

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

COMPUTER SCIENCE

УДК 004.627

doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-6-802-806

БЫСТРЫЙ АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ В ВИДЕОКОДЕКЕ СТАНДАРТА HEVC

Доан Тиен Бан, А.А. Тропченко

Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация
 Адрес для переписки: zayka_98rus@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию 14.09.20, принята к печати 20.10.20
 Язык статьи — русский

Ссылка для цитирования: Доан Тиен Бан, Тропченко А.А. Быстрый алгоритм оценки движения в видеокодеке стандарта HEVC // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20. № 6. С. 802–806. doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-6-802-806

Аннотация

Предмет исследования. Рассмотрена оценка движения как самый сложный и ресурсозатратный этап в стандарте высокоэффективного кодирования видеоизображений. Предложен быстрый алгоритм, позволяющий пропустить оценку движения дробных пикселей. **Метод.** Оценка движения дробных пикселей, включающая в себя оценку движения в половину и четверть пикселя, используется в качестве процесса уточнения оценки движения целочисленных пикселей, для обеспечения лучшей эффективности кодирования. Представленный алгоритм заключается в пропуске оценки движения дробных пикселей для блоков предсказания, если блок размерности $2N \times 2N$, содержащий больше информации, чем блоки других размеров, закодирован с целочисленной оценкой движения. Решение также может быть принято в ссылочных кадрах, так что оценка движения на уровнях половины и/или четверти пикселя для сокращения времени кодирования может быть пропущена. **Основные результаты.** Алгоритм реализован в эталонном программном обеспечении HM-16.20. Для оценки его эффективности использовался ряд стандартных видеопоследовательностей, предлагаемых международным союзом электросвязи ITU (International Telecommunication Union). Экспериментальные результаты показали, что предложенный быстрый алгоритм сокращает время кодирования в среднем на 64 % при потере производительности менее 1 %. **Практическая значимость.** Алгоритм обеспечивает сокращение времени кодирования при незначительной потере производительности и может быть использован для замены существующего блока в стандарте H.265 для ускорения процесса сжатия видео.

Ключевые слова

HEVC, сжатие видеоданных, межкадровое кодирование, оценка движения целочисленных пикселей, оценка движения дробных пикселей

doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-6-802-806

FAST MOTION ESTIMATION ALGORITHM FOR HEVC VIDEO CODEC

T.B. Doan, A.A. Tropchenko

ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation
 Corresponding author: zayka_98rus@mail.ru

Article info

Received 14.09.20, accepted 20.10.20
 Article in Russian

For citation: Doan T.B., Tropchenko A.A. Fast motion estimation algorithm for HEVC video codec. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2020, vol. 20, no. 6, pp. 802–806 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-6-802-806

Abstract

Subject of Research. The paper considers motion estimation as the most difficult and resource-consuming process in the high efficiency video coding standard. A fast algorithm is proposed that skips the fractional-pixel motion estimation. **Method.** The fractional-pixel motion estimation, including the half-pixel and quarter-pixel motion estimation, is used as a refinement process for integer-pixel motion estimation to provide better coding efficiency. The proposed algorithm involves skipping the fractional motion estimation for prediction blocks if the block with $2N \times 2N$ dimension, which contains more information than the other block sizes, is encoded with integer motion estimation. The decision can also be made in reference frames, so that motion estimation at half- and/or quarter-pixel levels can be skipped to reduce encoding

time. **Main Results.** The proposed algorithm is implemented in HM-16.20 reference software. Several test sequences recommended by the International Telecommunication Union (ITU) are used to evaluate its effectiveness. Experimental results show that the proposed fast algorithm reduces the encoding time by an average of 64 % with a performance loss of less than 1 %. **Practical Relevance.** The proposed fast algorithm provides a reduction in coding time with a slight loss in performance. It can replace an existing unit in the H.265 standard speed up the video compression process.

Keywords

HEVC, video compression, inter-frame coding, integer-pixel motion estimation, fractional-pixel motion estimation

Введение

В связи с быстрым развитием мультимедийных технологий высококачественный видеоконтент с высоким и сверхвысоким разрешением, видеосвязь в реальном времени, эффективная передача и обмен видео становятся все более важной частью повседневной жизни людей. Для того чтобы передать большое количество видеоданных с высоким качеством в соответствии с текущей ограниченной пропускной способностью, в 2013 году был разработан стандарт видеокодирования H.265/HEVC (High Efficiency Video Coding) [1], который позволяет снизить битрейт на 50 %, обеспечивая при этом эквивалентное качество по сравнению со своим предшественником H.264/AVC (Advanced Video Coding) [2, 3].

