

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского

**ВЫСОКОПРОЗВОДИТЕЛЬНЫЕ
ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ
НА КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМАХ**

Материалы пятого Международного
научно-практического семинара

22–25 ноября 2005 г.

Издательство Нижегородского госуниверситета
Нижний Новгород
2005

УДК 681.3.012:51
ББК 32.973.26–018.2:22
В 93

В93 Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах. Материалы пятого Международного научно-практического семинара / Под ред. проф. **Р.Г. Стронгина**. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2005. 253 с.

Сборник сформирован по итогам научного семинара, посвященного теоретической и практической проблематике параллельных вычислений, ориентированных на использование современных многопроцессорных архитектур кластерного типа. Семинар проходил в Нижнем Новгороде 22–25 ноября 2005 года.

Вошедшие в сборник материалы семинара представляют интерес для преподавателей и научных сотрудников высших учебных заведений, а также для инженеров, аспирантов и студентов вузов.

Отв. за выпуск к.ф.-м.н., доцент **В.А. Гришагин**

ББК 32.973.26–018.2:22

Поддержка семинара



Российский фонд фундаментальных исследований



Компания Intel Technologies



Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере

Компания eLine

© Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского, 2005

жества $Ax = b$, $x \geq 0$ для матрицы A ранга t , если воспользоваться алгебраической характеристикой крайней точки и экстремального направления, приведенных в монографии [3].

Возможна реализация описанного выше метода на основе легко-весных процессов (PThreads), параллельной виртуальной машины (PVM), интерфейса обмена сообщениями (MPI) и процессоров с общей памятью (OpenMP) применительно к задачам большой размерности обращения аффинного отображения, поиска образующих конуса неотрицательных решений однородной системы линейных алгебраических уравнений, установления положительной определенности симметрических матриц и устойчивости многочленов с вещественными коэффициентами и включение его в стандартные пакеты.

Литература

1. *Исламов Г.Г.* Принципы оптимальности. Ижевск, Изд-во УдГУ, 1988. – 124 с.
2. *Черников С.Н.* Линейные неравенства. М.: Наука, 1968. – 488 с.
3. *Базара М., Шетти Л.* Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. М.: Мир, 1982. – 583 с.

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ УДМУРТСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА

Г.Г. Исламов, Д.А. Сивков

Удмуртский государственный университет, Ижевск

Образование, наука и бизнес – это три мощных процесса в обществе, которые определяют вектор его развития. Каждый из этих процессов обладает внутренними движущими силами, которые формируются большими группами людей с принципиально различными интересами. Ускорение развития одного процесса без ускорения развития остальных процессов не имеет особого смысла, т. к. общество нуждается в синхронизированной работе этих процессов. Поэтому материальные средства, брошенные на ускорение одного процесса, не обязательно вызовут его прогресс, скорее всего они будут использованы на поддержание застоя. Главная цель образования – подготовка высококвалифицированных кадров, науки – получение принципиально новых частных и общих методов и фактов, бизнеса – поиск и использование новых форм извлечения прибыли. В образовательном процессе главный мотив – получение оригинальных знаний, умений и навыков, в

научном процессе – достижение престижа, в бизнесе – умножение денежного капитала.

Поэтому только в образовании и науке возможно скачкообразное движение вперед. Производство и бизнес могут развиваться только эволюционно, т. к. за деньги можно выполнить только тривиальную работу. От людей, занятых в сфере образования и науки, часто требуются такие усилия для поступательного движения вперед, которые невозможно оценить никакими денежными выплатами. Они настолько велики, что таких денег просто никто не даст.

В настоящее время востребованы специалисты, которые могут выдвинуть общие цели указанных трех процессов развития образования, науки и бизнеса. Они могут возникнуть только из образовательной и научной среды специалистов в области новых информационных технологий.

