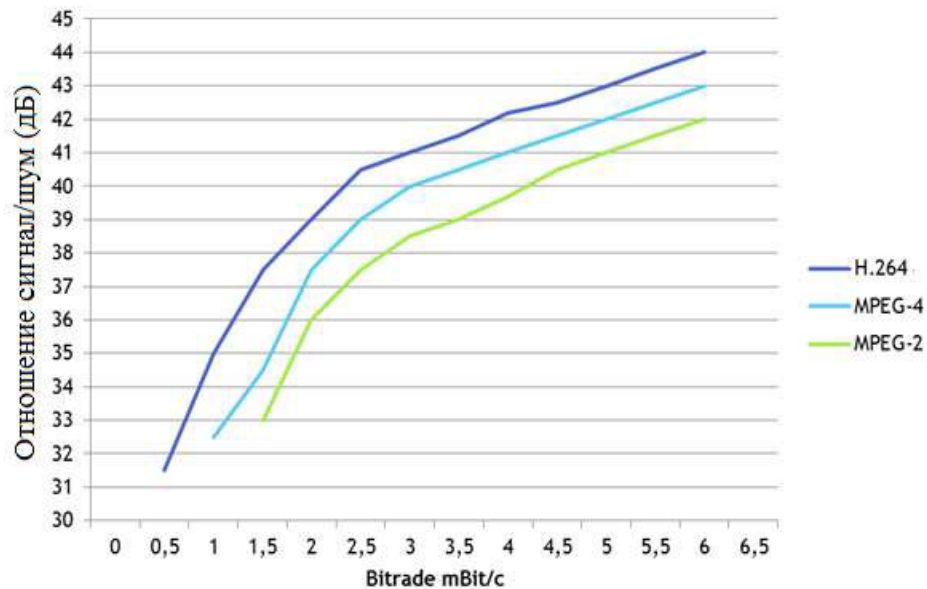


Рисунок 1.15 – Відношення сигнал/шум

Для кодування відеозображень в ТВЧ, ґрунтуючись на вище викладених результатах порівняння, стає очевидною необхідність переходу на більш ефективний стандарт, такий як H.264. У зв'язку з технологічним прогресом у сфері цифрової обробки і передачі інформації, реалізація методів кодування даного стандарту перестала бути обмежуючим фактором.

1.3 Детальний опис процесу кодування в стандарті H.264

1.3.1 Формування INTRA-прогнозу

У режимі INTRA прогноз P формується на підставі попередньо закодованих і відновлених блоків. Для яскравості зображення прогноз P може бути сформований як для макроблоку розміром 16×16 , так і окремо для всіх вхідних у нього блоків розміром 4×4 . Всього визначено 9 додаткових режимів

(способів) формування прогнозу (пророкування) для яскравості блоків розміром 4×4 , а також 4 додаткових режиму для яскравісних макроблоків розміром 16×16 і 4 режими для кольороворізностних блоків розміром 8×8 .

Обробка кадру у кодері відбувається справа наліво і зверху вниз. Таким чином, формування прогнозу для поточного блоку (або макроблоку) відбувається на основі вже оброблених блоків, розташованих зверху і зліва від поточного (оброблюваного в даний момент). Відзначимо, що існує тільки один блок, який не використовує прогнозу. Це блок, розташований в лівому верхньому куті кадру. Крім того, прогноз для блоків першого ряду оброблюваного кадру заснований тільки на блоках, розташованих ліворуч, а прогноз для першого стовпця використовує тільки блоки зверху.

При формування прогнозу для яскравісних блоків розміром 4×4 , відліки блоку прогнозу (позначені на рис. 1.16 як a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p) формуються на основі вже оброблених вертикальних (I, J, K, L) і горизонтальних (A, B, C, D, E, F, G, H) відліків попередніх блоків (рис. 1.16).

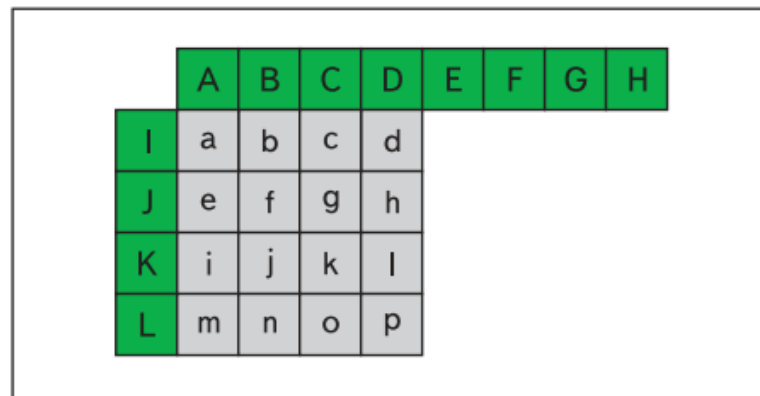


Рисунок 1.16 – Маркування відліків для блоку прогнозу розміром 4×4

При цьому в рекомендації описані наступні режими формування прогнозу:

- Режим 0. Верхні відліки A, B, C, D екстраполюються вертикально.
- Режим 1. Ліві відліки I, J, K, L екстраполюються горизонтально.
- Режим 2. Всі відліки в прогнозі P є середнім з вибірок A...D і I...L.

- Режим 3. Відліки інтерполюються під кутом в 45° в напрямку між нижнім лівим і верхнім правим відліками.
- Режим 4. Відліки інтерполюються під кутом 45° вниз і направо.
- Режим 5. Інтерполяція відліків проводиться під кутом приблизно $26,6^\circ$ вліво до вертикального напрямку (відношення ширини до висоти дорівнює $1/2$).
- Режим 6. Інтерполяція відліків проводиться під кутом приблизно $26,6^\circ$ вниз по відношенню до горизонтальному напрямку.
- Режим 7. Інтерполяція відліків проводиться під кутом приблизно $26,6^\circ$ вправо від вертикального напрямку.
- Режим 8. Інтерполяція відліків проводиться під кутом приблизно $26,6^\circ$ вище горизонтального напрямку. Стрілки на рис. 1.17 вказують напрямок передбачення в кожному режимі. У режимах 3-8 відліки прогнозу формуються із середньозважених вибірок A ... L. Наприклад, якщо вибраний режим 4, то відлік прогнозу d (рис. 1.16) вираховується за формулою:

$$d = \text{round} \left(\frac{B}{4} + \frac{C}{2} + \frac{D}{4} \right). \quad (1.9)$$

Кодер може вибрати режим передбачення для кожного блоку таким чином, щоб мінімізувати різницю між прогнозом P і кодується блоком.

Кодер має можливість кодувати не тільки яскравісні блоки розміром 4×4 , але і розміром 16×16 . У рекомендації H.264 визначені чотири режими формування прогнозу для макроблоків (рис. 1.18).

- Режим 0. Екстраполяція верхніх вибірок H.
- Режим 1. Екстраполяція лівих вибірок V.
- Режим 2. Середнє між верхніми H і лівими вибірками V.
- Режим 3. Лінійне згладжування між верхніми H і лівими вибірками V.

Кожен з відліків кольворізностного блоку розміром 8×8 передвіщається від кольворізностних вибірок, розташованих вище і / або зліва, закодованих і відновлених. Чотири режиму формування прогнозу для

кольороворізностних складових аналогічні режимам для яркостного блоку розміром 16×16 .

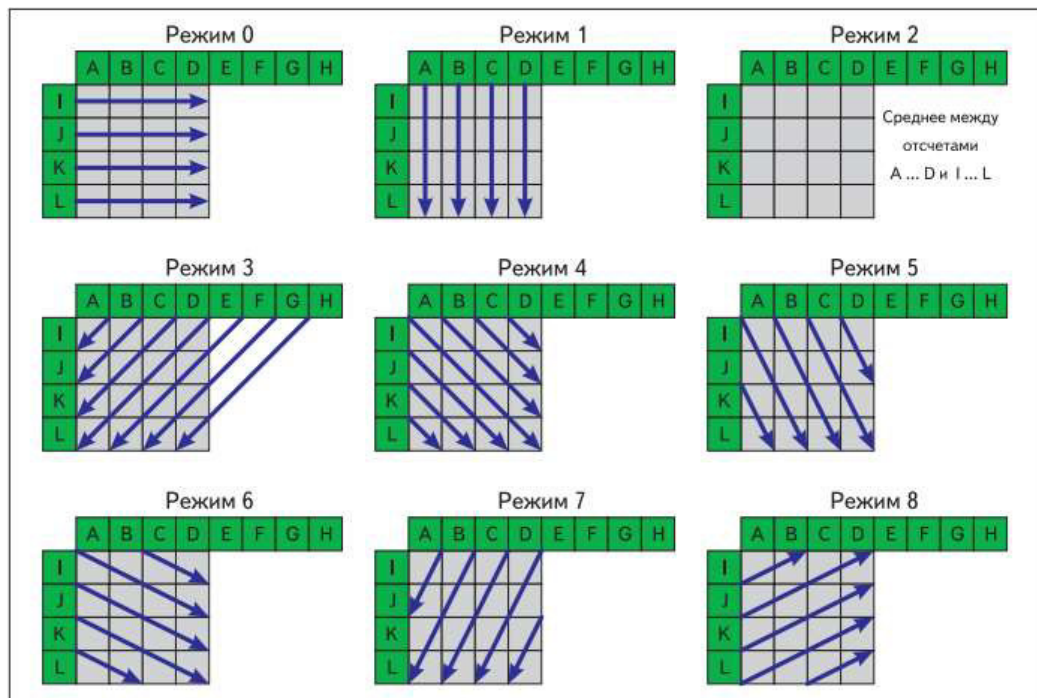


Рисунок 1.17 – Режими формування прогнозу для блоків розміром 4×4

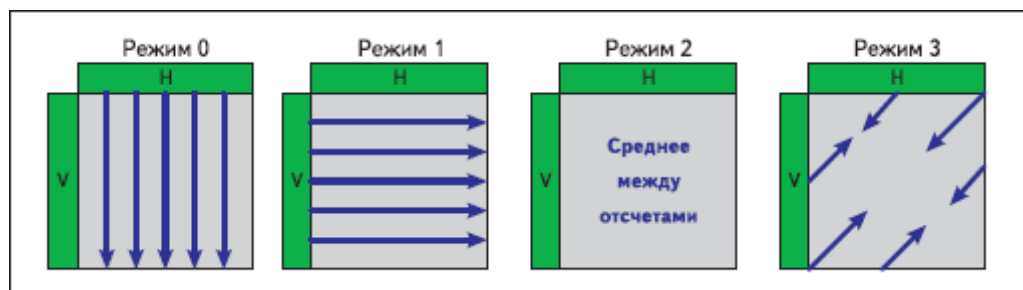


Рисунок 1.18 – Режим формування прогнозу блоків розміром 16×16

Необхідно відзначити, якщо будь-який з яскравісних блоків макроблоку кодується в INTRA-режимі, то й обидва кольороворізностних блоки також повинні бути закодовані в INTRA-режимі.

1.3.2 Формування INTER-прогнозу

В INTER-режимі прогноз формується на основі одного або декількох попередньо закодованих і відновлених кадрів шляхом вибору в них опорних блоків, зрушених щодо кодованого блоку (прогноз з компенсацією руху).

Кодек стандарту H.264 використовує той же принцип компенсації руху, що і в старих стандартах, починаючи з H.261. Важливими відмінностями від більш ранніх версій є можливість міняти розмір блоку (від 16×16 до 4×4) та можливість пошуку векторів руху з меншим кроком ($1/4$ пікселя для яскравісних компонент).

У кодері, що описується в рекомендації H.264, у режимі прогнозування з компенсацією руху підтримуються розміри блоків від 16×16 до 4×4 для яскравості зображення в різних поєднаннях. Яскравостна складова кожного макроблоку (розміром 16×16) може бути розбита чотирма способами, як це показано на рис. 1.20: 16×16 , 16×8 , 8×16 або 8×8 . Кожна з областей меншого розміру є частиною макроблоку. Якщо вибраний режим пошуку векторів руху для блоків 8×8 , то кожен з чотирьох блоків 8×8 може бути розбитий на блоки чотирма способами, як показано на рис. 1.19: 8×8 , 8×4 , 4×8 або 4×4 . Можливість ділити макроблок на блоки, а ті в свою чергу на субблоки, дозволяє отримати велику кількість комбінацій їх поєднань в межах кожного макроблоку. Цей метод розбиття макроблоків на блоки і субблоки в режимі компенсації руху отримав назву структурного дерева компенсації руху.

Для кожного блоку і субблока потрібен окремий вектор руху. Кожен вектор руху повинен бути закодований і переданий; крім того, необхідно закодувати і передати конкретний вид структурного дерева для кожного макроблоку.

Роздільна здатність кольворізностних складових макроблоку (C_r і C_b) дорівнює половині яркісного. Кожен кольворізностний блок розбивається таким же чином, як яркісний, за винятком того, що вертикальні і горизонтальні розміри блоку в два рази менше (якщо яркісний блок має розмір 8×16 , то відповідний йому кольворізностний блок має розмір 4×8 ; яскравості блоку 8×4 відповідає кольворізностних 4×2 , і т. д.). Горизонтальні і вертикальні складові кожного вектора руху (одного на блок) поділяються на два, коли застосовуються до кольворізностних блоків.

Кожен блок в режимі INTER-кодування макроблоку передвіщається від блоку того ж розміру в опорному кадрі. Зсув між цими двома областями (вектор руху) має мінімальне дозвіл, рівний чверті відстані між точками (пікселями) в опорному зображенні (для яскравості). Опорних яркостного і цветоразностного блоків для нецілочисельне (дрібних) векторів руху в опорному кадрі не існує, тому їх необхідно обчислити на основі найближчих пікселів.