Как и в предыдущих стандартах видеокодирования, в HEVC играет ключевую роль оценка движения ME (Motion Estimation), которую предсказывает блок среди временно коррелированных кадров. Благодаря разнообразным изменениям, ME в HEVC может дать вдвое лучшую эффективность кодирования, чем H.264. Тем не менее при этом общая сложность ME, включая время и требуемую память, была значительно увеличена [4, 5].

В настоящей работе рассмотрен алгоритм оценки движения в HEVC. Чтобы облегчить сложность ME, предложены быстрые алгоритмы, ориентированные на использование оценки движения с дробными пикселями.

Оценка движения в HEVC

Межкадровое предсказание, включая его компонент — оценку движения, является одним из наиболее важных инструментов кодирования в HEVC. Используя временную избыточность из ранее закодированных кадров, может быть значительно уменьшен объем данных, необходимых для представления каждого кадра. Сначала кодируемое изображение делится на блоки, и для каждого блока кодер ищет опорные изображения, чтобы найти блок наилучшего соответствия. Такой блок называется прогнозированием соответствующего блока, а разность между исходным сигналом и сигналом прогнозирования кодируется различными средствами, такими как кодирование с преобразованием. Относительная позиция прогнозирования для исходного блока называется вектором движения MV (Motion Vector), и он передается в декодер вместе с остаточным сигналом. Эффективность кодирования видеокодеров повышается за счет использования дробной точности для векторов движения вместо целочисленной.

- В HEVC процесс ME делится на два этапа:
 1) оценка движения целочисленных пикселей IME (Integer Motion Estimation);
 2) оценка движения дробных пикселей FME (Fractional Motion Estimation) как процесс уточнения.

На этапе IME выполняется поиск из предсказательных векторов движения до тех пор, пока не будет получена наилучшая целочисленная позиция поиска.

FME используется для дальнейшего уточнения направления вектора движения путем проверки 49 положений субпикселя вокруг оптимального IME. В алгоритмах на основе интерполяции FME сначала ищет восемь полупикселей вокруг лучшего IME и находит минимальную стоимость кодирования $RDCost$. Восемь соседних четвертей пикселей этой позиции проверяется на втором этапе, чтобы найти оптимальную позицию IME. Между тем в алгоритмах без интерполяции, интерполяция субпикселя и вычисление $RDCost$ могут быть пропущены. В результате эти алгоритмы могут обеспечить гораздо большую экономию времени [6–12], но, с другой стороны, вызывают существенную потерю производительности кодирования.

FME является вычислительным узким местом кодера HEVC реального времени. Этот процесс может занять до 45,9 % времени кодирования HEVC, в то время как IME всего около 18 % [13]. В связи с этим снижение вычислительной сложности FME — важная задача для обеспечения работы кодера в реальном времени.

Предложенный быстрый алгоритм оценки движения в HEVC

Единицы предсказания PU (PredictionUnit) в межкадровом кодировании могут иметь разные размеры: $2N \times 2N$, $N \times 2N$, $2N \times N$, $2N \times nU$, $2N \times nD$, $nL \times 2N$, $nR \times 2N$, $N \times N$ (рис. 1). С учетом видеоконтента, PU $2N \times 2N$ содержит весь контент, больше, чем все остальные PU. В работе предложен быстрый алгоритм оценки

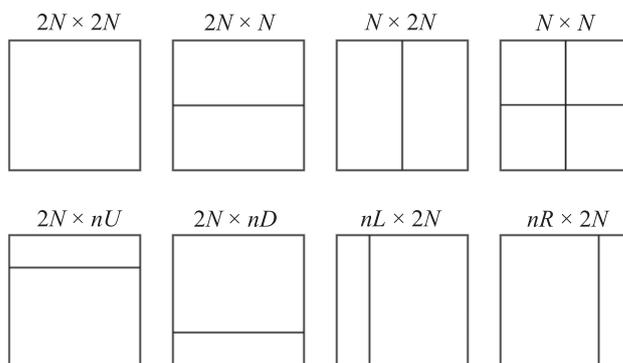


Рис. 1. Режимы межкадрового предсказания

движения, целью которого является пропуск FME, если он считается неважным. Он основан на предположении, что, если PU имеет размер $2N \times 2N$, то выбирается целочисленный вектор движения в качестве окончательного наилучшего. Значит данный PU имеет простое содержимое или активность медленного движения, и другие его разделения также будут кодироваться целочисленными векторами движения.

В результате процесс FME может быть пропущен, что снижает сложность кодирования. Предлагаемый быстрый метод можно кратко изложить следующим образом.

