

Алгоритм DiamondTorre для моделирования задач распространения ударных волн в неоднородных газовых средах в трехмерной постановке на мультипроцессорных гетерогенных компьютерах

Б.А. Корнеев¹, В.Д. Левченко^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

Задачи распространения ударных волн и их взаимодействия с неоднородностями в сжимаемой жидкости или газе представляют научный интерес, а также имеют прикладную важность в инженерии, медицине и других областях. Численное моделирование данных задач в трехмерной постановке требует больших объемов вычислительных ресурсов и эффективных алгоритмов их использования. В данной работе рассматриваются мультипроцессорные гетерогенные компьютеры, под которыми понимается ЭВМ с несколькими графическими картами на одном узле. Такие вычислительные системы обладают высокой производительностью при использовании подходящих алгоритмов вычислений.

В качестве математической модели рассматриваются уравнения динамики невязкой сжимаемой жидкости в трехмерном пространстве в декартовых координатах

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{F}_i}{\partial x_i} = 0, \quad (1)$$

$\mathbf{U} = (\rho, \rho u_i, E)^T$ – вектор переменных, $E = \rho(\varepsilon + \frac{1}{2}u_i u_i)$ – энергия в единице объема.

$\mathbf{F}_i(\mathbf{U}) = (\rho u_i, \rho u_i u_j + p \delta_{ij}, (E + p)u_i)^T$ – Эйлеровы потоки, $i = 1, 2, 3$. $p = p(\rho, \varepsilon)$ – уравнение состояния. Для численного решения данной системы уравнений применяется вариант разрывного метода Галеркина (RKDG метода) второго порядка по пространству и времени [1].

Для программной реализации данной численной схемы предлагается использовать алгоритм DiamondTorre. Он относится к классу локально-рекурсивных нелокально-асинхронных алгоритмов, позволяющих на основе оптимальной пространственно-временной декомпозиции области добиться максимальной эффективности расчёта. Отдельным вопросом является методика распараллеливания расчёта при использовании многопроцессорных компьютеров (multi-GPU) и/или кластеров. Рассматриваются варианты параллельных вычислений на одном узле в разных GPU и на разных узлах, распределенные по синхронной оси и асинхронной оси.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 14-01-00787, 15-01-05052.

Литература

1. Корнеев Б.А., Левченко В. Д, Эффективное решение трехмерных задач газовой динамики Рунге–Кутты разрывным методом Галеркина // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2016, Т. 56, №3, С. 465–475 .
2. Boris A. Korneev, Vadim D. Levchenko, DiamondTorre GPU Implementation Algorithm of the RKDG Solver for Fluid Dynamics and its Using for the Numerical Simulation of the Bubble-shock Interaction Problem // Procedia Computer Science, 2015, V. 51, P. 1292-1302