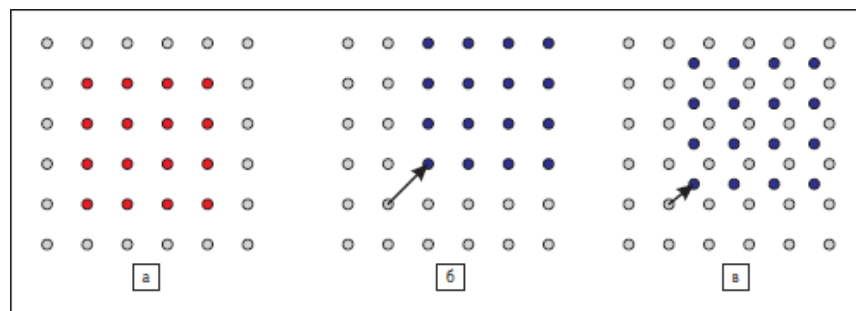


Рисунок 1.19 – Приклад цілочислового і дробового векторів руху

На рис. 1.19 показаний приклад цілочислового і дробового векторів руху. Необхідно сформулювати прогноз для блоку розміром 4×4 . Якщо горизонтальні і вертикальні компоненти вектора руху - цілі числа, то опорний блок в опорному кадрі існує. Якщо один або обидва вектори руху - дробові числа, прогноз формується вставкою між суміжними пікселями в опорному кадрі.

1.3.3 Перетворення, сканування і квантування

Кожен різницевий макроблок перетвориться, скануються і квантується. Попередні стандарти, такі як MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 і H.263, використовували в якості базового перетворення дискретне косинусне перетворення (DCT) для масивів розміром 8×8 . У рекомендації H.264 визначені три види перетворення в залежності від типу оброблюваних блоків:

- Перетворення блоку розміром 4×4 нульових (DC) яскравісних коефіцієнтів, отриманих з яскравісних макроблоків розміром 16×16 , сформованих в режимі INTRA;

- Перетворення блоку розміром 2×2 нульових (DC) кольворізностних коефіцієнтів, отриманих з кольворізностних блоків будь-якого типу;
- Перетворення для всіх інших різницевих блоків розміром 4×4 .

Дані в межах макроблоку передаються в порядку, показаному на рис. 1.20. Якщо макроблок розміром 16×16 обробляється в режимі INTRA, то спочатку передається блок DC-коефіцієнтів розміром 4×4 . Він маркується значенням «-1». Потім передаються інші (0-15) яскравісні блоки в порядку, показаному на рис. 1.20 (з обнуленням DC-коефіцієнтами). Блоки 16 і 17 містять масиви розміром 2×2 DC-коефіцієнтів, отриманих з цвєторізностних Cb-і Cr-складових відповідно. Нарешті, передаються ті що залишились кольворізностні блоки 18 і 25 (з обнуленими DC-коефіцієнтами).

Перетворення і квантування для блоків з номерами 0-15 та 18-25 використовується для блоків розміром 4×4 (на рис. 1.20) після здійснення INTER-або INTRA-обробки. Перетворення засновано на DCT, але має деякі фундаментальні відмінності:

- 1) Це цілочисельне перетворення (всі операції можуть бути виконані в цілочисельній арифметиці без втрати точності).
- 2) Зворотне перетворення, визначене в рекомендації H.264, виробляє відновлення вихідних даних із спотвореннями, тобто є приблизними.
- 3) Основна частина перетворення не має множень, тобто воно ґрунтується тільки на підсумовування і зрушеннях.
- 4) Масштабується множення (входить до процес перетворення) інтегровано в процес квантування (що скорочує загальну кількість множень).

Повний процес перетворення і квантування може бути виконаний за допомогою 16-розрядної цілочисельної арифметиці, і тільки одне множення виконується з невеликою втратою точності.

Приблизна DCT перетворення масиву X розміром 4×4 визначається співвідношенням:

$$Y = AXA^T = \begin{bmatrix} a & a & a & a \\ b & c & -c & -b \\ a & -a & -a & a \\ c & -b & b & -c \end{bmatrix} \times [X] \times \begin{bmatrix} a & b & a & c \\ a & c & -a & -b \\ a & -c & -a & b \\ a & -b & a & -c \end{bmatrix} \quad (1.10)$$

де

$$a = \frac{1}{2}, \quad b = \sqrt{\frac{1}{2}} \cos\left(\frac{\pi}{8}\right), \quad c = \sqrt{\frac{1}{2}} \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right). \quad (1.11)$$

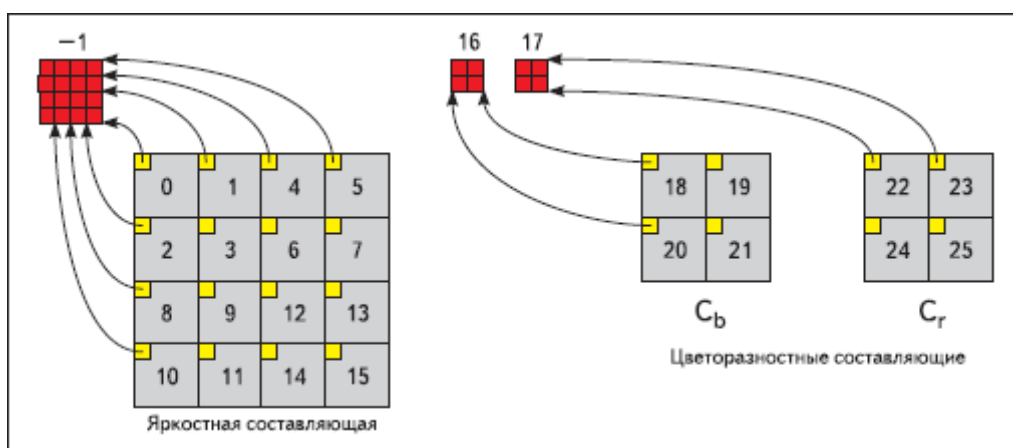


Рисунок 1.20 – Порядок сканування блоків всередині макроблоку

Добуток матриць SXS^T є «ядром» перетворення. Матриця E являє собою набір коефіцієнтів, причому кожен елемент матриці (SXS^T) повинен бути помножений на відповідний елемент матриці E (скалярний поелементне множення матриць). Коефіцієнти a , b ті ж, що й у формулі (1.10); Коефіцієнт $d = c / b (\approx 0.414)$.

Для спрощення процедури виконання перетворення пропонується прийняти $d = 0.5$. Остаточне перетворення набуде вигляду:

$$Y = (C_f X C_f^T) \otimes E = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{pmatrix} \times [X] \times \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & c \\ 1 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 2 \\ 1 & -2 & 1 & -1 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} a^2 & ab/2 & a^2 & ab/2 \\ ab/2 & b^2/4 & ab/2 & b^2/4 \\ a^2 & ab/2 & a^2 & ab/2 \\ ab/2 & b^2/4 & ab/2 & b^2/4 \end{pmatrix} \quad (1.12)$$

Зворотнє перетворення визначається співвідношенням:

$$X' = C_i^T (Y \otimes E_i) C_i = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1/2 \\ 1 & 1/2 & -1 & -1 \\ 1 & -1/2 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1/2 \end{pmatrix} \left([Y] \otimes \begin{pmatrix} a^2 & ab & a^2 & ab \\ ab & b^2 & ab & b^2 \\ a^2 & ab & a^2 & ab \\ ab & b^2 & ab & b^2 \end{pmatrix} \right) \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1/2 & -1/2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1/2 & -1 & 1 & -1/2 \end{pmatrix} \quad (1.13)$$

Дане перетворення є апроксимованим (приблизним) DCT розміром 4×4 , так як зміна коефіцієнтів d і b призвела до появи нового перетворення, не ідентичного вихідному DCT розміру 4×4 . Пряме і зворотнє перетворення є ортогональними, тобто:

$$T^{-1}(T(X)) = X. \quad (1.14)$$

У рекомендації H.264 використовується скалярний квантування. До його визначенням і виконання пред'являються наступні вимоги:

- (a) виключити поділ і арифметику з плаваючою точкою,
- (b) включити в процес квантування масштабування за допомогою матриць E_f і E_i , описаних вище.

Базовою операцією прямого квантування є наступна дія:

$$Z_{ij} = \text{round} (Y_{ij}/Q_{\text{step}}), \quad (1.15)$$

де Y_{ij} — коефіцієнти перетворення, які описані вище;

Q_{step} — крок квантування;

Z_{ij} — квантовані коефіцієнти.

Загальна кількість значень кроку квантування Q_{step} , визначене в стандарті, дорівнює 52, вони передаються як параметр QP. Значення Q_{step}

подвоюється для кожного прирощення QP на 6; Q_{step} збільшується на 12,5% для кожного прирощення QP на 1. Широкий діапазон значень кроку квантування дозволяє кодуєчому пристрою точно і гнучко управляти обміном між кількістю переданих біт і якістю.

Базова операція зворотного квантування визначається співвідношенням:

$$Y'_{ij} = Z_{ij} Q_{step} \quad (1.16)$$

Коефіцієнти, що отримані після зворотного квантування, розміщуються у відповідних кольворізностних блоках розміром 4×4 , які потім обробляються, як це описано вище ($C_i^T W' C$). Як і у випадку з кодуванням яскравісних DC-коефіцієнтів у INTRA-режимі, застосовується додаткове перетворення, що допомагає декорреліувати блок розміру 2×2 кольворізностних DC-коефіцієнтів і, отже, збільшує ступінь стиснення.

На рис. 1.21 представлений описаний вище повний процес прямого і зворотного перетворення і квантування від моменту надходження на вхід оброблюваного блоку X до отримання на виході відновленого блоку X' .

1.3.4 Деблокуючий фільтр

Деблокуюча фільтрація здійснюється після зворотного перетворення в кодері (при відновленні і збереженні макроблоку для формування прогнозу наступного кадру) і в декодері (при відновленні та відображенні макроблоку).

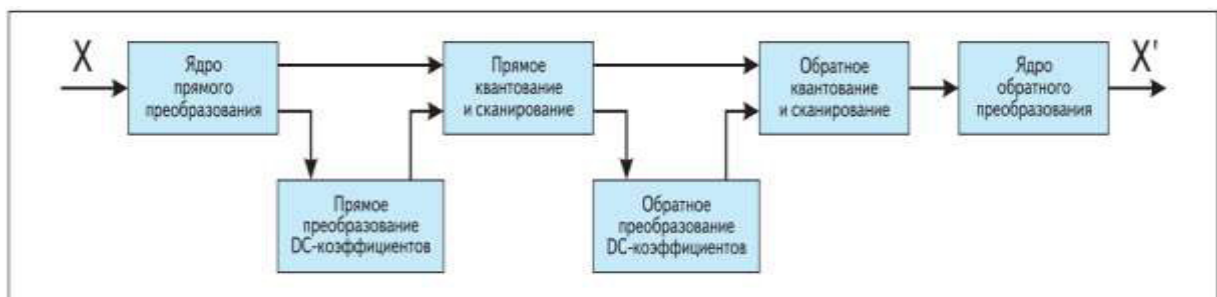


Рисунок 1.21 – Процес прямого і зворотного перетворення і квантування

Фільтр має дві переваги:

- Межі блоку згладжуються, покращуючи зорове сприйняття декодованого зображення (особливо при великих коефіцієнтах стиснення);

- Відфільтрований макроблок використовується в режимі компенсації руху в кодері, що значно зменшує величину залишкових коефіцієнтів. Зауважимо, що в режимі INTRA макроблоки фільтруються, але для формування прогнозу не використовуються, крім цього кордону кадру не фільтруються в будь-якому режимі. Фільтрація застосовується до вертикальних або горизонтальних кордонів блоків розміром 4×4 в наступному порядку:

- 1) фільтрація чотирьох вертикальних кордонів яркостного компонента (у порядку a, b, c, d на рис. 1.22);

- 2) фільтрація чотирьох горизонтальних кордонів яркостного компонента (в порядку e, f, g, h на рис. 1.22);

- 3) фільтрація двох вертикальних кордонів кожного кольороворізностного компонента (i, j);

- 4) фільтрація двох горизонтальних меж кожного кольороворізностного компонента (k, l).

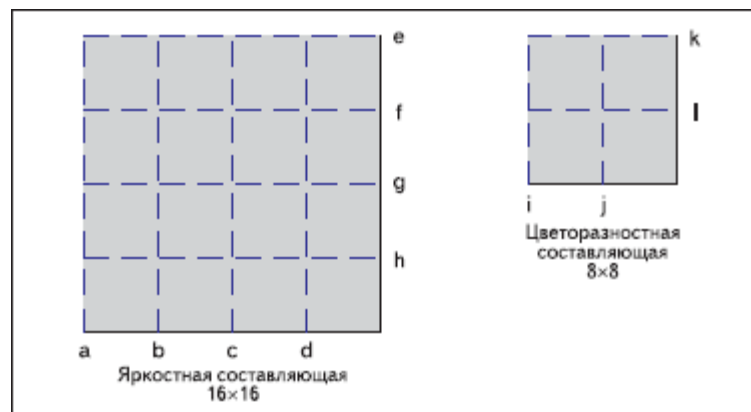


Рисунок 1.22 – Порядок фільтрації кордонів макроблоку

1.3.5 Ентропійне кодування

У рекомендації визначено декілька алгоритмів кодування, які застосовуються до різних елементів синтаксису. Так, елементи синтаксису, що відносяться до кодування кадру в цілому, кодуються кодами фіксованої або змінної довжини, а елементи, що відносяться безпосередньо до кодування залишкових коефіцієнтів, кодуються кодом змінної довжини, або арифметичним кодом.

У рекомендації визначені два види кодування із змінною довжиною кодового слова: експоненційне кодування, кодування змінної довжини з адаптацією на основі контексту (CAVLC).

Експоненціальні коди, які використані в кодеку H.264 – це коди змінної довжини з регулярною структурою. Використовуються для службових елементів синтаксису, таких як інформація про коефіцієнт квантування, режимі кодування, дані про вектори руху і т. д.

Кодування змінної довжини з адаптацією на основі контексту використовується для кодування залишкових коефіцієнтів. CAVLC розроблений з урахуванням таких особливостей:

1) Після прогнозування, перетворення і квантування, блоки зазвичай розріджені (містять головним чином нулі). CAVLC використовує кодування run-level, щоб стисло представити послідовності нулів (замість послідовності нулів передається одне число, що визначає їх кількість).