Шаг 1. Кодировать PU $2N \times 2N$. Если его лучший вектор движения является целочисленным, переходить к шагу 2. В противном случае переходить к шагу 3.

Шаг 2. Кодировать другие PU в текущем CU (Coding Unit), выполняя IME. Переходить к шагу 4.

Шаг 3. Кодировать другие PU в текущем CU, выполняя IME и FME.

Шаг 4. Завершение оценки движения.

Чтобы выбрать лучшую конфигурацию для единицы дерева кодирования, в ссылочных кадрах проверяют-

ся все возможные PU. Обычно используется четыре кадра, и они обрабатываются одинаково в процессе межкадрового кодирования. Но это может привести к возможному ненужному росту сложности, так как роли кадров разные. Чем ближе к текущему кадру, тем больше вероятность у кадра быть выбранным в качестве окончательной ссылки. Основываясь на этом наблюдении, сложность кодирования может быть дополнительно уменьшена, пропустив оценку движения в четверти пикселя для PU в зависимости от PU $2N \times 2N$. Общий алгоритм решения о пропуске оценки движения дробного пикселя представлен на рис. 2. Пошагово предлагаемый алгоритм можно описать следующим образом.

Шаг 1. Если текущим ссылочным кадром является первый кадр ($i = 0$), перейти к шагу 2. В противном случае перейти к шагу 4.

Шаг 2. Кодировать PU размерности $2N \times 2N$ с использованием IME, HME, QME.

Шаг 3. Если вектор движения PU $2N \times 2N$ является IMV или HMV, выполнить IME и HME для PU других размеров. В противном случае выполнить IME, HME и QME. Перейти к шагу 5.

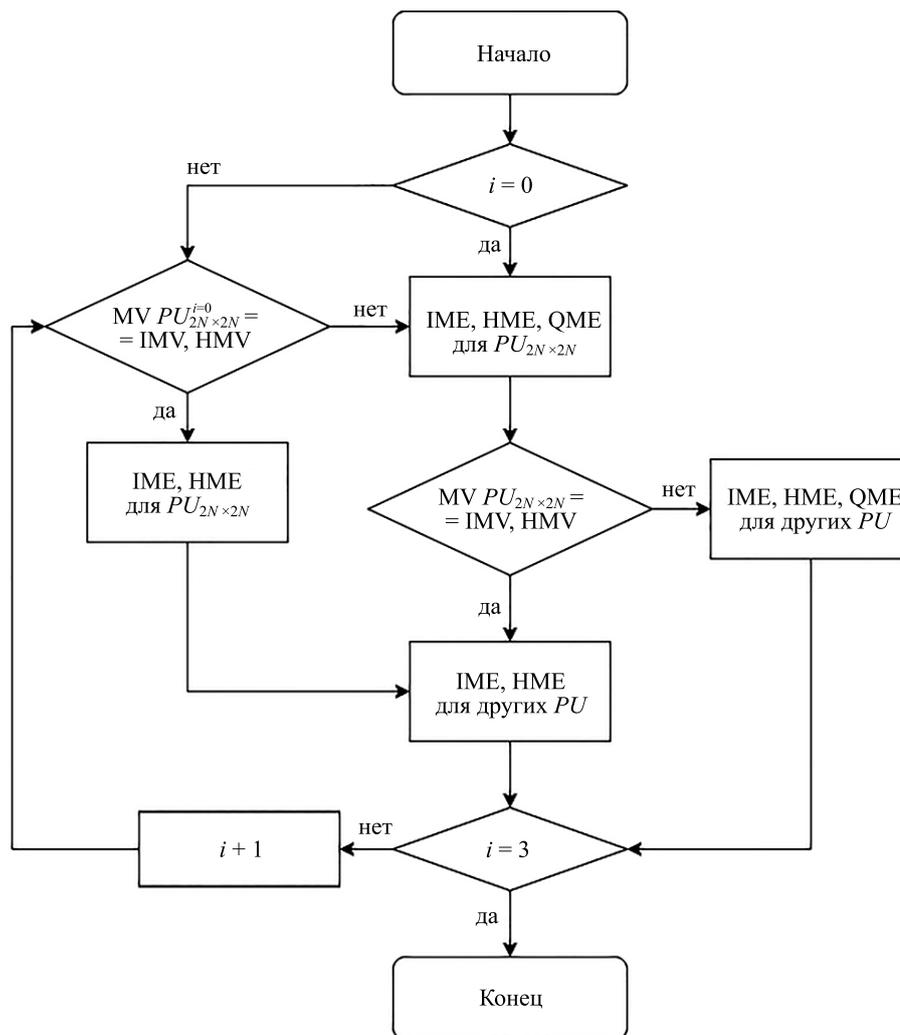


Рис. 2. Блок-схема предложенного алгоритма: i — ссылочный кадр; IMV, HMV — целочисленный (Integer Motion Vector) и полупиксельный (Half-pixel Motion Vector) вектора движения; HME, QME — оценка движения в полупикселе (Half-pixel Motion Estimation) и в четверти пикселя (Quarter-pixel Motion Estimation)

Шаг 4. Если вектор движения PU $2N \times 2N$ в первом ссылочном кадре является IMV или NMV, выполнить IME и NME для PU в данном ссылочном кадре и перейти к шагу 5. В противном случае перейти к шагу 2.

