Эффективное кодирование сегментированных видеокадров для снижения информационной интенсивности видеопотока

Баранник Владимир, Хименко Виктория
Кафедра боевого применения и эксплуатации АСУ
Харьковский университет Воздушных Сил
Харьков, Украина
e-mail barannik_v_v@mail.ru

Тарасенко Денис
Отдел аспирантуры
Черкасский государственный технологический университет
Черкассы, Украина
e-mail vvbar.off@gmail.com

The effective coding of segmented video frames to the video stream information intensity reduce

Barannik Vladimir, Himenko Victory
The combat use and operation of the ACS department
Kharkiv University of the Air Force Kozhedub
Kharkov, Ukraine
e-mail barannik_v_v@mail.ru

Tarasenko Denys
Post-graduate study and doctoral department
Cherkasy State Technological University
Cherkasy, Ukraine
e-mail vvbar.off@gmail.com

***Аннотация*—Обосновано наличие дисбаланса между информационной интенсивностью видеопотока и производительностью бортовых инфокоммуникационных технологий. Выявлены недостатки стандартизированной информационной технологии кодирования потока кадров. Показана необходимость построения метода эффективного синтаксического кодирования предсказанных кадров в уплотненном двумерном структурном спектральном пространстве трансформанты с последующей их идентификацией по координатным объектам. Обоснована интерпретация вектора идентификаторов как объектно-позиционное число с наличием гибкого условия относительно неравенства парных элементов. Излагаются этапы разработки технологического ядра эффективного синтаксического представления сегмента видеокадра.**

***Abstract*—Justified the presence of an imbalance between the information intensity of the video stream and the performance of on-board information and communication technologies. The shortcomings of the standardized information technology of coding the flow of frames are revealed. Shown the necessity of constructing an efficient method of coding syntax predicted frames in a compressed two-dimensional spectral space structurally transformants and their subsequent identification by object coordinate. Justified the interpretation of the identifier vector as an object-positional number with the presence of a flexible condition with respect to the inequality of pair elements. Presents the stages of development of the technological core of the effective syntactic representation of the video frame segment.**

Ключевые слова*—*синтаксическое кодирование, видеопоток, объектно-позиционное кодирование, пропускная способность, информационная интенсивность.

Keywords*—*syntactic coding, the video stream, the object-position coding, bandwidth, information intensity.

I. Введение

Информационные системы и технологии за последнее десятилетие подвергаются коренным изменениям. Основная причина здесь заключается в стремлении повышать эффективность мультимедийных сервисов, уровень интелектуализации таких сервисов, качество обмена информацией. При этом такая тенденция проявляется для ведомственных организаций, коммерческих компаний и частных лиц [1 – 5]. Повышенное значение приобретают дистанционные технологии предоставления различных сервисов, включая сбор, интеллектуальный анализ и передачу информации [2;3]. Это способствует развитие бортовых инфокоммуникационых технологий, которые в перспективе должны обеспечить скорости передачи

данных до 1 Гбит/с в зависимости от класса бортовых средств. Это обеспечивает потенциал для используется дистанционных технологий воздушного базирования для различного набора услуг, связанных с обработкой, анализом и передачей данных, а в частности и видеоинформационных услуг. По данным ежегодных исследований, проводимых компанией Cisco, характерной чертой существующих сетей и бортовых сетей следующего поколения является рост их использования для доставки видеоинформационного трафика. Такая тенденция неизбежно приводит к росту нагрузки на инфокоммуникационные системы [5 – 7]. Поэтому снижение интенсивности кодированного потока видеокадров в информационных системах (ИС) для повышения качества видеоинформационного сервиса является ***актуальной научно-прикладной задачей***. В этом направлении требуется достичь баланса между постоянно растущей информационной интенсивностью и ограниченной пропускной способностью беспроводных инфокоммуникационных технологий в условиях сохранения требуемого уровня целостности информации.

II. Обоснование направления совершенствования бортовых информационных технологий кодирования видеопотока

Стандартными информационными технологиями для обработки видеопотоков являются MPEG-технологии, которые базируются на кадровой классификации с последующей их обработкой JPEG совместимыми платформами [7 – 10]. Базовой структурой единицей MPEG-потока является группа кадров, которая включает в себя: *I* кадр (Intra); предсказываемые *P* кадры (Predicted); *B* кадры двунаправленного предсказания (Bidirectional) [11]. Всего в такой группе по спецификации может быть 12 кадров. Среди них один базовый кадр, который кодируется независимо от других кадров. Остальные кадры формируются с использованием информации относительно базового кадра. Соответствующая усредненная оценка интенсивностей для различных типов кадров в зависимости от пикового отношения сигнал/шум (ПОСШ) показана в виде диаграмм на рис. 1. В качестве структуры кадра выбирался формат 4CIF (720x576) [2 – 4].

