



Молчанов И.Н.¹, Мова В.И.¹, Стрюченко В.А.²

¹Государственное НПП "Электронмаш". Украина, Киев.

²НПП "Поиск" ГНПП "Электронмаш". Украина, Киев

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ MIMD-КОМПЬЮТЕРЫ ИНПАРКОМ – БАЗА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В ИНЖЕНЕРИИ И НАУКЕ

Анотація

Викладені результати створення сімейства інтелектуальних паралельних комп'ютерів ІНПАРКОМ, які є базою для організації чисельних експериментів в інженерії та науці.

Abstract

The results of creation of family of intellectual parallel computers of INPARKOM, which are a base for organization of numerical experiments in engineering and science.

Решение научно-технических задач на высокопроизводительных параллельных компьютерах обеспечивает научно-технический прогресс общества. Применение численного эксперимента при создании новых образцов энерго- и ресурсосберегающих объектов существенно сокращает время и стоимость создаваемых проектов. Численный эксперимент позволяет эффективно планировать натурные эксперименты и позволяет рассматривать несколько вариантов создаваемых объектов для выбора наилучшего.

Но численный эксперимент по моделированию объектов современной техники предъявляет ряд требований к вычислительной технике, на базе которой организуется численный эксперимент. Так расчет на прочность самолета в целом методом конечных элементов сводится в конечном итоге к решению систем линейных алгебраических уравнений, порядок которых достигает десятков миллионов, причем таких расчетов для разных вариантов требуется привести от нескольких десятков до нескольких сотен. Решение задачи обтекания планера сводится к решению уравнений Навье-Стокса на сетке насчитывающей несколько миллионов узлов. Все это требует значительных вычислительных и интеллектуальных усилий и может быть решено за счет использования с одной стороны высокой производительности компьютеров с параллельной организацией вычислений [1, 2], а с другой стороны за счет разработки новых алгоритмов решения дискретных задач, учитывающих наиболее полно их свойства. Не менее важным требованием является достоверность полученных компьютер-

ных решений [3]. К сожалению, в некоторых случаях по дорогостоящим программным средствам пользователи получают компьютерные решения, не обладающие физическим смыслом. Об этом свидетельствует, например, деятельность NAFEMS [4] по безопасному использованию метода конечных элементов и сопутствующих технологий.

Создание алгоритма и программ с параллельной организацией вычислений требует высокой квалификации и значительного времени.

Проблему получения достоверных компьютерных решений, сокращение времени постановки и решения задач науки и инженерии за счет использования компьютеров для исследования свойств машинных моделей задач и создания программ параллельных вычислений могут решить интеллектуальные компьютеры [5–9].

Интеллектуальный параллельный компьютер для исследования и решения научно-технических задач — это компьютер, структура и архитектура которого, а также операционная среда поддерживают интеллектуальное программное обеспечение. Под интеллектуальным программным обеспечением решения класса научно-технических задач будем понимать комплекс программных средств, позволяющих на языке предметной области сформулировать в компьютере задачу; автоматически исследовать свойства машинной модели задачи с приближенно заданными исходными данными; в соответствии с выявленными свойствами и учетом математических и технических характеристик компьютера определить необходимое для решения задачи число процессоров и построить алгоритм решения и вычислительную схему; сформулировать топологию из процессоров MIMD-компьютера для решения задачи с возможно минимальными затратами машинного времени; синтезировать под эту конфигурацию программу параллельных вычислений; решить задачу; оценить достоверность полученного компьютерного решения (его близость к математическому) и дать оценку наследственной погрешности в решении математической задачи; визуализировать результаты решения на языке предметной области.

Интеллектуальный компьютер после завершения исследования и решения задач может выдавать машинное решение задач с оценкой его достоверности, информацию об исследованиях в компьютере свойствах решаемых задач с приближенно заданными исходными данными, протокол вычислительного процесса, включающем информацию об используемых алгоритмах и программах, а также о топологии, примененной для решения задачи.

Отметим, что существует разрыв между суперкомпьютером и персональными компьютерами, который может быть заполнен интеллектуальными рабочими станциями с 16, 32, 64 и большим числом микропроцессоров.

В Институте кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины совместно с Государственным научно-производственным объединением "Электронмаш" было создано семейство интеллектуальных рабочих станций (16-, 32- и 64-процессорные интеллектуальные рабочие станции) для исследования свойств задач, автоматического построения алгоритмов, синтеза программ параллельных вычислений и достоверного решения задач науки и инженерии.

Так, в интеллектуальную рабочую станцию Inparcom-64 входит (рис. 1):

- хост-система, состоящая из двух хост-компьютеров (2xXeon 5150, 64 bit длина машинного слова, 8–32 GB оперативной памяти, 250 GB памяти на дисках каждый);

- обрабатывающая часть, включающая 4 вычислительных 16-ядерных узлов (4xXeon 5345, 64 bit длина машинного слова, 32 GB оперативной памяти, от 250 GB памяти на дисках каждый);
- коммуникационная среда, состоящая из Gigabit Ethernet; Infiniband DDR и гиперкуба;
- дисковое хранилище от 1000 GB и выше.

