

С. П. КОНОНОВ
М. В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ
І. В. ЯНОВСЬКА
Д. М. МУЛЯРЕВИЧ

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ У ВІДЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено теоретичний аналіз методів обробки та кодування відеоінформаційних сигналів в сучасних стандартах стиснення H.264 / AVC, H.265 / HEVC і ефективних методів протишумовими корекції структури ТВ зображень.

Ключові слова: *цифрова обробка сигналів, відеоінформаційні системи.*

Abstract

The theoretical analysis of the methods of video information signal processing and encoding in modern compression standards of H.264 / AVC, H.265 / HEVC and effective methods of silent correction of the structure of TV images is carried out.

Keywords: *digital signal processing, video information systems.*

Вступ

Формування телевізійних (ТВ) зображень високої і надвисокої чіткості відображає сучасні напрямки розвитку відеоінформаційних технологій на основі нових наукових досягнень в галузі телебачення і передачі відеоданих. Однак лише недавно ці формати чіткості встигли довести затребуваність, завоювати визнання звичайних користувачів і професіоналів, а також показати свою перевагу перед ТВ зображеннями стандартної чіткості.

Користувачі все частіше вибирають можливість роботи з зображеннями з більшою чіткістю, незалежно від того, чи дивляться вони фільм, програми передач телебачення високої чіткості (ТВЧ), займаються відеомонтажем або хочуть організувати відеоконференцзв'язок, використовуючи для цього персональний комп'ютер або свій мобільний пристрій.

Повсюдному впровадженню, наприклад, систем ТВЧ перешкоджають труднощі, обумовлені високою інерційністю процесу модернізації апаратури та технічним оснащенням для формування і обробки відповідних відеоінформаційних сигналів з урахуванням забезпечення вимог, що пред'являються споживачами до якості таких сигналів.

Відповідно, задоволення перерахованих потреб користувачів в повною мірою можливе тільки з використанням самих передових високопродуктивних засобів передачі сигналів і потужних апаратних обчислювальних ресурсів, вартість яких часто виявляється дуже високою. Останнє змушує робити кроки для того, щоб компенсувати інерційність розвитку технічної складової, створюючи можливості реалізації сучасних вимог до обробки відео на базі прийнятних за вартістю апаратних платформ і доступних для користувачів засобів передачі даних.

Для ефективного вирішення такого завдання необхідні дослідження, досягнення і перспективні розробки в області методів і пристроїв кодування, які дозволять прискорити інтеграцію сучасних технологій в життя кожного споживача. Уже зараз неоціненний внесок за даними напрямками, внесли і продовжують вносити теоретичні і практичні роботи С.І. Катаєва, М.І. Кривошеєва, Ю.Б. Зубарева, А.С. Селіванова, Б.П. Кульгавого, В.П. Дворковича, Ю.С. Сагдуллаєва, В.Н. Безрукова, а також інших вітчизняних і зарубіжних авторів.

Сучасним продуктом таких досліджень є, наприклад, широко використовувані стандарти стиснення H.264 / AVC і H.265 / HEVC, вони реалізують ефективне кодування в системах ТВЧ для

роботи на більшості апаратних платформ і систем, з використанням меншої кількості ресурсів для передачі відеоінформаційних сигналів.

Однак залишається ряд платформ, для яких названі стандарти нездатні забезпечити ефективне кодування сигналів ТВ зображень з якістю, відповідною формату високої чіткості, особливо, для кодування зображень, переданих в режимі реального часу. З цієї причини актуальними є розробки нових цифрових методів і пристроїв, що відрізняються не тільки ефективним і якісним, але і швидким за часом, за рахунок зниження обсягу необхідних обчислень, кодуванням відеоінформаційних сигналів високої і надвисокої чіткості.

Метою роботи є модернізація існуючих і розробка нових адаптивних методів, алгоритмів і пристроїв, що дозволяють ефективно формувати, обробляти і кодувати відеоінформаційні сигнали ТВ зображень зі стандартною, високою і надвисокої чіткістю, а також скоротити за рахунок зниження обсягу обчислень необхідну кількість використовуваних часових і апаратних ресурсів для реалізації перерахованих операцій в порівнянні з існуючими методами.

Основна частина

Сьогодні алгоритми стиснення відеоінформаційного сигналу досягли дуже хороших показників за ступенем і швидкістю стиснення відео потоку. Проте, цього недостатньо для того, щоб повноцінно справлятися із завданнями, де необхідні малі затримки в передачі даних, здійснювати кодування з використанням малої кількості обчислювальних ресурсів, ефективно працювати з відео високої чіткості і ультрависокої чіткості.

Як вже відомо, стиснення відеоінформаційного сигналу являє собою роботу цілого набору алгоритмів, взаємозалежне функціонування яких забезпечує усунення надмірності за різними напрямками.