2) Найбільші ненульові коефіцієнти після зигзагоподібного сканування часто завершуються послідовністю ± 1 . CAVLC дозволяє компактно представити послідовність замикаючих високих частот, рівних ± 1 .

3) Кількість ненульових коефіцієнтів у сусідніх блоках корелювали. Тому кількість ненульових коефіцієнтів кодується на основі таблиці пошуку, яка вибирається з декількох, в залежності від числа ненульових коефіцієнтів у сусідніх блоках.

4) Величина ненульових коефіцієнтів зазвичай вище на початку переупорядкованого масиву (близько DC-коефіцієнта) і нижче в кінці. CAVLC

використовує ці властивості, забезпечуючи для кодування рівня залишкового коефіцієнта кілька таблиць для кодування, причому вибір тієї чи іншої таблиці відбувається залежно від рівня попереднього закодованого коефіцієнта.

Застосовуваний в кодексі Н.264 алгоритм арифметичного кодування на основі контексту (CAVLC) забезпечує хорошу ступінь стиснення внаслідок наступних причин:

- Вибір ймовірнісної моделі для кожного елемента синтаксису;
- Адаптивна оцінка ймовірності, заснована на локальній статистиці;
- Використання арифметичного кодування.

Кодування символу даних включає наступні стадії:

- Бінаризації вихідного параметра. Цей процес подібний до процесу перетворення символу даних в код змінної довжини.

- Вибір контекстної моделі для кожного біта (або «дискрету») бінарізованого символу.

Контекстна модель є моделлю ймовірності для одного або більше дискретів. Ця модель може бути вибрана з ряду доступних моделей в залежності від статистики тільки що закодованих символів.

1.4 Висновок до першого розділу

Проведений аналіз методів кодування відео зображень. За результатами аналізу виявлено, що для телебачення високої чіткості доцільно застосовувати спосіб кодування відповідний стандарту Н.264, зокрема його високий профіль. Даний метод має найкращі показники ефективності та якості кодування в порівнянні з іншими стандартами, що використовуються в цій же області. Однак він має і недоліки, наприклад, високу обчислювальну складність. Через те, що в телебаченні високої чіткості кодування часто відбувається в реальному масштабі часу, затримки при кодуванні відеозображення неприпустимі.

У зв'язку з різким і значним поширенням відео дисплеїв (телевізорів) з великою роздільною здатністю, пов'язаним, насамперед, з їх здешевленням,

підвищується вимога до якості зображення. До цих пір в телебаченні високої чіткості для кодування застосовувалися формати колірної дискретизації 4:2:2 і 4:2:0, що зумовлювалось вимогами по мінімізації спектра відеосигналу при передачі його в ефір. При відображенні на дисплеях високої роздільної здатності втрата колірних компонентів відеосигналу негативно позначається на якості зображень.

1.5 Постановка задачі для другого розділу

Виходячи із сказаного вище, метою роботи є удосконалення кодера для телебачення високої чіткості

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- 1) Удосконалити алгоритм кодування відеозображень у високому профілі стандарту H.264.
- 2) Розробити структурну схему відеокодеку, що реалізує розроблений алгоритм.
- 3) Оцінити якість та ефективність кодування відеозображень за допомогою розробленого кодеку.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Структурні схеми кодування і декодування

Розглянемо стандартні структурні схеми кодування і декодування. Схема кодера (рис. 2.1) включає в себе наступні блоки:

- Блоки INTER і INTRA прогнозування;
- Блоки прямого і зворотного перетворення;
- Блоки прямого і зворотного квантування;
- Блок прямого сканування;
- Блок ентропійного кодування.
- Блок пам'яті для реконструйованих зображень.

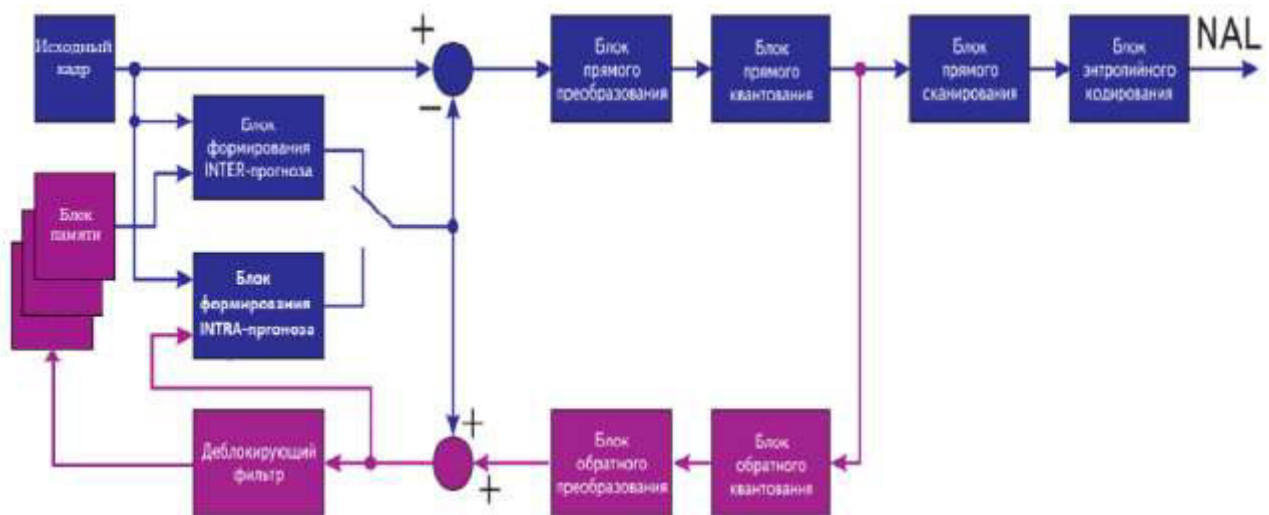


Рисунок 2.1 – Схема кодера стандарту H.264 високий профіль 4:2:2

Структура декодера зображена на рис. 2.2, вона складається з таких елементів:

- Блок ентропійного декодування;
- Блоки INTER і INTRA прогнозування;
- Блоки зворотного сканування, квантування та перетворення;
- Блок деблокуючої фільтрації.

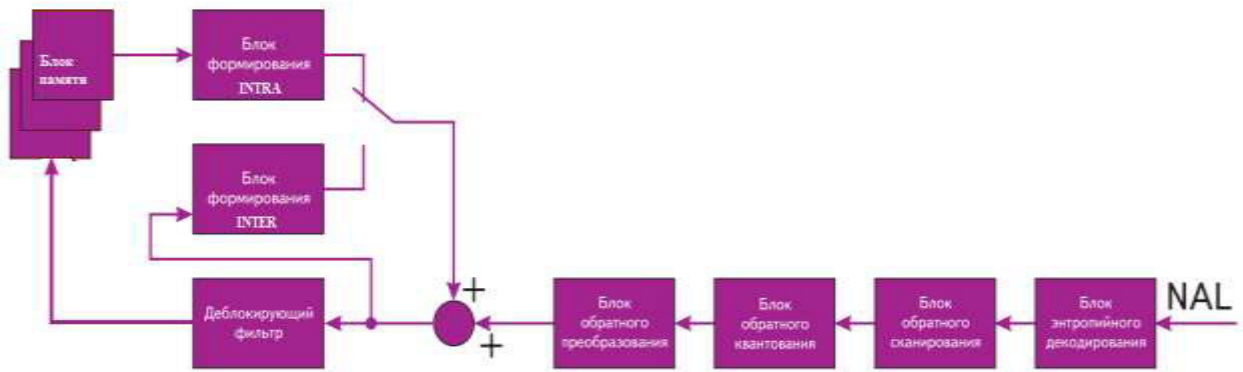


Рисунок 2.2 – Схема декодера

2.2 Алгоритм работы кодера та декодера

Розглянемо алгоритм роботи кодера та декодера.

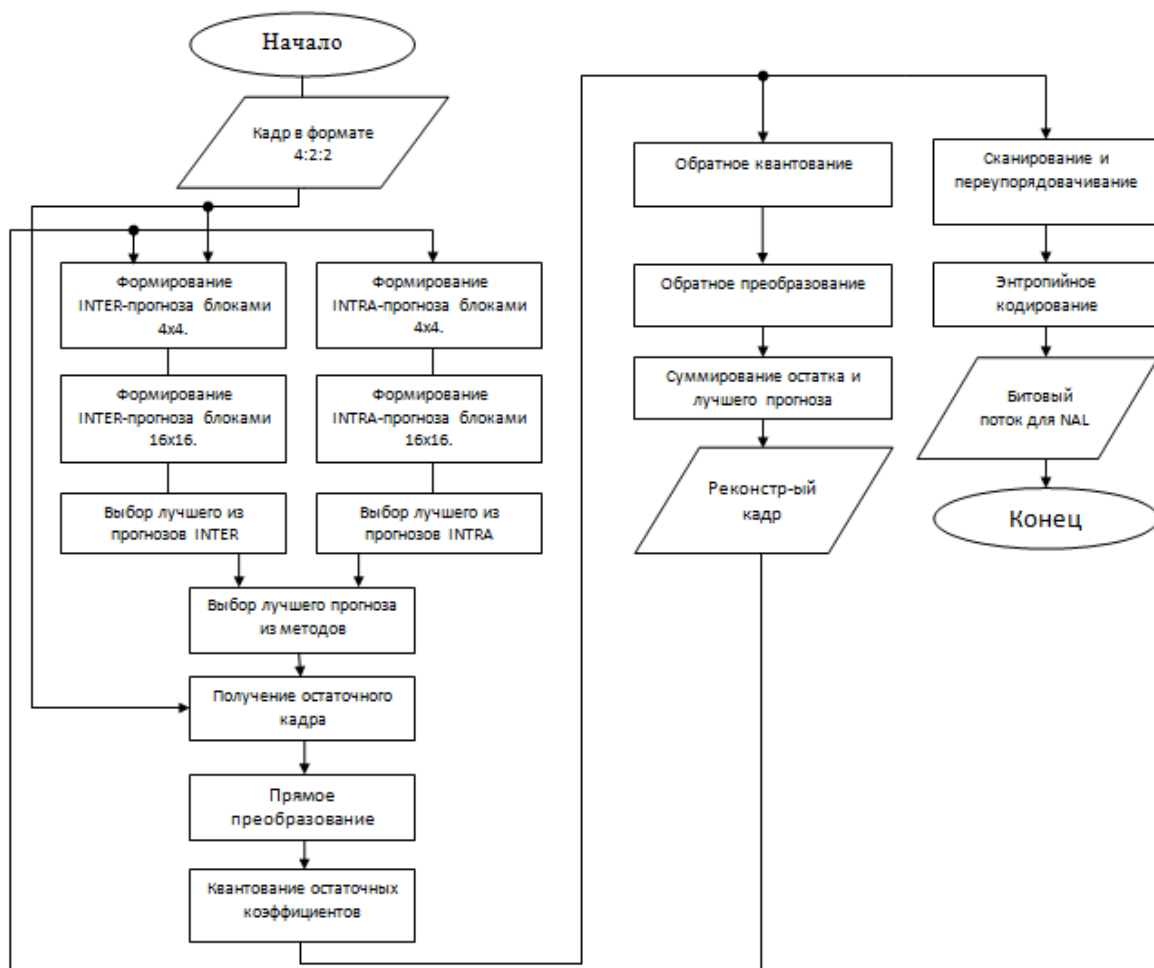


Рисунок 2.3 – Алгоритм работы кодера H.264 високий профіль 4:2:2

На вхід кодера надходить кадр у форматі 4:2:2. Обробка кадру відбувається по макроблокам, відповідним фрагментам розміром 16×16 точок у вихідному зображенні. Кожен макроблок може бути оброблений в двох режимах: INTRA або INTER. У будь-якому режимі прогноз макроблоку P_n формується на основі відновленого кадру.

У режимі INTRA прогноз формується з вибірок поточного кадру, попередньо закодованих і відновлених. Причому використовуються вибірки кадру до деблокуючого фільтра. У режимі INTER прогноз формується з урахуванням змін, які відбулися в поточному кадрі в порівнянні з одним або декількома попередніми (або подальшими). Кадри, службовці для прогнозу, повинні бути попередньо закодовані і відновлені. У блоках формування INTRA-й INTER-прогнозу відбувається вибір найбільш відповідного способу в залежності від типу кодованого кадру. Далі з отриманих прогнозів вибирається найкращий. Обраний прогноз віднімається з поточного макроблоку. В результаті обчислюється макроблок залишкових коефіцієнтів. Цей макроблок надходить у перетворювач, де відбувається частотне перетворення залишкових коефіцієнтів. Необхідно відзначити, що в рекомендації використовується дискретно-косинусне перетворення. Частотні коефіцієнти квантуються (масштабуються), що дозволяє провести стиснення відеоданих з втратами. Отриманий набір перетворених і квантованих коефіцієнтів служить вихідним для зворотного каналу реконструкції даних. Надалі коефіцієнти змінювати порядок в блоці прямого сканування. В результаті коефіцієнти шикуються в лінійний масив в порядку зростання. Потім відбувається ентропійне кодування упорядкованого масиву коефіцієнтів за алгоритмом Хаффмана, що забезпечує стиснення даних без втрат. Закодовані коефіцієнти разом з додатковою інформацією, необхідної для правильного декодування макроблоку (режиму прогнозу, коефіцієнт квантування і т. д.), складають стислий бітовий потік даних (bitstream) абстрактного мережевого рівня (NAL). Цей потік може передаватися по каналу зв'язку або бути записаний на будь-який носій для зберігання.

У каналі реконструкції спочатку відбувається зворотне квантування, потім зворотне частотне перетворення. У підсумку виходять відновлені різницеві коефіцієнти. Вони підсумовуються з прогнозом, і це дозволяє отримати відновлений кадр. Необхідно відзначити, що відновлений кадр не є ідентичними вихідному. До нього внесено спотворення, обумовлені квантуванням і квазіортогональним частотним перетворенням. Саме такий кадр буде отриманий на приймальній стороні, і тому саме його необхідно використовувати для формування прогнозу в режимі INTRA.

