



И.Е. Ландовская, В.Д. Фроловский

АЛГОРИТМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

(Новосибирский государственный технический университет)

Задача визуализации тканей является одной из традиционных задач в компьютерной графике. Она стала особенно актуальной в настоящее время, с развитием киноиндустрии, где компьютер все чаще используется для создания кино- и мультфильмов. Сцены, герои фильма и их одежда моделируются на компьютере, что в частности требует реалистичной визуализации тканей. Не менее важными областями применения данной задачи являются моделирование и визуализация синтетических и натуральных тканей при дизайне интерьеров, в индустрии моды, при создании компьютерных игр.

Моделирование ткани - один из сложнейших аспектов компьютерной графики, поскольку сама ткань является обманчиво простым объектом реального мира, который считается сам собой разумеющимся. В действительности же процесс взаимодействия материала с окружающей средой достаточно сложно описать с помощью математических формул.

Ткань представляет собой пространственную сетку, образованную переплетением в определенной последовательности двух взаимно перпендикулярных систем нитей. Поэтому при моделировании на компьютере тканый материал представляет собой сетку из множества частиц. Для решения уравнений движения этих частиц мы применяем явный метод, а именно схему с перешагиванием. В этом методе на каждом шаге интегрирования вначале вычисляется новое значение скорости, которое затем используется для вычисления значений координат на этом шаге.

Основной недостаток явных методов заключается в том, что для обеспечения устойчивости требуется выбирать достаточно малые значения шага, что приводит к значительному увеличению времени на получение результатов расчетов.

Моделирование взаимодействия каждой из этих частиц с многогранным объектом, который представлен сеткой из большого числа треугольников также является достаточно затратным по времени процессом. Увеличение размерности модели заметно повышает реалистичность результатов, но при этом существенно замедляет процесс моделирования. Сокращение времени расчетов можно добиться, воспользовавшись методом параллельных вычислений, который помогает повысить скорость получения результатов за счет использования вычислительных ресурсов нескольких процессоров одновременно [1].

Первый алгоритм передачи данных между процессами предполагал передачу данных между процессами всей матрицы координат точек детали, число которых составляет порядка нескольких тысяч, что занимало достаточно много



общего времени вычислений и сводило преимущества параллелизма к минимуму.

Для уменьшения временных потерь на передачу данных между процессами был разработан усовершенствованный алгоритм, который позволяет обмениваться процессам только четырьмя строками матрицы, что значительно повышает его эффективность. Этот алгоритм учитывает тот факт, что для вычисления значений координат точки ткани используются значения координат двенадцати ее соседних частиц.

Матрица частиц детали делится на количество, равное количеству процессов в программе. Каждый процесс обрабатывает только свою часть матрицы, а затем происходит обмен данными, в котором процессы обмениваются значениями координат двух крайних строк своей части матрицы, рисунок 1.

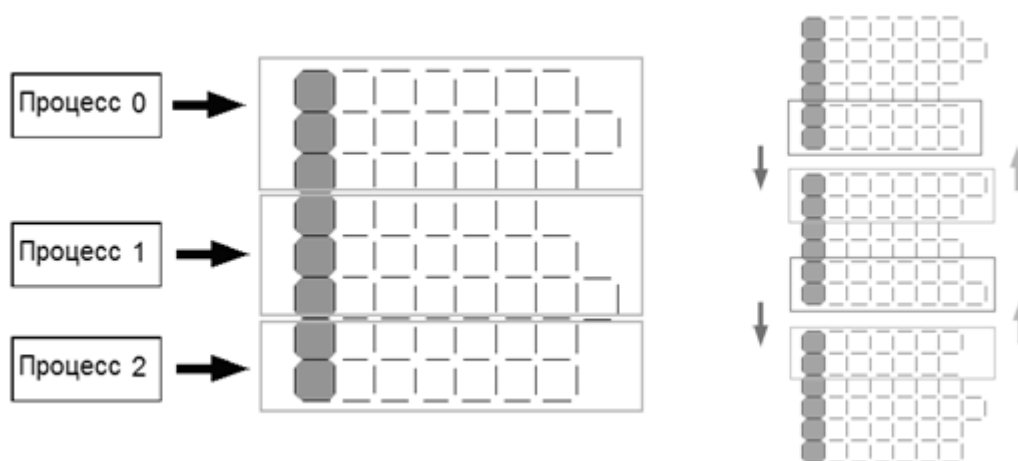


Рис. 1. Разделение данных и обмен между процессами

Численные эксперименты подтвердили эффективность данного подхода к распараллеливанию моделирования ткани. Результаты численных экспериментов представлены в таблице 1.

