

## Список литературы

1. <http://www.top500.org>
2. HPL – a portable implementation of the high performance Linpack benchmark for distributed memory computers, version 2.0 / Petitet A. [et al.]. – URL: <http://www.netlib.org/benchmark/hpl>.
3. NVIDIA CUDA Compute Unified Device Architecture Programming Guide.
4. The HPC Challenge (HPCC) Benchmark Suite / P. Luszczek [et al.]. – URL: [http://icl.cs.utk.edu/projectsfiles/hpcc/pubs/sc06\\_hpcc.pdf](http://icl.cs.utk.edu/projectsfiles/hpcc/pubs/sc06_hpcc.pdf).
5. Fatica M. Accelerating Linpack with CUDA on heterogeneous clusters // ACM International Conference Proceeding Series. Vol. 383.
6. Dongarra J.J. Performance of various computers using standard linear equations software. Technical report, 2008. – URL: <http://www.netlib.org/benchmark/performance.pdf>.

**А.А. Лабутина, А.В. Линев**

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИКЛАДНЫХ ПАКЕТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КЛАСТЕРА КОМПОЗИТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ К СТУДЕНЧЕСКОМУ СОРЕВНОВАНИЮ STUDENT CLUSTER COMPETITION-2010**

В ноябре 2010 года будет проходить SC10 (SuperComputing-2010) – международная конференция, посвященная высокопроизводительным вычислениям, сетям, системам хранения и исследованиям [1]. Одним из пунктов программы конференции является Student Cluster Competition (SSC) – соревнование, в котором участвуют команды, состоящие из шести студентов, проходящее в режиме реального времени на территории выставки [2]. В ходе состязания команды должны продемонстрировать использование для решения предоставленного организаторами набора задач ряда распределенных прикладных пакетов с открытым кодом, установ-

ленных на небольшом коммерчески доступном кластере с ограниченным электропотреблением (26 А, 120 В).

В 2010 году соревнование проходит в четвертый раз, и на нем при поддержке Microsoft выступит команда Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (ННГУ).

**Условия соревнования.** Команда из шести студентов, имеющая в распоряжении небольшой кластер, в течение ограниченного времени (48 часов) должна выполнить корректные расчеты для как можно большего числа наборов входных данных, предоставленных организаторами. В ходе подготовки к соревнованию команда совместно со своим наставником и спонсорами должна построить из коммерчески доступных компонентов кластер, потребляющий ток силой не более 26 ампер (120 В), и добиться на нем максимальной производительности четырех заранее определенных приложений и теста производительности HPCC.

Команда ННГУ выступает при поддержке компаний Microsoft и IBM. IBM предоставил команде ННГУ кластер, состоящий из 6 серверов IBM System x iDataPlex dx360 M3 (2 Intel Xeon L5640 2.26 ГГц, 12MB кэш, 1333FSB, 6x4 GB PC3L-10600 DDR3 DIMMS, 2 Nvidia Tesla M2050 GPU, Mellanox ConnectX2 VPI dual port QDR IB, 250 Гб 7200 3.5” SATA HDD), объединенных посредством сети Infiniband. Основная вычислительная мощность данного кластера заключена в графических процессорах NVidia Tesla M2050 (теоретическая производительность одной карты при использовании одинарной точности – 1.03 Tflops, двойной точности – 515 Gflops)[3].

В ходе соревнования командам будут предлагаться задачи, решаемые посредством следующих пакетов:

- FLASH – моделирование термоядерных вспышек в астрофизике [4];
- WRF (The Weather Research and Forecasting) – расчет прогноза погоды [5];
- NAMD (NAnoscale Molecular Dynamics) – параллельный пакет молекулярной динамики, разработанный для высокопроизводительной симуляции больших биомолекулярных систем [6];

Password Recovery – перебор паролей, зашифрованных алгоритмами MD5 и Blowfish; участникам предоставляется право самостоятельно выбрать реализацию либо разработать собственную.

Отдельно будут произведены испытания кластеров на производительность посредством HPCC Benchmark.

Таким образом, требуется обеспечить высокую пропускную способность при решении перечисленных задач на кластере композитной архитектуры. В качестве дополнительного условия для команды ННГУ выступает необходимость использования операционной системы семейства MS Windows.

**Подготовка пакетов.** Основной задачей команды на период подготовки является проведение исследований, направленных на обеспечение высокопроизводительной работы заданного набора приложений на предполагаемом кластере. Относительно пакетов FLASH, WRF и NAMD подготовка включает следующие этапы.