При обробці кадру по макроблокам виникають специфічні спотворення (блочність), які проявляються в різких перепадах значень коефіцієнтів на кордоні між макроблоками. Для їх зменшення призначений деблокуючий фільтр. Отриманий після нього відновлений кадр служить в якості опорного для формування прогнозу в режимі INTER. Відзначимо, що неможливо використовувати деблокуючий фільтр в режимі INTRA, так як на момент формування прогнозу в цьому режимі обробленої є тільки частина макроблоків, і повної інформації про кордон між макроблоками немає.

Декодер (рис. 2.2) отримує стиснутий бітовий потік абстрактного мережевого рівня NAL. Він здійснює зворотні процедури по відношенню до кодеру. Варто тільки відзначити, що в блоках формування INTRA-та INTER-прогнозів немає елементів, що відповідають за аналіз кадру. Інформацію про спосіб формування прогнозу декодер отримує з відповідної частини вхідного потоку.

Проаналізувавши роботу даного алгоритму можна виділити наступні недоліки:

- Вибір методу прогнозування вимагає великих витрат часу. Через те, що кодування в телебаченні високої чіткості кодування часто відбувається в реальному масштабі часу, затримки в цьому процесі вкрай небажані.
- Використання моди INTER для прогнозування зображень високого дозволу недоцільно, оскільки для формування прогнозу потрібно опис дуже

великої кількості векторів зсуву блоків, що природно призводить до збільшення обсягу переданої декодеру інформації.

- У блоці ентропійного кодування використовується алгоритм Хаффмана, ефективність якого недостатня при обробці великих обсягів інформації.

2.3 Удосконалення алгоритму роботи і структурної схеми кодера в стандарті H.264

На основі стандарту ІТУ-Т H.264, для кодування відеосигналу найбільш часто застосовуються формати колірної дискретизації 4:2:2 і 4:2:0. Кожна цифра в назві формату дискретизації означає співвідношення частот семпліровання компонентів відеосигналу. 4:2:0 являє собою формат для перетворення сигналу рухомого зображення, наприклад RGB, в компонент яскравості (Y) і два кольороворізностних компонента (Cb і Cr) при скороченні кількості вибірок кольороворізностних компонентів вдвічі в горизонтальному і вертикальному напрямках відносно кількості вибірок компонента яскравості. Формат 4:2:2 означає, що при дискретизації хроматичні компоненти будуть подаватися на кожен другий піксель зображення. Оскільки зорове сприйняття погіршення кольороворізностних компонентів мало в порівнянні з погіршенням компонента яскравості, прийнята традиційна система кодування відеосигналу, що відповідає міжнародному стандарту, за умови, що обсяг інформації про об'єкт кодування скорочується за рахунок здійснення вищеописаної знижуючої дискретизації кольороворізностних компонентів до здійснення кодування. У зв'язку з підвищенням дозволу та підвищенням якості відеодисплеїв втрата колірних компонентів відеосигналу істотно знижує якість зображення. Тому для вирішення цієї проблеми слід використовувати систему для кодування зображення з вибірками, ідентичними компонентам яскравості без понижувальної дискретизації кольороворізностних компонентів. Формат, в якому кількість вибірок компонентів яскравості і кількість вибірок кольороворізностних компонентів однакові, називається форматом 4:4:4.

Відповідно до стандарту ІТУ-Т Н.264 (що зветься нижче AVC) використовувати такий формат дозволяє "високий профіль 4:4:4". Традиційний формат 4:2:0 прийнятий за умови, що кольороворізностні компоненти піддаються знижуючій дискретизації, і обмежуються визначенням колірних просторів Y, Cb і Cr. У форматі 4:4:4 немає відмінності в частоті дискретизації між колірними компонентами, що дає можливість безпосередньо використовувати R, G, B замість Y, Cb і Cr і використовувати багато інших визначення колірних просторів. Високий профіль 4:4:4 AVC - це система, в якій визначення колірних просторів впливає на саму обробку кодування. Також в профілі 4:4:4 враховується сумісність з іншими профілями для кодування форматів 4:2:0 і 4:2:2 заданого просторами Y, Cb і Cr.

Наприклад, у високому профілі 4:2:0 для кодування зображення використовуються макроблоки, що складаються з компонентів яскравості 16x16 пікселів і кольороворізностних компонентів Cb і Cr 8x8 пікселів. Просторове і міжкадрове прогнозування (інтрапрогнозування) відбувається окремо для кожного блоку. Іншими словами, використовуються окремі режими інтрапрогнозування для компонентів яскравості і кольороворізностних компонентів. Режим, який має найвищу ефективність прогнозування, вибирається з дев'яти типів (показаних на рис. 2.3) в якості режиму інтрапрогнозування для компонентів яскравості. Один з чотирьох типів режиму прогнозування, показаних на рис. 2.4, який має найвищу ефективність прогнозування, вибирається, як режим інтрапрогнозування для кольорових компонентів Cb і Cr (неможливо використовувати окремі режими прогнозування для Cb і Cr). При прогнозуванні компенсації руху в високому профілі 4:2:0 інформація розміру блоку, інформація опорного зображення та інформація вектора руху для кожного блоку мультиплексується для компонентів яскравості і для кольорових компонентів окремо.

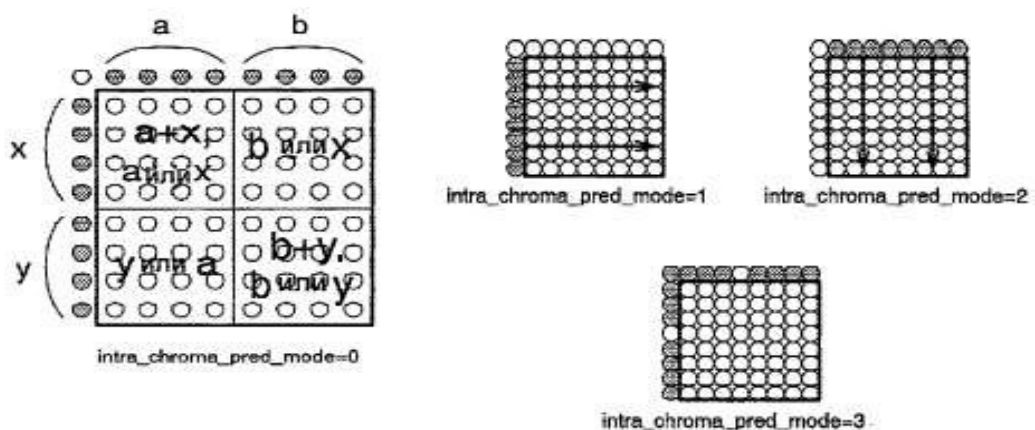


Рисунок 2.4 – Режими інтрапрогнозування для блоків кольірних компонентів

Вищеописана система придатна за умови, що внесок кольороворізностних компонентів у визначення кольірних просторів малий у порівнянні з внеском компонентів яскравості, які вносять істотний внесок у представлення структури (текстуру) зображення у форматі 4:2:0. Однак справжній високий профіль 4:4:4 є системою де розмір блоку кольороворізностного сигналу на один макроблок збільшений до 16x16 пікселів. На відміну від формату 4:2:0, інформація про режим прогнозування, інформація опорного зображення та інформація вектора руху є загальною для всіх компонентів. Отже, справжній високий профіль 4:4:4 є оптимальним методом прогнозування в форматі 4:4:4, в якому відповідні кольірні компоненти вносять рівні внески в структурне уявлення сигналу зображення.

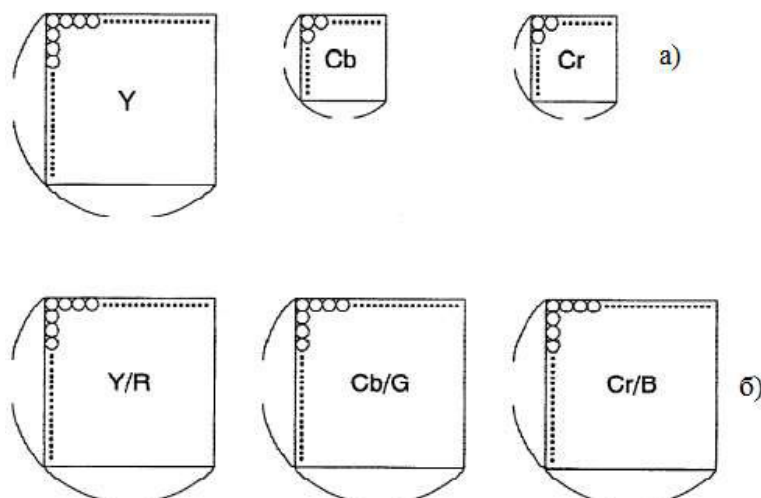


Рисунок 2.5 – Блоки компонент:

а) формату 4:2:0, б) формату 4:4:4

2.3.1 Вдосконалений алгоритм кодування

На основі виявлених недоліків у випускній роботі запропоновано алгоритм кодування, схема якого зображена на рисунку 2.6.

Кодер (прямий напрямок потоку даних). Алгоритм, показаний на рис. 2.6, відповідні відеокадри вводяться в якості вхідного відеосигналу у форматі 4:4:4. Відеокадри які надходять, вводяться в кодер в одиницях макроблоків, отриманих поділом трьох колірних компонентів на блоки 16 x 16 пікселів ідентичного розміру і розміщенням блоків (рис. 2.5 b). Перш за все, в блоці просторового прогнозування здійснюється обробка інтрапрогнозування для кожного з колірних компонентів в одиницях макроблоків з використанням локально декодованого зображення, що зберігається в пам'яті. Три блоки пам'яті підготовляються для відповідних колірних компонентів (кількість блоків пам'яті можна відповідно змінювати в залежності від фактичної реалізації). Режими інтрапрогнозування являють собою режими 4x4 і 16x16 для здійснення просторового прогнозування. Тут використовуються сусідні пікселі макроблоку.

Розглянемо докладно режим інтрапрогнозування 4x4. Блок 16x16 пікселів сигналу яскравості в макроблоці ділиться на шістнадцять блоків 4x4 пікселя. Будь-який з дев'яти режимів, показаних на рис. 2.7, вибирається в одиницях блоків 4x4 пікселя. Пікселі блоків (верхній лівий, верхній, верхній правий і лівий) навколо блоку вже закодованого, підданого обробці локального декодування і збереженого в пам'яті використовуються для генерації прогнозованого зображення.

Intra4x4_pred_mode = 0: Сусідній піксель вгорі використовується як прогнозоване зображення як воно є.

Intra4x4_pred_mode = 1: Сусідній піксель зліва використовується як прогнозоване зображення як воно є.

Intra4x4_pre_mode = 2: Середнє значення сусідніх восьми пікселів використовується як прогнозоване зображення.

Intra4x4_pred_mode = 3: Зважене середнє обчислюється для кожних двох-трьох пікселів з сусідніх пікселів і використовується в якості прогнозованого зображення (відповідного краю на 45 градусів вправо).

Intra4x4_pred_mode = 4: Зважене середнє обчислюється для кожних двох-трьох пікселів з сусідніх пікселів і використовується в якості прогнозованого зображення (відповідного краю на 45 градусів вліво).

Intra4x4_pred_mode = 5: Зважене середнє обчислюється для кожних двох-трьох пікселів з сусідніх пікселів і використовується в якості прогнозованого зображення (відповідного краю на 22,5 градусів вліво).

Intra4x4_pred_mode = 6: Зважене середнє обчислюється для кожних двох-трьох пікселів з сусідніх пікселів і використовується в якості прогнозованого зображення (відповідного краю на 67,5 градусів вліво).

Intra4x4_pred_mode = 7: Зважене середнє обчислюється для кожних двох-трьох пікселів з сусідніх пікселів і використовується в якості прогнозованого зображення (відповідного краю на 22,5 градусів вправо).

Intra4x4_pred_mode = 8: Зважене середнє обчислюється для кожних двох-трьох пікселів з сусідніх пікселів і використовується в якості прогнозованого зображення (відповідного краю на 112,5 градусів вліво).

При виборі режиму інтрапрогнозування 4x4 шістнадцять фрагментів інформації режиму необхідні для кожного макроблоку. Таким чином, для скорочення обсягу кодів самої інформації режиму, з урахуванням того факту, що інформація режиму має високу кореляцію з сусідами з ним блоком, кодування прогнозування здійснюється на підставі інформації режиму на сусідньому блоці.

Режим інтрапрогнозування 16x16.

Режим кодування з інтрапрогнозуванням 16x16 - це режим для прогнозування блоків 16x16 пікселів, еквівалентних за розміром макроблоку в даний момент часу. Будь-який з чотирьох режимів, показаних на рис. 2.8, вибирається в одиницях макроблоків. Таким же чином, як в режимі інтрапрогнозування 4x4, пікселі блоків (верхній лівий, верхній і лівий) навколо

блоку, вже закодованого, підданого обробці локального декодування, і збереженого в пам'яті 16, використовуються для генерації прогнозованого зображення.

