

Эффективный мелкозернистый параллельный алгоритм сортировки методом «слияния» на параллельной потоковой вычислительной системе

М.Ж. Акжолов

Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН

Предлагается эффективный мелкозернистый параллельный алгоритм сортировки, в основе которого лежит существующий классический алгоритм сортировки «слиянием». Алгоритм написан на входном языке модели параллельной потоковой вычислительной системы (ППВС) [1,2] и предназначен для демонстрации возможностей этой системы.

Сортировка происходит поэтапно. На каждом этапе имеется несколько пар порций, которые попарно сливаются в одну порцию, то есть количество порций уменьшается в два раза, а в каждой порции количество данных удваивается. Этот процесс продолжается, пока не останется одна порция. Слияние каждой пары порций происходит последовательно на одном вычислительном ядре (ВЯ), поэтому на заключительных этапах число используемых ВЯ резко сокращается.

Для того чтобы эффективно использовать вычислительные ресурсы, работа вышеуказанного алгоритма разбивается на два режима. Первый режим работает, пока количество пар порций способно загрузить работой все имеющиеся ядра. Начиная с некоторого этапа, во втором режиме, каждая порция делится на две части (младшую и старшую) относительно общего среднего значения, и попарное слияние частей производится в разных ядрах. Поэтому количество обрабатываемых порций сохраняется до конца работы программы, и это дает возможность эффективно использовать имеющиеся вычислительные ресурсы. Алгоритм хорошо масштабируется: удвоение количества ВЯ дает почти двойное ускорение.

Эксперименты показали, что при использовании хорошо подобранной функции распределения общее время параллельного выполнения программы значительно сокращается за счет улучшения равномерности загрузки ВЯ и минимизации объема передаваемой информации на всех уровнях иерархии вычислительной системы.

Надо отметить, что при выполнении данного алгоритма на модели ППВС, благодаря отсутствию глобальных (барьерных) синхронизаций, процессы слияния порций идут на двух или трех этапах одновременно, даже при переходе на второй режим.

Было проведено сравнение эффективности выполнения данного алгоритма с выполнением программы Integer Sort ($N=2^{23}$, класс A) из пакета NPВ на вычислительном комплексе MVS100K МСЦ РАН с использованием технологии MPI. Оказалось, что она масштабируется лишь до 32 процессоров. Работа алгоритма для ППВС с соответствующим количеством данных демонстрирует устойчивое масштабирование до 2^{16} ВЯ, обгоняя более чем в 100 раз наилучший результат для MVS100K. При этом на последних этапах на одну порцию приходилось менее 100 значений.

Заметим, однако, что данный результат был достигнут на хорошо перемешанном исходном массиве. На плохо перемешанном массиве алгоритм работает даже хуже исходного варианта с одним первым режимом. Поэтому в общем случае придется решать задачу дважды: сначала для хорошего перемешивания, а затем для сортировки.

Литература

1. Стемпковский А.Л., Левченко Н.Н., Окунев А.С., Цветков В.В. Параллельная потоковая вычислительная система — дальнейшее развитие архитектуры и структурной организации вычислительной системы с автоматическим распределением ресурсов // журнал "Информационные технологии" №10, 2008, с. 2-7.
2. Стемпковский А.Л., Климов А.В., Левченко Н.Н., Окунев А.С. Методы адаптации параллельной потоковой вычислительной системы под задачи отдельных классов // журнал «Информационные технологии и вычислительные системы», 2009. №3, с. 12-21.