

КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ СИСТЕМ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ БЕЗОПАСНОСТИ

ВЛАСОВ А.В., ЛУКИН В.В., КОМОЛОВ Д.И.

Предлагается подход по обеспечению безопасности видеоинформационного ресурса систем видеоконференцсвязи в системах управления специального назначения на разных этапах доставки на основе компактного ее представления. Разрабатывается метод кодирования видеоизображений, который обеспечивает повышение эффекта сжатия и уменьшения потерь семантической информации.

Введение

Внедрение новейших информационных систем и технологий в системы управления государственных органов власти оказывает влияние на качество управления, своевременность принятия решений и их доведение. Снижение эффективности обработки и повышение временных задержек, вызванные процессами передачи и обработки видеоинформации в реальном времени, приводят к нарушению безопасности информации [1].

В системах управления специального назначения (Вооруженные Силы, МВД) в настоящее время широко применяются системы видеоконференцсвязи (ВКС) [2, 3]. Данные системы являются базовой компонентой организации управления и обеспечения объективного контроля. Информационный ресурс систем ВКС весьма чувствителен к потерям пакетов, временным задержкам, а также к ошибкам, возникающим в инфокоммуникационных системах в процессе обработки и передачи [4, 5].

В настоящее время в инфокоммуникационных системах специального назначения реализованы методы, которые ориентированы в основном на обеспечение защиты информации, в первую очередь ее конфиденциальности, решения задач разграничения и контроля доступа к видеоинформационному ресурсу [4].

Неоднородность структуры существующих инфокоммуникационных систем, ограниченные характеристики производительности реализованных технологий передачи и обработки информации приводят к искажениям и нарушениям обрабатываемой видеоинформации, к нарушению таких категорий безопасности информации, как ее доступность и целостность [4].

Поэтому обеспечение безопасности информации на разных этапах ее доставки, в том числе и на этапе обработки видеоинформации в системах ВКС систем управления специального назначения является *актуальной научно – прикладной задачей*.

Одно из направлений решения данной задачи – применение технологий компрессии видеоинформации [6, 7].

В связи с этим вопросы повышения безопасности видеоинформации в инфокоммуникационных системах специального назначения, основанные на разработке и внедрении стандартов обеспечения ее доступности и целостности на базе компактного представления видеоинформации, являются актуальными.

Целью исследований – разработка метода компрессии видеоинформации для повышения ее целостности и доступности на основе технологий маскирования с сохранением семантически значимой информации.

Основная часть

Концептуально все существующие технологии компрессии основаны на сегментировании видеоизображений с заранее заданными размерами. Проведенный анализ показал [5, 8], что при этом не учитывается неоднородная семантическая структура обрабатываемых видеоизображений. Одной из базовых составляющих семантической обработки видеоизображений на практике являются методы маскирования, которые позволяют выделять наиболее семантически значимую информацию о структурных характеристиках объектов в изображениях [5].

Для повышения безопасности видеоинформации с определением и последующим сохранением семантически значимой информации необходимо разработать метод компрессии видеоданных, который предлагается строить на основе последовательности этапов дифференцированной обработки видеоинформации с введением интеллектуального анализа, а именно:

- а) обнаружение и локализация семантически значимой информации в видеоизображениях;
- б) выполнение пофрагментного анализа видеоинформации с классификацией семантической структуры (степени насыщенности контурами);
- в) реализация компрессии видеоданных в зависимости от класса семантической структуры.

Обнаружение и локализация семантически значимой информации в видеоизображениях

Для обнаружения и локализации семантически значимой информации в видеоизображениях предлагается применять градиентные методы маскирования, которые позволяют выделить информативные сведения о структурных характеристиках объектов в видеоизображениях [5, 8]. Градиентные методы являются интегрированными методами для выделения контуров с произвольным направлением. Для реализации были отобраны следующие градиентные методы: Робертса, Прюитта, Собела, Шару, Хрящева, Лапласа, Лапласиан, маска метода Канны [5, 8].

В результате исследований было доказано, что существующие методы маскирования являются эффективными только в пределах узкого класса изображений [8, 9]. При этом отсутствует достоверный аппарат оценки качества работы методов маскирования, что снижает их эффективность при использовании для широкого класса изображений. Оценка качества метода маскирования в большинстве случаев являлась субъективной (визуальная оценка качества работы). Но такой подход применим только в случае наличия эксперта или лица, принимающего решение. Поэтому для решения первой подзадачи были обоснованы количественные меры оценки качества методов маскирования для последующей реализации в системах автоматической обработки видеоинформации [8, 9]. Количественная оценка эффективности работы методов маскирования выполняется на основе предложенных мер качества детектирования и локализации контуров объектов [8, 9, 11].