Из анализа данных диаграмм видно, что усредненная информационная интенсивность базового кадра превышает интенсивность битового представления предсказываемых кадров. Это обусловлено тем, что для обеспечения баланса между уровнем информационной интенсивностью и целостностью информации наиболее важным является сохранения контента для базового кадра [12 – 17]. Платой за такое свойства является рост информационной интенсивности базового кадра. В тоже время, до 80% суммарной интенсивности группы кадров в режиме требуемого уровня целостности информации приходится на предсказываемый кадры [16; 17]. Это объясняется их преобладающим количество в группе кадров. При этом интенсивность потока кадров значительно превышает имеющиеся возможности по производительности современных бортовых инфокоммуникационных технологий, особенно касательно приложений высокой разрешающей способности [18 – 20].

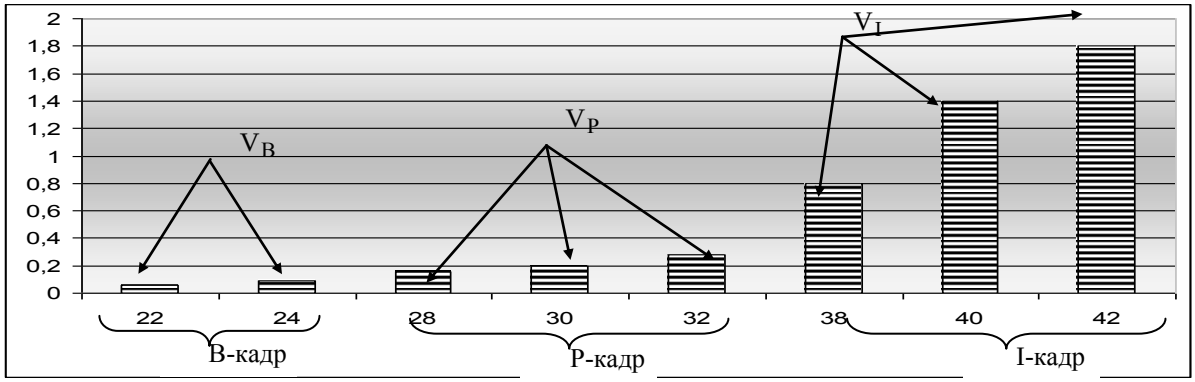

Рис. 1. Значения $I_k^{(1)}$ для разных типов кадров в зависимости от h

Отсюда в качестве направления обновления информационных технологий кодирования видеопотока для снижения его информационной интенсивности *предлагается* разработать метод эффективного синтаксического представления предсказанных кадров, что и составляет ***цель исследований*** данной статьи.

III. Основная часть

Информационные технологии снижения интенсивности видеопотока, базирующиеся на MPEG-платформе, поддерживают комплекс рекомендаций относительно использования методов кодирования предсказанных кадров. Стандартизированные методы обработки базовых кадров являются JPEG-совместимыми. Данные технологии строятся на основе двух концептуальных механизмов, а именно [20 – 24]:

1) механизмов, содержащих этапы предварительной обработки, направленной на формирование такого промежуточного преобразования изображений, для которого существует возможность выявления психовизуальных закономерностей относительно восприятия изображений зрительной системой;

2) механизмов, содержащих этапы, обеспечивающие непосредственное формирование кодовых конструкций эффективного синтаксического представления с учетом выявленных закономерностей статистической и психовизуальной природы.

Рассмотрим механизмы первой концептуальной составляющей, базируется на переходе к цветоразностной модели, что позволяет выделить важную информацию [18 – 24]. В результате создается потенциал для снижения информационной интенсивности в условиях допустимых коррекций в согласовании с моделью восприятия видеокадров зрительной системой.

На очередном этапе процесса обработки предсказанных кадров осуществляется процесс дискретного косинусного преобразования (ДКП). При этом формируется трансформанта, для которой основная информация об изображении концентрируется для низкочастотной области. Здесь наиболее весомая компонента, соответствующая самой низкой частоте, маркируется по спецификациям как DC-компонента. Все остальные компоненты – это высокочастотные компоненты. Они маркируются как AC-компоненты. Здесь создаются условия для выявления и устранения различных видов избыточности путем соответствующей обработки компонент трансформант.

Такая обработка организуется с использованием квантования высокочастотных компонент трансформант.