Удмуртский госуниверситет имеет все необходимое для того, чтобы начать подготовку таких специалистов на создаваемом факультете «Информационных технологий» по следующим направлениям: «Нанотехнологии», «Высокопроизводительные параллельные вычисления» и «Управление бизнес-процессами». Определенные успехи достигнуты в каждом из этих направлений, так в области изучения наноструктур достижения специалистов УдГУ и академических институтов ИПМ и ФТИ г. Ижевска отмечались доцентом Ю.С. Митрохиным в заметке «Нанотехнологии в XXI веке» газеты «Удмуртский университет» за 26 апреля 2005 г.

Учебно-научная лаборатория «Параллельных вычислительных систем и траспьютеров», возглавляемая профессором Г.Г. Исламовым, с 2000 г. проводит исследования в области кластерных технологий и организаций параллельных и распределенных вычислений с применением известных технологий MPI, OpenMP, DVM и др. Некоторые достижения в этой области описаны Г.Г. Исламовым в заметке «Высокопроизводительные вычисления и технологии» октябрьского номера газеты «Удмуртский университет» за 2003 г. и статьях [1-3]. Кроме того, в течение последних трех лет проводятся работы по изучению инструментария Globus Toolkit создания grid-систем научных расчетов. Полученный здесь опыт работы, а также теоретические и практические работы, проводимые в госуниверситете в области многомерного статистического анализа, создают благоприятную основу для инициирования отечественных работ по созданию собственных моделей и программных средств, аналогичных совместным разработкам IBM и SAS в

области кредитного скоринга. Корпорация IBM и компания SAS приложили значительные усилия для объединения известного семейства программных продуктов SAS Banking Intelligence Solutions и grid-технологии распределенных вычислений с целью их внедрения в банковскую сферу. Высокая стоимость предлагаемых IBM и SAS решений в области банковских технологий служит некоторым препятствием внедрения эффективных схем кредитования. Однако главным препятствием их внедрения в нашей стране служит отсутствие высококвалифицированных кадров, способных эффективно реализовывать такого рода решения на практике. Подготовку специалистов по всем указанным выше направлениям на факультете «Информационных технологий» можно начать на базе имеющихся специальностей «Прикладная математика и информатика», «Прикладная информатика» и др. в рамках соответствующих специализаций, что позволит сформировать необходимые кадры для открытия соответствующих специальностей. По направлению «Высокопроизводительные параллельные вычисления» в рамках специальности «Прикладная математика и информатика» планируется введение следующих спецкурсов: «Финансовая математика», «Защита информации», «Математическая экономика», «Системы массового обслуживания», «Вычислительные методы статистики» в разделе «Цикл общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин», «Вычислительная геометрия», «Теория оптимального управления» и «Функциональный анализ» в разделе «Цикл математических и общих естественнонаучных дисциплин», «Оптимизация на сетях и графах», «Вычислительные методы линейной алгебры», «Численные алгоритмы нелинейной оптимизации», «Нейронные сети», «Сетевые технологии», «Grid-технологии научных расчетов», «Компьютерная графика», «Программирование в ОС Linux и Windows», «Сети Петри», «Квантовые вычисления», «Технологии распределенных вычислений», «Сетевые операционные системы», «Архитектура вычислительных систем», «Моделирование процессов молекулярной динамики и квантовой химии» в разделе «Цикл общепрофессиональных дисциплин».

Группа сотрудников и студентов Удмуртского госуниверситета под руководством профессора Г.Г. Исламова приступила к изучению кластерных решений задач управления динамическими объектами. Эти задачи приводят к численным расчетам в пространствах большой размерности. Подобные расчеты на персональном компьютере часто требуют несоизмеримых временных затрат. С другой стороны, система высокопроизводительных SMP-серверов, работающих под управлени-

ем операционной системы Linux и связанных между собой, позволяет на базе высокоскоростной сети организовать распределенные вычисления с применением известного инструментария Globus Toolkit 4 и пакетов параллельных вычислений (MPI, OpenMP, DVM, PVM) и, тем самым, получать результаты за приемлемое время. Расчеты математических моделей проводятся с широким использованием специализированных пакетов SCALAPACK, PETSc, TAO, SLEPc и др. Для отладки параллельных программ на вычислительном кластере PARC имеются необходимые средства (TotalView, MPICH JumpShot, GDB, XPVM и др.).

