

РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ВНУТРИКАДРОВОЙ И МЕЖКАДРОВОЙ КОМПРЕССИИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ

Кравченко П.П., Хусаинов Н.Ш., Погорелов К.В.

Таганрогский государственный радиотехнический университет
пер.Некрасовский, 44, ГСП-17А, г.Таганрог, Россия, 347928
Тел.: (8634)37-19-03, (8634)37-16-73,

E-mail: kravch@tsure.ru, KhussainovNSh@mopevm.tsure.ru, kostya@mopevm.tsure.ru

В современных подходах к компрессии видеoinформации с потерями выделяют два направления, ориентированных на устранение пространственных избыточностей (внутрикадровое кодирование) и временных избыточностей (межкадровое кодирование). Использование алгоритмов первого типа дает возможность вставки базовых (опорных) кадров, чтобы избежать накопления ошибок, обеспечить доступ к сжатому видеопотоку и его редактирование. Применение алгоритмов межкадровой компрессии обеспечивает высокую степень компрессии видеопоследовательности в целом, поскольку значительная часть фрагментов (блоков) изображения от кадра к кадру остается неизменной, или же трансформация этих фрагментов (сдвиг, поворот, изменение яркости) является предсказуемой и поэтому эффективно кодируемой.

В то же время основными недостатками существующих методов внутрикадрового и, особенно, межкадрового кодирования является их высокая трудоемкость. В частности, алгоритм компенсации движения на основе сопоставления блоков, используемый в современных стандартах MPEG и H.26x, имеет трудоемкость порядка $3 \cdot (2N+1)^2$ на 1 пиксел, и, при поиске векторов движения, например, в пределах 15 точек составляет значительную величину порядка $3 \cdot 10^3$ операций/пиксел [1].

Авторами разработан новый метод видеоконпрессии, сочетающий преобразование видеопотока в пространство YCbCr, алгоритмы внутрикадрового кодирования с использованием оптимизированных дельта-преобразований второго порядка, алгоритмы межкадровой компрессии на основе корректирующих матриц и алгоритмы управления скоростью выходного битового потока, поддерживающие на заданном уровне скорость битового потока кодера, передаваемого в канал связи.

1. Алгоритмы внутрикадровой компрессии

Разработанный алгоритм внутрикадрового кодирования основан на использовании алгоритмов оптимизированных дельта-преобразований второго порядка и иерархической пространственной поддискретизации:

- первоначальная обработка кадра изображения выполняется с понижением частоты поддискретизации по горизонтали и вертикали. Один ("опорный") элемент каждой группы размером 4x4 пиксела подвергается кодированию с использованием построчной обработки алгоритмами оптимизированных дельта-преобразований и (при необходимости) ДИКМ на участках с существенно большим изменением амплитуды исходного сигнала;

- "пропущенные" в связи с понижением частоты поддискретизации на первом этапе пиксели кодируются относительно закодированного "опорного" пиксела группы с применением ДИКМ и затем квантуются.

Применение данной методологии позволило реализовать кодек с вычислительной трудоемкостью алгоритмов кодирования порядка 12 сложений и 1 сдвига на пиксел, декодирования – 7 сложений и 1 сдвига на пиксел.

Использование (по необходимости) дополнительного статистического кодирования (арифметического сжатия), направленного на дополнительное повышение коэффициента сжатия полученных на первом и втором этапах потоков данных, приводит к повышению вычислительной трудоемкости алгоритмов внутрикадровой компрессии (кодирование – 27 сложений, 4 умножения и 1 сдвиг, декодирование – 22 сложения, 4 умножения и 1 сдвиг). Повышение степени сжатия базовых кадров при этом составила от 10 до 20% на различных типах изображений.

2. Алгоритмы межкадровой компрессии

Разработка алгоритма межкадрового кодирования велась с учетом следующих положений:

- от кадра к кадру сцена меняется сравнительно мало;
- большая часть блоков, образующихся после деления разностного кадра на отдельные фрагменты, внутри которых межкадровая разность не превышает установленного порога, может быть закодирована средним по блоку значением;
- остальные блоки разностей можно с достаточной точностью закодировать, используя ограниченный набор эталонных корректирующих матриц. В случае недостаточно точного кодирования разности одной корректирующей матрицей, возможно применение комбинации из нескольких матриц.

В результате кодирования очередного "неопорного" кадра в выходной поток передается информация, включающая:

- признаки типов разностных блоков: "пустой" блок (с "нулевыми" разностями), аппроксимированный средним значением, аппроксимированный эталонной матрицей;
- данные блоков (для "пустых" блоков дополнительной информации не требуется, для "средних" блоков передается квантованное среднее значение, для "матрицированных" блоков – номер матрицы и квантованный масштабирующий множитель).

Описанный алгоритм обладает низкой вычислительной сложностью (кодирование – от 3 до 73 операций/пиксел в зависимости от типа блока, декодирование – 3 операции/пиксел), обеспечивая в то же время достаточно высокую эффективность кодирования.

