

УДК 004.627 + 004.272.26

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПРЕССИИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ

*Скрупский С.Ю.**Запорожский национальный технический университет, Украина*

Выполнен анализ основных параметров компрессии видеoinформации в распределенных системах. Экспериментально исследовано влияние этих параметров на показатели результата компрессии видеoinформации в распределенной системе.

Введение

Видеоинформацию хранят в архивах в сжатом цифровом виде, поскольку в несжатом виде она занимает значительные объемы памяти [1]. Проблема хранения видеoinформации особенно актуальна с распространением стандарта телевидения высокой четкости (HDTV) [2], так как видеoinформация, удовлетворяющая такому стандарту, занимает существенно большие объемы памяти по сравнению с видеoinформацией, удовлетворяющей стандарту SDTV [3]. Современные методы сжатия видеoinформации обладают высокой вычислительной сложностью [4], поэтому для достижения приемлемого для пользователя времени сжатия компрессию видеoinформации выполняют при помощи параллельных и распределенных компьютерных систем [5-7].

При сжатии видеoinформации в распределенной системе преследуется цель получить качественный результат с хорошим коэффициентом сжатия за приемлемое для пользователя время. Для достижения этой цели можно либо повысить производительность применяемого в распределенной системе оборудования, либо варьировать параметры кодера, осуществляющего компрессию видеoinформации.

Рассмотрим видеопоследовательности, разделяемые на части при помощи метода [8] и сжимаемые на узлах распределенной системы. Специфика, таких видеопоследовательностей заключается в том, что после разделения они ограничены одной сценой и их смежные кадры характеризуются значительной корреляционной зависимостью. Следовательно, наиболее трудоемкая операция оценки движения блоков в алгоритмах сжатия может быть выполнена на относительно небольшой ширине области поиска векторов движения без значительного ущерба качеству сжатия. В данной работе ставится задача экспериментально проверить эту гипотезу, а так же исследовать влияние параметров сжатия видеoinформации, разделяемой на части при помощи метода [8] и сжимаемой на узлах распределенной системы, на показатели результата компрессии.

Суть рассматриваемого метода разделения видеoinформации на части в распределенных системах заключается в вычислении коэффициентов корреляции между всеми смежными кадрами видеопоследовательности. Затем для коэффициента корреляции текущей пары кадров вычисляется значение функции чувствительности к смене сцен анализатора видеопоследовательности. Если значение функции чувствительности превышает значение модуля коэффициента корреляции, то видеопоследовательность разделяется на две части. Первая часть содержит кадры исходной видеопоследовательности до определенного с помощью функции чувствительности места слабой межкадровой корреляции, а вторая видеопоследовательность – с кадрами после места слабой межкадровой корреляции. Если же значение функции чувствительности меньше значения модуля коэффициента корреляции, тогда вычисляется значение функции чувствительности для следующей пары смежных кадров, которое сравнивается с соответствующим значением модуля коэффициента корреляции.

1 Параметры компрессии видеoinформации

Рассмотрим основные параметры компрессии видеoinформации: битрейт – количество бит, формируемых в единицу времени для кодирования видеопоследовательности; ширина области

поиска векторов движения операции оценки движения (ОД) блоков кадра, которую обозначим как Ω ; количество восстановленных кадров операции ОД блоков кадра (*ReFrames*).

Чем больше битрейт закодированной видеопоследовательности, тем меньше ее искажение относительно исходной, но тем больший объем памяти она занимает. Для видеопоследовательностей, удовлетворяющих стандарту HDTV, битрейт 0.5 – 2 Мбит/с условно считается малым, 2 – 6 Мбит/с – средним, а 6 Мбит/с и более на данный момент принято считать большим [9].

В соответствии с операцией ОД блоков кадры разбиваются на блоки, далее в рассматриваемом кадре для каждого блока, обозначаемого C_n , выполняется поиск в области Ω восстановленного кадра наиболее «похожего» блока, обозначаемого C_k , смещенного на вектор движения [10]. Ширина области поиска влияет как на качество результата, так и на время сжатия видеопоследовательности. Типичными значениями ширины области поиска ОД блоков кадра полным перебором являются 16, 32, 64 и 128 пикселей [9].

Чем точнее поиск векторов движения, тем ниже уровень искажения результата, но тем больше времени потребуется кодеру для сжатия видеoinформации. Так для более точного поиска векторов движения в современных стандартах сжатия видеoinформации применяют уточнение векторов движения до четверти пиксела. Для этого путем интерполяции формируют три дополнительных базовых блока, смещенных относительно найденного блока C_k на половину пиксела вправо, на половину пиксела вниз и на половину пиксела вправо-вниз. Затем из полученных четырех вектор-кандидатов выбирается лучший по какому-либо критерию вектор.

