



В начале нынешней весны в семье отечественных суперкомпьютеров "СКИФ" случилось приятное пополнение: в Научно-исследовательском вычислительном центре МГУ им. М.В.Ломоносова состоялось официальное открытие самого мощного в России, странах СНГ и Восточной Европы суперкомпьютера "СКИФ МГУ", созданного в рамках суперкомпьютерной программы "СКИФ-ГРИД" Союзного государства России и Беларуси. Гигант пиковой производительностью в 60 TFlops - совместная разработка МГУ им. М.В.Ломоносова, Института программных систем РАН и компании "Т-Платформы", выполненная при поддержке компании Intel ("Поиск" №13, 2008).

Как индивидуален и неповторим каждый из членов обычной семьи, так и "новоорожденный" "СКИФ МГУ", будучи одним из именитого семейства отечественных суперкомпьютеров, имеет немало отличий от своих ближайших родственников. И не только по мощности и быстродействию. О технических изюминках и решениях, уникальных на сегодняшний день для отечественной высокопроизводительной отрасли, которыми создатели щедро наделили новый суперкомпьютер МГУ, корреспонденту "Поиска" рассказал заместитель директора НИВЦ МГУ член-корреспондент РАН Владимир ВОЕВОДИН:

Суперкомпьютер "СКИФ МГУ" построен на базе новейших технологических решений отрасли с использованием ряда российских разработок, созданных в рамках суперкомпьютерных программ "СКИФ" и "СКИФ-ГРИД" Союзного государства. Основу суперкомпьютера составляют blade-модули T-Blade производства компании "Т-Платформы", позволяющие разместить 20 четырехъядерных процессоров Intel® Xeon® с частотой 3.0ГГц в конструктиве 5U, что обеспечивает наибольшую вычислительную плотность среди всех представленных на рынке blade-решений на базе Intel. Это первые blade-решения в отрасли, интегрирующие поддержку нового чипсета Intel 5400, что обеспечивает выигрыш в производительности реальных приложений до 30 процентов и поддержку следующего поколения процессоров Intel.

"СКИФ МГУ" - первая столь значительная установка, сделанная на процессорах по 45-нанометровой технологии. Не уверен, существуют ли сегодня в мире столь же большие системы, построенные на этих процессорах. На момент оглашения очередной редакции TOP500 они, вероятно, появятся, но пока мы - первые. Хочется особо отметить, что благодаря эффективному взаимодействию с компанией Intel при создании "СКИФ МГУ" мы первыми смогли использовать их новые процессоры, еще до того как они были представлены на рынке: одна из пилотных партий процессоров была зарезервирована под программу "СКИФ-ГРИД".

Blade-решения, предложенные компанией "Т-Платформы" при создании "СКИФ МГУ", очень

Активный баланс

Новый суперкомпьютер МГУ готов к решению самых сложных задач



важный элемент данной высокопроизводительной системы. Причем следует подчеркнуть, что это именно российские blade-решения, хотя и сделаны они на импортных комплектующих. Модули T-Blade совместимы со стандартными видами интерконнекта и других внешних устройств благодаря slotу расширения PCI-Express 2.0. В качестве системной сети использована технология DDR InfiniBand с микросхемами компании Mellanox четвертого поколения. Архитектура этой реализации InfiniBand не только позволяет сократить время задержки при передаче сообщений до 1.2 микросекунд и улучшить масштабируемость приложений, но и обеспечивает совместимость с новым, вдвое более производительным стандартом QDR InfiniBand. Таким образом, архитектура "СКИФ МГУ" уже сегодня ориентирована на технологию ближайшего будущего и позволит легко и экономично модернизировать процессоры и интерконнект без необходимости замены blade-модулей. Данная архитектура и технические решения являются базовыми для ряда 4 суперкомпьютерного семейства "СКИФ".