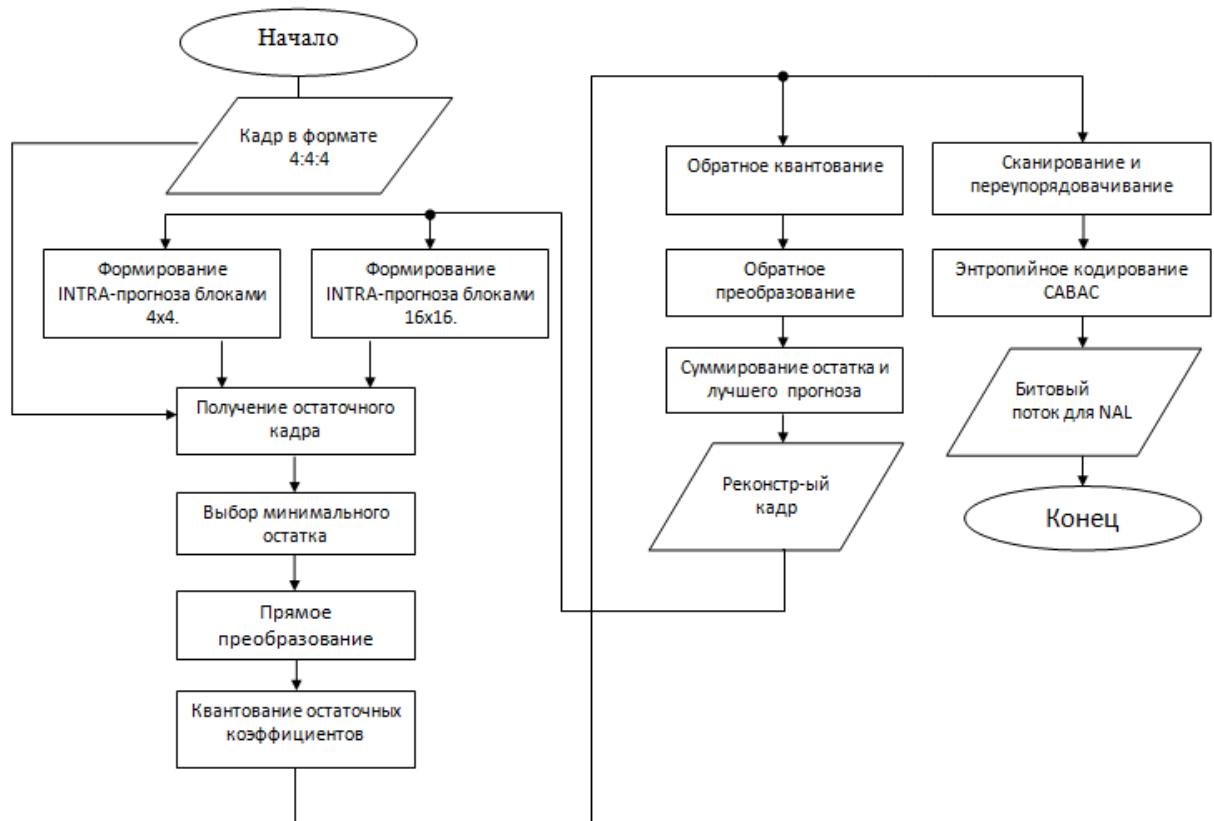


Рисунок 2.6 – Удосконалений алгоритм кодування

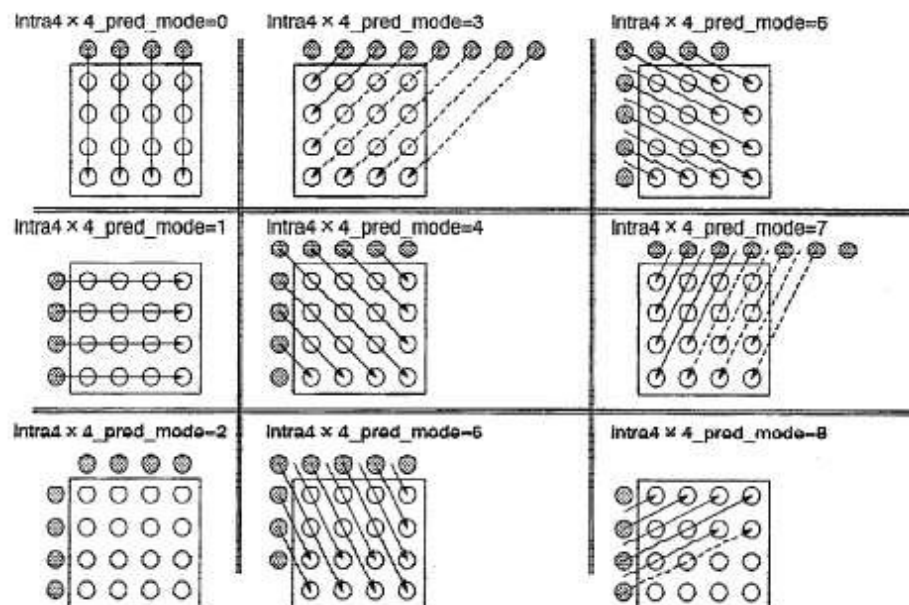


Рисунок 2.7 – Метод генерації прогнозованого зображення в режимі інтрапрогнозування 4x4

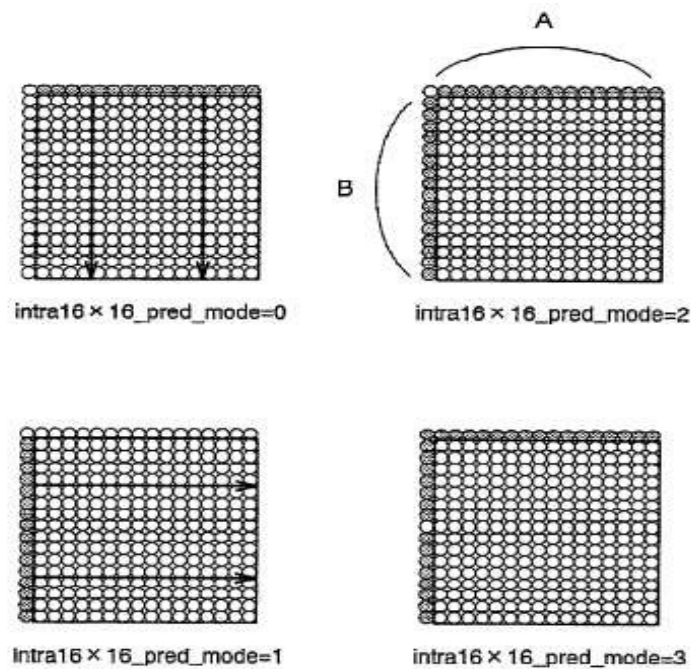


Рисунок 2.8 – Метод генерації прогнозованого зображення в режимі 16x16

$\text{Intra16x16_pred_mode} = 0$: Шістнадцять пікселів на нижній стороні верхнього макроблоку використовуються у якості прогнозованого зображення.

$\text{Intra16x16_pred_mode} = 1$: Шістнадцять пікселів на правій стороні лівого макроблоку використовуються у якості прогнозованого зображення.

$\text{Intra16x16_pred_mode} = 2$: Середнє значення тридцяти двох пікселів, в сукупності включають в себе шістнадцять пікселів на нижній стороні верхнього макроблоку (частина A на рис.2.8) і шістнадцять пікселів на лівій стороні лівого макроблоку (частина B на рис. 2.8), використовується в якості прогнозованого зображення.

$\text{Intra16x16_pred_mode} = 3$: Прогнозоване зображення виходить за допомогою заздалегідь певної обробки арифметичної операції (обробка зваженого підсумовування, відповідна використовуваному пікселю і прогнозованій позиції пікселя) з використанням тридцяти одного пікселя, в сукупності включають в себе піксель на нижньому правому куті макроблоку, над верхніми лівими п'ятнадцятьма пікселями на нижній стороні верхнього макроблоку (частина, що виключає порожні пікселі) і п'ятнадцятьма пікселями на правій стороні лівого макроблоку (частина, що виключає порожні пікселі).

Блок просторового прогнозування виконує обробку прогнозування на всіх режимах або підмножинах, показаних на рис.2.7 і рис. 2.8, для отримання різницевого сигналу прогнозування з використанням відемника. Ефективність прогнозування різницевого сигналу прогнозування оцінюється щодо режиму кодування. Режим прогнозування, в якому оптимальна ефективність прогнозування виходить для макроблоку, заданого як об'єкт прогнозування, виводиться в якості режиму кодування з обробки прогнозування, виконуваної блоком просторового прогнозування. Режим кодування включає в себе відповідні різновиди інформації режиму прогнозування (`Intra4x4_pred_mode` або `Intra16x16_pred_mode`), використовувані для одиничної області прогнозування спільно з інформацією ухвалення рішення, що вказує, чи використовується режим інтрапрогнозування 4x4 або режим інтрапрогнозування 16x16. Одинична область прогнозування еквівалентна блоку 4x4 пікселя в разі `intra4x4_pred_mode` і еквівалентна блоку 16x16 пікселів у разі режиму інтрапрогнозування 16x16. При виборі режиму кодування можна враховувати ваговий коефіцієнт для кожного режиму кодування, встановленого за допомогою прийняття рішення блоку управління кодуванням. Оптимальний різницевий сигнал прогнозування виводиться на блок перетворення. Блок перетворення перетворює введений різницевий сигнал прогнозування в коефіцієнт перетворення і виводить коефіцієнт перетворення на блок квантування. Блок квантування квантує введений коефіцієнт перетворення на підставі параметра квантування, заданого блоком управління кодуванням, і виводить коефіцієнт перетворення на блок кодування із змінною довжиною слова в якості квантованого коефіцієнта перетворення. Квантований коефіцієнт перетворення піддається ентропійному кодуванню за допомогою кодування Хаффмана або арифметичного кодування. Бітовий потік отриманий після кодування передається в NAL (мережевий абстрактний рівень).

Розглянемо кодер (напрямок реконструкції потоку даних). Квантований коефіцієнт перетворення відновлюється до різницевого сигналу прогнозування

локального декодування за допомогою блоку зворотного квантування і блоку зворотного перетворення. Різницевий сигнал прогнозування локального декодування підсумовується з прогнозованим зображенням, яке генерується на підставі режиму кодування, суматором для генерації локально декодованого зображення. Локально декодоване зображення зберігається в пам'яті для подальшого використання при обробці інтрапрогнозування.

2.3.2 Структурна схема, що реалізує розроблений алгоритм

У випускній роботі запропоновано структурну схему, що реалізує розроблений алгоритм.

Запропонований кодер (рис. 2.9) який реалізує розроблений алгоритм включає в себе:

- 1) Блок інтрапрогнозування. Він генерує прогнозоване зображення відповідно обраного режиму прогнозування, що вказує метод їх генерації.
- 2) Блок прийняття рішення. Цей блок приймає рішення на підставі заздалегідь визначеного сигналу керування, який з загального режиму прогнозування та окремого режиму прогнозування використовується для відповідних кольорних компонентів, що утворюють вхідний сигнал зображення. Потім він оцінює ефективність заздалегідь певних режимів прогнозування зображення, виведеного з блоку генерації, і вибирає найоптимальніший із них.
- 3) Блок дискретно-косинусного перетворення (DCT). Тут відбувається частотне перетворення залишкових коефіцієнтів.
- 4) Блок квантування. У ньому квантуються перетворені залишкові коефіцієнти.
- 5) Блок сканування і переупорядкування. Тут коефіцієнти шикуються в лінійний масив в порядку зростання.

- 6) Блок ентропійного кодування. Він піддає вихідний сигнал з блоку прийняття рішення контекстно-адаптивному двійковому арифметичному кодуванню (САВАС).
- 7) Блоки зворотного квантування і перетворення.
- 8) Блок пам'яті, в якому зберігаються реконструйовані зображення.
- 9) Блок управління кодуванням. За допомогою цього блоку задаються параметри рівня квантування, що визначають якості кодування, і вагові коефіцієнти необхідні для визначення оптимального режиму прогнозування.

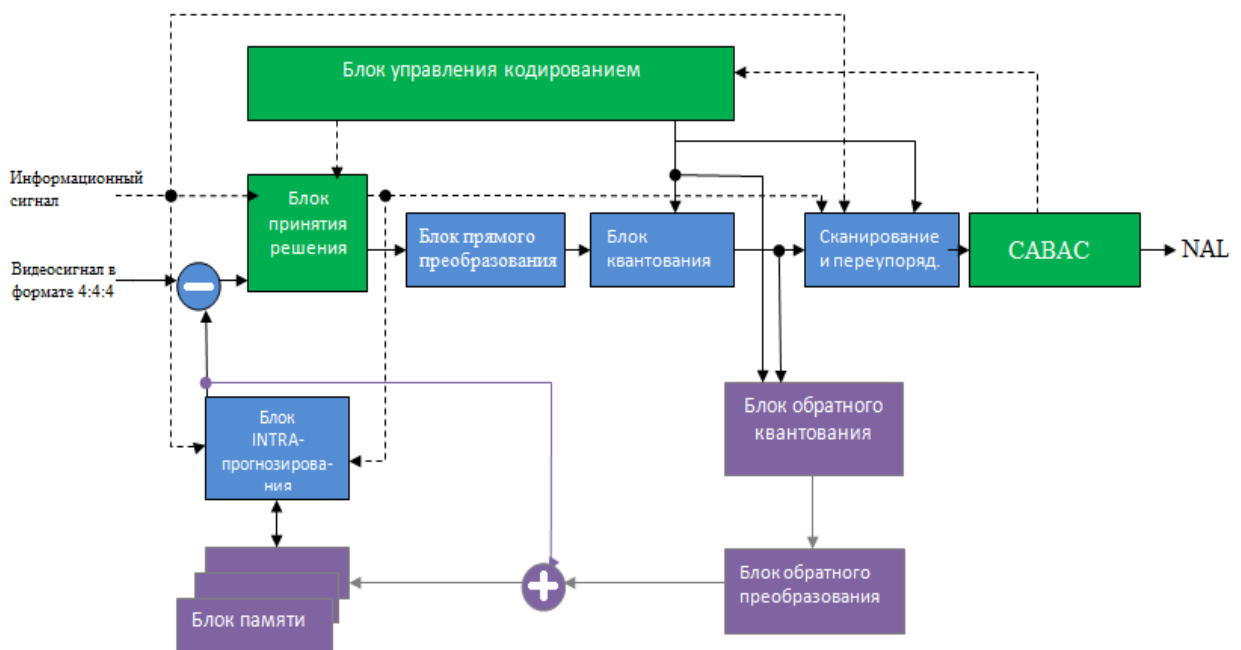


Рисунок 2.9 – Розроблена структурна схема кодера

Декодер (рис.2.10) приймає відеопотік виведений з кодера (рис. 2.9) і здійснює обробку декодування в одиницях макроблоків, в яких три колірних компоненти мають ідентичний розмір (формат 4:4:4), і відновлює відповідні відеокадри. Перш за все, блок декодування витягує інформацію про використанні режиму інтрапрогнозування, квантований коефіцієнт перетворення, режим кодування і параметр квантування.