Хост-система осуществляет управление использованием многопроцессорного вычислительного ресурса, общесистемный мониторинг, общение с терминальными сетями пользователей, визуализацию результатов решения задачи и реализацию той части процесса вычислений и обработки данных, которая не распараллеливается ("плохо" распараллеливается). Хост-система с внешним оборудованием может входить в локальную или глобальную сеть.

Обрабатывающая часть, осуществляющая решение задачи с параллельной организацией вычислений, представляет собой однородную масштабируемую структуру, состоящую из множества высокопроизводительных процессоров (с собственной оперативной и дисковой памятью), объединенных коммуникационной средой межпроцессорного взаимодействия.

Программное обеспечение интеллектуального компьютера предусматривает три уровня:

- операционная среда, поддерживающая интеллектуальное программное обеспечение;
- интеллектуальное численное программное обеспечение для исследования и решения задач вычислительной математики с приближенно заданными исходными данными;
- интеллектуальное прикладное программное обеспечение.

В основу операционной среды интеллектуального компьютера положены бесплатные стандартные решения (GNU/Linux). Однако пользователь имеет возможность выбора одного из трех вариантов предустановленной операционной системы: Linux, Windows или Linux+Windows. В последнем варианте операционная среда хоста по желанию пользователя выполняет перезагрузку нужной операционной системы. Ядро параллельного компьютера — система передачи сообщений — реализует стандарт MPI. В Linux

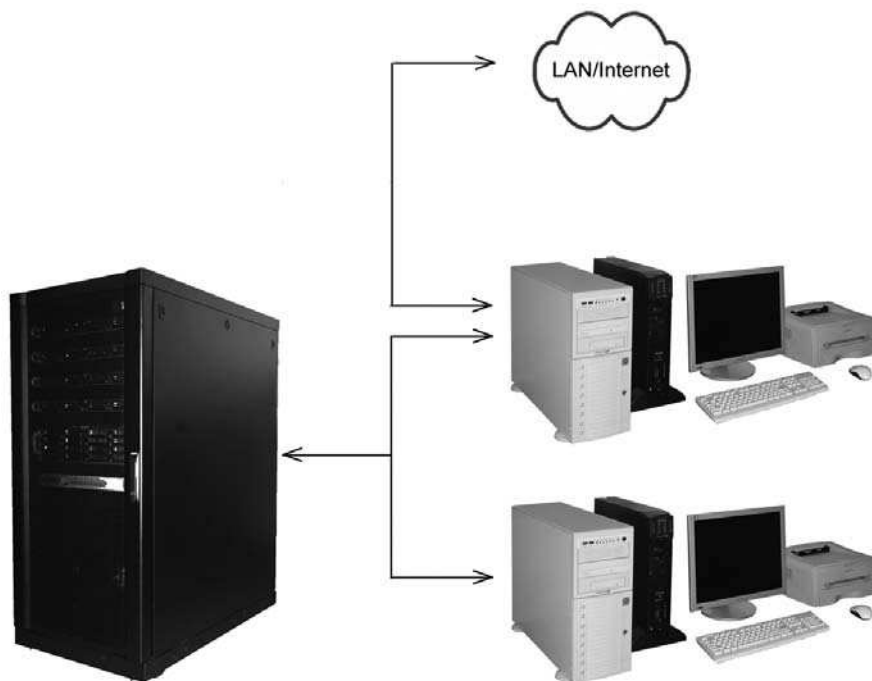


Рис. 1. Интеллектуальный параллельный MIMD-компьютер "Инпарк 64"



установлены MVARICH, оптимизированный под Infiniband, и LAM MPI, в Windows — MPICH. Для поддержки максимального числа приложений сторонних разработчиков настроена и другая распространенная система передачи сообщений — PVM (параллельная виртуальная машина).

Бесплатный компилятор GCC в составе Linux поддерживает Си, C++, ФОРТРАН и несколько других языков программирования. Операционная среда включает Интернет-сервер Apache с поддержкой приложений на языке PHP, СУБД MySQL, стандартные математические библиотеки (в т.ч. ScaLAPACK), тесты (Linpack, Scali), распределенную файловую систему.

Операционная среда обеспечивает:

- формирование задания и запуск параллельной задачи на выбранных вычислительных узлах;
- мониторинг интеллектуального компьютера и выполняемых заданий;
- сохранение и визуализацию протоколов параллельных расчетов;
- запуск приложения (исполняемого кода программы) на хост-компьютере;
- работу через локальную сеть и/или Internet (удаленный доступ);
- разработку параллельных программ;
- администрирование доступных пользователю частей распределенной файловой системы.

Интеллектуальное численное программное обеспечение для исследования и решения задач вычислительной математики с приближенно заданными исходными данным включает в себя как автоматический режим полного исследования и решения задач, так и решение задач заранее выбранным алгоритмом и программой из библиотеки интеллектуальных программ.