Шаг 5. Если текущий ссылочный кадр является последним кадром ($i = 3$), завершить кодирование PU. В противном случае увеличить i и перейти к шагу 4.

Если PU $2N \times 2N$ в первом ссылочном кадре закодирован с целочисленным или полупиксельным вектором движения, можно пропустить оценку движения четвертей пикселя для других разделений данного CU в этом кадре. Процесс кодирования PU $2N \times 2N$ в других ссылочных кадрах также может следовать от PU $2N \times 2N$ в первом ссылочном кадре. Решение о пропуске оценки движения в четверти пикселя QME для остальных размеров PU в данном кадре может быть принято на основе PU $2N \times 2N$ в их ссылочном кадре, что соответствует предыдущему алгоритму.

Экспериментальные результаты

Предложенный алгоритм реализован в эталонном программном обеспечении HEVC версии 16.20 (HEVC Test Model HM-16.20). Для сравнения с исходным алгоритмом проведены эксперименты с тестовыми последовательностями, рекомендованными агентством ITU (International Telecommunication Union) [14]. Тестовые видео классифицируются на категории по разрешению (таблица). Все кадры были закодированы с настройкой произвольного доступа RandomAccess-Main.

Эффективность предложенного алгоритма оценивается с помощью метрик Бьентегарда BD-BR (Bjontegaard-Delta Bitrate) и BD-PSNR (Bjontegaard-Delta PSNR) [15]. Сокращение времени кодирования ΔT используется для оценки сложности вычислений.

Литература

1. Sullivan G.J., Ohm J.-R., Han W.-J., Wiegand T. Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard // *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2012. V. 22. N 12. P. 1649–1668. doi: 10.1109/TCSVT.2012.2221191
2. Wiegand T., Sullivan G.J., Bjontegaard G., Luthra A. Overview of the H.264/AVC video coding standard // *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2003. V. 13. N 7. P. 560–576. doi: 10.1109/TCSVT.2003.815165
3. Ohm J.-R., Sullivan G.J., Schwarz H., Tan T.K., Wiegand T. Comparison of the coding efficiency of video coding standards-including high efficiency video coding (HEVC) // *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2012. V. 22. N 12. P. 1669–1684. doi: 10.1109/TCSVT.2012.2221192
4. Bossen F., Bross B., Sühring K., Flynn D. HEVC complexity and implementation analysis // *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. 2012. V. 22. N 12. P. 1685–1696. doi: 10.1109/TCSVT.2012.2221255
5. Grellert M., Shafique M., Khan M.U.K., Agostini L., Mattos J.C., Henkel J. An adaptive workload management scheme for HEVC encoding // *Proc. 20th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2013)*. 2013. P. 1850–1854. doi: 10.1109/ICIP.2013.6738381
6. Fan R., Zhang Y., Li B., Wang G. Multidirectional parabolic prediction-based interpolation-free sub-pixel motion estimation // *Signal Processing: Image Communication*. 2017. V. 53. P. 123–134. doi: 10.1016/j.image.2017.02.005

Таблица. Эффективность предложенного алгоритма по сравнению с оригинальным HM-16.20

Категория видео, пиксель	BD-BR, %	BD-PSNR, дБ	ΔT , %
A* (2560 × 1600)	0,49	−0,128	64,48
B* (1920 × 1080)	0,36	−0,079	64,21
C* (832 × 480)	0,58	−0,126	63,89
D* (416 × 240)	0,81	−0,159	64,82
Среднее	0,56	−0,123	64,35

* A, B, C, D ITU — разрешения видеопоследовательностей из рекомендованных для тестирования видеокодексов

Результаты сравнения предложенного алгоритма и оригинального HM-16.20 приведены в таблице. В среднем время кодирования снизилось на 64,35 %, при этом BD-BR увеличился 0,56 %, а потери BD-PSNR составили 0,123 дБ.