Результат проведенных исследований по оценке качества методов маскирования представлен в [8, 12].

Для предлагаемого метода компрессии в системах автоматической обработки видеоинформации (системах ВКС) при устранении недостатков отдельных методов маскирования с соблюдением непрерывности процесса обработки предлагается применять двухкаскадную интеллектуальную схему маскирования с использованием различных методов маскирования для каскада 1 – го и 2 – го уровней. Это позволит в конечном итоге одновременно устранить недостатки методов маскирования и реализовать оценку качества маскирования [8 – 10].

В первом каскаде схемы решаются следующие задачи [8 – 10]:

а) выделяются контуры в изображении с использованием масок 1 – го уровня (допускается выделение ложных контуров);

б) выполняется оценка показателей структурной сложности изображения (фрагментов).

На втором каскаде реализуется [8 – 10]:

а) классификация изображения (фрагментов) по степени насыщенности их контурами;

б) локализация контуров объектов изображения маской 2-го уровня с учетом класса насыщенности контурами;

в) определение параметров метода компрессии для видеоизображения (пофрагментно) в зависимости от класса насыщенности контурами.

Для реализации данного подхода необходимо определить параметры структурной сложности изображения, на основании которых будет выполняться классификация изображения (фрагментов) по степени насыщенности контурами.

Анализ видеоинформации с классификацией семантической структуры по степени насыщенности контурами

В результате исследований [8 – 10, 12] для оценки насыщенности контурами изображения (фрагментов) были предложены следующие параметры структурной сложности изображений S (абсолютные и относительные значения):

1) усредненное значение двоичных перепадов в строках относительно столбцов:

$$n'_1 = \frac{\sum_{x=1}^{N_{\text{стр.}}} n_{1x}}{N_{\text{стл.}}}, \quad (1)$$

где n_{1x} – количество двоичных перепадов в x -й строке; $N_{\text{стл.}}$ – количество столбцов; $N_{\text{стр.}}$ – количество строк; x – порядковый номер строки;

2) усредненное значение двоичных перепадов в столбцах относительно строк:

$$n'_2 = \frac{\sum_{y=1}^{N_{\text{стл.}}} n_{2y}}{N_{\text{стр.}}}, \quad (2)$$

где n_{2y} – количество двоичных перепадов в y -м столбце; y – порядковый номер столбца;

3) интегральный параметр по оценке двоичных перепадов:

$$n = \sqrt{n_1'^2 + n_2'^2}; \quad (3)$$

4) интегральный параметр удельного насыщения контурами – отношение площади контура $S_{\text{контур}}$ к площади изображения $S_{\text{изобраз.}}$, (в %):

$$\Delta S = \frac{S_{\text{контур}}}{S_{\text{изобраз.}}} \cong \frac{N_{\text{pix кнт.}}}{N_{\text{pix из.}}}, \quad (4)$$

где $N_{\text{pix кнт.}}$ – общее количество пикселей в контурах (белых – после обработки маской); $N_{\text{pix из.}}$ – общее количество пикселей в изображении ($N_{\text{стл.}} \cdot N_{\text{стр.}}$, в пикселях);

5) количество двоичных перепадов по строкам (абсолютное и усредненное значение двоичных перепадов по строкам);

6) количество двоичных перепадов по столбцам (абсолютное и усредненное значение двоичных перепадов по столбцам);

7) количество двоичных серий по строкам (абсолютное и усредненное значение двоичных серий по строкам);

8) количество двоичных серий по столбцам (абсолютное и усредненное значение двоичных серий по столбцам);

9) значение двоичных перепадов по строкам (столбцам) усредненное ко всему изображению (фрагменту).

Предложенные параметры структурной сложности изображения рассчитываются на выходе 1-го каскада схемы обработки.

Предлагается рассматривать 3 класса семантической насыщенности контурами (КНК): слабонасыщенные, средненасыщенные и сильнонасыщенные изображения.

Обработка результатов экспериментов позволяет сформировать диапазоны значений параметров структурной сложности изображения для каждого класса насыщенности контурами. Диапазоны параметров структурной сложности используются во втором каскаде схемы обработки при построении решающего правила по определению параметров метода компрессии.

Концепция обработки видеoinформации с учётом результатов маскирования

Существующие методы компрессии при предварительном сегментировании видеоизображений обрабатывают разнородные по семантической структуре области [5 – 8]. С одной стороны, это позволяет снизить время обработки на этапе сжатия, а с другой – стороны приводит к частичной (зачастую необратимой) потере информации.

