СИБИРСКИЙ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ ЦЕНТР В ПРОБЛЕМАХ НАУКИ, ОБРАЗОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ НАУКОЁМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. С. Алексеев, Б. М. Глинский

Введение

Сибирский суперкомпьютерный центр (ССКЦ) коллективного пользования был создан в 2001 году на основании Постановления Президиума СО РАН №100 от 06.06.2001 г. С 2001 г. ССКЦ устойчиво работает в круглосуточном и круглогодичном режиме. В настоящее время зарегистрировано через www-сервер 30 организаций (институты СО РАН и четыре университета: НГУ, НГТУ, Новосибирск; ТГУ, Томск и КемГУ, Кемерово). Нагрузка на ССКЦ возрастает по мере освоения в СО РАН технологий параллельных вычислений, роста числа процессоров и соответственно вычислительных мощностей, укрупнения основных задач институтов. Сайт ССКЦ: http://www2.sscc.ru. Научный руководитель – академик А.С.Алексеев.

Основным направлением работ ССКЦ является разработка и развитие современных высокопроизводительных информационно-вычислительных ресурсов для коллективного пользования ННЦ СО РАН, организация распределённых вычислений для решения больших задач математического моделирования в различных науках, в образовании и промышленности.

Основными задачами центра в настоящее время являются:

1. наращивание вычислительных мощностей ССКЦ;
2. развитие системного программного обеспечения вычислительных кластеров;
3. постановка свободно распространяемых и коммерческих пакетов прикладных программ (ППП);
4. предоставление вычислительных услуг академическим институтам и университетам;
5. подготовка высококвалифицированных кадров в области параллельного программирования, аспирантов и студентов.

Аппаратная база ССКЦ

В настоящее время в состав ССКЦ входит следующее основное оборудование:

- ЭВМ RM-600 E30 (16 процессоров MIPS R10000), производительность 8 GFlops;
- МВС 1000-32 (32 процессора Alpha 21264), производительность 50GFlops;
- МВС 1000-128 (128 процессоров Alpha 21164); производительность 196GFlops;
- НКС-160 (88 процессоров Itanium2), производительность 550GFlops;
- 4-х процессорный сервер с общей памятью HP Integrity rx4640;
- дисковый массив Compag MA8000, ёмкость 2,5 Тбайт;
- коммутатор GigabitEthernet FibreChannel, соединяющий все вышеперечисленное оборудование.

Планируется наращивание кластера НКС до производительности 1TFlops.

Системные программные средства ССКЦ

При определении технической политики ССКЦ в развитии вычислительных ресурсов Сибирского отделения РАН принято решение ориентироваться на следующие инструментальные средства:

- процессоры Intel Itanium2,
- компиляторы, библиотеки, инструментальные средства Intel,
- операционную систему Linux.

Кластер НКС-160 предназначен для решения параллельных задач с использованием Message Passing Interface (MPI), а четырёхпроцессорный Symmetric MultiProcessor (SMP) сервер hp Integrity rx4640-8 – для задач, прежде всего трёхмерных, требующих большой оперативной памяти, а также параллельных задач с использованием OpenMP. При таком подходе поддерживаются две современные парадигмы параллельных вычислений – MPI для систем с распределённой памятью (кластеров) и OpenMP для систем с общей памятью. Многоядерность – это генеральное направление в развитии архитектур современных процессоров как фирмы Intel (Intel Montecito для Itanium2, Intel Dual Core для EM64T), так и AMD, IBM (PowerPC, Power 5). Использование многопоточности (multithreading) и технологии OpenMP в прикладных программах позволяет более эффективно использовать компьютеры с многоядерными процессорами как симметричные многопроцессорные системы (SMP). Компиляторы и библиотеки Intel поддерживают многопоточность и конструкции OpenMP.

