

Основой методов и алгоритмов компактного кодирования сигналов и изображений, оптимизированных по быстрдействию и точности кодирования, является подход, при котором на огибающей сигнала (видеосигнала) обнаруживают существенные отсчеты, проверяют их достоверность и кодируют разностными кодами. Для отбора и компактного кодирования ключевых кадров видеоданных определяют информативность наиболее весомых существенных отсчетов видеосигнала и на основе полученных данных реализуют разностное кодирование текущих видеокадров.

© Б.М. Шевчук, 2012

УДК 681.31

Б.М. ШЕВЧУК

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОПЕРАТИВНОГО СЖАТИЯ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕКТНЫХ СИСТЕМ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Введение. Одним из перспективных направлений развития современных информационно-коммуникационных технологий является создание интеллектуальных радиомодулей ISM диапазона частот (ISM (ISM – industrial, scientific, medical -: 433 МГц, 868 МГц, 902-928 МГц (для США), 2.4 ГГц)) для построения и функционирования сенсорных сетей с самоорганизацией передачи пакетов данных. Стремительное развитие и внедрение сенсорных сетей в различные области человеческой деятельности обусловлено необходимостью контроля и прогнозирования протекания процессов различной природы, мониторинга и своевременного корректирования состояний объектов (технических, биологических и др.), предотвращения угрожающих событий и др. При этом на объектах контроля устанавливаются портативные абонентские (объектные) системы сенсорных сетей, осуществляющих ввод, обработку, кодирование и передачу в удаленные базы данных информативных сообщений о контролируемых событиях, процессах и состояниях объектов [1 – 4]. Применение таких систем особенно актуально в телемедицине, в спорте, в процессе экомониторинга территорий, зданий, помещений, контроля качества про-

изводства, охраны и видео- | мониторинга объектов и др.

Учитывая ограниченную скорость передачи данных в сенсорных сетях (250 Кбит/с) актуальной проблемой является эффективное использование канальных ресурсов удаленными абонентскими (объектными) системами сети. Решение этой проблемы достигается за счет реализации процессорами и специализированными устройствами объектных систем (ОС) методов и алгоритмов оперативной фильтрации и сжатия данных, кодирования массивов данных, формирования компактных, криптостойких и помехоустойчивых пакетов информации [1]. С учетом ограниченной продуктивности процессоров ОС, которые должны длительное время функционировать в автономном режиме (с батарейным питанием), нерешенной задачей является качественное компактное кодирование сигналов, изображений и коротких фрагментов видео.

Цель работы – разработка эффективных методов и алгоритмов сжатия сигналов и изображений, оптимизированных по быстродействию и точности кодирования данных. В результате реализации предложенных методов и алгоритмов компактного кодирования сигналов и изображений в местах ввода информации, т. е. непосредственно на объектах контроля и управления программно-аппаратными средствами ОС обеспечивается существенное уменьшение информационных потоков, подлежащих передаче и ретрансляции в общих каналах связи, а также накоплению в базах данных.

Реализация эффективных по быстродействию и точности кодирования методов и алгоритмов сжатия сигналов и видеосигналов. В основу эффективных методов и алгоритмов компактного кодирования сигналов (видеосигналов) (в дальнейшем – сигналов) положен «сигнальный» подход, суть которого состоит в том, чтобы с минимальным количеством вычислительных операций реализовать компактное кодирование/декодирование существенных отсчетов [2] сигналов с учетом точного возобновления огибающей сигнала. Существенным преимуществом данного подхода является тот факт, что искажению подлежат только те участки сигнала, которые классифицируются как недостоверные или неинформативные. При этом необходимо максимально учитывать особенности прикладных задач, в которых применяется адаптивное компактное кодирование сигналов, и в процессе сжатия данных с допустимыми (контролируемыми) потерями информации целесообразно выделять участки сигнала, на которых амплитудно-временные параметры существенных отсчетов (СО) кодируются максимально точно, а также участки сигнала (искаженные шумами участки, неинформативные участки и др.), на которых выделяют минимально необходимое количество СО и их амплитудно-временные параметры кодируют максимально компактно (с меньшим количеством бит) без существенного искажения визуальных характеристик огибающей сигнала. Также преимуществом адаптивного подхода при кодировании разных по информативности участков сигнала является возможность уведомления исследователя о степени искажения входных данных в процессе компактного кодирования сигналов с допустимыми потерями (например, возобновленные достоверные и недостоверные участки измерительного сигнала отображают двумя цветами).