В связи с этим необходимо разрабатывать такие стандарты компактного представления видеоизображений, которые бы уменьшали потери семантической составляющей видеоизображений.

Для выбора параметров компрессии в зависимости от КНК изображения предлагается применять дифференцированную стратегию квантизации - систему решающих правил, учитывающую механизм квантования в зависимости от класса семантической структуры фрагментов видеоизображения и позволяющую определить параметры квантизации:

$$Q = F_q(X; M; S; K) = Q(n, m) = \begin{cases} Q_1; \\ Q_2; \\ Q_3, \end{cases} \quad (5)$$

где $F_q(X; M; S; K)$ – функционал, формализующий систему решающих правил для дифференцированного определения параметров квантизации Q на основе результата маскирования M исходного видеоизображения X , определения класса K семантической насыщенности по параметрам структурной сложности S ; Q_1, Q_2, Q_3 – соответствующие K_i классу насыщенности матрицы коэффициентов квантования.

Механизм квантования предполагает определение значений коэффициентов матрицы квантования на основе значений динамических диапазонов каждой трансформанты преобразования. Значения коэффициентов квантизации $q[i, j]$ определяются эмпирическим путем на основе экспериментальных данных обработки реалистических изображений.

Метод компрессии изображений на основе дифференцированной обработки изображений с маскированием

Предлагается организовывать компактное представление видеоизображений на основе позиционного кодирования трансформированного представления видеоизображения с формированием параметров сжатия, которые определяются структурными особенностями исходного изображения (классом семантической структуры фрагментов изображения) [7, 12].

Предлагается применять дискретное двумерное преобразование Хаара (ДПХ), что позволит учитывать локальные связи и особенности изображений, выполнить их быструю обработку. Знание класса семантической структуры позволит сформировать матрицу квантования. Для изображения (блока пикселей X размером $n \times n$) его ДПХ Y будет вычисляться по формуле:

$$Y(n, n) = H(n)X(n, n)H'(n). \quad (6)$$

Матрица $H(n)$ получается в результате дискретизации множества функций Хаара (элементы матрицы - коэффициенты при базисных функциях Хаара) [6, 7].

В результате выполнения преобразования ДПХ, заданного соотношением (6), формируется трансформанта Y размером $n \times n$ элементов, представляемая в виде двумерного массива:

$$Y = \begin{pmatrix} Y_{1,1} & \dots & Y_{1,j} & \dots & Y_{1,n} \\ & & \dots & & \\ Y_{i,1} & \dots & Y_{i,j} & \dots & Y_{i,n} \\ & & \dots & & \\ Y_{n,1} & \dots & Y_{n,j} & \dots & Y_{n,n} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где $Y_{i,j} - (i, j)$ -я компонента трансформанты.

Компоненты трансформанты изображения подвергаются процедуре квантизации:

$$Y[i, j] = \text{IntegerRound} \left(\frac{Y[i, j]}{q[i, j]} \right). \quad (8)$$

Для повышения точности определения и учета неравномерности диапазонов по двум направлениям трансформанты предлагается использовать смешанную двумерную систему оснований $W_y^{(2)}$ размерностью $n \times n$:

$$W_y^{(2)} = \begin{pmatrix} W_{1,1} & \dots & W_{1,\ell} & \dots & W_{1,n} \\ & & \dots & & \\ W_{k,1} & \dots & W_{k,\ell} & \dots & W_{k,n} \\ & & \dots & & \\ W_{n,1} & \dots & W_{n,\ell} & \dots & W_{n,n} \end{pmatrix}. \quad (9)$$

В качестве основания $W_{k\ell}$ выбирается значение динамического диапазона $d_{k\ell}$ для (k, ℓ) элемента $Y_{k\ell}$ трансформанты Y , т.е. $W_{k\ell} = d_{k\ell}$. Значения весовых коэффициентов $V_{k\ell}^{(2)}$ определяются следующим образом:

$$V_{k\ell}^{(2)} = \prod_{\xi=k+1}^n W_{\xi\ell}. \quad (10)$$

Кодовая структура в созданном спектральном дифференцированно-квантизированном пространстве для трансформанты изображения с учетом сформированной системы оснований $W_y^{(2)}$ и весовых коэффициентов $V_{k\ell}^{(2)}$ определяется следующим соотношением:

$$N_{\ell}^{(1)} = \sum_{k=1}^n Y_{k\ell} V_{k\ell}^{(2)}. \quad (11)$$

Физический смысл сформированного кода для фрагмента видеоизображения определяется степенью насыщенности контурами и текстурным содержанием. Для формирования кода будет использоваться неравномерное количество разрядов.