Системное программное обеспечение НКС-160

В соответствии с совместным проектом Intel, HP и СО РАН было закуплено (с лицензией на год) следующее программное обеспечение:

- операционная система Red Hat Enterprise Linux ES release 4 (Nahant);

- компиляторы Intel(R) Fortran Compiler 9.0 for Linux и C++ Compiler 9.0 for Linux;
- библиотеки Intel(R) Math Kernel Library 7.2 for Linux и Integrated Performance Primitives 4.1 for Linux;
- Intel(R) Trace Analyzer 4.0 and Intel(R) Trace Collector 5.0;
- Intel(R) Thread Checker 2.1;
- VTune(TM) Performance Analyzer 3.X for Linux.

В состав программного обеспечения для коммуникационного оборудования InfiniBand фирмы Voltaire входит MPI (MVAPICH). Для установки и эксплуатации программного обеспечения на кластер НКС-160 использовалась свободно распространяемая система RocksClusters 4.1. Для установки программного обеспечения Intel (компиляторы, библиотеки) был использована система Scalable Systems Intel Roll for Rocks 4.1.

На кластере установлена и работает система управления ресурсами и задачами Grid Engine компании Sun Microsystems и подсистема мониторинга Ganglia. Мониторинг позволяет контролировать ресурсы кластера в реальном времени и более эффективно их использовать.

Для установки и поддержки работы закупленного лицензионного программного обеспечения на управляющем модуле кластера установлены Intel license manager и Fluent license manager. При расширении кластера НКС-160 и с учётом опыта эксплуатации его первой очереди была проведена полная переустановка программного обеспечения. Были установлены:

- RocksClusters версии 4.1;
- Red Hat Enterprise Linux ES release 4 (Nahant Update 3);
- ibhost-hpc-3.5.0_16-S2rhas4.k2.6.9_34.EL.ia64.rpm;
- (новая версия драйверов InfiniBand для нового ядра RHEL ES 4 Up3);
- последние – на момент написания отчёта – версии компиляторов и библиотек Intel:
- Intel Fortran 9.1.037;
- Intel C++ 9.1.043;
- Intel MKL 8.1.1;
- Intel IPP 5.1.1.

Для оценки производительности высокопроизводительных вычислительных кластеров применяется тест HPL – A Portable Implementation of the High-Performance Linpack Benchmark for Distributed-Memory Computers. При установке этого теста использовались компилятор Intel C++ и библиотека Intel MKL. На начальном варианте кластера с 16 процессорами Intel Itanium2 на тесте HPL была достигнута максимальная производительность 85.89 GFlops. С производительностью 364.8 GFlops на 76 процессорах НКС-160 попал на 12 место в рейтинге TOP 50 по СНГ от 19.09.2006 г.

Тестирование НКС-160 на 80 процессорах показало производительность на HPL 397.9 Gflops.

Системное программное обеспечение сервера rx4640-8

Сервер hp Integrity rx4640-8 с 4 процессорами Intel Itanium2 и 64 гигабайтами оперативной памяти получен в конце февраля, а с 1 марта на нём стали работать пользователи. На сервер rx4640-8 установлена операционная система Red Hat Enterprise Linux AS release 4 (Nahant), поскольку она в отличие от RHEL ES поддерживает больше 16 гигабайт оперативной памяти.

Установка менеджера лицензий на управляющий модуль кластера НКС-160 позволяет устанавливать лицензионное программное обеспечение Intel, такое как компиляторы, библиотеки на rx4640-8. На момент написания отчёта были установлены последние версии компиляторов Intel Fortran 9.1.037 и Intel C++ 9.1.043, а также последние версии библиотек Intel MKL 8.1.1 и Intel IPP 5.1.1.

Таким образом, состав базового программного обеспечения на вычислительном сервере и кластере НКС-160 идентичен, что упрощает работу пользователей ССКЦ.

Пакеты прикладных программ

Для обеспечения эффективного использования ресурсов ССКЦ широким кругом пользователей на суперкомпьютерах установлены пакеты программ различного профиля. Это позволяет пользователям решать прикладные задачи в интересующих их предметных областях без необходимости написания собственных программ и используя качественное параллельное программное обеспечение. Для обеспечения потребностей максимального количества пользователей ССКЦ на основе их опроса были выбраны два широкопрофильных пакета Gaussian и Fluent. Кроме того, установлен ряд узкоспециализированных пакетов и библиотек.