Рассмотрим второй блок этапов концептуальной составляющей информационной технологии обработки предсказанных кадров [25 – 28]. Для дополнительного снижения информационной интенсивности видеопотока методы кодирования трансформанты строятся с учетом таких свойств как:

1) выделение области высокочастотных компонент, несущих информацию о мелких деталях изображений, и потому оказывающих менее значимое влияние на визуальное восприятие изображений, чем низкочастотные компоненты;

3) появление незначимых компонент трансформанты с нулевыми значениями, особая концентрация которых велика для зигзагообразного обхода в диагональном направлении в области высокочастотных компонент.

Кодек базовых кадров информационной технологии на базе MPEG платформы содержит в себе следующие этапы.

Первый этап состоит в переформатировании квантизированной трансформанты в одномерный массив компонент, с помощью ″зигзаг-сканирования″. В результате такого перетрансформирования трансформанты образуется линейный вектор, и выявляются цепочки незначимых компонент AC.

Второй этап кодека связан с формированием уплотненного двумерного структурного спектрального пространства (ДСП) трансформанты. Здесь образуются дискретные позиции p_u ДСП пространства в системе двумерных координат $\{L;\ Z\}$ соответственно для значений $\ell(\tau;\delta)_u$ - по оси длин незначимых компонент спектра и $z(\tau;\delta)_u$ - по оси значимых компонент спектра.

На третьем этапе осуществляется статистическое кодирование. Здесь используется технология кодирования с динамическими или статическими моделями выявления статистических характеристик. Однако существующим технологиям обработки базовых кадров свойственны проблемные недостатки [26 – 28].

IV. Разработка технологии эффективного синтаксического кодирования видеокадров на основе адаптивного объектно-позиционного кодирования индентификаторов ДСП пространства

Для создания эффективного синтаксического представления последовательности $I(\tau;\delta)$ идентификаторов координатных объектов ДСП пространства необходимо оценить наличие соответствующих закономерностей [25 – 28].

Первая структурная закономерность вытекает из особенностей формирования идентификаторов. Она состоит в наличии ограничений на допустимое количество $Q(\tilde{p}_u;\delta)$ значений, которое принимает

идентификатор для координатного объекта в условиях выявленных пороговых уровней для динамического количества значений $d(\ell;\delta)_\tau$ и $d(z;\delta)_\tau - 1$, которое соответственно принимают элементы векторов L и Z трансформанты. Величина $Q(\tilde{p}_u;\delta)$ определяется как максимально возможное значение идентификатора $I(\tau;\delta)_u$ для выявленных значений $d(\ell;\delta)_\tau$ и $d(z;\delta)_\tau - 1$. Если теперь заменить величины $\ell(\tau;\delta)_u$ и $z(\tau;\delta)_{U-u+1}$ на их предельные значения с учетом того, что $\ell(\tau;\delta)_u \in [0;\, d(\ell;\delta)_\tau - 1]$ и $z(\tau;\delta)_u \in [1;\, d(z;\delta)_\tau - 1]$, то получим следующее соотношение для величины $Q(\tilde{p}_u;\delta)$:

$$Q(\tilde{p}_u;\delta) = d(\ell;\delta)_\tau \cdot (d(z;\delta)_\tau - 1). \qquad (1)$$

Анализ данного выражения показывает, что величина $Q(\tilde{p}_u;\delta)$:

- определяется произведением $d(\ell;\delta)_\tau \cdot (d(z;\delta)_\tau - 1)$, т.е. зависит от структурных характеристик обрабатываемого сегмента видеокадра. Очевидно, чем меньше структурной информативности, содержится в сегменте, тем ниже будет значение величины $Q(\tilde{p}_u;\delta)$;

- не зависит от позиции координатного объекта в уплотненном ДСП пространстве.

В тоже время поскольку по определению величины $Q(\tilde{p}_u;\delta)$ выполняется неравенство $I(\tau;\delta)_u \le Q(\tilde{p}_u;\delta) - 1$, задающее ограничение на значение идентификаторов, то будет верно следующее соотношение

$$I(\tau;\delta)_u \le d(\ell;\delta)_\tau \cdot (d(z;\delta)_\tau - 1),$$
$$u = \overline{2, U-1}. \qquad (2)$$

Выводы

1. Показано, то вектор идентификаторов интерпретируется как объектно-позиционное число с наличием гибкого условия относительно неравенства парных элементов. Такая интерпретаций основывается на следующих структурных закономерностей вектора идентификаторов:

- существует ограничение на допустимое количество значений, которое принимает идентификатор для координатного объекта в условиях выявленных пороговых уровней для динамического количества значений, которое соответственно принимают элементы векторов двумерного структурного пространства трансформанты;