Компактное кодирование данных осуществляется последовательными выборками, при этом формируется общая служебная информация $СИ_o$, служебная информация параметров адаптации текущих участков сигнала $СИ_{ПА}$, а также компактные коды СО этих участков. Выходные компактные потоки данных кодируются в виде следующего битового потока данных:

$$\{СИ_o\}\{\{СИ_{ПА}^1\}\{KK_{CO}^{11}\}\dots\{KK_{CO}^{1n_1}\}\}\dots\{\{СИ_{ПА}^j\}\{KK_{CO}^{j1}\}\dots\{KK_{CO}^{jn_j}\}\}\dots$$

$$\dots\{\{СИ_{ПА}^m\}\{KK_{CO}^{m1}\}\dots\{KK_{CO}^{mm}\}\},$$

где $j = 1, \dots, m$ – номер участка сигнала; $n_1, \dots, n_j, \dots, n_m$ – количество СО соответствующего участка сигнала; KK – компактные данные соответствующих СО.

К СО относятся экстремумы, точки перегиба, а также точки изменения направления кривой, для которых выполняется условие $X(t_{i-1}) - X(t_i) \neq X(t_i) - X(t_{i+1})$. На зашумленных и нединамических участках текущих выборок сигнал (искаженных шумами участках, участках с длительными постоянными составляющими, медленными подъемами и спадами огибающей) максимально допустимое расстояние между СО определяется величиной минимально допустимого коэффициента сжатия данных $K_{c\min}$. В свою очередь величина $K_{c\min}$ определяет качество возобновления сигналов (видеосигналов). С учетом достижения необходимой величины $K_{c\min}$ для качественного кодирования и возобновления чистых от шумов участков сигнала целесообразно формировать необходимое количество СО, а для достижения необходимой величины $K_{c\min}$ основное сжатие данных достигается за счет определения минимального количества СО на участках сигнала с шумами. Учитывая тот факт, что после фильтрации сигнала на огибающей обнаруживают большое количество рядом расположенных СО (точек перегиба), то необходимо из группы соседних СО выделить наиболее информативный отсчет. Для уменьшения количества СО и ускорения процесса обработки и кодирования данных точки перегиба определяют только на пологих участках огибающей сигнала, которой выполняется условие $\Delta X_i^F \leq \Delta X_d$, где $\Delta X_i^F = X_i^F - X_{i-1}^F$, X_i^F – значение i -го отсчета отфильтрованного сигнала, ΔX_d – предварительно заданная исследователем допустимая величина текущей крутизны сигнала. Для ускорения обработки данных интервал опроса измерительных сигналов определяется с учетом текущей величины ΔX_i^F и вычисленной величины $\Delta X_{NOi}^N = |X_{NOi}^N - X_i^F|$, где ΔX_{NOi}^N – показатель соотношения сигнал/шум для i -го СО X_{COi}^F , определенного на отфильтрованной кривой, X_i^F – амплитудное значение входного сигнала, временной отсчет которого соответствует X_{COi}^F . Поскольку в процессе обработки и кодирования измерительных сигналов, частота опроса которых выбирается избыточной,

необходимо определять текущий коэффициент прореживания входной выборки данных K_{npi} . Данная величина – функция двух величин: $K_{npi} = f(\Delta X_{Cbi}^N, \Delta X_i^F)$. Для определения показателя ΔX_{COi}^N в окрестности СО возможны различные вычисления оценки входного соотношения сигнал/шум (усредненные величины в окрестности отсчета X_{COi}^F и др.), которые определяет исследователь исходя из особенностей прикладных задач. Чистый от шумов считается участок сигнала, образующий два и более СО-экстремума (СО-Э), для которых выполняется условие $\Delta X_{COi}^N \leq \delta_d^N$, δ_d^N – допустимая величина уровня входных шумов в окрестности СО. Как правило, δ_d^N определяет достоверность младших двоичных разрядов амплитудных значений СО. Соответственно «зашумленный» участок сигнала образуют СО-Э, для которых $\Delta X_{COi}^N \geq \delta_d^N$. Одиночные «чистые» СО-Э, обнаруживающиеся между зашумленными СО-Э, относятся к зашумленному участку сигнала.