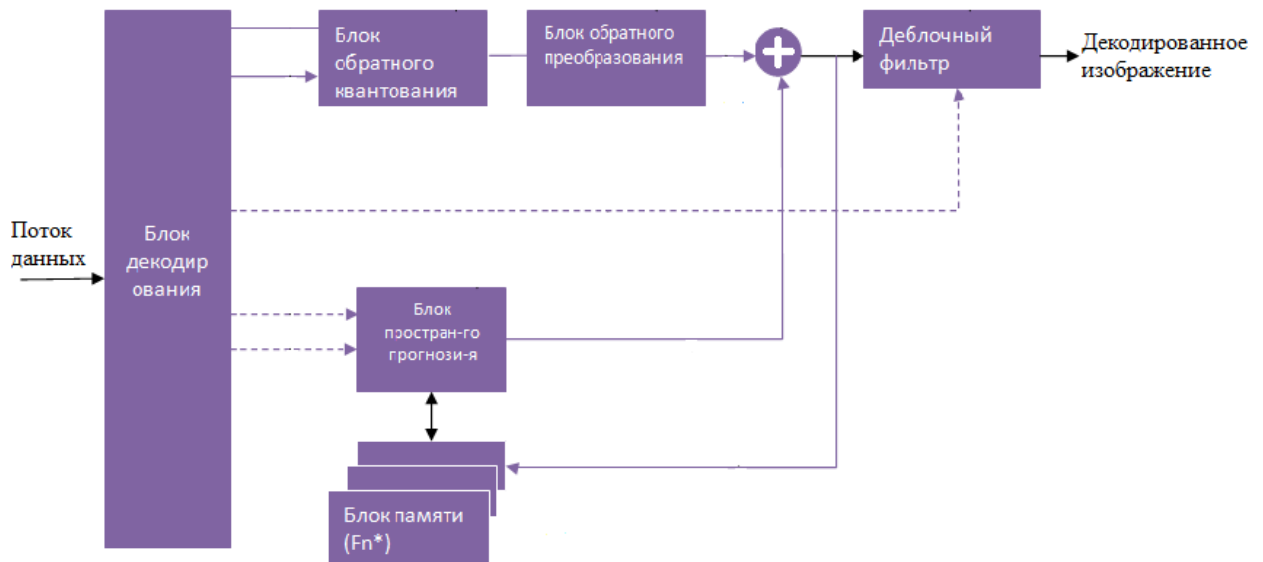


Рисунок 2.10 – Структурна схема декодера

Квантований коефіцієнт перетворення вводиться в блок зворотного квантування спільно з параметром квантування, і здійснюється обробка зворотного квантування. Потім вихідний сигнал блоку зворотного квантування вводиться в блок зворотного перетворення і відновлюється до різницевого сигналу прогнозування локального декодування. Режим кодування вводиться в блок просторового прогнозування. Блок просторового прогнозування отримує прогнозоване зображення у відповідності з цими фрагментами інформації. Нижче буде описана конкретна процедура для отримання прогнозованого зображення. Різницевий сигнал прогнозування локального декодування і прогнозоване зображення підсумовуються суматором для отримання внутрішньо декодованого зображення (це повністю такий же сигнал, як локально декодувати зображення в кодері). Внутрішньо декодоване зображення записується назад в пам'ять для використання при подальшому інтрапрогнозуванні макроблоку. Три блоки пам'яті підготовляються для відповідних кольорних компонентів (хоча підготовляються три блоки пам'яті, кількість блоків пам'яті можна відповідно змінювати згідно конструкції). Деблокуючий фільтр використовується для отримання остаточного декодованого зображення, яке придатне для перегляду.

2.3.3 Алгоритми прийняття рішень про режим інтракодування

Операції кодера і декодера щодо прийняття рішення про режим інтрапрогнозування і обробка декодування інтрапрогнозування, є ключовими операціями роботи кодека. Розглянемо докладно роботу цих пристроїв.

Розглянемо докладно обробку прийняття рішення щодо режиму інтрапрогнозування, яка є характеристикою кодера. Ця обробка здійснюється в одиницях макроблоків, в яких розміщені три колірних компонента. Обробка здійснюється, в основному, блоком просторового прогнозування і блоком прийняття рішення щодо режиму кодування в кодері, показаному на рис. 2.9. Логічна блок-схема, що демонструє хід обробки, показана на рис. 2.11. Дані зображення трьох колірних компонентів, що утворюють блок, позначаються нижче C0, C1 і C2.

Перш за все, блок прийняття рішення щодо режиму кодування приймає прапор ідентифікації загального використання режиму інтрапрогнозування і приймає рішення на підставі значення прапора ідентифікації загального використання режиму інтрапрогнозування, чи використовується режим інтрапрогнозування, загальний для C0, C1 і C2 (етап S1 на рис.2.11). При використанні загального режиму інтрапрогнозування блок прийняття рішення щодо режиму кодування переходить до етапу S2 і подальшим етапам.

У разі невикористання загального режиму інтрапрогнозування блок прийняття рішення щодо режиму кодування переходить до етапу S5 і подальшим етапам.

Коли режим інтрапрогнозування використовується спільно для C0, C1 і C2, блок прийняття рішення щодо режиму кодування сповіщає блок просторового прогнозування про всі режимах інтрапрогнозування 4x4, які можна вибрати. Блок просторового прогнозування оцінює ефективності прогнозування для всіх 4x4 режимів прогнозування і вибирає оптимальний режим інтрапрогнозування 4x4, загальний для C0, C1 і C2 (етап S2). Потім блок прийняття рішення щодо режиму кодування сповіщає блок просторового прогнозування про всі режимах інтрапрогнозування 16x16, які можна вибрати.

Блок просторового прогнозування оцінює ефективності прогнозування всіх режимів інтрапрогнозування 16x16 і вибирає оптимальний режим інтрапрогнозування 16x16, загальний для C0, C1 і C2 (етап S3). Нарешті, блок прийняття рішення щодо режиму кодування вибирає оптимальний режим щодо ефективності прогнозування в режимах, отриманих на етапах S2 і S3 (етап S4), та закінчує обробку.

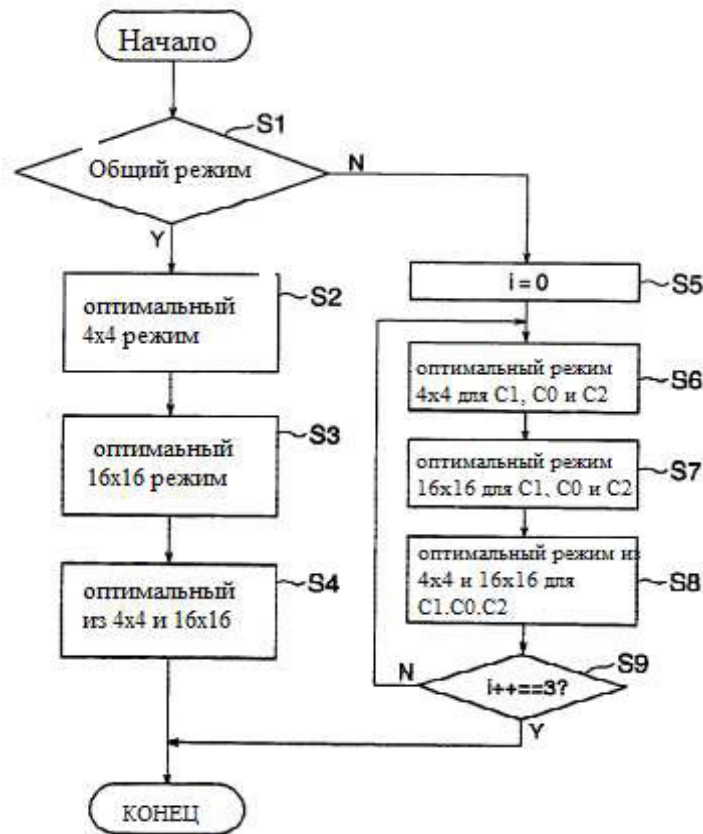


Рисунок 2.10 – Логічна блок-схема, пояснює процедуру обробки прийняття рішення

Коли режим інтрапрогнозування не використовується спільно для C0, C1 і C2, відповідно вибираються найкращі режими для кожного з них. Блок прийняття рішення щодо режиму кодування сповіщає блок просторового прогнозування про всі режими інтрапрогнозування 4x4, які можна вибрати для компонентів C_i ($i \leq 0 < 3$). Блок просторового прогнозування оцінює ефективності прогнозування для всіх режимів інтрапрогнозування 4x4 і

вибирає оптимальний режим інтрапрогнозування 4×4 в компонентах C_i ($i \leq 0 < 3$) (етап S6). Аналогічно, блок прийняття рішення вибирає оптимальний режим інтрапрогнозування 16×16 (етап S7). Нарешті, на етапі S8 блок просторового прогнозування приймає рішення щодо оптимального режиму інтрапрогнозування в компонентах C_i ($i \leq 0 < 3$).

В якості стандарту для оцінки ефективності прогнозування для режиму прогнозування, здійснюваної в блоці просторового прогнозування, можна використовувати вартість швидкості / спотворення, задану як $J_m = D_m + X R_m$ (X : позитивне число). D_m - це величина спотворення кодування або помилки прогнозування в разі застосування режиму інтрапрогнозування m . Спотворення кодування виходить із застосуванням режиму інтрапрогнозування m для обчислення помилки прогнозування і декодування відеосигналу з результату, отриманого шляхом перетворення і квантування помилки прогнозування для вимірювання помилки щодо сигналу до кодування. Величина помилки прогнозування виходить шляхом обчислення різниці між прогнозованим зображенням і сигналом до кодування в разі, коли застосовується режим інтрапрогнозування m і квантування рівня різниці. Наприклад, використовується сума абсолютних відстаней (SAD). R_m - це обсяг кодів що генеруються при використанні інтрапрогнозування m . Іншими словами, J_m - це значення, що задає компроміс між обсягом кодів і ступенем спотворення. Режим інтрапрогнозування m , що дає мінімальне J_m , є оптимальним рішенням.

Коли кодер здійснює обробку на етапі S2 і наступних етапах, один фрагмент інформації про режим інтрапрогнозування виділяється макроблоку, що включає в себе три колірних компонента. З іншого боку, коли кодер здійснює обробку на етапі S5 і наступних етапах, інформація режиму інтрапрогнозування виділяється кольоровим компонентам відповідно. Таким чином, оскільки фрагменти інформації про режими інтрапрогнозування, виділені макроблоку, розрізняються, необхідно мультиплексувати прапор ідентифікації загального використання режиму інтрапрогнозування в бітовий потік і дати можливість декодеру розпізнавати, чи здійснив кодер етапи

обробки на етапі S2 і наступних етапах або здійснив етапи обробки на етапі S5 і наступних етапах. Режим інтракодування вказує інформацію, що дозволяє розрізняти intra 4x4 і intra 16x16. Базовий режим інтрапрогнозування зазначає інформацію загального режиму інтрапрогнозування у разі, коли прапор ідентифікації загального використання режиму інтрапрогнозування вказує "загальний для C0, C1 і C2". Базовий режим інтрапрогнозування зазначає інформацію режиму інтрапрогнозування для C0, коли прапор ідентифікації загального використання режиму інтрапрогнозування вказує на "не загальний для C0, C1 і C2". Розширений режим інтрапрогнозування мультиплексується, лише коли прапор ідентифікації загального використання режиму інтрапрогнозування вказує "не загальний для C0, C1 і C2". Потім параметр квантування і квантований коефіцієнт перетворення мультиплексується. Режим кодування є загальним членом режиму інтракодування і режимів інтрапрогнозування (базового та розширеного).

У форматі 4:2:0, прийнятому в традиційному стандарті кодування відеосигналу високого дозволу, визначення колірних просторів зафіксовано на Y, Cb і Cr. У форматі 4:4:4 визначення колірних просторів не обмежується Y, Cb і Cr, але можна використовувати різні колірні простори. Завдяки формуванню інформації режиму інтрапрогнозування, як показано на рис. 2.6, можна здійснювати оптимальну обробку кодування, навіть коли визначення колірних просторів вхідного відеосигналу 1 різноманітно. Наприклад, коли колірні простори визначені як RGB, структура відеотекстури однаково залишається у відповідних компонентах R, G і B. Таким чином, з використанням інформації загального режиму інтрапрогнозування можна скоротити надмірність самої інформації режиму інтрапрогнозування і підвищити ефективність кодування. З іншого боку, коли колірні простори визначені як Y, Cb і Cr, структура відеотекстури інтегрується в Y. Таким чином, загальний режим інтрапрогнозування не завжди дає оптимальний результат. Таким чином, можна отримати оптимальну ефективність кодування, адаптивно використовуючи розширений режим інтрапрогнозування.

Обробка декодування інтрапрогнозування в декодері.

Розглянемо докладно обробку генерації інтрапрогнозованого зображення, що є характеристикою декодера. Ця обробка здійснюється в одиницях макроблоків, в яких розміщені три колірних компонента. Обробка здійснюється, в основному, блоком декодування і блоком просторового прогнозування декодера, показаного на рис. 2.10. Логічна блок-схема, що демонструє хід обробки, показана на рис. 2.12. Етапи S10-S14 в логічній блок-схемі, показаної на рис. 2.7, здійснюються блоком декодування зі змінною довжиною слова. На етапі S10 блок декодування зі змінною довжиною слова спочатку декодує режим інтракодування даних. Потім він декодує прапор ідентифікації загального використання режиму інтрапрогнозування (етап S11).

Крім того, блок декодування зі змінною довжиною слова декодує базовий режим інтрапрогнозування (етап S12). На етапі S13 блок декодування приймає рішення, чи використовується режим інтрапрогнозування спільно для C0, C1 і C2, з використанням результату прапора ідентифікації загального використання режиму інтрапрогнозування. При використанні загального режиму інтрапрогнозування блок декодування зі змінною довжиною слова використовує базовий режим інтрапрогнозування для всіх з C0, C1 і C2. У разі невикористання загального режиму інтрапрогнозування блок декодування зі змінною довжиною слова використовує базовий режим інтрапрогнозування в якості режиму для C0 і декодує розширений режим інтрапрогнозування (етап S14) для отримання інформації режиму для C1 і C2.