- значения координатных составляющих по осям двумерного структурного пространства трансформанты имеют градиентную однонаправленность, а именно увеличение значения длины цепочки незначимых компонент согласовывается с ростом величины значимой компоненты;

2. Разработано эффективное синтаксическое представление трансформанты на основе одномерного двухосновного объектно-позиционного кодирования в условиях гибкого неравенства парных элементов. Базовыми отличиями такого представления являются: рассмотрения вектора идентификаторов уплотненного ДСП пространства как двухосновного объектно-позиционного числа с дополнительным использованием синдрома наличия неравенства парных идентификаторов; интегрирование двух технологических коррекций относительно значений идентификаторов и их оснований;

3. Синтезирована система соотношений, образующая технологическое ядро эффективного синтаксического представления сегмента видеокадра на основе: формирования уплотненного двумерного спектрального структурного пространства с последующим одномерным двухосновным объектно-позиционным кодированием в пространстве идентификаторов в условиях гибкого наличия неравенства парных элементов; классификации пар идентификаторов уплотненного ДСП пространства по наличию условия неравенства и результату сравнения монотонности.

Література References

[1] Алімпієв А.М. Теоретичні основи створення технологій протидії прихованим інформаційним атакам в сучасній гібридній війні / А.М. Алімпієв, В.В. Бараннік, Т.В. Белікова, С.О. Сідченко // Системи обробки інформації. 2017. № 4(150). С. 113 121.

[2] Кашкин В.Б. Цифровая обработка аэрокосмических изображений: Конспект лекций.- Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 121 с.

[3] Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. - СПб.: Питер, 2006. - 958 с.

[4] Шульгин С.С. Исследование характеристик сервиса дистанционного предоставления видеоуслуг при управлении в кризисных ситуациях / С.С. Шульгин, А.А. Красноруцкий, О.С. Кулица // Открытые компьютерные информационные интегрированные технологии. – 2015. №70. – С. 263 – 270.

[5] Y. Zhang, S. Negahdaripour and Q. Li, "Error-resilient coding for underwater video transmission," OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey, Monterey, CA, 2016, pp. 1-7.

[6] Миано Дж. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии: учебное пособие / Дж. Миано; пер. с англ. – М. : Триумф, 2003. – 336 с.

[7] Alimpiev, A.,Barannik, V.,Podlesny, S.,Suprun, O.,Bekirov, A. The video information resources integrity concept by using binomial slots 2017 2017 13th International Conference

Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH 2017 - Proceedings ,pp.193

[8] Barannik, V.V.,Ryabukha, Yu.N.,Podlesnyi, S.A. Structural slotting with uniform redistribution for enhancing trustworthiness of information streams 2017 Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika) 76 (7) ,pp.607

[9] Ватолин Д. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2003. – 384с.

[10] W. J. Tsai and Y. C. Sun, "Error-resilient video coding using multiple reference frames," 2013 IEEE International Conference on Image Processing, Melbourne, VIC, 2013, pp. 1875-1879.

[11] Лидовский В.В. Теория информации / В.В. Лидовский. - М.: Компания Спутник+, 2004. - 111 с.

[12] Хаханов В.И. Модели и архитектура вейвлет преобразований для стандарта JPEG 2000 / В.И. Хаханов, И.В. Хаханова, И.А. Побеженко // АСУ и приборы автоматики. – 2007. - №2(139). – С. 4 – 12.

[13] O. Stankiewicz, K. Wegner, D. Karwowski, J. Stankowski, K. Klimaszewski and T. Grajek, "Encoding mode selection in HEVC with the use of noise reduction," 2017 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), Poznan, 2017, pp. 1-6.

[14] S. Wang, X. Zhang, X. Liu, J. Zhang, S. Ma and W. Gao, "Utility-Driven Adaptive Preprocessing for Screen Content Video Compression," in IEEE Transactions on Multimedia, vol. 19, no. 3, pp. 660-667, March 2017.

[15] V. Barannik, S. Podlesny, A. Krasnorutskyi, A. Musienko and V. Himenko, “The ensuring the integrity of information streams under the cyberattacks action”, 2016 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), Yerevan, 2016, pp. 1-5.

[16] Alimpiev, A.N.,Barannik, V.V.,Sidchenko, S.A. The method of cryptocompression presentation of videoinformation resources in a generalized structurally positioned space 2017 Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika) 76 (6) ,pp.521

[17] Barannik, V.,Tupitsya, I.,Shulgin, S.,Sidchenko, S.,Larin, V. The application for internal restructuring the data in the entropy coding process to enhance the information resource security 2017 Proceedings of 2016 IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTS 2016