

# ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СЕВЕРНОМ (АРКТИЧЕСКОМ) ФЕДЕРАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

О.А. Юфрякова, Ю.В. Березовская

## 1. Обучение суперкомпьютерным технологиям в институте математики, информационных и космических технологий САФУ имени М.В. Ломоносова

Параллельные вычисления являются перспективной областью применения вычислительной техники и представляют собой сложную научно-техническую проблему. Знание современных тенденций развития ЭВМ и аппаратных средств для достижения параллелизма, умение разрабатывать модели, методы и программы параллельного решения задач обработки данных следует отнести к числу важных квалификационных характеристик современного специалиста по прикладной математике, информатике и вычислительной технике, поскольку параллельные архитектуры уже внедряются в компьютерные системы даже на бытовом уровне (многоядерные GPU и CPU).

Появление возросших возможностей суперкомпьютерных технологий позволяет разрабатывать углубленные математические модели, максимально точно описывающие объекты реального мира и требующие для своего анализа проведения масштабных вычислений.

В современных условиях особое значение приобретает подготовка высококвалифицированных специалистов в области суперкомпьютерных технологий, способных к самостоятельным исследованиям и принятию научно-обоснованных решений.

В связи с этим практически по всем направлениям подготовки в институте математики информационных и космических технологий (ИМИКТ) САФУ имени М.В. Ломоносова были введены дисциплины специализации, дисциплины по выбору, факультативы, курсы, посвященные основам параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных машин – перспективной области применения вычислительной техники. Потребность решения сложных прикладных задач с большим объемом вычислений и принципиальная ограниченность максимального быстродействия «классических» - по схеме фон Неймана – ЭВМ привели к появлению многопроцессорных вычислительных систем. Использование таких средств вычислительной техники позволяет существенно увеличивать производительность вычислительных систем при любом существующем уровне развития компьютерного оборудования. При этом необходимо «параллельное» обобщение традиционной последовательной технологии решения задач на компьютере. Применяемые алгоритмические языки и системное программное обеспечение должны обеспечивать создание параллельных программ, организовывать синхронизацию и взаимоисключение асинхронных процессов. Курсы в основном содержат следующие разделы:

- Цели и задачи введения параллельной обработки данных;
- Архитектура многопроцессорных вычислительных систем;
- Моделирование и анализ параллельных вычислений;
- Методы и алгоритмы программирования параллельных вычислений;
- Параллельное программирование с использованием PVM;
- Параллельное программирование с использованием MPI;
- Параллельное программирование с использованием OpenMP.

В рамках этих курсов предусмотрено интерактивное прослушивание он-лайн лекций интернет университета суперкомпьютерных технологий. После изучения лекций все студенты выполняют лабораторные работы и проходят сертификационное тестирование.

## 2. Молодежная школа «Высокопроизводительные вычисления на Grid системах»

«Высокопроизводительные вычисления на Grid системах» – ежегодная молодежная международная научно-практическая школа, проводимая на базе ИМИКТ ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», ставшего правопреемником ГОУ ВПО «Поморский государственный университет имени М.В. Ломоносова» с 2010 года.

В рамках международной магистерской программы «Информационные технологии» Баренц-трансграничного университета (BCBU – Barents Cross Border University) с целью развития научной и академической мобильности студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей, интеграции вузов-партнеров в единое образовательное пространство предпринимаются шаги по организации инфраструктуры для проведения совместных образовательных программ, с возможностью географически распределенного дистанционного участия вузов-партнеров в проектах. Проведение молодежной школы является пилотным проектом в данном направлении, в рамках школы студентам, магистрантам, аспирантам и молодым ученым предоставляется возможность интенсивной стажировки и дополнительной профессиональной и научной подготовки в сфере Grid технологий.

Акцент школы – обсуждение научно-теоретических и практических вопросов, связанных с созданием Grid систем и методами высокопроизводительных вычислений на этих системах; проведение исследований и создание совместных научных проектов студентов и молодых ученых вузов-партнеров.