Моделирование взаимодействия ткани с многогранным объектом, который представлен сеткой из большого числа треугольников, также является достаточно затратным по времени процессом. Увеличение размерности модели заметно повышает реалистичность результатов, но при этом существенно замедляет процесс моделирования.

Для того чтобы воспользоваться параллельным алгоритмом, в каждом процессе создается копия объекта и процесс вычисляет пересечения только своей части матрицы частиц детали с гранями объекта, что позволяет избежать лишнего обмена данными между процессами и резко сократить время вычислений.

Параллелизм программы достигается как на уровне потоков, за счет применения библиотеки OpenMP, так и на уровне процессов, для этого применяется библиотека MPICH2 [2]. В каждом процессе порождается заданное количество потоков, что полностью соответствует SPMD-модели, представленной на рисунке 2. Из рисунка видно, что алгоритм может использоваться как в систе-



мах с общей, так и системах с распределенной памятью, что увеличивает масштабы его использования.

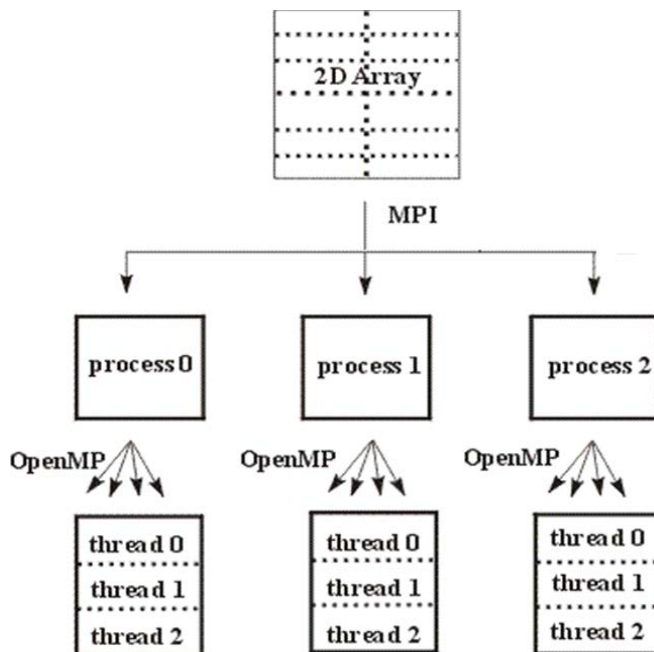


Рис. 2. Модель SPMD - одна программа, несколько потоков данных

Были разработаны программы, реализующие различные алгоритмы параллелизма. Они позволили провести ряд численных экспериментов и проанализировать эффективность каждого из алгоритмов.

В качестве критерия оптимальности выступает время получения результатов моделирования. Этот критерий выбран, так как он является одним из основных для данной задачи.

Алгоритмы тестировались в восьмиядерной многопроцессорной среде с общей памятью, но уникальность алгоритмов позволяет их применение и в многопроцессорных средах с распределенной памятью. Были проведены эксперименты для каждого алгоритма с использованием различных контуров детали и различных типов объектов.

Все проведенные вычисления показывают приблизительно одинаковые коэффициенты уменьшения временных затрат, результаты одного из экспериментов представлены в таблицах 1, 2. Графические результаты моделирования отображены на рисунке 3.

