

УДК 681.323

И.Н. Молчанов

Институт кибернетики им. В.М. Глушкова Национальной академии наук Украины,
г. Киев, Украина, molchan@d150.icyb.kiev.ua

В.И. Мова

Государственное научно-производственное предприятие «Электронмаш»
Министерства промышленной политики Украины, г. Киев, Украина,
mvi@elmash.kiev.ua

В.А. Стрюченко

Научно-производственное предприятие «Поиск», ДНВП «Электронмаш»
Министерства промышленной политики Украины, г. Киев, Украина,
poisk@elmash.kiev.ua

Интеллектуализация компьютеров — проблемы и возможности

Рассматриваются возможности интеллектуальных компьютеров для исследования и решения задач науки и инженерии на примере интеллектуального компьютера Inpracom. Принадлежность интеллектуальных компьютеров к открытым системам позволяет снизить скорость морального старения интеллектуального компьютера и стоимость перманентного обновления его аппаратной составляющей.

Решение научно-технических задач на компьютерах обеспечивает научно-технический прогресс общества. Поэтому не случайно 70 % различных типов суперкомпьютеров используется для решения задач науки и инженерии [1].

Для решения научно-технической задачи необходимо сформулировать прикладную задачу, построить физическую модель, описать ее математическими формулами и получить математическую модель, с помощью средств дискретизации (например, методом конечных элементов или конечных разностей) эту модель арифметизируют, т.е. сводят к дискретной модели, данные о которой вводят в компьютер и в конечном итоге получают в компьютере машинную модель задачи. Если научно-техническая задача решается впервые, то, как правило, исследуют ее математическую и дискретную модель.

На основании метода решения с учетом свойств дискретной модели задачи строится алгоритм решения. Вычислительная схема решения задачи, реализующая алгоритм, выписывается с учетом математических и технических характеристик компьютера и его системного программного обеспечения (языка программирования, компилятора, операционной системы и т.д.).

Затем вычислительная схема записывается в языке программирования, компилируется, и в компьютере получают алгоритм решения в машинных кодах. В этой технологической схеме компьютер, используя данные о машинной модели задачи, реализует решение с помощью машинных кодов и получается машинное решение научно-технической задачи, достоверность которого должен оценивать пользователь.

В такой традиционной схеме исследования и решения задач на компьютере может встретиться ряд «подводных камней», которые приводят к получению на компьютере машинных результатов, не содержащих физического смысла.

Исследование математической и дискретной моделей новых (не исследованных ранее) требует значительного времени и высокой квалификации исследователей. Но выявленных свойств у математических и дискретных моделей может не оказаться у машинной модели задачи. Кроме того, все прикладные задачи имеют приближенный характер задания исходных данных, а в исследованиях математических и дискретных моделей, а также в существующих программных средствах, неявно предполагается, что исходные данные о задаче заданы точно.

Отметим, что погрешность задания исходных данных должна коррелироваться со свойствами оператора задачи. Если такой корреляции нет, то даже в точном аналитическом решении не будет содержаться физического смысла.

Создание вычислительных схем и программ с параллельной организацией вычислений для реализации их на MIMD-компьютерах, насчитывающих десятки или сотни микропроцессоров, обеспечивающих равномерную загрузку этих процессоров и минимизирующих коммуникационные потери, требует специалистов высокой квалификации и значительного времени.

Не всегда получаемые компьютерные решения будут иметь физический смысл тех задач науки и инженерии, которые решались на компьютере.

Поэтому анализ достоверности полученных компьютерных решений является важным этапом постановки научно-технических задач на компьютерах. Этот анализ может быть реализован или при помощи натуральных экспериментов, или путем теоретической и вычислительной проверки компьютерных решений. Организация натуральных экспериментов требует значительных материальных ресурсов и времени, а теоретическая или вычислительная проверка – высокой квалификации специалистов.

Средством решения вышеназванных трудностей и преодоления «подводных камней» является создание интеллектуальных компьютеров [2].