Пакет Gaussian

Пакет основывается на использовании квантовомеханических законов для расчета энергий, молекулярных структур и частот вибраций молекулярных систем, а также множества других свойств, производных от этих базовых характеристик. Пакет может быть использован для исследования молекул и химических реакций при широком наборе условий, включая как стабильные реагенты, так и молекулярные компоненты, которые очень сложно или невозможно наблюдать экспериментально, например промежуточные или переходные молекулярные структуры.

Пакет Gaussian 03 позволяет рассчитать:

- энергию квантовой системы;
- структуру молекулы или молекулярного комплекса;
- механические, электрооптические, термодинамические характеристики;

- частоты нормальных колебаний;
- формы, смещения атомов;
- распределение энергии по нормальным координатам.

Пакет установлен в ССКЦ на кластерах МВС-1000/32 и МВС-1000/128. В период 2006 года пакет был использован для квантово-химических расчетов молекулярных систем сотрудниками Института катализа им. Борескова СО РАН и Института химической кинетики и горения СО РАН. В этот период пакет задействовал более 12000 часов процессорного времени.

Пакет Fluent

Пакет предназначен для моделирования сложных течений жидкостей и газов с широким диапазоном свойств. Посредством обеспечения различных параметров моделирования и использования многосеточных методов с улучшенной сходимостью, пакет обеспечивает оптимальную эффективность и точность решения для широкого диапазона моделируемых скоростных режимов. Большой набор физических моделей в пакете Fluent позволяет моделировать с высокой степенью точности ламинарные и турбулентные течения, различные режимы теплопереноса, химические реакции, многофазные потоки и другие феномены на основе гибкости сеток и их адаптации на основе получаемого решения.

В пакете имеются средства автоматической и ручной балансировки нагрузки на параллельно работающие процессоры.

Помимо вычислительного модуля, вместе с пакетом приобретены средства подготовки данных задачи Gambit и средство построения сеток TGrid. Визуализация результатов расчётов может выполняться как в форме изображений, так и в форме видеофайла, иллюстрирующего динамику в процессе моделирования.

В соответствии с условиями лицензии на пакет Fluent 6.2, для моделирования может быть использовано до 40 процессоров, разделяемых между 10 одновременно работающими пользователями пакета. Пакет установлен на кластере НКС-160.

Кроме установки пакета Fluent 6.2 на кластере ССКЦ, для запуска его в эксплуатацию были выполнены работы по адаптации системы очередей кластера НКС-160 под особенности процесса запуска задачи в системе моледирования, осуществлено тестирование пакета как на простых учебных примерах, так и на реальной исследовательской задаче. По результатам выполненной работы был проведён семинар для пользователей ССКЦ.

В процессе апробации пакета на тестовых и реальных задачах проведена работа по анализу эффективности распараллеливания процесса моделирования, анализу изменения точности получаемого результата в зависимости от количества итераций, затраченных на один временной шаг процесса.

Пакет LAMMPS

Пакет LAMMPS является системой моделирования молекулярной динамики, разработанной совместно в лабораториях Sandia и LLNL, США (http://www.cs.sandia.gov/~sjplimp/lammps.html). Пакет является свободно распространяемым и был установлен совместно с сотрудниками ИТПМ СО РАН для выполнения расчётов в рамках научно-исследовательских проектов.

Пакет предназначен для моделирования классической молекулярной динамики в атомарных, полимерных, биологических или гранулярных системах, используя разнообразные начальные и граничные условия, а также широкий диапазон числа атомов – от единиц до миллиардов. Важной особенностью пакета является возможность моделирования наносистем.