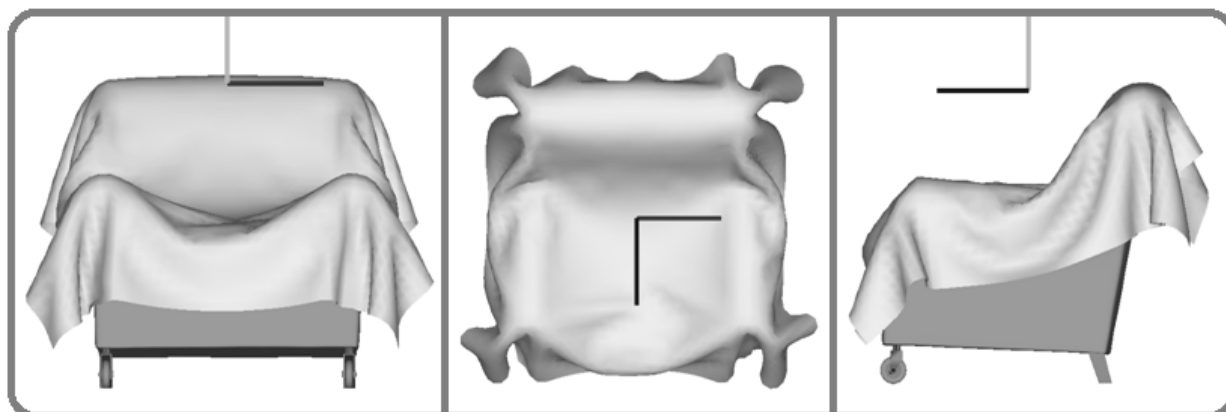


Рис. 3. Результаты моделирования

Таблица 1. Время получения результатов моделирования движения ткани (в секундах)

	1 процесс	2 процесса	4 процесса	6 процессов	8 процессов
Обмен всей матрицей	36,64	32,56	40,41	51,49	63,70
Обмен 4-мя строками матрицы	36,64	19,25	11,33	9,24	8,67

Таблица 2. Время получения результатов моделирования взаимодействий ткани с твердым объектом

Количество процессов	1	1	1	1	2	2	4	4	8
Количество потоков	1	2	4	8	1	4	1	2	1
Время расчета (сек)	71,85	42,52	25,78	16,11	43,44	16,98	28,00	18,21	20,80

Исходя из полученных во время экспериментов данных, для программной реализации были выбраны алгоритмы, показавшие наилучшие результаты. Из таблиц видно, что наименьшее время получения результата достигается при запуске алгоритма в системах с общей памятью, так как не расходуется время на передачу данных между процессами. Следовательно, для достижения максимальной эффективности от применения параллельного алгоритма нужно создавать максимальное количество потоков, а количество процессов сводить к минимуму.

Разработанный на основе параллельного алгоритма программный комплекс, позволяет моделировать поведение ткани при падении на поверхность твердого многогранного объекта, и предназначен для исследовательских целей, однако может использоваться и для решения практических задач. Одним из возможных применений комплекса является решение задач моделирования



сборки изделий из ткани в системах автоматизации проектирования легкой промышленности, а также при создании компьютерных игр и анимации.

Литература

1. Корнеев В.Д. Параллельное программирование кластеров : учеб. пособие / В.Д. Корнеев. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2008. – 312 с.
2. Хьюз К., Хьюз Т. Параллельное и распределенное программирование на C++.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 672 с.: ил.

М.С. Мезенцева

ОПТИМАЛЬНОСТЬ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ГАУССА

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Мы живем в эпоху прогресса, во время, когда наука не стоит на месте, появляются новые изобретения, которые облегчают человеку жизнь. Наблюдается бум построения мощных вычислительных систем. Та или иная страна старается быть первой в научном развитии. Становится все больше машин под названием «суперкомпьютер».[1, с.232] Что же под ним скрывается? Суперкомпьютер - вычислительная машина, значительно превосходящая по своим техническим параметрам большинство существующих компьютеров. Например, суперкомпьютер JUQUEEN имеет 458752 ядер, Stampede-462462 ядер. Поэтому тема распараллеливания, при котором в работе участвуют все ядра компьютера, носит актуальный характер.

В качестве математической модели, на которой были проведены исследования по распараллеливанию, был взят, пожалуй, известный всем метод Гаусса, предназначенный для решения системы линейных уравнений. Он применяется во многих сферах: экономике, математике, информатике. Метод Гаусса был реализован в QT на языке программирования C++.

Программа наряду с расчетом уравнений, осуществляет подсчет времени, в течение которого, происходили вычисления. Так при линейном алгоритме программы и при небольшом количестве уравнений, расчет системы происходит довольно быстро. Например, матрицу из 4 уравнений, программа приводит к ступенчатому виду буквально за 0,1 секунды. С увеличением числа уравнений, увеличивается и время. И уже 1000 уравнений преобразовываются в течение 17 секунд. Эти задержки во времени ощутимы и не совсем приятны. Чтобы не возникло этого явления, к программе применяется распараллеливание.

Распараллеливание проводилось на уровне данных. Одна и та же задача: поочередное вычитание одного уравнения из другого, применялась к множеству элементов данных. Это множество разбивалось на определенное количество порций.