Обработка и кодирование данных осуществляется последовательными выборками. Кодирование СО на зашумленных и чистых от шумов участках сигнала осуществляется с использованием разностного кодирования амплитудных и временных значений СО, где первый отсчет текущей выборки сигнала кодируется полноразрядным кодом. Структура алгоритма оперативного сжатия сигналов показана на рисунке. На первом этапе обработки скользящим методом с минимальным окном усреднения (3 – 5 отсчетов) осуществляется фильтрация отсчетов текущей выборки сигнала. На предварительно отфильтрованной кривой, отсчеты которой соответствуют отсчетам «зашумленным» участков сигнала, с учетом изменения знака величины ΔX_i^F определяются амплитудно-временные параметры СО-Э и соответствующие им показатели ΔX_{COi}^N , ΔX_i^F , K_{npi} . На зашумленных участках сигнала, с учетом кодирования амплитудных значений отсчетов СО с количеством бит $q = q_{\min}$, по предварительно вычисленным амплитудно-временным параметрам СО определяют абсолютные значения текущих разностей между соседними СО и определяют их максимальные разности и количество бит для кодирования СО. После обнаружения чистых от шумов участков сигнала, с учетом кодирования отсчетов СО с $q = q_{\max}$, уточняются и кодируются амплитудно-временные параметры СО-Э, а также обнаруживаются точки перегиба или точки изменения направления кривой. Результаты вычислений кодируются разностными кодами.

Для широкого применения сенсорных сетей актуальна проблема разработки микромощных и недорогих видеокодеков, оптимизированных по быстродействию и точности кодирования видеоданных. Анализ информационных потоков RGB-видеоданных с качеством представления данных в стандарте VGA (640*480) и FullHD (1920*1080) при 8-ми битовом кодировании трех состав-

ляющих цветного изображения показывает, что один кадр содержит соответственно 7.4 и 49.8 Мбит (монохромный кадр – 2.47 и 16.6 Мбит). При реальной скорости передачи данных 200 Кбит/с время передачи одного цветного кадра составляет приблизительно 37 и 249 сек (монохромного кадра – 13 и 83 сек). Приблизительно на 30 % эти параметры можно уменьшить при использовании цветоразностного YUV-метода представления цветных изображений.