Выводы

1. Таким образом, в предложенном методе компрессии видеоизображений:

а) разработано позиционное кодирование трансформант преобразования. В результате такого кодирования сокращается комбинаторная избыточность в трансформантах, что обеспечивает повышение эффекта сжатия и уменьшает потери информации из-за нехватки разрядов в машинном слове;

б) введена возможность дифференцированной обработки изображений, которая позволяет: адаптировать избыточность изображения под класс семантической структуры; сохранить, с одной стороны, семантику изображений, а с другой – обеспечить требуемый уровень сжатия и как следствие доступности видеоизображений;

в) предложенное кодирование изображений позволяет адаптироваться к дифференцированной обработке фрагментов изображений с использованием технологий маскирования.

2. Предложены количественные показатели оценки структурной сложности изображения (1) – (4) для реализации решающего правила определения класса насыщенности контурами видеоизображения.

3. Разработана двухкаскадная схема маскирования изображений, которая позволяет повысить качество маскирования и сократить суммарное время обработки, устранить недостатки отдельно используемых методов маскирования с сохранением достоинств и преимуществ технологии маскирования в целом.

4. Разработан метод интеллектуальной дифференцированной обработки видеоизображений для их компактного представления в целях повышения безопасности видеoinформации, а именно ее доступности и целостности, основанный на:

а) применении каскадной схемы детектирования и локализации семантической информации (контуров объектов) в видеоизображении с заданным качеством;

б) выполнении анализа видеоизображения и классификации его фрагментов по степени насыщенности контурами;

в) определении базовых компонент технологии и параметров метода компрессии в зависимости от степени семантической насыщенности;

г) компрессии видеоданных с сохранением семантически значимой информации и контролем качества компактного представления.

Литература: 1. Горбулін В.П. Актуальні проблеми системного забезпечення інформаційної безпеки України / В.П. Горбулін, М.М. Биченок, П.М. Копка // Матер. міжнар. наук.-практ. конф. “Форми та методи забезпечення інформаційної безпеки держави”. К.: Національна академія СБ України, 2008. 115 с. 2. Андреев А. Применение видеоконференцсвязи в Вооружённых силах иностранных государств / А.Андреев, В.Аржанов, К.Семёнов // Зарубежное военное обозрение. 2008. № 7. С.19 – 25. 3. Андреев А. Применение видеоконференцсвязи в Вооружённых силах иностранных государств / А.Андреев, В.Аржанов, К.Семёнов // Зарубежное военное обозрение. 2008. № 8. С.16 – 22. 4. Богуш В.М. Інформаційна безпека держави / В.М. Богуш, О.К. Юдин. К.: МК–Прес, 2005. 432 с. 5. Гонсалес Р.С., Вудс Р.Э. Цифровая обработка изображений / Р.С. Гонсалес, Р.Э. Вудс. М.: Техносфера, 2006. 1072 с. 6. Ватолин В.И. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / В.И. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. 384 с. 7. Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. Х.: ХУПС, 2010. 212 с. 8. Власов А.В. Анализ методов обнаружения границ объектов на изображениях и их классификация / А.В. Власов, В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Сучасна спеціальна техніка. 2012. Вип. 3 (30). С. 17 – 27. 9. Власов А.В. Методологія двухкаскадного маскування зображень в системах інфотелекомунікацій / А.В. Власов, В.В. Баранник, А.В.Ширяев // АСУ та прилади автоматики. 2013. Вип. 162. С. 34 – 40. 10. Власов А.В. Двухкаскадный подход для маскирования изображений / А.В. Власов, В.В. Баранник // IV міжнародна науково – практична конференція “Методи та засоби кодування, захисту та ущільнення інформації”. Вінниця: ВНТУ, 2013. С. 265–266. 11. Vlasov A. V. Estimation of quality methods disguise images for detection edge

contours // Science-Based Technologies. 2013. № 2 (18). P. 193–197.

Поступила в редакцию 22.05.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Баранник В.В.

Власов Андрей Владимирович, научный сотрудник научного центра Харьковского университета Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба. Научные интересы: технологии кодирования и безопасности информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79, e-mail: vav_and@i.ua.

Лукин Владимир Васильевич, д-р техн. наук, профессор Национального аэрокосмического университета им.Н.Е. Жуковского “Харьковский авиационный институт”. Научные интересы: обработка и повышение безопасности видеоизображений аэромониторинга. E-mail: lukin@ai.kharkov.com.

Комолов Дмитрий Иванович, соискатель ХНУРЭ. Научные интересы: технологии защиты информации в инфокоммуникационных системах. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14.