Пакет является параллельным и предназначен для работы на параллельных вычислительных системах с распределённой памятью, что соответствует типу основных вычислительных мощностей ССКЦ. Распараллеливание решения задачи осуществляется за счёт пространственной декомпозиции области моделирования и использования обмена сообщениями между параллельными процессами. В качестве интерфейса системы передачи сообщений в пакете используются функции библиотеки MPI. Немаловажным свойством является открытость кода пакета, что позволяет иметь возможность модифицировать его при необходимости для нужд отдельных задач.

Другие прикладные пакеты

Кроме работ по поддержке эксплуатации пакета Gaussian 03, а также ввода в эксплуатацию пакетов Fluent 6.2 и LAMMPS, начаты работы по установке и освоению свободно-распространяемых пакетов и библиотек, предназначенных для решения как задач исследования молекулярной структуры материалов, так и поддержки других исследовательских проектов. В настоящее время имеется 24 наименования пакетов и библиотек, из которых два пакета – PETSc и CERNLIB – установлены на кластере Itanium2 в отчётный период. Выбор приоритетов установки прикладных библиотек также учитывает возможность их использования максимальным количеством исследовательских групп в приоритетных областях фундаментальных и прикладных исследований.

Реализация некоторых вычислительно сложных задач на кластерах ССКЦ

Несмотря на наличие промышленных и обилие свободно распространяемых пакетов прикладных программ, установленных на суперкомпьютерах ССКЦ, потребности пользователей в решении различных задач невероятно широки. Чтобы удовлетворить все свои нужды в моделировании, пользователям приходится самим создавать узкоспециализированное программное обеспечение для решения некоторых частных задач. Эти пользовательские программы составляют неотъемлемую часть прикладно-

го программного обеспечения ССКЦ. Ниже приведены некоторые задачи, для решения которых были написаны подобные программы, ориентированные на многопроцессорные вычислительные комплексы.

Взаимодействие сейсмических и акусто-гравитационных волн для неоднородной модели Земля-атмосфера

Разработан численно-аналитический метод решения задачи по моделированию распространения и взаимодействия сейсмических и акусто-гравитационных волн для неоднородной модели Земля-атмосфера. Распространение сейсмических волн описывается системой динамических уравнений теории упругости, распространение акусто-гравитационных волн в атмосфере описываются линеаризированными уравнениями Навье-Стокса. Алгоритм основан на комплексировании интегральных преобразований Лагерра по времени, конечных интегральных преобразований Бесселя по радиальной координате с высокоточным конечно-разностным методом решения редуцированной задачи по вертикальной координате. Разработанные алгоритмы являются актуальными для понимания волновых процессов взаимодействия сейсмических и акусто-гравитационных волн на границе неоднородной атмосферы с упругим неоднородным полупространством. Алгоритмы распараллелены по гармоникам интегральных преобразований. В силу независимости решаемых на каждом процессоре подзадач, скорость счёта линейно зависит от количества процессоров, на которых решается задача.

Численное моделирование процессов формирования стационарных гармонических волновых полей в неоднородных средах

Разработаны методы и опробованы алгоритмы для численного моделирования процессов формирования стационарных гармонических волновых полей в неоднородных средах с учётом поглощения сейсмических волн. Алгоритмы основаны на использовании интегральных преобразований Лагерра для «отщепления» времени и окаймления расчётной области специальным образом сконструированными поглощающими слоями. Получена экономичная разностная задача, существенно менее ресурсоёмкая по сравнению с реализацией стандартных подходов. Подготовлены модели неоднородной среды с вариациями параметров, локализованными в некоторых внутренних её областях, и выполнены тестовые расчёты стационарных волновых полей, возбуждаемых поверхностными вибрационными сейсмоисточниками. Для получения аналитических оценок выполнено математическое моделирование вибросейсмического мониторинга изменений упругих характеристик во внутренней области земной коры в приближении волнового уравнения и модели системы «земная кора-мантия» в виде слоя на полупространстве. Гармонический вибрационный источник предполагался точечным, область изменений характеристик в среде – сферической. Волновое поле в среде рассчитано в лучевом приближении. Вариации волнового поля в среде и на свободной поверхности определены для случая малых изменений скорости в сферической области путём расчёта диаграммы направленности фиктивного объёмного источника типа бегущей волны в области изменений характеристик, интенсивность которого пропорциональна вариациям скорости и амплитуде исходного поля. Выполнен анализ экспериментальных данных по регистрации гармонических волновых полей мощных вибраторов площадными системами регистрации.