Таким чином, центральну роль відіграють алгоритми, що застосовуються при ортогональних перетвореннях сигналу відео зображення, квантуванні просторового спектра, просторовому і тимчасовому передбаченні, ентропійному кодуванні. Так, новий формат стиснення відео зображення H.265 / HEVC став ефективним за рахунок прийнятих поліпшень, саме, в цих напрямках.

Дискретно-косинусне перетворення - ортогональне перетворення, яке довело свою найбільшу ефективність на сьогоднішній день, тим не менше, додавання до роботи ДКП ще одного виду ортогонального перетворення позитивно позначається на процесі стиснення. Такий принцип використовується в кодеку H.264, де після процедури ДКП, додатково застосовується ортогональне перетворення Уолша-Адамара, і отримує продовження в H.265, за винятком того, що замість Уолша-Адамара, виявилось ефективнішим використовувати дискретно-синусне перетворення. З цієї причини стає затребуваний пошук найкращої комбінації двох ортогональних перетворень. Крім того, до збільшення ступеня компресії призводить застосування ефективних таблиць квантування. Підвищення ефективності в цьому напрямку можна досягти за рахунок застосування адаптивних таблиць квантування.

Алгоритми ентропійного прогнозування зазвичай застосовуються на завершальному етапі кодування відео. Виключаючи статистичну надмірність, вони також займають не останнє місце в компресії відео. На даний момент, найбільш часто використовуваний алгоритм ґрунтується на методі Хаффмана, а арифметичне кодування, що є більш ефективним методом кодування, тільки починає бути затребуваним через недоступну раніше кількість обчислювальних ресурсів. З цієї причини, на даний момент часу, найбільш використовуваними алгоритмами ентропійного стиснення є CAVLC і CABAC, в основі яких лежить робота методу Хаффмана і арифметичного методу відповідно. Проте, ефективність їх роботи, удосконалюється за рахунок розвитку швидкодії апаратного забезпечення.

Варто також відзначити, що поліпшення в стиснення відеоінформаційного сигналу вносить і застосування в алгоритмах кодування досконаліших інтерполяційних фільтрів, адаптивність і довша імпульсна характеристика яких, показали значне поліпшення на етапі виконання процедури оцінки і компенсації руху, при роботі в складі кодеку H.265 / HEVC. Це пов'язано з тим, що, при наявності великої кількості напрямків прогнозування, частіше виявляються пікселі, значення яких потрібно інтерполювати. Чим більш якісним інтерполяційним фільтром буде забезпечений кодек, тим сильніше помилка прогнозування буде прагнути до нуля.

Крім вищесказаного, варто відзначити і розвиток такого нового напрямку, як багаторакурсна передача відео, сенс якого полягає в використанні декількох камер, розташованих в різних точках. Реалізація цього напрямку дозволить більш повно передавати орендовану сцену, вибирати різні ракурси для передачі, а також формувати передачу тривимірного зображення. Але це зажадає доопрацювання і адаптації існуючих алгоритмів для роботи з багаторакурсними відео, а також, очевидно, створення і розвиток алгоритмів міжракурсного прогнозування для усунення надмірності за цим напрямком.

Таким чином, еволюція апаратної частини і прагнення до поліпшення якості відео, вимагають більш досконалих алгоритмів компресії. З сказаного вище можна відзначити, що найбільш перспективними, на даний момент, є динамічні і адаптаційні властивості алгоритмів, здатні підлаштовуватися під різну якість, розмір формату відео і, відповідно, під доступні ресурси каналу передачі даних.

Розробка і побудова систем стиснення відеоінформаційного сигналу повинна проводитися з урахуванням особливостей зорової системи людини, оскільки характеристики останньої дозволяють усувати значну величину надмірності. Особливості роботи зорової системи людини лежать в основі побудови всіх існуючих в даний час систем стиснення відеоінформаційного сигналу.

Ентропійний метод стиснення є одним з основних етапів при стисканні відеоінформаційного сигналу. Існуючі методи ентропійного стиснення можна умовно розділити на методи, результат стиснення яких максимально наближений до значення ентропії, але при цьому вони задіють велику кількість обчислювальних ресурсів, або на методи, стиснення яких менше в порівнянні з першими, але вони вимагають і меншої кількості обчислювальних ресурсів для своєї роботи.

Методи кодування з втратами - черговий і дуже важливий етап при стисканні відеоінформаційного сигналу. Використання цих методів дозволяє необоротно усувати значну частину надмірності, властивої відеоінформаційному сигналу. Якість роботи алгоритмів цих методів впливає на ступінь компресії і рівень помітності спотворень від часткового виключення інформаційних складових із загального відеоінформаційного сигналу. Алгоритми кодування з втратами розраховані на роботу з блоками, на які ділиться зображення.

