

УДК 004.932.2

## ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ

А.А. Серeda, Ю.В. Ладыженский

Донецкий национальный технический университет

В докладе рассмотрена параллельная вычислительная система для отслеживания перемещения объектов в видеопотоке в реальном времени. Описан способ распараллеливания алгоритма и использованные программные технологии. Приведена экспериментальная оценка эффективности.

Необходимость отслеживания объектов в видеопотоке возникает во многих областях деятельности, в частности, при создании систем автоматизированного анализа спортивных соревнований. В [1] представлен метод и алгоритм отслеживания перемещения объектов, способный отслеживать частично перекрытые объекты. Он основан на отслеживании перемещения множества небольших фрагментов движущихся объектов и составлении траекторий движения объектов из траекторий фрагментов. В методе используется построение модели статичного фона и вычитание фона из кадра для выделения объектов, а также распознавание объектов-людей.

При выполнении на одном процессоре разработанный алгоритм обеспечил быстроедействие, достаточное для отслеживания в реальном времени движения футболистов на видеозаписи разрешением 672x368, но недостаточное для анализа в реальном времени видео большего разрешения или видео с нескольких камер.

Для обеспечения большей скорости анализа, целесообразно использовать параллельную вычислительную систему. Распараллеливание можно выполнить следующими способами:

1. При анализе данных с нескольких видеокамер целесообразно выполнять анализ и операции ввода-вывода для каждой камеры на отдельном процессоре. Процессы, соответствующие различным камерам, могут отсылать координаты объектов отдельному процессу, занятому объединением данных, получаемых с нескольких камер.

2. При анализе одной или нескольких видеозаписей возможно разбить каждую из них по времени на несколько отрезков и проанализировать их параллельно, после чего определить соответствия между объектами на границах соседних отрезков времени каждой видеозаписи. Параллельные процессы могут выполняться в пакетном режиме и не обмениваться данными во время выполнения.

3. Возможно параллельно выполнять операции, относящиеся к анализу одного кадра. При этом неизбежен интенсивный обмен данными и синхронизация между параллельными процессами.

Во всех способах из-за нерегулярности алгоритмов используется параллельная архитектура MIMD.

Первые два способа распараллеливания не требуют модификации последовательного алгоритма анализа и теоретически позволяют достичь ускорения, близкого к числу используемых процессоров. Третий способ является более сложным и обеспечивает ускорение в меньшее число раз, чем число используемых процессоров. Однако, только он позволяет анализировать в реальном времени видео высокого разрешения, для анализа которого не хватает производительности одного процессора. Этот способ и рассматривается подробнее в данном докладе.

Наиболее ресурсоемкими операциями разработанного алгоритма, которые целесообразно выполнять параллельно, являются:

- а) моделирование статичного фона сцены и вычитание фона из кадра (в среднем 12% от времени анализа кадра на одном процессоре);
- б) отслеживание фрагментов объектов (45% времени);
- в) распознавание объектов, имеющих вид человека (11% времени).

Моделирование фона и вычитание фона могут быть распараллелены путем разбиения кадра на равные по площади области. Каждый процессор моделирует и вычитает фон в одной такой области. Время работы используемого алгоритма моделирования фона пропорционально площади изображения, поэтому данный шаг обеспечивает равномерную нагрузку на все процессоры.

Отслеживание перемещения каждого фрагмента объекта и распознавание каждого объекта, похожего на человека, может быть выполнено независимо. Каждому процессору передается равное количество участков кадра для распознавания и фрагментов, подлежащих отслеживанию.

Один из процессоров кроме вычислений выполняет все операции ввода-вывода. Назовем его основным.

Алгоритмы анализа траекторий обладают меньшей регулярностью, чем описанные выше операции. Многие шаги требуют наличия в каждом вычислительном узле полного списка объектов и их фрагментов, полученного на предыдущем шаге, что при распараллеливании вызовет необходимость многократных обменов данными и синхронизаций. При этом время выполнения всех

операций, связанных с анализом траекторий объектов, занимает 24% от общего времени анализа на одном процессоре. В разработанной параллельной системе все алгоритмы анализа траекторий выполняются последовательно на основном процессоре.