Моделирование образования планет как результат воздействия протозвезды на свое окружение с учётом обратных связей и химических реакций в среде

Группа исследователей, работающая в ИК и ИВМиМГ, изучает образование планет как самоорганизацию материи, как результат воздействия протозвезды на своё окружение с учётом обратных связей и химических реакций в среде. Для ответа на поставленные вопросы на параллельных суперЭВМ проводятся вычислительные эксперименты для решения фундаментальных уравнений гравитационной физики и газовой динамики в трёхмерных декартовых и цилиндрических координатах с учётом многокомпонентности среды, реалистичного уравнения состояния газа, корректного учёта границы газ – вакуум. Разработаны численные алгоритмы трёхмерного моделирования пылевой компоненты в декартовых и цилиндрических координатах. Проведено моделирование образования и эволюции дисковых структур газопылевого облака с целью изучения влияния его состава и других характеристик на конечное состояние. Построена математическая модель плазмохимических и каталитических реакций с учётом концентраций важнейших простых молекул. Произведено распараллеливание алгоритмов для кластеров ССКЦ, проведены вычислительные эксперименты по моделированию образования планетоподобных структур в результате учёта химических реакций и процессов коагуляции. Разработана численная модель для трёхмерного моделирования нестационарных процессов в гравитирующих системах с самосогласованным полем с модулем для расчётов химических реакций. В модель, основанную на решении уравнения Пуассона для гравитационного поля, уравнения Власова для крупных тел и газодинамических уравнений, включено вычисление температуры. Продолжена эксплуатация параллельной версии программы для расчёта динамики плоского протопланетного диска, состоящего из частиц и газа. Проведена методическая работа по усовершенствованию используемых в программе алгоритмов. Типичные параметры расчёта: размер сетки 511x512x511 узлов и количество частиц равно 2 млрд. Расчёты проводились на МВС-1000М Сибирского суперкомпьютерного центра. Исследованы солитоноподобные структуры в двухфазной среде, состоящей из пылевой и газовой компонент, при наличии центрально-

го тела. Получены численные данные о джетах – струях вещества в галактических дисках.

Моделирование на суперкомпьютерах самогравитирующих сред для проблемы происхождения жизни

Исследуемая проблема относится к проблеме происхождения жизни. В исследованиях необходимо решить две первоочередных задачи. Во-первых, найти механизм самоорганизации в околозвёздном протопланетном диске для конденсации вещества, разрушения диска и формирования планет. Во-вторых, определить физические условия, в частности, давление, температуру и другие параметры среды в околозвёздном диске в процессе самоорганизации. После этого становится возможным учесть процессы, связанные с усложнением состава вещества в химических реакциях абиогенного синтеза органических соединений и процессах коагуляции.

Для решения этих проблем развиваются численные модели гравитационно-неустойчивой динамики и многоуровневые вычислительные эксперименты с изучением механизма самоорганизации вещества в околозвёздном диске. При этом решаются уравнения Пуассона для самосогласованного гравитационного поля, уравнение типа Власова – Лиувилля динамики крупных тел и уравнения газовой динамики.

Созданы полностью трёхмерные нестационарные численные модели. В проводимых нами в настоящее время вычислительных экспериментах используется до 109 частиц на сетке из 2563 узлов. Однако эти параметры определяются возможностями существующих суперкомпьютеров. Для проведения тестовых вычислительных экспериментов со сравнением, к примеру, с результатами наблюдений процессов в галактических дисках, необходимо иметь сетку с 10003 узлами и до 1012 частиц.