В сентябре 2012 года решением суперкомпьютерного консорциума университетов России четвертая международная молодежная научно-практическая школа «Высокопроизводительные вычисления на Grid системах» была включена в список школ суперкомпьютерного консорциума, а в декабре того же года школа стала лауреатом премии Всероссийского конкурса молодежных проектов «1000 лучших проектов России», проводимого Федеральным агентством по делам молодежи.

В 2013 году школа проходила 4-9 февраля, в ней уже традиционно принимали участие ученые, преподаватели, аспиранты, магистранты и студенты, представляющие ведущие образовательные центры России, Баренц региона и Северо-Запада: Московский государственный университет, Северный (Арктический) федеральный университет, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Петрозаводский государственный университет, Мурманский государственный педагогический университет, Мурманский государственный технический университет, а также университет г. Оулу и университет Лапландии (Финляндия), технический университет г. Лулео (Швеция).

Работа четвертой школы была посвящена решению прикладных задач с использованием высокопроизводительных, распределенных и облачных вычислительных технологий. Школа приняла более 100 участников. Занятия в школе проводились высококвалифицированными специалистами в области построения и использования Grid систем в виде лекций и семинарских докладов о современном состоянии и перспективных направлениях научно-практических исследований в области Grid технологий и применения технологий высокопроизводительных вычислений в решении прикладных задач.

По результатам работы школы опубликован электронный сборник материалов школы, организовано проведение курсовых работ и работ над магистерскими диссертациями под совместным руководством преподавателей вузов – партнеров. Кроме того, в результате реализации проекта, будет развита телекоммуникационная инфраструктура, позволяющая реализовывать дистанционные учебные курсы, проводить телеконференции и использовать современные телекоммуникационные средства в образовательном процессе и научно-исследовательской деятельности. Сайт международной научно-практической школы <http://itprojects.narfu.ru/grid>.

### **3. Курсы повышения квалификации для инженеров и преподавателей**

Разработан и на молодежной школе проведен курс повышения квалификации «Применение суперкомпьютерных технологий» для инженеров и преподавателей. При разработке данного курса преследовались следующие цели:

- формирование целостного представления об основных возможностях, предоставляемых современными высокопроизводительными вычислительными системами;
- формирование у слушателей практических навыков выполнения проектных работ с помощью технологий распределенных и высокопроизводительных вычислений;
- формирование умений использовать современные программные средства для организации и проведения ресурсоемких вычислений;
- знакомство слушателей с примерами использования высокопроизводительных вычислительных систем в различных областях науки и техники;
- стимулирование слушателей к применению технологий распределенных и высокопроизводительных вычислений в своей сфере деятельности.

Данный курс ориентирован в первую очередь на профессорско-преподавательский состав.

В процессе обучения слушатели знакомятся с понятийным аппаратом суперкомпьютинга, методологией применения технологии распределенных и высокопроизводительных вычислений в своей сфере деятельности, основными принципами выполнения расчетов в прикладных вычислительных науках. Приобретают умения использовать технологии распределенных и высокопроизводительных вычислений по профилю своей специализации; работать с системами пакетной обработки, с системами очередей; запускать расчетные задачи с помощью инструментов инженерного моделирования; визуализировать результаты.

### **4. Магистратура «Высокопроизводительные и облачные вычисления»**

В 2012 году была открыта магистратура «Высокопроизводительные и облачные вычисления» по направлению «Прикладная математика и информатика». Образовательная программа «Высокопроизводительные и облачные вычисления» ориентирована на изучение и практическое использование параллельных компьютерных систем для решения трудоемких вычислительных задач, на изучение сложных систем современными методами распределенных и высокопроизводительных вычислительных технологий, применение современных суперкомпьютерных и облачных технологий.

Цель программы: подготовка специалистов, способных участвовать в исследовательской и проектной работе в передовых областях науки и ИТ-индустрии, в проектах по созданию высокотехнологичных ИТ-инфраструктур.

Магистр программы «Высокопроизводительные и облачные вычисления» – высококлассный специалист, способный работать в приоритетных направлениях высокотехнологичных ИТ:

- Решение больших задач (требующих использования систем производительностью порядка 100ТФлопс и выше) – обеспечение масштабируемости параллельных алгоритмов и программ.
- Консолидация ресурсов и сервисов (применение технологий распределенных вычислений для обеспечения возможности эффективного выбора и использования конкретных ресурсов и сервисов)

Выпускник данной специальности востребованный сегодня и в будущем специалист.