Выполнение всех операций, не подвергшихся распараллеливанию, занимает 32% от общего времени анализа на одном процессоре. Из-за этого все процессоры, кроме основного, имеют неполную загрузку.

На рис. 1 в нотации UML приведена диаграмма деятельности для параллельного анализа одного кадра. Перед началом анализа кадра в основном процессе имеются списки объектов и их фрагментов, полученные на предыдущем шаге, а в каждом процессе – модель фона в соответствующей части кадра. Эти структуры являются и выходными данными.

Возможно использовать различные технологии организации параллельных вычислений. Выбор технологии определяется структурой параллельной вычислительной системы. В данном исследовании использованы две технологии.

Для выполнения на одном многопроцессорном компьютере используется параллельное выполнение нескольких потоков в рамках одного процесса. Синхронизация потоков осуществляется при помощи критических секций. Потоки обращаются к структурам данных, находящихся в общей памяти, поэтому накладные расходы на обмен данными практически отсутствуют.

Для выполнения на кластере используется параллельное выполнение нескольких процессов, обменивающихся сообщениями по стандарту MPI. Запуск и управление процессами осуществляется ПО Microsoft Compute Cluster. Один и тот же код может выполняться на многопроцессорном компьютере или кластере с любым числом процессоров. Перед пересылкой данных, находящихся в динамических структурах (областей кадра, подлежащих распознаванию, фрагментов объектов и матрицы пикселей объектов) происходит их упаковка в непрерывную область памяти, содержимое которой затем пересылается как массив байт. Накладные расходы на пересылку данных существенно выше, чем при выполнении нескольких потоков в рамках одного процесса.

Эффективность распараллеливания была оценена экспериментально. Аппаратное обеспечение включало компьютеры с двухъядерными процессорами Intel Core 2 6320 и сеть Ethernet 10 Мбит/с. Анализировалась видеозапись футбольного матча разрешением 1344x736, содержащая 12 движущихся людей и мяч.