Для оценки движения блоков текущего кадра могут быть использованы не один, а несколько предыдущих или последующих в порядке воспроизведения восстановленных кадров. Тогда для совместного поиска векторов движения используются эти восстановленные кадры, что позволяет улучшить качество результата сжатия, но при этом увеличивается объем вычислений в алгоритме сжатия. Типичными значениями количества восстановленных кадров операции ОД являются 1, 3, 5 и 7 кадров [9].

К основным показателям результата сжатия относятся следующие [10]: коэффициент сжатия, уровень искажения, время сжатия видеопоследовательности (время, затрачиваемое кодером для осуществления алгоритма сжатия видеопоследовательности).

Коэффициент сжатия характеризует эффективность сжатия – отношение размера выходного файла, содержащего сжатую видеопоследовательность, к размеру входного файла, содержащего исходную видеопоследовательность. Чем эффективнее метод сжатия, тем меньше коэффициент сжатия.

Объективной характеристикой качества результата сжатия является уровень искажения восстановленной видеопоследовательности относительно исходной. Наиболее распространенной метрикой уровня искажения является Peak signal-to-noise ratio – PSNR, которая измеряется в дБ и вычисляется по формуле (1). Чем больше значение PSNR, тем ниже уровень искажения и качественнее сжатая видеопоследовательность

$$PSNR(x, y) = 10 \cdot \log_{10} \frac{255^2 \cdot W \cdot H}{\sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^H (x_{ij} - y_{ij})^2}, \quad (1)$$

где W и H – ширина и высота кадра видеопоследовательности, соответственно; x – восстановленная видеопоследовательность; y – исходная видеопоследовательность; i, j – индексы пиксела в кадре.

2 Организация экспериментов

В распределенную компьютерную систему для компрессии видеoinформации на специальный узел-анализатор поступает видеoinформация для сжатия. Анализатор принимает ее и выполняет

разделение видеопоследовательностей на части предложенным в [8] методом.

Получаемые в результате разделения части видеопоследовательностей по мере появления становятся в очередь на сжатие вычислительными узлами. Если какой-либо вычислительный узел свободен, то он изымает видеопоследовательность из очереди и сжимает ее с заданными параметрами при помощи программы FFmpeg [11], которая реализует алгоритмы стандарта MPEG-4/H264 [12]. Затем сжатая часть видеоинформации поступает в хранилище. Если все ресурсы заняты, то видеопоследовательность ожидает пока не освободится хотя бы один процессор. Такая организация вычислительного процесса позволяет избежать накладных расходов на синхронизацию процессоров, а так же сжимать части видеопоследовательностей по мере их поступления от узла-анализатора.

Для проведения экспериментов использован предоставленный для исследования методов сжатия видеоинформации кластер Института проблем моделирования в энергетике (ИПМЭ) им. Г.Е. Пухова г. Киев – 4 узла следующей конфигурации: процессор Intel Xeon 5405, оперативная память 4×2 ГБ DDR-2 на каждый вычислительный узел, коммуникационная среда InfiniBand 20Гб/с. На узлах кластера, задействованных в экспериментах, помимо FFmpeg установлено middleware ARC [13] с планировщиком Torque [14] на операционной системе CentOS 5.2.

В экспериментах использованы тестовые видеопоследовательности, удовлетворяющие стандарту HDTV, подробнее описанные в работе [8]: «Blue sky Pedestrian area», «Riverbed Station», «Rush hour Tractor». Они были получены конкатенацией файлов, содержащих общепринятые для тестирования методов сжатия видеопоследовательности [15, 16] с разрешением кадра 1920×1080 пикселей. Конкатенация обеспечивала дополнительные смены сцен. Результаты экспериментов для данной выборки видеопоследовательностей (которые после разделения ограничены одной сценой, их смежные кадры характеризуются значительной корреляционной зависимостью) позволяют сформировать выводы в целом относительно влияния параметров сжатия видеоинформации, разделяемой на части при помощи метода [8] и сжимаемой на узлах распределенной системы, на показатели результата компрессии.

Во всех экспериментах применено дискретное косинусное преобразование (DCT) для устранения интракадровой избыточности и контекстно-адаптивное двоичное арифметическое кодирование (CABAC) для статистического кодирования без потерь [10]. ОД блоков выполнялась полным перебором векторов движения с четвертьпиксельной точностью. Результаты экспериментальных исследований приведены в секции 3.