Программа магистерской подготовки содержит следующие курсы:

- Компьютерные сети и безопасность сетей.
- Архитектуры вычислительных систем
- Методы и алгоритмы высокопроизводительных вычислений;
- Мобильные и распределенные вычислительные системы;
- Облачные вычисления;
- Технологии параллельного программирования;
- Grid системы;
- Технологии виртуализации;
- Высокопроизводительные вычисления на кластерных системах

К преподаванию привлечены ведущие лекторы САФУ и других ведущих вузов России, а также университетов г. Лулео (Швеция), Оулу (Финляндия).

В настоящее время развивается проект Watson Junior, силами студентов магистратуры предполагается собрать младшего брата известного суперкомпьютера IBM Watson. IBM разрабатывала свой суперкомпьютер, в первую очередь, чтобы бросить вызов человеку в викторине «Jeopardy», аналог известного российского телепроекта «Своя игра». Watson преуспел и победил лучших игроков. Для участия на равных с человеком Watson должен был понять вопрос, заданный устно на английском языке и найти правильный ответ за максимально короткое время, игра проходила в реальном времени. Для этого разработчикам потребовалось решить несколько задач: во-первых, задачу распознавания речи и понимания смысла вопроса, во-вторых, поиск ответа в большом объеме неструктурированной информации. Схема работы:

- обработка естественного языка (извлечение данных, семантический анализ, автоматический логический вывод, формирование гипотез)
- ранжирование гипотез (оценка меры уверенности, сортировка и выбор).

Для решения возникших задач IBM был создан алгоритм DeepQA, который предполагает параллельную обработку данных, мощность суперкомпьютера подбиралась таким образом, чтобы ответ на вопрос викторины мог быть получен за разумное время. В результате получили: временные затраты на поиск ответа на один вопрос викторины составили менее трех секунд, при этом суперкомпьютер состоит из 90 серверов, на которых размещено 2880 вычислительных ядер.

Для построения системы Watson Junior предполагается использование типового аппаратного обеспечения, программного обеспечения с открытым кодом и общедоступных источников информации.

В проекте участвуют 7 человек (студенты магистратуры «Высокопроизводительные и облачные вычисления»). Есть надежда, что на следующей конференции в Абрау-Дюрсо в 2014 году мы уже сможем представить доклад, описывающий первые успехи, которых к этому времени добьется «маленький» Watson.

Можно констатировать, что в итоге многолетней работы кафедры программирования и высокопроизводительных вычислений ИМИКТ проект «Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения» (<http://hpc-education.ru>) пустил прочные корни на родине М.В. Ломоносова.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. К.Ю. Богачев Основы параллельного программирования: Монография. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. А.Б.
2. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб: BHV, 2002.
3. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. – Н.Новгород, ННГУ, 2003.
4. Немнюгин С.А., Стесик О.Л. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. -СПб.: Петербург, 2002.
5. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. – М.: Изд.дом «Вильямс», 2003.

6. Антонов А.С., Воеводин Вл.В., Гегель В.П., Соколинский Л.Б. Системный подход к суперкомпьютерному образованию // Вестник ЮУрГУ. Серия "Вычислительная математика и информатика". 2013. Т. 2. N 2. С. 5-17.
7. Антонов А.С., Артемьева И.Л., Бухановский А.В., Воеводин В.В., Гегель В.П., Демкин В.П., Коньков К.А., Крукиер Л.А., Попова Н.Н., Соколинский Л.Б., Сухинов А.И. Проект "Суперкомпьютерное образование": 2012 год // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2013. N 1-1. С. 12-16.
8. Воеводин В.В., Гегель В.П., Соколинский Л.Б., Демкин В.П., Попова Н.Н., Бухановский А.В. Развитие системы суперкомпьютерного образования в России: текущие результаты и перспективы // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. N 4-1. С. 268-274.