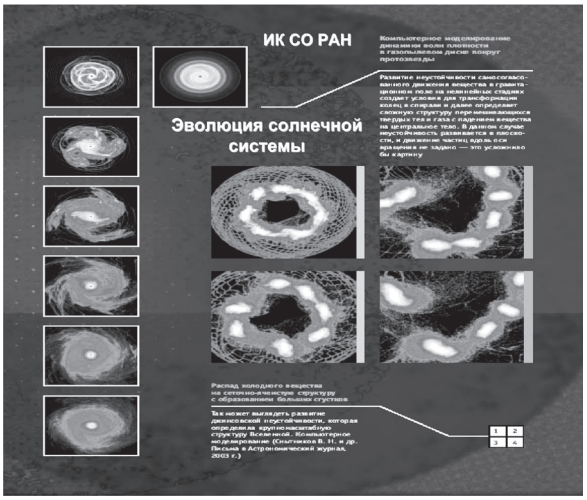
На рисунке приведен пример расчёта модели эволюции солнечной системы, рассчитанной на кластере ССКЦ.

Метод решения динамических задач сейсмики большой размерности на мультикомпьютерах

Разработан метод решения динамических задач сейсмики для упругих и вязкоупругих моделей сред большой размерности, адаптированный для многопроцессорных вычислительных систем. Алгоритм основан на комплексировании интегральных преобразований Лагерра по времени с высокоточными разностными методами по пространственным переменным. Метод особенно эффективен при решении динамических задач сейсмики для двумерно и трёхмерно неоднородных резкоконтрастных моделей сред большой размерности.

Сетевая информационная инфраструктура

В Сибирском отделении РАН с участием авторов данной работы реализована пилотная версия сетевой инновационной инфраструктуры (СИНИН) – системы поддержки инновационной деятельности СО РАН – sinin.nsc.ru, и ведется её заполнение актуальной информацией.



В системе запущен механизм формирования Единого Пространства Инновационных Пользователей (ЕПИП) участников инновационной деятельности из различных информационных ресурсов, включая формирование базы данных инновационных проектов СО РАН. Создана подсистема «онлайновое рабочее место» для основных типов участников инновационной деятельности, позволяющая, в основном, на основе личных коллекций пользователей пополнять ЕПИП.

Создан конструктор тематических порталов по инновациям, использующий содержание ЕПИП и библиотеку онлайновых сервисов для формирования комплексных инновационных проектов.

Пользователи системы

1. Любой посетитель системы получает доступ к информационному пространству системы (ЕПИП), которое, в частности, содержит постоянно обновляемый и пополняемый список, включающий больше 10000 описаний инноваций.
2. Зарегистрированный пользователь, получив разрешение администратора, имеет возможность формировать собственную информационную коллекцию и участвовать в формировании ЕПИП. Администратор – С. И. Паринов (Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН), пользователи – сотрудники Президиума СО РАН (из штата Главного учёного секретаря). В формировании ЕПИП участвуют практически все институты СО РАН, размещающие свои инновационные предложения в СИНИН (список разработок СО РАН).
3. «Технологическими» пользователями системы являются сотрудники Института систем информатики СО РАН (рук. Ю.А. Загорулько), Института теоретической и прикладной механики СО РАН (рук. Гилев В.М.), Института вычислительной математики и математической геофизики

СО РАН (рук. Пискунов С.В.). Их задача – тестирование системы и ее развитие. Развитие системы выполняется на пути: а) разработки технологии включения счётных приложений (систем математического, имитационного моделирования и т.п.) в СИНИН; б) разработки онтологий наиболее важных с точки зрения инноваций и региональных приоритетов предметных областей; в) интеграции в СИНИН экспертной системы поддержки инновационной деятельности; г) разработки механизма интерактивной поддержки построения технологических инновационных цепочек производства нового вида продукции, создания и/или внедрения новых технологий.