Цель проекта – создание эффективных человеко-машинных систем реального времени управления динамическими объектами на базе высокопроизводительного кластера и инструментария Globus Toolkit 4.

Задачи проекта:

– Разработка параллельных алгоритмов расчета управления, обеспечивающего решению эволюционного уравнения необходимый векторный критерий;

– разработка параллельных алгоритмов расчета блока минимальной по рангу обратной связи с запаздыванием, обеспечивающего необходимую стабилизацию решений динамической системы.

Основные планируемые фундаментальные и прикладные результаты:

1. Эффективные критерии разрешимости эволюционных уравнений с граничными ограничениями в виде векторных неравенств, описывающих поведение динамических систем с требуемыми свойствами.

2. Прикладные программы расчета на кластере высокопроизводительных компьютеров управлений и начальных условий, обеспечивающих требуемые свойства решений эволюционных уравнений.

3. Эффективное описание блоков минимальных по рангу обратных связей с запаздыванием, гарантирующих необходимую степень стабилизации решений динамической системы.

4. Прикладные программы расчета на кластере высокопроизводительных компьютеров стабилизирующих блоков минимальной по рангу обратной связи с запаздыванием для динамических объектов.

Литература

1. *Исламов Г.Г.* От информационно-вычислительного кластера к виртуальной сети инфраструктуры образования, науки и бизнеса // Инновационные процессы в сфере образования и проблемы повышения качества подготовки специалистов / Сб. матер. международ. научно-методической

конф. 30-31 марта 2005 г. Т. 1. Ижевск: «Удмуртский университет», 2005. – С. 338–346.

2. *Исламов Г.Г.* Разработка универсальной структуры высокопроизводительного информационно-вычислительного кластера // Высокопроизводительные вычисления и технологии. Тезисы конференции. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – С. 88.

3. *Исламов Г.Г.* Создание научно-методического обеспечения подготовки специалистов в области высокопроизводительных кластерных технологий // Распределенные и кластерные вычисления. Избранные материалы Второй школы-семинара. Под ред. чл.-корр. РАН В.В. Шайдурова, д.ф.-м.н., проф. В.М. Садовского / Институт вычислительного моделирования СО РАН. Красноярск, 2002. – С. 54 – 69.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГИДРОДИНАМИКИ: ПОДХОДЫ И ИДЕИ

В.Е. Карпов, А.И. Лобанов

Московский физико-технический институт

Физико-химические гидродинамические процессы часто встречаются в природе и технике. Их экспериментальное изучение является непростым. Во многих случаях проведение экспериментов невозможно. Проектирование новых технических установок с улучшенными экономическими и экологическими характеристиками при помощи экспериментов отнимает много времени, является дорогостоящим, а иногда даже опасным. Поэтому возникает большой интерес к компьютерному моделированию физико-химических процессов, например, к моделированию химических реакций в смеси газов.

Но проведение вычислительных экспериментов оказывается сложной задачей. Применение прямого численного моделирования сильно ограничено такими компьютерными ресурсами, как память и процессорное время, и будет оставаться таковым в ближайшем будущем. Для того чтобы избежать возникающих ограничений, основные усилия исследователей в настоящее время сосредоточены в двух направлениях: упрощение математических моделей процессов и/или моделирование на параллельных вычислительных комплексах.

Используемые математические модели. Все трехмерные системы уравнений в частных производных, описывающие физико-химические гидродинамические процессы, должны включать в себя законы сохранения полной массы (уравнение непрерывности), частич-