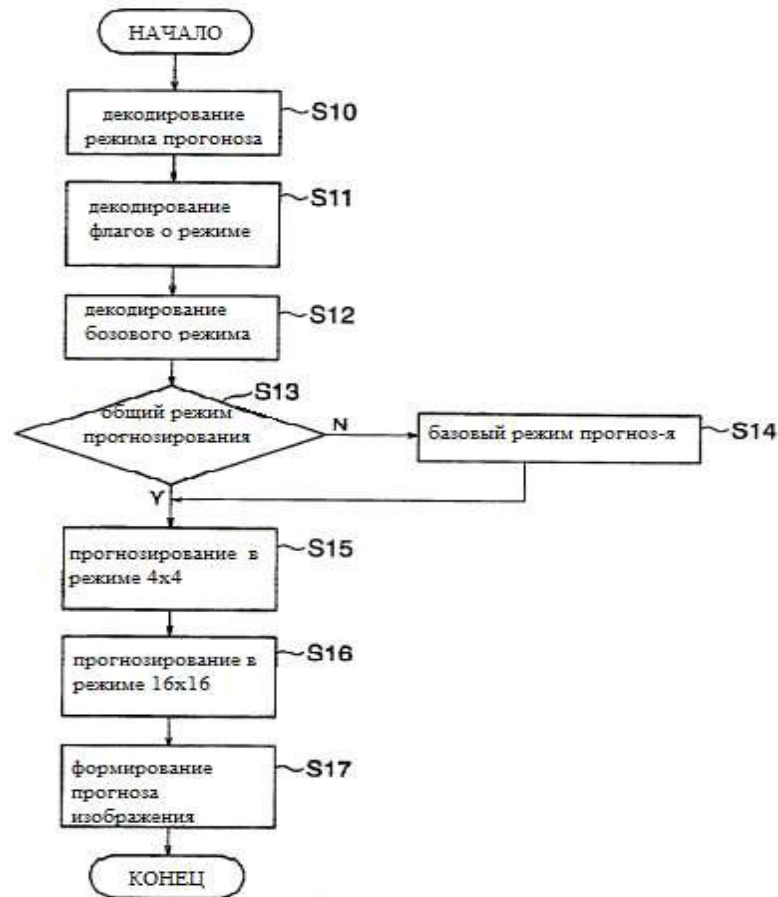


Рисунок 2.12 – Процедура обработки решения интрапрогнозувания в декодере

Оскільки режим кодування для відповідних колірних компонентів встановлюється на етапах обробки, блок виводить режим кодування на блок просторового прогнозування і отримує інтрапрогнозоване зображення відповідних колірних компонентів відповідно до етапів S15-S17. Процес для отримання інтрапрогнозованих зображень узгоджується з процедурами, показаними на рис 2.7 та рис. 2.8, і ідентичний обробці, здійснюваної кодером, показаним на рис. 2.9. Згідно рис. 2.12 прапор ідентифікації загального використання режиму інтрапрогнозування мультиплексується як прапор, розташований на більш високому рівні даних, наприклад на рівні зрізу, зображення або послідовності, а не як прапор на рівні макроблоків. Прапор індикації таблиці розширених режимів інтрапрогнозування забезпечений для вибору кодової таблиці, що задає кодове слово розширеного режиму інтрапрогнозування із сукупності кодових таблиць. Отже, коли можливо

забезпечити достатню ефективність прогнозування відповідно до зміни на більш високому рівні, рівному або вищому, ніж рівень зрізу, можна скоротити біт службової інформації без мультиплексування прапора ідентифікації загального використання режиму інтрапрогнозування на рівні макроблоків кожен раз при здійсненні обробки. Що стосується розширеного режиму інтрапрогнозування, оскільки забезпечений прапор індикації таблиці розширених режимів інтрапрогнозування, можна вибрати визначення режиму прогнозування, заданого для компонентів C1 і C2, замість визначення ідентичного визначенням базового режиму інтрапрогнозування. Це дає можливість здійснювати обробку кодування, адаптовану до визначення кольорних просторів. Наприклад, при кодуванні формату 4:2:0 AVC, набір режимів інтрапрогнозування, відмінний від яскравості (Y), задається для кольороворізностних компонентів (Cb і Cr). У форматі 4:2:0 кольороворізностний сигнал в макроблоці - це сигнал 8x8 пікселів. Будь-який з чотирьох режимів, показаних на рис. 2.4, вибирається в одиницях макроблоків для здійснення обробки декодування. Хоча існує два різновиди Cb і Cr в якості кольороворізностних сигналів, використовується один і той же режим. За винятком DC прогнозування `intra_chroma_pred_mode = 0`, обробка прогнозування така ж, як в режимі інтрапрогнозування 16x16, показаному на рис. 2.8.

Розроблене технічне рішення дозволяє підвищити якість зображення що декодується завдяки використанню формату кольірної дискретизації 4:4:4. При використанні такого формату можна здійснювати кодування з використанням не тільки фіксованих кольорних просторів, наприклад Y, Cb і Cr, але також різних кольорних просторів, наприклад RGB. У зв'язку з цим, з'являється можливість гнучко вибирати інформацію режиму інтрапрогнозування і інформацію режиму інтерпрогнозування, що використовується у відповідних кольорних компонентах. Отже, можна здійснювати оптимальну обробку кодування навіть при різноманітних визначеннях кольорних просторів.

Ефективність ентропійного кодування підвищена шляхом використання контекстно-адаптивного двійкового арифметичного кодування (САВАС). Використання арифметичного кодування допускає використання нецілої кількості біт на символ алфавіту, що особливо добре для символів з імовірністю більше 0,5. Важливою особливістю САВАС є контекстне моделювання. Статистичні дані про вже закодовані символи використовуються для оцінки ймовірностей символів. Ці дані використовуються для перемикання між декількома моделями для оцінки ймовірності. В H.264/AVC арифметичний кодер являє собою сукупність процедур низької складності, в яких відсутні операції множення. Процедури включають в себе зрушення і звернення до таблиць. Використання САВАС дозволяє зменшити в середньому бітрейт на 10-15%. Найбільший вигрaш виходить зазвичай при обробці черезстрочних сигналів телебачення високої чіткості.

Також розроблений алгоритм дозволяє знизити обчислювальну складність кодування за рахунок удосконалення процесу прогнозування зображення, а саме, для здійснення прогнозу використовується тільки мода INTRA.

Для підтвердження ефективності застосування нового способу кодування були проведені розрахунки і проведені ряд тестів.

2.3.4 Порівняння способів кодування

Мірою оцінки якості зображення на практиці часто використовується критерій співвідношення сигнал / шум (PSNR).

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \frac{255^2 \cdot M \cdot N}{\sum_{x,y} (f(x,y) - \hat{f}(x,y))^2} \quad (2.1)$$

де: $f(x, y)$ і $\hat{f}(x, y)$ - оригінал зображення та декодоване зображення розмірами $M \times N$.

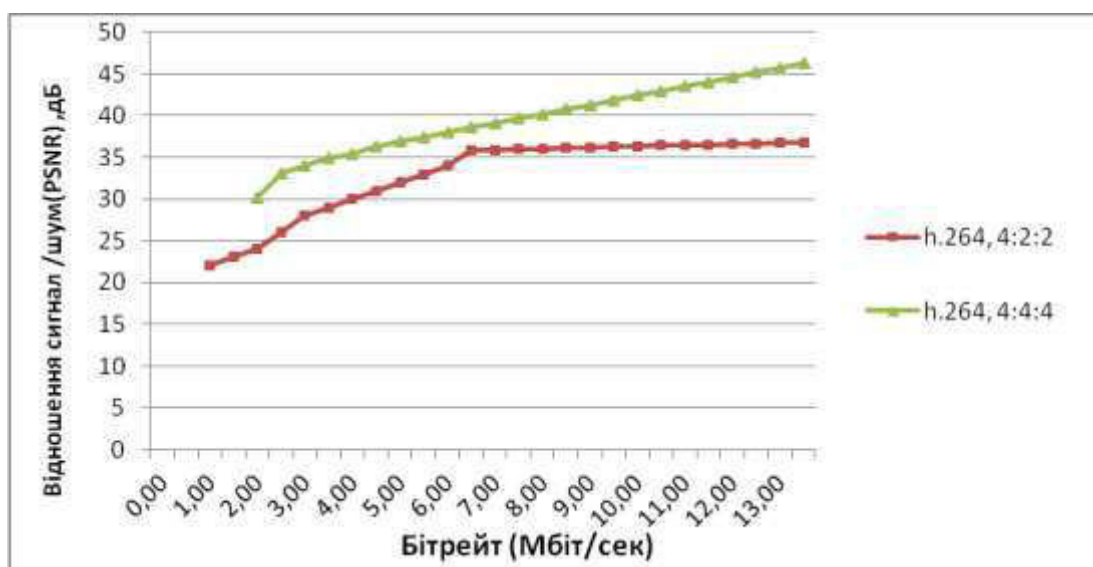


Рис. 2.13 – Пікове співвідношення сигнал/шум

Як видно з графіка (рис. 2.13), після кодування відеозображення існуючим (відзначений кривою з квадратами) і розробленим методами (відзначений кривою з трикутниками), останній дозволив отримати кращу якість зображення в середньому на 5-10 дБ при однаковому бітрейті.

Також був поведений порівняльний аналіз обчислювальних складнощів способів кодування. У таблиці 2.1 наведені основні етапи кодування існуючого і розробленого методів і кількість їх обчислювальних операцій.

Як видно з таблиці 2.1, обчислювальна складність розробленого способу кодування знижена на 12% у порівнянні з існуючим. Отже швидкість кодування відеозображень підвищується, що є дуже позитивним фактором, через те що в телебаченні високої чіткості кодування відбувається в реальному масштабі часу.

Таблиця 2.1 – Порівняння обчислювальної складності

Назва блоку	Кількість обчислювальних операцій	
	h.264 4:2:2	h.264 4:4:4
Формування INTER- прогнозу блоками 4X4	1095976	-
Формування INTER- прогнозу блоками 16X16	273994	-
Формування INTRA - прогнозу блоками 4X4	556288	834432
Формування INTRA - прогнозу блоками 16X16	139072	208608
Прийняття рішень	-	2518
Вибір кращого прогнозу	3786	-
Отримання остаточного кадра	1844	2766
Пряме перетворення	40168	60252
Пряме квантування	8564	12846
Зворотне квантування	12816	19224
Зворотне перетворення	67418	101128
Сумування	1466	2198
Сканування та перетворення	362048	543672
Ентропійне кодування	608412	874216
Разом	3032780	2661261

Для більшої наочності результату порівняння обчислювальних складнощів, наведено графік на рисунку 2.14.

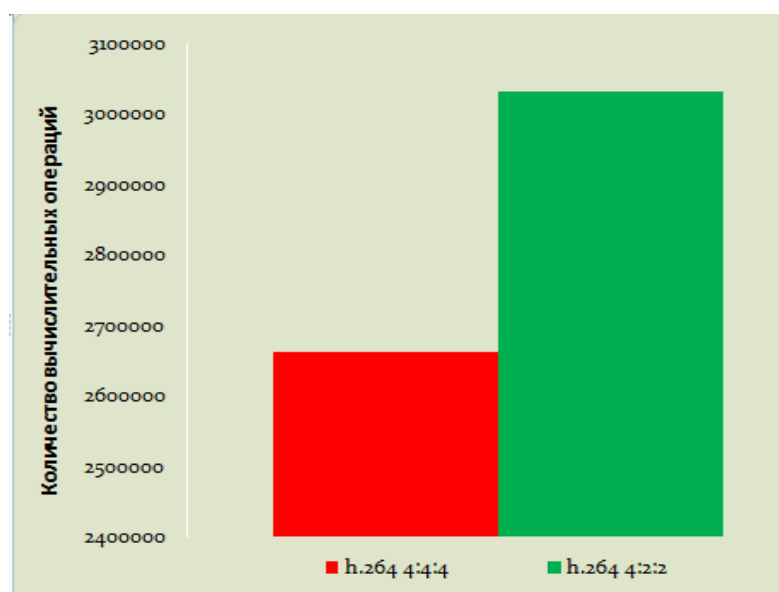


Рисунок 2.13 – Порівняння обчислювальної складності

2.4 Висновок до другого розділу

Таким чином, на основі способу кодування у високому профілі 4:2:2 стандарту H.264, був розроблений алгоритм кодування відеозображень формату 4:4:4, який може використовуватися в телебаченні високої чіткості. Також була розроблена структурна схема яка реалізує даний алгоритм. Розроблений спосіб кодування дозволив знизити обчислювальну складність відекодування в середньому на 12%, а також дозволив поліпшити якість зображення, що декодується на 5 – 10 дБ в піковому відношенні сигнал/шум.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Стрімкий перехід від аналогового телебачення до цифрового, а також широке поширення на ринку дисплеїв з високою роздільною здатністю, сприяє збільшенню кількості користувачів телебаченням високої чіткості (ТВЧ).

ТВЧ засноване на сучасних стандартах розкладання зображень, які значно перевищують по спроможності телебачення стандартної чіткості, що відповідно підвищує вимоги до якості відеозображень. Підвищення якості веде до збільшення обсягу відеоінформації, для передачі якого необхідна велика ширина каналу передачі. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки і створення методів відеокодування з високим ступенем стиснення відеопотоку при збереженні високої якості.

На сьогоднішній день в кодуванні відеозображень існує проблема великої обчислювальної складності алгоритмів, а також не використаний весь потенціал методів кодування для отримання більш якісного зображення. Тому метою дипломної роботи є удосконалення кодера для телебачення високої чіткості.

3.1 Визначення трудомісткості розробки алгоритму

Трудомісткість розробки поліпшеного алгоритму кодування може бути розрахована на основі системи моделей з різною точністю оцінки.

Трудомісткість розробки програмного забезпечення можна розрахувати за формулою:

$$t = t_{ТЗ} + t_{И} + t_{А} + t_{П} + t_{Д}, \text{ людино-годин} \quad (2.2)$$

де: $t_{ТЗ}$ – витрати праці на підготовку і опис технічного завдання (50чел.ч);

$t_{И}$ – витрати праці на дослідження методів кодування;

$t_{А}$ – витрати праці на розробку блок-схеми алгоритму;

$t_{П}$ – затрати праці на створення нової структурної схеми кодека;

$t_{Д}$ – витрати праці на підготовку документації.