Учебный научный центр ИВМиМГ и НГУ

УНЦ был создан совместными усилиями Новосибирского государственного университета и Сибирского отделения РАН в рамках Новосибирского научно-образовательного консорциума по подготовке специалистов по приоритетным направлениям фундаментальных исследований и критическим технологиям.

Научно-методическое обеспечение работы УНЦ осуществляется Научно-методическим советом центра, в который входят представители 5 кафедр, базирующихся в ИВМиМГ, ИВТ и ИСИ СО РАН: «Вычислительная математика», «Вычислительные системы», «Математические методы геофизики», «Математическое моделирование», «Программирование».

В настоящее время компьютерный класс УНЦ оснащен следующим оборудованием:

Административные места:

1. основной сервер-контроллер домена: Pentium 4, 3 Ггц, жёсткий диск 200Гб , Windows 2003 Advanced Server;
2. файл-сервер, шлюз: P2 650/64Мб, 8 Гб, FreeBSD 4.9;
3. коммутатор 24 порта 100BaseT;
4. принтер HP 1200 (2003 г.);
5. цветной сканер.

Рабочие места – 14 мест: P-4 Celeron Intel/2500, 512Mb, жёсткий диск 40 Гб, Windows XP.

Установлено программное обеспечение:

Office 2003; Visual Fortran 6.0; MSDN Library Visual Studio 6.0; Microsoft Visual Studio 6.0; Compaq FORTRAN;

Borland Builder, Borland C++ v5.02; Turbo Pascal v7.0; Borland Delphi 6; Matlab 13, Java 2 Runtime Environment; Java 2 SDK Standart Edition v1.3; Tex., Ghost View, SSh-Client.

По оптоволоконной линии УНЦ связан с Сибирским суперкомпьютерным центром ССКЦ, в состав которого входит несколько вычислительных кластеров на базе процессоров Itanium2 (производительность в перспективе 1 Tflops) и Alpha (196 Mflops). Кластеры оснащены системой Lunix, установлены языки MPI и OpenMP. Таким образом с использованием средств ССКЦ осуществляется подготовка студентов в области параллельного программирования.

На базе Центра регулярно проводятся студенческие школы и конференции. В течение трех лет ИСИ СО РАН проводил Летнюю школу юных программистов. Регулярно в УНЦ проводится студенческая школа по параллельным вычислениям. Школа преследовала следующие цели:

- познакомить и научить студентов средствам низкоуровневого программирования задач (библиотека сокетов для соединения процессов через сеть, библиотека потоков для работы с потоками), которые позволяют использовать все доступные ресурсы на сети неоднородных компьютеров;
- изучить некоторые техники оптимизации программ, а именно, статическая и динамическая балансировка загрузки данных, не блокирующая передача данных, и освоить их на тестируемой задаче.

УНЦ принимал участие в организации Международной школы молодых ученых «Вычислительные технологии для наук об окружающей среде» (CITES 2005). Работа школы ставила своей целью передать новую информацию от ведущих специалистов страны и мира молодым учёным, которые должны научиться применять полученные знания для решения практических задач.

Литература

1. Алексеев А.С., Бредихин С. В., Глинский Б. М., Пискунов С. В. GRID-сегмент на базе Сибирского суперкомпьютерного центра. //Вычислител. Технологии 2005, Т. 10 Специальный выпуск. С. 7-13.
2. Алексеев А.С., Глинский Б.М., Котелевский С. П., Кучин Н. В., Малышкин В. Э., Селихов А. В. История развития Сибирского суперкомпьютерного центра, его текущее состояние и перспективы развития //Сиб. Журн. Вычисл. Математики РАН. Сиб. Отделение.-Новосибирск, 2005.-Т. 8, № 3.-С.179-187.

Алексеев Анатолий Семенович: академик РАН, академик МАИ, советник РАН, научный руководитель отдела математических задач геофизики, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (630090, Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, 6)

Глинский Борис Михайлович: д.т.н., профессор, академик МАИ, зам. директора по науке, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (630090, Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, 6), тел. (383) 330-62-79