Интеллектуальное численное программное обеспечение реализует исследование и решение следующих классов задач:

- систем линейных алгебраических уравнений;
- алгебраической проблемы собственных значений;
- систем нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений;
- систем обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями.

Интеллектуальное прикладное программное обеспечение для исследования и решения задач анализа прочности конструкций может содержать:

- средства формирования геометрической модели конструкции на основе имеющихся в банке геометрических моделей;
- средства формирования в компьютере математической модели задачи на основе моделей, имеющихся в банке данных;
- средства формирования конечно-элементной или конечно-разностной модели задачи;
- средства визуализации конечно-элементного покрытия элемента или исследуемой конструкции и средства, позволяющие пользователю изменить в некоторых местах конечно-элементную сетку;
- средства формирования в автоматическом режиме дискретной модели задачи и рассылки данных по процессорам выбранной топологии;
- средства обращения к интеллектуальному численному программному обеспечению для исследования и решения сформулированных конечно-элементных задач на MIMD-компьютере;
- средства анализа достоверности полученного конечно-элементного или конечно-разностного решения;
- средства визуализации результатов расчета.

Так как интеллектуальные компьютеры построены с использованием принципа открытости системы, то стандартизация интерфейсов, масштабируемость состава оборудования, переносимость (портбельность) программного обеспечения позволяет создавать интеллектуальные компьютеры различной производительности. В зависимости от количества вычислительных узлов может меняться количество компьютеров в хост-системе. Таким образом, могут быть созданы интеллектуальные компьютеры в достаточно широком диапазоне производительности от интеллектуальных персональных компьютеров до интеллектуальных суперкомпьютеров.

В настоящее время осуществлен переход интеллектуальных рабочих станций на четырехядерные микропроцессоры, что существенно повышает их производительность.

Сравнительная характеристика интеллектуальных рабочих станций Инпарком приведена ниже:

Таблица

	Производительность пикова GFlops	Производительность на LINPACK GFlops	Оперативная память GB	Дисковая память GB	Дисковая память хост-системы	Хранилище
Inparcom-16 (Xeon 3,2 GHz)	100	80	32	576	72	
Inparcom-32 (Xeon 3,2 GHz)	200	160	64	576	72	
Inparcom-64Xeon 5345	596	460	128	2000	250	от 1TB

Преимуществом интеллектуальных компьютеров является:

- освобождение пользователя от работы по исследованию задачи, созданию алгоритмов, написанию и отладки программ, что сокращает время постановки и решения задач науки и инженерии не менее чем в 100 раз;

- постановка задачи пользователем в компьютере на языке предметной области с приближенно заданными исходными данными;

- получение машинного решения с оценкой его достоверности, а также все исследованные свойства решаемой машинной модели задачи с приближенными исходными данными;

- сокращение времени машинного исследования и решения научно-технических задач по сравнению с решением той же задачи на МІМД-компьютере с тем же числом процессоров и той же элементной базой, но с традиционной параллельной архитектурой.

Интеллектуальные компьютеры наиболее целесообразно использовать:

- в инженерных (машиностроении, в том числе самолетостроении, турбостроении, промышленном и гражданском строительстве, расчетах энергетических систем и т.д.) и научных (геофизике, физике, химии, биологии, фармакологии и т.д.) расчетах;

- в моделировании объектов различной физической природы и в различных ситуациях;

- в виртуальном проектировании;

- для создания тренажеров обучения персонала управлению объектами современной техники, в том числе в реальном времени.

Литература

1. <http://www.top500.org>
2. <http://www.supercomputers.ru>
3. Молчанов И.Н. Машинная математика — проблемы и перспективы//// "Кибернетика и системный анализ", 2004. — № 6. — С. 65—79.
4. <http://www.nafems.org>
5. Молчанов И.Н. Интеллектуальные компьютеры — компьютеры XXI века. Материалы Міжнарод. Конфер. присвяч. 100-річчю з дня народж. Акад. С.О. Лебедева, Україна, Київ. — 2002. — С. 94—100.
6. Молчанов И.Н. Интеллектуальные компьютеры — средство исследования и решения научно-технических задач// "Кибернетика и системный анализ", 2004. — № 1. — С. 175—179.
7. Молчанов И.Н., Мова В.И., Стрюченко В.А. Интеллектуальные компьютеры для исследования и решения научно-технических задач — новое направление в развитии вычислительной техники// Журнал "Зв'язок", 2005. — №7. — С. 45—46.
8. Молчанов И.Н. Мова В.И., Стрюченко В.А. Интеллектуализация компьютеров-проблемы и возможности //Ж. "Искусственный интеллект", 2006. — № 3. ІПШ і НАН України "Наука і освіта". — С.15—20.
9. Молчанов И.Н., Перевозчикова О.Л., Химич А.Н. Іnragcom-16 — интеллектуальная рабочая станция// Кибернетика и системный анализ, 2007. — N3. — С. 151—155.