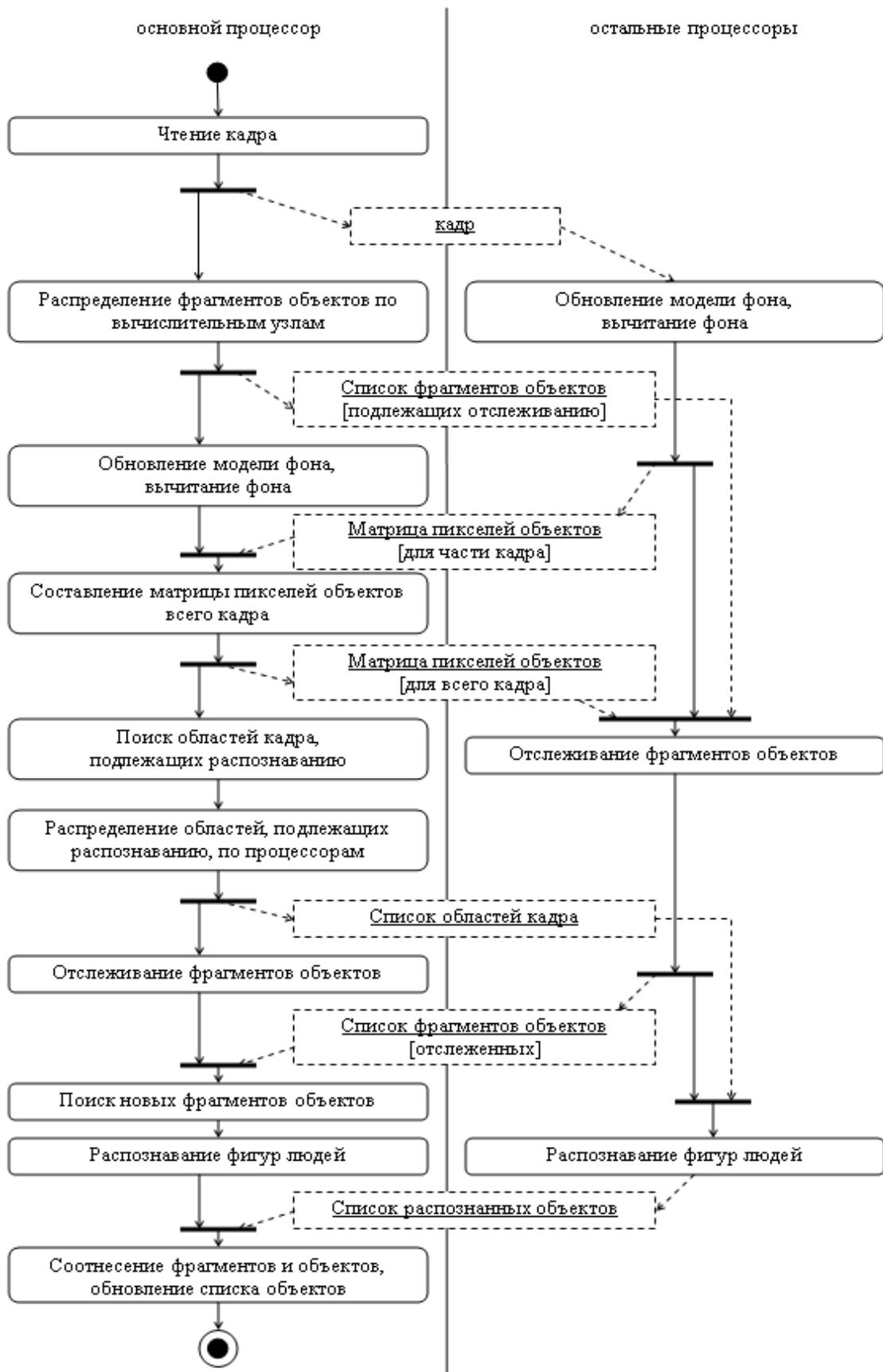


Рис. 1. Схема параллельного анализа кадра

Среднее время, занимаемое различными операциями при анализе одного кадра, приведено в таблице 1. Приведенные величины относятся к потоку команд, выполняющему операции ввода-вывода и последовательные алгоритмы, и не включает времени чтения видеофайла.

Таблица 1

Технология распараллеливания	Число процессоров	Среднее время, мс				
		Анализ кадра (всего)	Последовательные операции	Параллельные операции	Упаковка данных	Передача данных
отсутствует	1	211	71	139	-	-
многопоточность	2	146	72	75	-	-
	2	196	93	69	9	26
	3	622	102	48	9	463
обмен сообщениями по протоколу MPI	4	650	105	32	10	504

Как видно из таблицы 1, параллельное выполнение программы на двух процессорах обеспечивает ускорение в 1.44 раза. При выполнении на одном многопроцессорном компьютере использовать многопоточность в рамках одного процесса выгоднее, чем несколько процессов, обменивающихся данными по протоколу MPI, за счет меньших накладных расходов на пересылку данных. Резкое увеличение времени передачи данных при переходе от двух к трем процессорам объясняется переходом от выполнения на одном компьютере к выполнению на двух компьютерах. Пропускной способности сети 10 Мбит/с недостаточно для эффективного выполнения данного параллельного алгоритма.

По результатам экспериментов можно сделать вывод о том, что параллельный анализ одного видеопотока в реальном времени целесообразно выполнять на одном многопроцессорном компьютере. При этом протокол MPI остается удобным средством коммуникации между несколькими компьютерами, каждый из которых занят анализом одного видеопотока. При параллельном анализе видеопотока на одном многопроцессорном компьютере перспективным выглядит использование для выполнения регулярных операций специализированных параллельных сопроцессоров, в том числе процессоров графических ускорителей.

#### Литература

1. Ладиженський Ю.В., Серета А.О. Відстежування об'єктів у відеопотоці на основі відстежування переміщення фрагментів об'єктів//Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія "Обчислювальна техніка та автоматизація". Випуск 17 (148)

Получено 29.05.09