Заключение

Предложен быстрый алгоритм оценки движения с учетом пропуска оценки дробного движения. Это значительно ускоряет процесс оценки движения в HEVC. Алгоритм практически не влияет на качество изображения и скорость передачи данных. По сравнению с исходным алгоритмом в HEVC, предложенный алгоритм имеет экономию времени на 64,4 % с небольшой потерей производительности (менее 1 %).

References

1. Sullivan G.J., Ohm J.-R., Han W.-J., Wiegand T. Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2012, vol. 22, no. 12, pp. 1649–1668. doi: 10.1109/TCSVT.2012.2221191
2. Wiegand T., Sullivan G.J., Bjontegaard G., Luthra A. Overview of the H.264/AVC video coding standard. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2003, vol. 13, no. 7, pp. 560–576. doi: 10.1109/TCSVT.2003.815165
3. Ohm J.-R., Sullivan G.J., Schwarz H., Tan T.K., Wiegand T. Comparison of the coding efficiency of video coding standards-including high efficiency video coding (HEVC). *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2012, vol. 22, no. 12, pp. 1669–1684. doi: 10.1109/TCSVT.2012.2221192
4. Bossen F., Bross B., Sühring K., Flynn D. HEVC complexity and implementation analysis. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2012, vol. 22, no. 12, pp. 1685–1696. doi: 10.1109/TCSVT.2012.2221255
5. Grellert M., Shafique M., Khan M.U.K., Agostini L., Mattos J.C., Henkel J. An adaptive workload management scheme for HEVC encoding. *Proc. 20th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2013)*, 2013, pp. 1850–1854. doi: 10.1109/ICIP.2013.6738381
6. Fan R., Zhang Y., Li B., Wang G. Multidirectional parabolic prediction-based interpolation-free sub-pixel motion estimation. *Signal Processing: Image Communication*, 2017, vol. 53, pp. 123–134. doi: 10.1016/j.image.2017.02.005

7. Zhang Y., Shen T. Motion information based adaptive block classification for fast motion estimation // *Proc. 2008 IEEE International Conference on Neural Networks and Signal Processing (ICNNSP)*. 2008. P. 686–691. doi: 10.1109/ICNNSP.2008.4590438
8. Dai W., Au O.C., Pang C., Sun L., Zou R., Li S. A novel fast two step sub-pixel motion estimation algorithm in HEVC // *Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. 2012. P. 1197–1200. doi: 10.1109/ICASSP.2012.6288102
9. Jia S., Ding W., Shi Y., Yin B. A fast sub-pixel motion estimation algorithm for HEVC // *Proc. IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*. 2016. P. 566–569. doi: 10.1109/ISCAS.2016.7527303
10. Medhat A., Shalaby A., Sayed M.S., Elsabrouty M., Mehdipour F. Adaptive low-complexity motion estimation algorithm for high efficiency video coding encoder // *IET Image Process.* 2016. V. 10. N 6. P. 438–447. doi: 10.1049/iet-ipr.2015.0666
11. Zuo X., Yu L. A novel interpolation-free scheme for fractional pixel motion estimation // *Proc. 31st Picture Coding Symposium (PCS 2015)*. 2015. P. 80–84. doi: 10.1109/PCS.2015.7170051
12. Lim D.B., Choi Y.K., Lee H.J., Chae S.I. A fast fractional motion estimation algorithm for high efficiency video coding // *Proc. 15th International Conference on Electronics, Information, and Communications (ICEIC)*. 2016. P. 7562986. doi: 10.1109/ELINFOCOM.2016.7562986
13. Pan Z., Lei J., Zhang Y., Sun X., Kwong S. Fast motion estimation based on content property for low-complexity H.265/HEVC encoder // *IEEE Transactions on Broadcasting*. 2016. V. 62. N 3. P. 675–684. doi: 10.1109/TBC.2016.2580920
14. Bossen F. Common test conditions and software reference configurations. Document JCTVC-L1100, JCT-VC. 2012.
15. Bjontegaard G. Calculation of average PSNR differences between RD-curves. Document VCEG-M33, ITU-T. 13th VCEG Meeting. 2001.

Авторы

Доан Бан Тиен — аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 57205189770, ORCID: 0000-0003-0900-6284, bandoan@mail.ru

Тропченко Андрей Александрович — кандидат технических наук, доцент, доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 57197815120, ORCID: 0000-0001-9812-7947, zayka_98rus@mail.ru

Authors

Doan Ban Tien — Postgraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 57205189770, ORCID: 0000-0003-0900-6284, bandoan@mail.ru

Andrey A. Tropchenko — PhD, Associate Professor, Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 57197815120, ORCID: 0000-0001-9812-7947, zayka_98rus@mail.ru