Интеллектуальный параллельный компьютер Inpracom для исследования и решения научно-технических задач – это компьютер, структура и архитектура которого, а также операционная среда поддерживают интеллектуальное программное обеспечение [3], [4]. Под интеллектуальным программным обеспечением решения класса научно-технических задач будем понимать комплекс программ, позволяющий 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 задач 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 (близость машинного решения к математическому, и дать оценку наследственной погрешности в решении математических задач); визуализировать результаты решения на языке предметной области.

Интеллектуальный компьютер работает со знаниями. На основе информации о машинной модели задачи и погрешности в задании исходных данных интеллектуальный компьютер вырабатывает знания о свойствах машинной модели задач, принимает решение об организации топологии, выбирает алгоритм и синтезирует программы. После получения компьютерного решения интеллектуальный компьютер анализирует полученное решение с использованием знаний о свойствах машинной модели задачи с погрешностью в задании исходных данных.

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

Вместо традиционных библиотек и пакетов программ на интеллектуальных компьютерах целесообразно использовать библиотеки интеллектуальных программ.

Под интеллектуальной программой будем понимать программу, которая в ходе решения задачи проверяет соответствие выбранного пользователем алгоритма и программы, свойствам машинной модели задачи, формирует топологию из процессоров MIMD-компьютера в соответствии с выбранным пользователем числом процессоров рассылает исходные данные в память процессоров, решает задачу и оценивает ее достоверность.

В интеллектуальном компьютере реализуется принцип скрытого параллелизма. Скрытый параллелизм – такой режим работы пользователя на интеллектуальном компьютере, при котором решение задач осуществляется так же, как и на однопроцессорном компьютере в мультипрограммном режиме.

Скрытый параллелизм предполагает автоматически:

- определение числа процессоров, необходимых для решения задач;
- определение оптимальной топологии из процессоров MIMD-компьютера для решения конкретных задач;
- создание эффективных алгоритмов (ускорение S_p , достаточно близкое к числу p процессоров, коэффициент E_p , достаточно близкий к единице [5]) и синтез программы параллельных вычислений для выбранной конфигурации;
- распределение исходной информации между процессорами; равномерную загрузку всех используемых для решения задачи процессоров;
- организацию и синхронизацию обменов между процессорами;
- минимизацию обменов между процессорами;
- распараллеливание не только арифметики логических операций, но и обменов между процессорами.

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 по классам применений, например, для исследования и решения задач анализа прочности конструкций.

Использование интеллектуального компьютера для исследования и решения задач науки и инженерии предполагает автоматическое создание математической, дискретной и машинной модели, а также автоматическое создание алгоритма, вычислительной схемы, алгоритма в языке программирования, алгоритма в машинных кодах, решение задачи и оценку его достоверности. Таким образом, технологическая схема исследования и решения задач на интеллектуальном компьютере существенным образом отличается от технологической схемы исследования и решения задач на традиционном компьютере.

Преимуществом интеллектуальных компьютеров является:

- освобождение пользователя от работы по исследованию задачи, созданию алгоритмов, написанию и отладке программ, что сокращает время постановки и решения задач науки и инженерии не менее, чем в 100 раз;
- постановка задачи пользователя в компьютере на языке предметной области с приближенно заданными исходными данными;
- получение машинного решения с оценкой его достоверности, а также по желанию все свойства решаемой машинной модели задачи с приближенно заданными исходными данными;
- сокращение времени машинного исследования и решения научно-технических задач по сравнению с решением той же задачи на MIMD-компьютере с тем же числом процессоров и той же элементной базой, но с традиционной параллельной архитектурой.

Интеллектуальные параллельные компьютеры принадлежат к так называемым открытым системам. Свойства систем как открытых – стандартизация интерфейсов, масштабируемость состава оборудования, переносимость (портабельность) программного обеспечения. Интеллектуальные параллельные компьютеры обладают высокой технико-экономической эффективностью (по сокращению времени решения/стоимость), которая достигается путем системной интеграции передовых микроэлектронных элементов, функциональных модулей, устройств и конструктивов массового производства с использованием стандартизованных в мировой практике межмодульных интерфейсов и базовых программных средств.