Двовимірне дискретно-косинусне перетворення - невід'ємна частина багатьох сучасних і перспективних алгоритмів кодування з втратами. В теперішньому часі ДКП є найпопулярнішим і ефективним ортогональним перетворенням, яке використовується майже в усіх стандартизованих кодерах стиснення. Таке повсюдне використання ДКП пояснюється тим, що воно ґрунтується на невеликій кількості математичних операцій і, відповідно, не вимагає великих обчислювальних ресурсів, одночасно з цим, ДКП є дуже простим і швидким в реалізації, забезпечуючи тим самим хороший компроміс між ступенем ущільнення енергії і складністю обчислень. На відміну від ДВП, ДКП досягає якості ущільнення енергії відеоінформаційні сигналу, яке перевершує якість інших перетворень. Крім того, розподіляючи енергію всього по декільком коефіцієнтам, ДКП дозволяє домогтися кращої апроксимації всередині зображення і, отже, мінімальних помилок при реконструкції зображення. Багато з перерахованих переваг дозволяють кодерам відеоінформаційного сигналу на основі ДКП працювати, практично, на будь-яких апаратних платформах.

Дискретні вейвлет-перетворення дають дуже хороший результат в обробці і стисненні статичних зображень природним набором світлових і колірних характеристик пікселів. Однак необхідність використання великих обчислювальних ресурсів, в порівнянні з ДКП, не дозволяє ДВП отримати широкого розповсюдження, особливо, в системах передачі в реальному режимі часу. Крім цього, блочність, відсутність якої в вейвлет-перетвореннях є їх сильною стороною, неминуче з'являється при міжкадровій обробці і кодуванні, тому що ці процедури порушують природний склад простору кадру і, тим самим, зменшують позитивні ефекти ДВП.

Міжкадрова різниця, компенсація руху і тимчасове прогнозування є основними механізмами, яким слід приділяти увагу при усуненні тимчасової надмірності. Якість виконання компенсації руху, прямо пропорційно, впливає на ступінь компресії відео.

Часовий прогноз - одна з невід'ємних частин процесу стиснення і, одночасно з цим, самий ресурсномісткий процес.

Багато ракурсів формування відеоінформаційного сигналу, якість інтерполяційних фільтрів і варіанти реалізації компенсації руху, а так само ступінь динамічності і адаптивності алгоритмів стиснення відеоінформаційного сигналу є основними факторами, щодо яких ведуться перспективні поліпшення.

Висновки

Проведено аналіз сучасних методів стиснення сигналів зображень у межах просторового і часового напрямків на основі дискретно косинусного перетворення і вейвлет функцій. Досліджено, з оцінкою ефективності і швидкості роботи, ентропійних методів стиснення відеоінформаційних сигналів. Також розглянуті сучасні і перспективні методи протишумової корекції з аналізом принципів їх роботи. Проаналізовано алгоритми роботи сучасних методів усунення міжкадрової надмірності, що лежать в основі кодеків H.264 / AVC і H.265 / HEVC. В результаті проведеної роботи виявлено недоліки алгоритмів цих методів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пономарев О.Г., Шарабайко М.П., Поздняков А.А. Анализ эффективности методов и алгоритмов видеосжатия стандарта H.265/HEVC. // Электросвязь, № 3, 2013. –С. 29-33.
2. Vivienne Sze, Madhukar Budagavi. A Comparison Of CABAC Throughput For HEVC/H.265 vs. AVC/H.264 // IEEE Workshop on Signal Processing Systems, 2013.
3. Ling Shao, Ruomei Yan, Xuelong Li, Yan Liu. From Heuristic Optimization to Dictionary Learning: A Review and Comprehensive Comparison of Image Denoising Algorithms // Cybernetics, IEEE Transactions, Volume:44 , Issue: 7, 2013, pp. 1001-1013.
4. Boshra Rajaei. An Analysis and Improvement of the BLS-GSM Denoising Method // Image Processing On Line, 4, 2014, pp. 44–70.
5. Попов А.В. Алгоритмы энтропийного кодирования при сжатии спектра телевизионного сигнала // Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт, № 4, 2013. – С. 42 – 46.
6. Безруков В.Н., Попов А.В., Аладин В.М. Искажения сигналов изображения в современных системах телевидения // Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт, № 1, 2015. – С. 45 – 50.

Кононов Сергій Павлович — канд.тех.наук., доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Яновська Ірина Вікторівна – студентка групи ТКТ-18мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Муляревич Дмитро Миколайович - студент групи ТКТ-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Vasykivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Kononov Sergiy P.– Phd, Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Yanovskaya Irina V. – Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Mulyarevich Dmitry N. – Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.