

Алгоритм оценки и компенсации геометрических линейных искажений входных видео изображений

Ю.В. Слынько

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Кафедра информационных систем (ВЫМПЕЛ)

При съёмке видео изображений зачастую имеет место вибрация камеры, приводящая к нежелательному дрожанию получаемых изображений. В простейшем случае это небольшие колебания оптической оси камеры. В принципе, возможны существенные колебания, достигающие полукадра, особенно при съёмках с сильным увеличением. Кроме того, возможны и более сложные случаи, например, камера может не только колебаться, но и изменять ориентацию и положение в пространстве.

Тогда встаёт задача компенсации таких колебаний камеры и получения стабилизированных изображений. Основной частью задачи является определение параметров деформации изображения от кадра к кадру. Зная параметры деформации, можно провести обратное преобразование входного кадра к прежней системе координат (компенсацию деформации), и отображение полученного кадра на монитор стандартными средствами с использованием специализированной аппаратуры. В частности, на IBM совместимых компьютерах решить данную задачу позволяет графический процессор и библиотеки функций Direct 3D или OpenGL.

В данной статье особое внимание уделено алгоритмам определения параметров деформации изображений от кадра к кадру. Здесь мы ограничиваемся классом линейных (аффинных) деформаций. Несмотря на относительную простоту модели деформации, она позволяет описать такие типичные искажения, как смещение, поворот, сжатие, перекося и их комбинации.

Основной целью при разработке алгоритмов было обеспечение следующих двух качеств.

Во-первых, алгоритмы должны работать устойчиво с самыми разными видеопоследовательностями. Причем эти последовательности могут быть сняты в сложных условиях и иметь очень плохое качество, в частности учтена возможность работы при следующих условиях:

- a. Изображение мало контрастно с малым отношением сигнал-шум.
- b. Шумы негауссовы, коррелированные по времени и пространству и нестационарные.
- c. Дополнительные искажения изображения. Например – смазы, нелинейные геометрические искажения, нелинейные изменения яркости и цветности по кадру, искажения в оптике камеры и т.д.
- d. Искажение изображения за счет чересстрочной развёртки.
- e. Нестационарность самой снимаемой картины, т.е. движение одних её частей относительно других.

Во-вторых, данные алгоритмы должны обеспечивать обработку видеопотоков в реальном времени на современных неспециализированных вычислительных средствах.

Принципиальная схема алгоритма определения параметров деформации выглядит следующим образом.

1. *Определение сдвига по сжатым кадрам.* Исходные кадры сжимаются последовательно в 2 раза до получения кадра небольшого размера (~600

- точек). По этим сжатым кадрам определяется сдвиг, а затем итеративно этот сдвиг уточняется по кадрам большего размера (менее сжатым).
2. *Выбор информационных точек.* На исходном кадре выбираются наиболее информационные точки. Под критерием максимума информационности здесь подразумевается максимум функции автокорреляции для окрестности этой точки.
 3. *Определение сдвига отдельных точек.* Для каждой выбранной точки определяется сдвиг и ковариационная матрица оценки сдвига.
 4. *Вычисление параметров деформации.* По результатам определения сдвига для каждой точки определяются методом наименьших квадратов параметры аффинных преобразований всего кадра.

Наиболее трудной и трудоемкой задачей в данном алгоритме является алгоритм определения линейного сдвига (используемый в пунктах 1 и 3). В данной работе используется метод поиска минимума критерия «разности» кадров. Под «разностью» подразумевается сумма (по области пересечения кадров) квадратов разностей яркостей пикселей – среднеквадратичная невязка. Поиск же минимума осуществляется путем простого перебора всех значений из некоторой априорно-заданной области.

Однако таким образом возможно лишь нахождение целочисленного сдвига. Для его уточнения можно использовать, например, методы, описанные в статьях [5],[6].

Несмотря на простоту данного подхода и кажущуюся неоптимальность, данный алгоритм работает быстрее более изощренных (см. [1],[2],[3],[4]). Качество же его работы зачастую им не уступает.

Данный алгоритм был протестирован двумя различными способами:

1. *Тест на синтетических последовательностях.* Алгоритм запускался на обработку синтетических последовательностей, т.е. последовательностей, полученных путем геометрических и каких-либо других искажений одного изображения. При этом СКО определения сдвига была не более 0.5 пикселей, а СКО определения угла поворота не более 0.1° . Максимально же определяемые сдвиги были до полукадра, а углы до 10° .
2. *Тест на реальных последовательностях.* Алгоритм запускался на обработку реальных последовательностей, снятых в тяжелых условиях, например: низкокачественной веб-камерой, при сильном увеличении и тряске, в носных условиях. Трудность осуществления данного теста заключается в том, что неизвестны параметры геометрических искажений, и основным критерием работы являлось наличие «заведомо неправильных» измерений, т.е. ошибок в определении сдвига более 1-2 пикселей. Как показали исследования, вероятность таких ошибок не превышает 1 на 500 кадров, а на большинстве последовательностей существенно ниже.
3. *Тест на производительность.* Алгоритм запускался на синтетических и реальных последовательностях при ограничении времени обработки каждого кадра и измерялись условия, при которых алгоритм «разваливался», т.е. когда качество его работы падало вдвое. При этом на процессоре Pentium4 2.4 ГГц алгоритм качественно работает в реальном времени (30 кадров в секунду) при размере изображения свыше 1.3 мегапикселя.

Литература:

1. B. K. P. Horn and E. J. Weldon, Jr. Direct methods for recovering motion. *International Journal of Computer Vision*, 2:51–76, 1988.

2. R. Chipolla, Y. Okamoto, and Y. Kuno, "Robust Structure from Motion Using Motion Parallax," *Int'l Conf. Computer Vision*, pp. 374–382, Berlin, May 1993.
3. F. Lustman, O.D. Faugeras, and G. Toscani, "Motion and Structure from Motion from Point and Line Matching," *Proc. First Int'l Conf. Computer Vision*, pp. 25–34, London, 1987.
4. S. Negahdaripour and S. Lee, "Motion Recovery from Image Sequences Using First-Order Optical Flow Information," *IEEE Workshop Visual Motion*, pp. 132–139, Princeton, N.J., Oct. 1991.
5. А.К. Ким, А.Е. Колесса, В.Н. Лагуткин, А.В. Лотоцкий, В.Г. Репин. Алгоритмы идентификации и подавления нестационарного мешающего фона и повышение разрешающей способности в оптическом сенсоре с хаотически колеблющейся оптической осью и динамическими аберрациями. Радиотехника, 1998, №12
6. Колесса А.Е., Лагуткин В.Н., Лукьянов А.П., Слынько Ю.В. Комплекс алгоритмов оценки и компенсации геометрических линейных искажений входной информации, полученной при неизвестных динамических изменениях системы координат наблюдателя. Вопросы радиоэлектроники, 2004, Вып. 1.