Семейство интеллектуальных параллельных компьютеров включает интеллектуальный персональный компьютер, интеллектуальную рабочую станцию, MIMD-компьютер.

Учитывая открытость системы, Inragcom может создаваться с необходимым для заказчика количеством процессоров.

Так, в вычислительную рабочую станцию Inragcom – 16 входит:

- хост-система, состоящая из двух хост-компьютеров (Xeon 3,2 GHz, 64 bit длина машинного слова, 8 Gbyte оперативной памяти, 72 Gbyte памяти на дисках каждый);
- обрабатывающая часть, включающая 16 вычислительных узлов (Xeon 3,2 GHz, 64 bit длина машинного слова, 2 Gbyte оперативной памяти, 36 Gbyte памяти на дисках каждый);
- коммуникационная среда, состоящая из Gigabit Ethernet; Infiniband и гиперкуба.

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 представляет собой однородную масштабируемую структуру, состоящую из множества высокопроизводительных процессоров (для рабочей станции 16-процессоров с собственной оперативной и дисковой памятью), объединенных коммуникационно-связывающей средой межпроцессорного взаимодействия.

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 автоматическое переключение между Linux и Windows путем перезагрузки узлов. Предустановленная версия Linux на основе Scientific Linux 4.2 (от 22.11.2005) оптимизирована под аппаратуру Инпарком. Предустановленная версия Windows – XP SP2.

Ядро параллельного компьютера – система передачи сообщений – реализует стандарт MPI. В Linux установлены MVAPICH, 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, С++, 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 программ) на хост-компьютере;
- работу через локальную сеть и/или Интернет (удаленный доступ);
- разработку параллельных программ;
- администрирование доступных пользователю частей распределенной файловой системы.

В интеллектуальных параллельных компьютерах реализованы важнейшие задачи организации распараллеливания вычислений и программирования:

- выявление природного параллелизма классов решения задач и применение автоматических механизмов его выполнения;
- выявление минимального объема задействованного процессорного ресурса интеллектуального компьютера для балансировки оптимальной загрузки узлов обрабатывающей части в течение решения задачи;

– существенное улучшение условий решения классов задач за счет разновидностей архитектуры и топологий соединений вычислительных узлов интеллектуального компьютера для экономии времени решений и объема задействованной оперативной и дисковой памяти.

Принадлежность интеллектуальных компьютеров к открытым системам дает возможность снизить скорость морального старения интеллектуальных компьютеров и стоимость перманентного обновления его аппаратной составляющей.

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 виртуальном проектировании;
- в моделировании объектов различной физической природы и в различных ситуациях;
- для создания тренажеров обучения персонала управлению объектами современной техники, в том числе в реальном времени;
- в банковско-финансовой деятельности.

Литература

1. <http://www.top500.org>.
2. Молчанов И.Н. Машинная математика – проблемы и перспективы // Кибернетика и системный анализ. – 2004. – № 6. – С. 65-72.
3. Молчанов И.Н. Интеллектуальные компьютеры – средство исследования и решения научно-технических задач // Кибернетика и системный анализ. – 2004. – № 1. – С. 174-179.
4. Молчанов И.Н., Мова В.И., Стрюченко В.А. Интеллектуальные компьютеры для исследования и решения научно-технических задач – новое направление в развитии вычислительной техники // Зв'язок. – № 7. – 2005. – С. 45-46.
5. Молчанов И.Н. Введение в алгоритм параллельных вычислений. – К.: Наукова думка, 1990.

Молчанов І.М., Мова В.І., Стрюченко В.А.

Інтелектуалізація комп'ютерів – проблеми і можливості

Розглядаються можливості інтелектуальних комп'ютерів для дослідження і рішення задач науки й інженерії на прикладі інтелектуального комп'ютера Inpracom. Приналежність інтелектуальних комп'ютерів до відкритих систем дозволяє знизити швидкість морального старіння інтелектуального комп'ютера і вартість перманентного відновлення його апаратної складової.

Статья поступила в редакцию 05.07.2006.