

Расширение DVMH-модели для работы с нерегулярными сетками

В.А. Бахтин^{1,2}, А.С. Колганов^{1,2}, В.А. Крюков^{1,2}, Н.В. Поддерюгина¹, С.В. Поляков¹,
М.Н. Притула¹

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН¹, МГУ имени М.В.Ломоносова²

Модель DVMH [1] построена на парадигме параллелизма по данным. В основе этой модели лежит понятие распределенного многомерного массива. При этом у каждого процессора имеется не только локальная часть распределенного массива, но и так называемые теневые грани – копии элементов из локальных частей соседних процессоров, через которые осуществляется основное взаимодействие процессоров. Распределение вычислений производится посредством их отображения на распределенные массивы. Модель DVMH подходит в первую очередь для написания параллельных программ на регулярных прямоугольных сетках, но и некоторые виды программ на нерегулярных сетках возможно распараллелить имеющимися средствами.

Была распараллелена задача теплопроводности на нерегулярной треугольной сетке на кластер с ГПУ. Полученный вариант распараллеливания имеет следующие недостатки:

- 1) использование механизма теневых граней приводит к избыточности обменов и потребления памяти;
- 2) необходимость специального упорядочения (нумерации) сеточных элементов;
- 3) распределение только блочное (в рассмотренной задаче – только полосами);
- 4) невозможность задания согласованного распределения сеточных элементов (ячейки, узлы, ребра).

На ЭВМ К-100 параллельные версии продемонстрировали следующие ускорения по сравнению с исходными последовательными программами. Вариант с явной схемой (8 млн узлов сетки): на 12-ядерном узле - 8 раз, на 1 ГПУ 25 раз, на 24 ГПУ - 316 раз. Вариант с неявной схемой (8 млн узлов сетки): на 12-ядерном узле - 3 раза, на 1 ГПУ 22 раза, на 24 ГПУ — 142 раза.

Предлагается вариант расширения модели DVMH, который бы, с одной стороны, органично вписывался в существующую модель DVMH, дополняя ее конструкции, а с другой стороны позволял бы снять известные проблемы и ограничения при распараллеливании задач на нерегулярных сетках, причем не потеряв значительно в эффективности параллельного выполнения.

Новые возможности расширения модели DVMH для работы с нерегулярными сетками:

- 1) задание произвольных поэлементных распределений, в том числе получаемые пакетами Metis, Chaco, ...;
- 2) построение согласованных распределений на основе имеющихся (блочных или поэлементных);
- 3) задание произвольных по содержанию буферов удаленных элементов с эффективным однородным доступом к ним и обновлением;
- 4) возможность реорганизации данных – оптимизации шаблона доступа к памяти путем изменения порядка хранения локальных элементов;
- 5) сохранение быстрого доступа к распределенным массивам с помощью механизмов перехода на локальную индексацию.

Литература

1. Бахтин В.А., Клинов М.С., Крюков В.А., Поддерюгина Н.В., Притула М.Н., Сазанов Ю.Л. Расширение DVM-модели параллельного программирования для кластеров с гетерогенными узлами. // Вестник Южно-Уральского университета, серия «Математическое моделирование и программирование», 2012 г., №18 (277), выпуск 12, С. 82-92.

* Работа поддержана программой Президиума РАН № П.4П и грантом РФФИ 16-07-01067 А.