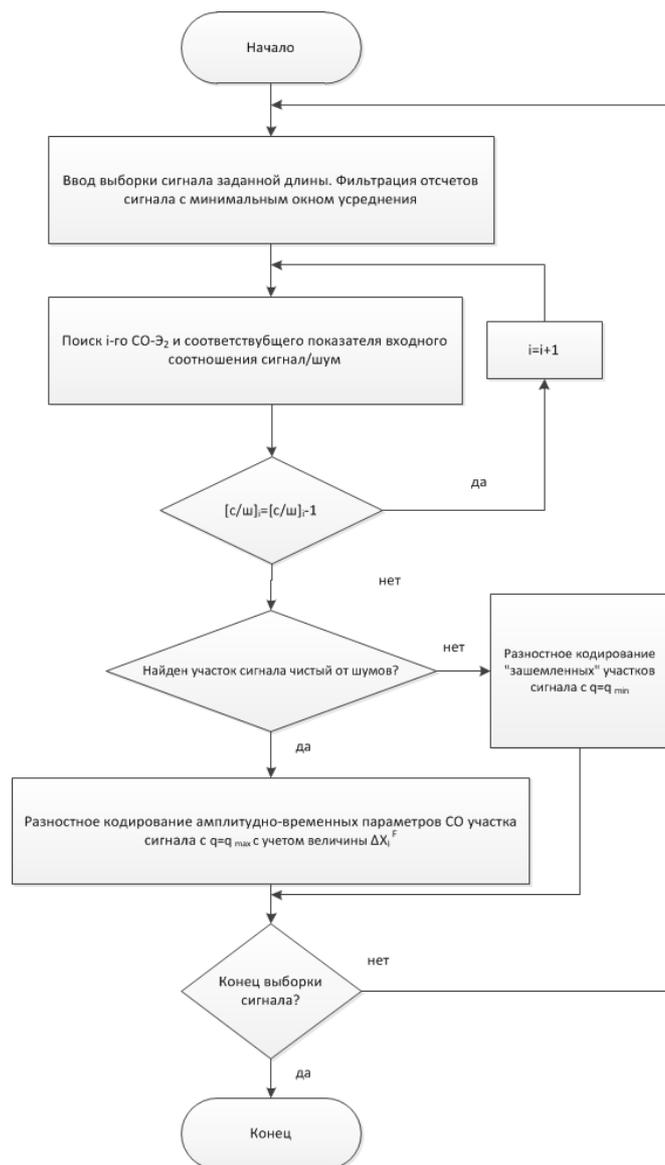


РИСУНОК. Структура алгоритма оперативного сжатия сигналов

Поэтому передача изображений в сенсорных сетях возможна при условии оперативного выделения монохромных или цветных ключевых кадров видеоданных и сжатия данных в десятки-сотни раз. Эффективный способ решения данной проблемы – применение адаптивного информационно-эффективного видеокодирования [5] с вычислением информативности [1, 2] наиболее весомых СО каждой строки видеокадра. В результате при сравнении параметров наиболее весомых СО текущих кадров принимается решение о выделении того кадра, в котором обнаружены наибольшие изменения амплитудно-временных параметров весомых СО. Далее анализируются параметры весомых СО соседних ключевых кадров, формируется массив разностных данных, подлежащий сжатию без потерь и криптостойкому кодированию. Следует отметить, что в перспективных сенсорных сетях в процессе помехоустойчивого кодирования и формирования пакетов информации приблизительно в два раза уменьшается длительность пакетов, что эквивалентно сжатию данных в процессе передачи информации.

Выводы. Предложенные методы и алгоритмы компактного кодирования сигналов (видеосигналов) позволяют реализовать в темпе ввода данных качественное кодирование входных данных без искажения визуальных характеристик огибающих сигналов. Степень искажения данных задается исследователем исходя из особенностей прикладных задач. За счет минимизации вычислительных операций предложенные методы и алгоритмы ориентированы на построение микромощных специализированных кодеков (видеокодексов) абонентских систем сенсорных сетей.

1. Шевчук Б.М., Задірака В.К., Гнатів Л.О., Фраєр С.В. Технологія багатофункціональної обробки і передачі інформації в моніторингових мережах. – К.: Наук. думка, 2010. – 370 с.
2. Гераймчук М.Д., Івахів О.В., Паламар М.І., Шевчук Б.М. Основи побудови перспективних безпроводових сенсорних мереж. Монографія. – К.: ЕКМО, 2010. – 124 с.
3. Шевчук Б.М., Зінченко В.П., Фраєр С.В. Високоінформативна обробка та кодування сигналів і зображень в мережах дистанційного моніторингу станів об'єктів // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2008. – № 2. – С. 89 – 96.
4. Шевчук Б.М., Задірака В.К., Марценюк Є.О., Фраєр С.В. Технологія дистанційного моніторингу функціональних станів спортсменів, операторів та пацієнтів на основі портативних терміналів і абонентських систем сенсорних та локально-регіональних радіомереж // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2012. – 10. – № 1. – С. 69 – 73.
5. Шевчук Б.М., Бовсунівський В.І., Фраєр С.В. Адаптивне інформаційно-ефективне відеокодування // Матеріали проблемно-наукової міжгалузевої конф. «Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, економіки та моделювання» (ПНМК-2011). – Бучач: Бучачський інститут менеджменту і аудиту. – 2011. – Вип. 5. – 1. – С. 10 – 14.

Получено 21.06.2012

Б.М. Шевчук

ЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ ОПЕРАТИВНОГО СТИСКУ СИГНАЛІВ
ТА ЗОБРАЖЕНЬ, ОРІЄНТОВАНИ НА ПОБУДОВУ ОБ'ЄКТНИХ СИСТЕМ
СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Основою методів і алгоритмів компактного кодування сигналів і зображень, оптимізованих за швидкістю і точністю кодування, є підхід, при якому на згинаючій сигналу (відеосигналу) виявляють суттєві відліки, перевіряють їх достовірність та кодують різницевиими кодами. Для відбору та компактного кодування ключових кадрів відеоданих визначають інформативність найбільш вагомих суттєвих відліків відеосигналу й на основі отриманих даних реалізують різницеве кодування поточних відеокадрів.

B.M. Shevchuk

EFFICIENT METHODS AND ALGORITHMS FOR RAPID SIGNALS AND IMAGE COMPRESSION
FOCUSED ON THE CONSTRUCTION OF OBJECT SYSTEMS IN SENSOR NETWORKS

The basis of methods and algorithms for compact encoding of signals and images that are optimized for speed and accuracy of coding is an approach in which, on the envelope signal (video signal) shows important frames, verify their authenticity and encode the difference codes. To select and compact coding of key frames of video data determine the most informative video weighty and important frames on the basis of the data encoding realize the difference of current video frames.

Об авторе:

Шевчук Богдан Михайлович,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Института кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины,
e-mail: incors@ukr.net