

Секция «Математика и механика»

Эффективное использование GPGPU для решения задач аэродинамики.

Климов Максим Игоревич

Студент

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

Механико-математический факультет, Москва, Россия

E-mail: klimroot@mail.ru

В работе представлена параллельная реализация алгоритма решения задач газовой динамики методом LU-SGS [1] с использованием новой технологии CUDA. Пространственная дискретизация исходных дифференциальных уравнений выполняется методом конечного объема. Численные потоки определяются методом Годунова по точному решению нелинейной задачи Римана. Для интегрирования уравнений по времени используется оригинальная гибридная явно-неявная схема, обладающая свойством абсолютной устойчивости при условии минимального вклада диссипативной неявной компоненты и вторым порядком аппроксимации при переходе на явную компоненту [2].

Реализация явно-неявного метода приводит к разреженным системам линейных уравнений большой размерности. Для ее решения был разработан оригинальный алгоритм параллельной реализации итерационного метода LU-SGS, учитывающий особенности программирования для архитектуры GPU. Данный алгоритм полностью соответствует последовательному алгоритму LU-SGS во всей расчетной области. Основная идея алгоритма вытекает из особенности LU-SGS метода, состоящей в том, что обходить расчетную область в этом методе можно в любом порядке (необязательно, чтобы следующая ячейка в обходе была геометрическим соседом предыдущей). Поэтому было предложено обходить область в "шахматном порядке". Показано, что заданный шахматный порядок обхода расчетных ячеек может быть представлен одним последовательным. Таким образом, результаты расчетов, полученных с использованием обоих обходов, будут идентичны.

Предлагаемый порядок обхода позволяет успешно применить новую технологию GPGPU CUDA [3]. Все ячейки области делятся на два типа: "черные" и "белые". В ходе расчета обходятся вначале ячейки одного типа, а затем другого. Благодаря такому разделению обхода по ячейкам, можно добиться должного программного единообразия в алгоритме и, таким образом, избежать проблемы ветвления, характерной для программирования GPGPU. Такое разделение позволяет сократить и количество обращений к латентной глобальной памяти графических карт. Для эффективного программирования GPGPU исходный алгоритм был переписан на C++ с введением ряда оптимизаций, подходящих под программные и аппаратные требования технологии CUDA.

В докладе будут представлены примеры параллельной реализации алгоритма на гибридной вычислительной системе МВС-Экспресс К-100 с использованием графических ускорителей. Будет изложены результаты анализа эффективности использования графических ускорителей, а также исследования вопроса масштабируемости и оценки трудозатрат при программировании.

Литература

1. Menshov I.S., Nakamura Y., Implementation of the LU-SGS Method for an Arbitrary Finite Volume Discretization // Proc. of 9th Conference on CFD, Tokyo, December 20-22 1995, pp.123-124.
2. Menshov I.S., Y. Nakamura. Hybrid explicit-implicit, unconditionally stable scheme for unsteady compressible flows // AIAA Journal. Vol. 42. No 3. 2004. pp 551-559.
3. CUDA Programming Guide: <http://developer.nvidia.com/object/gpucomputing.html>