Складові витрати праці визначаються через умовне кількість елементарних операцій в алгоритмі.

Умовне число елементарних операцій в алгоритмі:

$$Q = q \cdot C \cdot (1 + p), \quad (2.3)$$

де: q – число базових елементарних операцій алгоритму (2000);

c – коефіцієнт складності розроблюваного алгоритму (1.75);

p – коефіцієнт корекції алгоритму в ході його розробки (0.12).

Звідси умовне число елементарних операцій алгоритму:

$$Q = 1,75 \cdot 2000 \cdot (1 + 0,12) = 3745, \quad (2.4)$$

Витрати праці на вивчення опису завдання $t_{и}$ визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста:

$$t_{и} = \frac{Q \cdot B}{80 \cdot K}, \quad (2.5)$$

де: B – коефіцієнт збільшення витрат праці внаслідок недостатнього опису задачі;

K – коефіцієнт кваліфікації розробника, який визначається в залежності від стажу роботи за даною спеціальністю. При стажі роботи від 3 до 5 років, він складає 1.2.

Прийmemo збільшення витрат праці внаслідок недостатнього опису задачі не більше 50% ($B = 1.5$). З урахуванням коефіцієнта кваліфікації $K = 1.2$ отримуємо затрати праці на вивчення опису задачі:

$$t_{и} = (3745 \cdot 1,5) / (80 \cdot 0,8) = 87,52 \text{ людино-годин} \quad (2.6)$$

Витрати праці на розробку поліпшеного алгоритму визначаються за формулою:

$$t_A = \frac{Q}{20K}, \quad (2.7)$$

де Q – умовне число елементарних операцій в алгоритмі;

K – коефіцієнт кваліфікації розробника.

Підставивши відповідні значення у формулу (2.3), отримаємо:

$$t_A = 3745 / (20 \cdot 0,8) = 222,04 \text{ людина-годин} \quad (2.8)$$

Витрати на створення нової структурної схеми кодера

$$t_{\text{г}} = \frac{Q}{25K}, \quad (2.9)$$

$$t_{\text{г}} = 3745 / (25 \cdot 0,8) = 187,83 \text{ людина-годин}$$

Витрати на підготовку документації визначаються за формулою

$$t_{\text{Д}} = t_{\text{др}} + t_{\text{до}}, \quad (2.10)$$

де: $t_{\text{др}}$ - трудомісткість підготовки матеріалів і рукопису;

$t_{\text{до}}$ - трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

$$t_{\text{др}} = \frac{Q}{18 \cdot K}, \quad (2.11)$$

$$t_{\text{до}} = 0,75 \cdot t_{\text{др}}. \quad (2.12)$$

Підставляючи відповідні значення, отримаємо:

$$t_{\text{др}} = 3745 / (18 \cdot 0,8) = 173,38 \text{ людина-годин};$$

$$t_{\text{до}} = 0,75 \cdot 173,38 = 130,03 \text{ людина-годин};$$

$$t_{\text{Д}} = 173,38 + 130,03 = 303,41 \text{ людина-годин.}$$

Повертаючись до формули (3.1), отримаємо повну оцінку трудомісткості розробки алгоритму:

$$t = 50 + 87,52 + 222,04 + 187,83 + 303,41 = 649,97 \text{ людина-годин.}$$

3.2 Витрати на створення алгоритму кодування

Витрати на створення алгоритму ($K_{\text{по}}$) включають витрати на заробітну плату розробника ($Z_{\text{зп}}$) і вартість машинного часу, необхідного для його розробки на ЕОМ ($Z_{\text{мв}}$):

$$K_{\text{по}} = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{мв}}, \text{ грн.}$$

Заробітна плата розробника визначається за формулою:

$$Z_{\text{зп}} = t \cdot C_{\text{пр}}, \text{ грн}$$

де t - загальна трудомісткість розробки програми, люд.год.;

$C_{\text{пр}}$ - середня годинна заробітна плата розробника з нарахуваннями.

З урахуванням того, що середня годинна зарплата розробника становить 25 грн / год, отримуємо:

$$Z_{\text{зп}} = 649,97 \cdot 25 = 16249,25 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для створення алгоритму на ЕОМ, визначається за формулою

$$Z_{\text{зп}} = t_{\text{рс}} \cdot C_{\text{мч}}, \text{ грн}$$

де $t_{\text{рс}}$ – трудомісткість розробки алгоритму та створення схеми на ЕОМ, год;

$C_{\text{мч}}$ – вартість машинного часу ЕОМ (4 грн/год).

Підставивши у попередню відповідні значення, визначимо вартість машинного часу, необхідного для створення алгоритму:

$$Z_{\text{мв}} = 409,87 \cdot 4 = 1639,48 \text{ грн.}$$

Звідси витрати на розробку поліпшеного методу кодування:

$$K_{\text{по}} = 16249,25 + 1639,48 = 17888,73 \text{ грн.}$$

Очікуваний період розробки алгоритму і удосконаленого кодера:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \text{ Міс,}$$

де: B_k - кількість розробників (дорівнює 1),

F_p - місячний фонд робочого часу (при 40-годинному робочому тижні $F_p = 176$ годин).

Підставивши відповідні значення, отримаємо:

$$T = 649,97 / 1 \cdot 176 \approx 3,7 \text{ мес.}$$

3.3 Визначення економічної переваги розробленого алгоритму

Провівши аналіз витрат на розробку нового алгоритму кодування і існуючих, було виявлено що існує декілька аналогів, патентна вартість яких в середньому складає 6800 грн.

Оскільки розроблений алгоритм є унікальним, його можна запатентувати. Виходячи з витрат на створення даного алгоритму, пропонується призначити вартість використання патенту в розмірі 5600 грн., Що на 1200 грн. дешевше його аналогів.

У зв'язку зі стрімким переходом до ТВЧ, провайдери цифрового телебачення зацікавлені в менш ресурсномістких алгоритмах кодування. Ця обставина дає перевагу розробленому алгоритму і гарантує високий попит на його використання.

Продавши права на використання даного алгоритму лише трьом покупцям, повністю окупається вартість його розробки.

3.4 Висновок до третього розділу

Таким чином, розроблений алгоритм кодування дозволяє одержати більш якісне зображення в порівнянні з попередніми. Апаратна або програмна реалізація цього алгоритму буде набагато дешевше, так як знижена обчислювальна складність методу кодування.

Вартість розробки поліпшеного методу кодування становить 17,9 тис. грн. Очікуваний час розробки становить 3,7 місяців. Цей термін пов'язаний з досить великим часом на дослідження і аналіз існуючих методів кодування, розробку нового алгоритму, створення структурної схеми та підготовку документації.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі ступеню бакалавр удосконалено кодер/декодер цифрового сигналу зображення. Технічним результатом, який отриманий в кваліфікаційній роботі є підвищення оптимальності кодування сигналу рухомого зображення.

У випускній роботі запропоновано структурну схему кодера зображення, який включає:

- блок генерації прогнозованого зображення, який генерує прогнозоване зображення відповідно до сукупності режимів прогнозування та вказує метод генерації прогнозованого зображення;
- блок прийняття рішення щодо режиму прогнозування, який оцінює ефективність прогнозування прогнозованого зображення, що виводиться з блоку генерації прогнозованого зображення, для прийняття рішення відносно заздалегідь визначеного режиму прогнозування; і
- блок кодування, який піддає вихідний сигнал блоку прийняття рішення щодо режиму прогнозування кодуванню із змінною довжиною слова.

Блок прийняття рішення щодо режиму прогнозування приймає рішення на підставі заздалегідь визначеного сигналу управління, який із спільного режиму прогнозування і окремого режиму прогнозування використовується для відповідних колірних компонентів, що створюють вхідний сигнал зображення. Даний блок мультиплексує інформацію про сигнал управління в бітовий потік. Мультиплексування відбувається коли використовується спільний режим прогнозування. При цьому відбувається перетворення інформації спільного режиму прогнозування в бітовий потік. Блок прийняття рішень мультиплексує, коли спільний режим прогнозування не використовується. При цьому відбувається перетворення інформації режиму прогнозування для кожного з колірних компонентів в бітовий потік.

Обробка перетворення відеосигналу і обробка зворотного перетворення є перетворенням, що дозволяє гарантувати ортогональність, наприклад ДКП

(DCT), або можуть бути перетворенням, наприклад AVC, у поєднанні з обробкою квантування і зворотного квантування для апроксимації ортогональності, а не строге перетворення, наприклад ДКП (DCT). Крім того, сигнал помилки прогнозування можна кодувати як інформацію на піксельному рівні без здійснення перетворення.

Обчислювальна складність розробленого кодеру знижена на 12% у порівнянні з існуючим.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Video Coding Experts Group. Стандарт ITU-T H.264. Продвинутое кодирование видео и аудио информации. 2003. – 543с.
2. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – Москва: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. - 384 с.
3. Вишняков Ю.М.,Кодачигов В.И., Родзин С.И. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы по курсам "Системы передачи данных", "Методы кодирования информации". Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999. – 132с.
4. Воробьев М.С. Основы цифрового телевидения: Учебное пособие. — Челябинск: ЮУрГУ, 2002. – 74 с.
5. Гонсалес Р. Принципы преобразования цифровых данных. Изд. Мир, М.,1998.-411с.
6. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы кодирования. Учебное пособ. для вузов. М.: ВШ. 1989. – 231с.
7. Джакония В.Е., Гоголь А.А., Друзин Я.В. Телевидение. Москва Горячая линия-Телеком, 2002. – 640с.
8. Кузин Л.Т. Основы видеосжатия. Учебное пособ. М.: Энергия. 1979. – 384с.
9. Мусалимов В.М., Резников С.С., Чан Нгок Чау. Специальные разделы высшей математики. Часть первая: Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. – 80 с.
10. Сотник С.Л. Конспект лекций по курсу "Основы цифрового телевидения" М., 1997-1998. – 65 с.
11. Тропченко А.Ю., Тропченко А.А. Методы сжатия изображений, аудиосигналов и видео: Учебное пособие – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 108 с.

12. Ричардсон Ян. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 — стандарты нового поколения Москва: Техносфера, 2005. — 368 с.

ДОДАТОК А. Перелік документів КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

- 1 Пояснювальна записка на 84 сторінках.
- 2 Матеріали кваліфікаційної роботи на оптичному носії:
 - Пояснювальна записка Москаленко О.О.doc
 - Презентація.pptx

ДОДАТОК В. ВІДГУК КЕРІВНИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр студента групи 172-16зск-1

Москаленко О.О. на тему:

«Удосконалення кодера для телебачення високої чіткості»

Мета кваліфікаційної роботи – дослідження існуючих методів кодування відеозображень в телебаченні високої чіткості, на їх підставі удосконалення кодера для підвищення якості зображення і зниження обчислювальної складності.

Обрана тема актуальна у зв'язку з тим, що на сьогоднішній день в кодуванні відеозображень існує проблема великої обчислювальної складності алгоритмів, а також не використаний весь потенціал методів кодування для отримання більш якісного зображення.

Наукова новизна полягає в розробці алгоритму кодування, який буде мати меншу обчислювальну складність і дозволить отримати більш якісне зображення.

Практичне значення результатів роботи полягає в розробці способу кодування, який дозволяє зменшити обчислювальну складність, спростити структурну схему і як наслідок здешевити реалізацію даної технічної розробки.

Оформлення випускної роботи виконано на сучасному рівні і відповідає вимогам, що пред'являються до робіт даної кваліфікації. Ступінь самостійності виконання досить висока. Рівень запозичень у кваліфікаційній роботі відповідає вимогам «Положення про систему виявлення та запобігання плагіату». Вважаю, що кваліфікаційна робота ступеня бакалавр в цілому заслуговує оцінки «добре», а Москаленко Олександр Олександрович присвоєння йому кваліфікації технічного фахівця в галузі електроніки та телекомунікацій.

Керівник кваліфікаційної роботи, доц.

Магпо В.І.

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр студента групи 172-16зск-1

Москаленко О.О. на тему:

«Удосконалення кодера для телебачення високої чіткості»

Представлена на рецензію кваліфікаційна робота виконана на 84 машинописних сторінках і складається з вступу, трьох розділів і висновку. Кваліфікаційна робота студента групи 172-16зск-1 Москаленко О.О. виконана в повному обсязі відповідно до завдання.

Дана робота присвячена, безсумнівно, дуже актуальній темі: розробці способу кодування відео високої чіткості. Актуальність теми полягає в тому, що на сьогоднішній день в кодуванні відеозображень існує проблема великої обчислювальної складності алгоритмів, а також не використаний весь потенціал методів кодування для отримання більш якісного зображення.

В рамках даної роботи вирішені такі завдання:

- 1) Удосконалено алгоритм кодування відеозображень в телебаченні високої чіткості.
- 2) Розроблена структурної схеми кодера яка реалізує розроблений алгоритм.
- 3) Виконана оцінка якості та ефективності кодування відеозображень за допомогою розробленого кодера.

Розроблений спосіб кодування дозволяє отримати більш якісне зображення, володіючи меншою обчислювальною складністю. Обґрунтований в результаті виконання роботи спосіб, може бути використаний в телебаченні високої чіткості.

Слід зазначити вміння студента працювати з науково-технічною літературою та використовувати свої знання при вирішенні завдань теоретичного характеру. Перелік бібліографічних джерел показує, що Москаленко О.О. вміє працювати зі спеціальною літературою.

До недоліків випускної роботи слід віднести відступу від правил оформлення технічної документації та відсутність посилань на літературу в тексті.

Рівень запозичень у кваліфікаційній роботі відповідає вимогам "Положення про систему виявлення та запобігання плагіату".

Вважаю, що в цілому кваліфікаційна робота ступеня бакалавр повністю задовольняє вимогам, що пред'являються і заслуговує оцінки «відмінно», а її автор, Москаленко О.О., присвоєння кваліфікації технічного фахівця в галузі електроніки та телекомунікацій.

Рецензент,

(підпис)