- Изучение предметной области проекта и назначения пакета, определение используемых математических моделей и численных методов.
- Определение архитектуры и состава пакета, порядка его использования, используемых алгоритмов и структур данных, а также параметров, влияющих на время обработки входных данных.
- Осуществление сборки пакета под операционную систему, для которой он разрабатывался (для всех перечисленных пакетов это Linux).
- Выполнение профилирования пакета.
- Выполнение сборки пакетов для операционной системы семейства MS Windows (используется Microsoft Windows Server 2008).
- Использование существующих или разработка собственных реализаций наиболее трудоемких участков кода, выявленных на этапе профилирования, с использованием технологии CUDA для выполнения на GPU [8].

- Использование других техник оптимизации (ручная оптимизация кода, компиляторная оптимизация и т.д.)

Для задачи Password Recovery выполняется собственная реализация, использующая технологию CUDA.

**Результаты исследований.** Была успешно выполнена сборка всех пакетов под операционную систему Microsoft Windows Server 2008 (с использованием cygwin и компилятора gcc, либо cygwin и компиляторов PGI, либо посредством Visual Studio), проведено профилирование пакетов, частично использована сторонняя CUDA-реализация в пакете NAMD, выполнена собственная реализация алгоритмов шифрования паролей (реализация MD5 использует графический процессор, реализация blowfish – нет).

До начала соревнований (15 ноября 2010 г.) планируется обеспечить использование графических процессоров пакетами NAMD и WRF, а также полностью выполнить CUDA-реализацию задачи восстановления паролей.

Работа выполнена в лаборатории Intel-ННГУ «Информационные технологии» (ITLab).

### Список литературы

1. SC10. – URL: <http://sc10.supercomputing.org>.
2. SC10 – Student Cluster Competition. – URL: <http://sc10.supercomputing.org/?pg=studentcluster.html>.
3. Supercomputing at 1/10-th the Cost. – URL: [http://www.nvidia.com/docs/IO/43395/NV\\_DS\\_Tesla\\_M2050\\_M2070\\_Apr10\\_LowRes.pdf](http://www.nvidia.com/docs/IO/43395/NV_DS_Tesla_M2050_M2070_Apr10_LowRes.pdf), 2010.
4. Evan Scannapieco, Marcus Brüggén. Simulating Supersonic Turbulence in Galaxy Outflows. – URL: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbXxzYzEwc2NjGd4OjMyOTdmYjY4MjRhMjgyMTQ>, 2009.
5. The Weather Research and Forecasting Model Website. – URL: <http://www.wrf-model.org/index.php>
6. NAMD – Scalable Molecular Dynamics. – URL: <http://www.ks.uiuc.edu/Research/namd>.

7. «The HPC Challenge (HPCC) Benchmark Suite» / P. Luszczek [et al.] SC06 Conference Tutorial, IEEE, Tampa, Florida, November 12, 2006.

8. CUDA Zone. – URL: [http://www.nvidia.ru/object/cuda\\_home\\_new\\_ru.html](http://www.nvidia.ru/object/cuda_home_new_ru.html).

**<sup>1</sup>И.И. Левин, <sup>2</sup>А.И. Дордопуло, <sup>1</sup>В.А. Гудков**

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем имени академика А.В. Каляева Южного федерального университета, г. Таганрог

<sup>2</sup>Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

## **ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ COLAMO**

Реконфигурируемые вычислительные системы демонстрируют высокую реальную производительность при решении расчетных сильносвязанных задач различных классов. Вместе с тем сдерживающим фактором для широкого распространения реконфигурируемых вычислительных систем (РВС) являются сложность и трудоемкость их программирования, а также отсутствие удобных высокоуровневых средств разработки приложений.

Для программирования РВС наибольшее распространение получили языки HDL-группы, позволяющие описать структуру и функционирование вычислительной системы, а также моделировать обмен данными между блоками системы. Наиболее популярным языком этой группы является язык VHDL, обладающий высоким функциональным уровнем абстракции. Однако громоздкое текстовое описание устройств на VHDL обусловило популярность и широкое использование систем автоматизированного проектирования в виде специализированных графических редакторов, таких как Xilinx ISE, Altera MaxPlus или OrCad. Такой подход к программированию РВС требует участия в программировании системы как специалиста-схемотехника,