

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ

А. А. Серeda, Ю.В. Ладыженский

Донецкий национальный технический университет

В статье рассмотрено применение специализированных параллельных процессоров для повышения скорости отслеживания объектов в видеопотоке, связь задачи отслеживания объектов с задачей определения движения при кодировании видео и подходы к созданию процессоров для отслеживания объектов.

Задача отслеживания перемещений объектов возникает при построении систем безопасности, контроля технологических процессов, организации человеко-машинного интерфейса и в других областях человеческой деятельности. Под отслеживанием подразумевается определение координат объекта или отдельных его частей в определенные моменты времени. Одним из подходов к решению данной задачи является автоматизированный анализ видеозаписи движения объектов.

Во многих алгоритмах отслеживания объектов в видеопотоке решается задача отслеживания перемещения фрагмента изображения, который слабо изменяется на протяжении некоторого времени и обладает особенностями, делающими его отличным от других фрагментов такой же формы [1, 2].

Пусть S_t – текущий кадр, S_{t-d} – некоторый предшествовавший ему кадр, $P_{t-d} = \{(x_i^{t-d}, y_i^{t-d})\}$ – множество координат пикселей отслеживаемого фрагмента в предыдущем кадре. Требуется найти фрагмент текущего кадра, состоящий из пикселей с координатами $P_t = \{(x_i^t, y_i^t)\}$, такой, что мощности множеств P_t и P_{t-d} равны, $x_i^t = x_i^{t-d} + dx$, $y_i^t = y_i^{t-d} + dy$ и различие между этими фрагментами минимально. Степень различия может определяться различными способами, часто используется сумма модулей разностей яркостей $SAD(P_t, P_{t-d}) = \sum_{(x,y) \in P_{t-d}} |S_t(x+dx, y+dy) - S_{t-d}(x, y)|$.

Искомый фрагмент P_t может быть найден путем перебора всех фрагментов в окрестности исходного фрагмента P_{t-d} и сравнения их с P_{t-d} . Такой перебор обладает большой вычислительной сложностью.

Другие методы поиска достигают большего быстродействия за счет снижения точности, используя 2 идеи [3, 4, 5]:

- 1) перебирать не все, а только некоторые фрагменты P_t ;
- 2) сравнивать не все пиксели фрагментов, а лишь часть.

В быстрых алгоритмах поиск подходящего фрагмента является итеративным. Фрагменты, рассматриваемые на текущем шаге, определяются результатами сравнений на предыдущем шаге. Начальная позиция для поиска может быть предсказана на основе результатов анализ соседних блоков и предыдущего кадра.

Решение задачи поиска фрагментов может занимать большую часть вычислительного времени при отслеживании объектов. При этом поиск фрагмента сводится к малому числу простых операций над элементами двумерных массивов (нахождение абсолютной разности и сложение) и может быть эффективно реализован на специализированных параллельных процессорах.

Подобная задача (motion estimation) решается и при кодировании видео, в частности, по стандартам MPEG 1, 2 и 4. Для ее решения разработаны алгоритмы [3, 4, 5] и специализированные процессоры [5, 6]. Решение задачи при отслеживании объектов имеет следующие особенности:

- 1) фрагменты могут иметь произвольную форму и размер, в то время как при кодировании видео используются прямоугольные блоки со сторонами, являющимися степенью двойки;

- 2) для произвольно расположенных фрагментов P_{t-d} ищутся произвольно расположенные фрагменты P_t , в то время как при кодировании видео для расположенных в строго определенных местах блоков P_t ищутся произвольно расположенные блоки P_{t-d} ;

- 3) при отслеживании фрагментов в течение длительного времени не должна накапливаться ошибка в координатах фрагмента, что обычно не требуется при кодировании видео;

- 4) может потребоваться найти все подходящие фрагменты, в то время как при кодировании видео достаточно любого подходящего.

Поэтому процессоры, определяющие векторы движения при кодировании видео, плохо подходят для отслеживания перемещений объектов. В настоящее время в исследованиях, посвященных отслеживанию объектов, не уделяется достаточно внимания специализированным процессорам, поэтому актуальной является их разработка.

Типы специализированных процессоров, которые могут быть применены при отслеживании объектов, показаны на рис. 1.

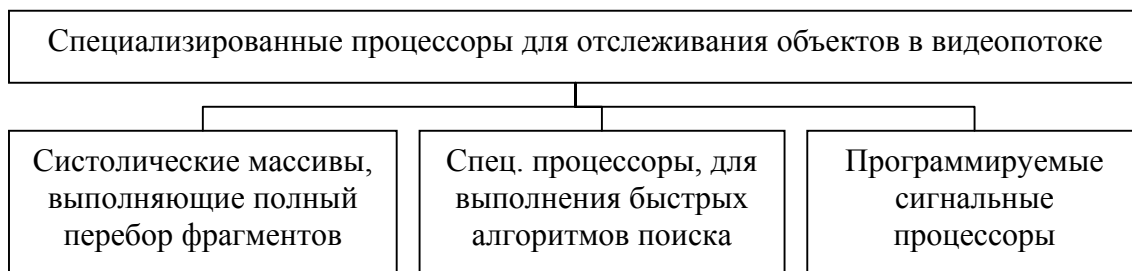


Рис. 1 – Типы специализированных процессоров

Возможно построить систолический массив, выполняющий полный перебор фрагментов, имеющий полную загрузку вычислительных ячеек [7]. Основное достоинство подхода – простота и регулярность структуры.