3 Результаты экспериментов и выводы

Результаты экспериментов позволяют сделать выводы о том, что на видеопоследовательности, получаемые после разделения видеоинформации на части в распределенной системе предложенным в [8] методом, параметры компрессии оказывают следующее влияние:

- повышение битрейта с 0.5 Мбит/с до 8 Мбит/с ведет к существенному улучшению качества (до 31.59 %), но, в то же время, к значительному ухудшению коэффициента сжатия (в 16.75 раз) и увеличению времени сжатия (в 6.6 раз);
- увеличение количества восстановленных кадров с одного до семи для ОД блоков при фиксированном битрейте 4 Мбит/с незначительно повышает качество сжатия (до 0.7 %) и не влияет на коэффициент сжатия, при этом время сжатия увеличивается существенно (в 3 раза);
- при фиксированном битрейте расширение области поиска векторов движения для ОД блоков существенно увеличивает время сжатия (в 9.2 раз при битрейте 0.5 Мбит/с, в 11.3 раз при битрейте 4 Мбит/с и в 12.5 раз при битрейте 8 Мбит/с). При этом, чем больше битрейт, тем меньше выигрыш в качестве от расширения области поиска ОД блоков. Коэффициент сжатия при битрейте 0.5 Мбит/с увеличивается от расширения области поиска ОД блоков, при битрейте 4 Мбит/с и более – не изменяется.

Перспективным представляется дальнейшее исследование влияния динамического изменения ширины области поиска векторов движения для каждого блока кадра видеопоследовательности на

производительность компрессии видеоинформации в распределенных системах.

Литература

- [1] Lossless Video Compression for Archives: Motion JPEG2k and Other Options / Media Matters Whitepapers. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.media-matters.net/docs/WhitePapers/WPMJ2k.pdf> — 1.02.2006 г. — Загл. с экрана.
- [2] Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange : ITU-R Recommendation BT.709, 2008. – 32 p.
- [3] H.261: Video codec for audiovisual services : ITU-T Recommendation H.261, 1993. – 29 p.
- [4] Performance analysis and architecture evaluation of MPEG-4 video codec system: IEEE International Symposium on Circuits and Systems / H.-C. Chang, L.-G. Chen, M.-Y. Hsu, Y.-C. Chang. – Geneva, 2000. – P. 449–452.
- [5] Performance Evaluation of Parallel MPEG-4 Video Coding Algorithms on Clusters of Workstations : PARELEC '04 Proceedings of the international conference on Parallel Computing in Electrical Engineering / A. Rodriguez, A. Gonzalez, M. P. Malumbres. – Washington DC, 2004. – P. 354–357.
- [6] Parallel Scalability of H.264 : Proceedings of the first Workshop on Programmability Issues for Multi-Core Computers / C.H. Meenderinck, A. Azevedo, M. Alvarez, B.H. Juurlink, A. Ramirez. – Goteborg, Sweden, 2008.
- [7] ON-DEMAND HD VIDEO USING JINI BASED GRID : ICME 2008 / S. Kent, P. Broadbent, N. Warren, S. Gulliver, 2008. – P. 1045–1048.
- [8] Скрупский С.Ю. Повышение эффективности сжатия видеоинформации в распределенных компьютерных системах / С.Ю. Скрупский // Электронное моделирование. – 2011, №6.
- [9] H.264/MPEG-4 AVC – Access mode: \www/ URL: http://en.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC — 28.09.2010 г. — Title from screen.
- [10] Скрупский С.Ю. Методы компрессии видеоинформации / С.Ю. Скрупский // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: “Обчислювальна техніка та автоматизація”. – 2011, № 21 (183). – С. 122–130.
- [11] FFmpeg. – Режим доступа: \www/ URL: <http://www.ffmpeg.org/>— 1.10.2010 г. — Загл. с экрана.
- [12] Advanced video coding for generic audiovisual services : ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10 (AVC), 2003. – 90 p.
- [13] Ellert M. Advanced Resource Connector middleware for lightweight computational Grids / M. Ellert, M. Grønager, A. Konstantinov, B. Kónya, J. Lindemann, I. Livenson, J.L. Nielsen, M. Niinimäki, O. Smirnova, A. Wäänänen // Future Generation Computer Systems. – 2007, Vol. 23, Issue 2 – P. 219–240.
- [14] Система пакетной обработки заданий torque. Руководство пользователя. – М. : Т-Платформы, 2008. – 31 с.
- [15] YUV Video Sequences / Arizona State University. – Режим доступа: \www/ URL: <http://trace.eas.asu.edu/yuv/> — 1.11.2010 г. — Загл. с экрана.
- [16] Xiph.org Test Media. – Режим доступа: \www/ URL: <http://media.xiph.org/video/derf/> — 1.11.2010 г. — Загл. с экрана.