3. Разработка программной модели видеокodeка с передачей сжатого видеопотока по каналу связи

Разработанная программная модель codeка видеопоследовательностей, в основу которой положены рассмотренные выше алгоритмы внутрикадровой и межкадровой компрессии, позволяет получить степень сжатия видеоинформации порядка 33-190 раз при отношении "сигнал/шум" соответственно 31-21 дБ. Результаты экспериментальных исследований программной модели видеокodeка, реализованной большей частью на языке высокого уровня без оптимизации по быстродействию, приведены в табл. 1 (эксперименты проводились на ПК с процессором типа Pentium IV с таковой частотой 1,4 ГГц, оперативной памятью 256 Мб, операционная система Windows XP).

Таблица 1

Видео-последовательность	Скорость кодирования, кадров/сек	Средняя скорость выходного потока (коэф. сжатия)	Скорость декодирования, кадров/сек.
160x120, 10 кадров/сек, 4,6 Мбит/с	230	127,4 Кбит/с (36,1 раз)	1169
320x176, 25 кадров/сек, 33,8 Мбит/с	80	1 Мбит/с (33,8 раз)	414
320x240, 30 кадров/сек, 55,3 Мбит/с	63	1,3 Мбит/с (43,7 раз)	321

Гибкое управление коэффициентом сжатия (диапазон изменения коэффициента сжатия базовых кадров за счет изменения качества кодирования составляет ~4 раза, а промежуточных кадров ~3 раза) позволяет применять разработанные алгоритмы в системах сжатия и передачи видеопоследовательностей с динамически изменяющейся пропускной способностью канала связи (например, для передачи по IP-сетям с коммутацией пакетов). Кроме того, высокая производительность, в частности, алгоритмов декодирования, позволяет говорить о перспективности использования данного подхода в программных системах, требующих одновременной декомпрессии и воспроизведения в реальном масштабе времени нескольких видеопотоков (например, конференцсвязь, системы видеонаблюдения).

1. Зубарев Ю.Б., Дворкович В.П., Нечепав В.В., Соколов А.Ю. Методы анализа и компенсации движения в динамических изображениях //Электросвязь. - 1998. - № 11

2. Кравченко П.П. Основы теории оптимизированных дельта-преобразований второго порядка. Цифровое управление, сжатие и параллельная обработка информации. -Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1997.

3. Кравченко П.П., Хусаинов Н.Ш., Погорелов К.В. Цифровая компрессия аудиовизуальной информации на основе алгоритмов оптимизированных дельта-преобразований второго порядка //Известия ТРТУ. Спец. выпуск "Материалы XLVI научно-технической конференции". - Таганрог: ТРТУ, 2001

DEVELOPMENT OF HIGH-PERFORMANCE INTRAFRAME AND INTERFRAME VIDEO COMPRESSION TECHNIQUES

Kravchenko P., Khussainov N, Pogorelov K.

Taganrog State University of Radio Engineering
Nekrasovsky st., 44, GSP-17A, Taganrog, Russia, 347928, Tel: (8634)37.1903, (8634)37.1673
E-mail: kravch@tsure.ru, KhussainovNSh@mopevm.tsure.ru, kostya@mopevm.tsure.ru

The two main directions are distinguished in modern video compression techniques. There are intraframe coding preventing error accumulation, stream access and editing as well as interframe coding aimed for high-efficiency bit rate reducing. But the main disadvantage of known approaches in video compression is their low performance especially for interframe coding.

Authors propose video compression technique combined RGB->YCbCr transforming, intraframe coding with using of optimized second order delta-transformations, interframe coding based on template correction matrixes and rate control algorithm.

1. Intraframe Compression Technique

Briefly the developed intraframe coding algorithm is following. One ("basis") pixel per block with size of 4x4 pixels are processed with using of optimized second order delta-transformation and ADPCM (on significantly sharpen intervals). Missed at the first step pixels then are coded relative to basis pixel by ADPCM and quantized. Using of additional loss-less coding (for example, arithmetical coding) allows increase compression rate about 10-20 %. The computational complexity of proposed technique is 13 simple arithmetical operations (additions and shifts) for coding and 8 operations for decoding without loss-less coding as well as 28 additions and shifts plus 4 multiplication for coding and 23 additions and shifts plus 4 multiplication for decoding with one.

2. Interframe Compression Technique

The following issues were been kept in mind by authors during interframe coding algorithm. The most of difference frame blocks have a low dispersion so they may be coded by its average value. The rest of blocks may be efficiently coded with using of set of correction template matrixes. If applying of single matrix doesn't provide desired quality the series of matrix may be applied. As result of "matrix-correction scheme" the one or more index(es) of used matrix(es) in collection and scale factor for it(s) are transmitted.

The proposed algorithm has tolerable compression ratio and very low complexity relatively to modern motion compensation techniques based on move estimation. Computational complexity of it is from 3 to 73 additions and shifts per pixel for coding and 3 additions and shifts per pixel for decoding.

3. The Results of Experimental Investigations

The software that realizes techniques and algorithms discussed above allows get compression ration about 33-190 times under PSNR from 31 to 21 dB correspondingly. Coding rate is from 63 frames per second (source video is 320x240 pixels, 30f/s) to 230 frames per second (source video is 160x120 pixels, 10f/s). Decoding rate is from 321 to 1169 frames per second correspondingly.

The planned range of developed algorithms application is videoconferencing, supervisor and control systems, computer multimedia systems.