Процессор, предназначенный для выполнения одного из алгоритмов сокращенного поиска, может выполнять параллельно сравнение различных элементов двух блоков. Для этого может быть использован систолический массив [5]. Однако, сравнения блоков, относящихся к разным шагам работы алгоритма, должны выполняться последовательно, т. к. от результатов сравнений зависит направление дальнейшего поиска. Достоинствами подхода по сравнению с предыдущим являются низкое энергопотребление и меньшие аппаратные затраты [6]. Недостатком является меньшая точность.

При использовании готовых программируемых сигнальных процессоров производительность на единицу стоимости будет наименьшей [5]. При этом не нужно разрабатывать и производить новое аппаратное обеспечение.

Для повышения быстродействия можно использовать несколько однотипных процессоров, работающих параллельно. При этом возможны различные архитектуры вычислительной системы (связь через общую шину, процессорная матрица, гиперкуб).

Для учета особенности 1) можно добавить в имеющиеся архитектуры процессоров, рассчитанные на поиск прямоугольных блоков, поддержку битовой маски или матрицы весовых коэффициентов для пикселей искомого блока. Тогда процессоры смогут работать с блоками произвольной формы, что позволит использовать более точные алгоритмы отслеживания, но может привести к увеличению аппаратных затрат.

Матрица весовых коэффициентов может быть использована при реализации алгоритма, подобного описанному в [2].

Во многих алгоритмах отслеживания используется метод вычитания фона (background subtraction) [8]. Использование при сравнении фрагментов кадров битовых масок, определяющих

принадлежность пикселей кадра к фону или объекту, может повысить точность, однако привести к повышению аппаратных затрат.

Для учета особенности 3) можно:

1) определять перемещения фрагментов с субпиксельной точностью;

2) сравнивать блоки, находящиеся в кадрах, разделенных большим временным промежутком (длина которого лимитирована временем, в течение которого изменения отслеживаемого фрагмента малы).

Создание и применение специализированных параллельных процессоров, предназначенных для отслеживания перемещения участков изображения в видеопотоке, реализующих указанные подходы, позволит существенно повысить скорость решения задачи.

Литература

[1] А.А. Серeda, Ю.В. Ладыженский. *Компьютерный анализ видеозаписей футбольного матча: гибридный алгоритм отслеживания движения объектов.* // Сб. трудов II Междунар. студ. науч.-тех. конф. "Информатика и компьютерные технологии 2006".

URL: http://cs.dgtu.donetsk.ua/studconf/2006/CS_2006_Proceedings.pdf

[2] R. Cucchiara, C. Grana, G. Tardini. *Track-based and object-based occlusion for people tracking refinement in indoor surveillance.* Proceedings of the ACM 2nd international workshop on Video surveillance & sensor networks 2004, New York, NY, USA, October 15, 2004.

URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1026799.1026814>

[3] M. Rehan, P. Agathoklis, A. Antoniou. *Flexible Triangle Search Algorithm for Block-Based Motion Estimation.* EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, vol. 2007, Article ID 28782, 14 pages, 2007.

URL: <http://www.hindawi.com/GetArticle.aspx?doi=10.1155/2007/28782>

[4] A. Hamosfakidis, Y. Paker. *A Novel Hexagonal Search Algorithm for Fast Block Matching Motion Estimation.* EURASIP Journal on Applied Signal Processing, vol. 2002, no. 6, pp. 595-600, 2002. URL:

<http://www.hindawi.com/GetArticle.aspx?doi=10.1155/S111086570220311X>

[5] Sheu-Chih Cheng, Hsueh-Ming Hang. *A Comparison of Block-Matching Algorithms Mapped to Systolic-Array Implementation.* IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 7, no. 5, pp. 741-757, 1997.

URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=633491

[6] *Adaptive Motion Estimation Processor for Autonomous Video Devices.* T. Dias, S. Momcilovic, N. Roma, L. Sousa. EURASIP Journal on Embedded Systems, vol. 2007, Article ID 57234, 10 pages, 2007.

URL: <http://www.hindawi.com/GetArticle.aspx?doi=10.1155/2007/57234>

[7] Систолические структуры: Пер. с англ. / Под ред. У. Мура, Э. Маккейба, Р. Уркхарта. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.: ил.

[8] Y. Chen, C. Han, X. Kang. *Background Information Fusion and its Application in Video Target Tracking.*

URL: <http://www.fusion2004.foi.se/papers/IF04-0747.pdf>

Получено 01.06.07