Огромный плюс всего проекта создания "СКИФ МГУ" в том, что его результат - суперкомпьютер - является полностью законченным сбалансированным решением: его не следует рассчитывать, только как гигантскую счетную машину. "СКИФ МГУ" - эффективная инженерная инфраструктура, включающая все, что необходимо для поддержания работы столь большого суперкомпьютерного комплекса: параллельную систему хранения данных в 60ТБ и ленточную систему резервного копирования; выделенную подсистему мониторинга и управления с дублированием; систему бесперебойного электропитания и охлаждения с уровнем резервирования N+1. При этом параметры и состав всех подсистем подобраны таким образом, чтобы обеспечить максимальную эффективность выполнения пользовательских приложений. Так, вычислительное поле системы неоднородно и содержит узлы с различным объемом оперативной памяти и числом дисков для оптимальной работы приложений с ин-

дивидуальными требованиями к ресурсам. Большая часть вычислительных узлов не содержит жестких дисков, что улучшает отказоустойчивость всей системы. Бездисковая загрузка ОС, в свою очередь, упрощает администрирование: при любых обновлениях достаточно изменить только единый образ ОС на управляющем узле.

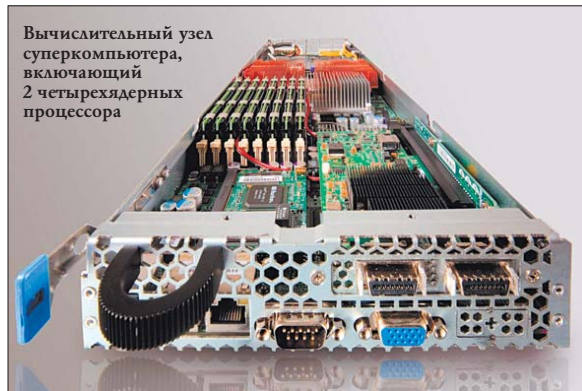
Общее энергопотребление суперкомпьютера со всей его инфраструктурой в стандартном режиме составляет 520 кВт, но при пиковой нагрузке может достигать и 720 кВт. Найти в центре Москвы мощности, необходимые для работы такой большой машины, как "СКИФ МГУ", оказалось весьма непростой задачей. Но ее благодаря постоянной поддержке и вниманию к проекту со стороны руководства университета, как и другие сложные вопросы, связанные с созданием высокопроизводительного комплекса, удалось успешно и своевременно решить. Стоит обратить особое внимание на то, что вся эта мощность сосредоточена на площади менее чем 100 кв. м, но при этом температура в суперкомпьютерном центре не превышает 20°C. Для отвода тепла инженерами "Т-Платформ" была спроектирована модульная система охлаждения с герметичным "горячим коридором" между стойками с вычислительными узлами. Решение гарантирует отвод до 30 кВт тепловой энергии от каждой стойки, имеет уровень резервирования всех компонентов N+1 и в аварийном случае обеспечивает поддержание температурного режима в помещении не менее 10 минут.

Большое внимание разработчики суперкомпьютера уделили и решению проблемы шумоизоляции: машина установлена внутри НИВЦ, необходимо было заранее побеспокоиться, чтобы суперкомпьютер не мешал работе сотрудников центра. В день официального открытия "СКИФ МГУ" ректор универ-

ситета академик РАН Виктор Садовничий и председатель Госдумы Федерального собрания РФ Борис Грызлов, зайдя в помещение, специально оборудованное под суперкомпьютер, пробыли там буквально минуту: по правилам техники безопасности, вход туда разрешен только в наушниках. Но при этом в соседних лабораториях постороннего шума нет. Тщательно спроектированное инженерное хозяйство суперкомпьютера - тоже колоссальный плюс данного проекта: при создании такой большой машины нельзя допустить ни одного слабого звена.

"СКИФ МГУ" впервые будет использовать российские программные средства для кластерных систем, разработанные в рамках программы "СКИФ-ГРИД", включающие специально созданный отечественный кластерный дистрибутив операционной системы Linux, а также систему мониторинга и управления, которая объединит информацию обо всех подсистемах суперкомпьютера в единый web-интерфейс. Инновационные программные разработки ИПС РАН и НИВЦ МГУ (OpenTS и X-Com) позволят существенно упростить написание масштабных параллельных приложений и организовать распределенные вычисления с использованием разнородных вычислительных ресурсов.

Следующим важным шагом в развитии проекта "СКИФ МГУ" должна стать установка специализированных прикладных пакетов, в частности, квантово-химических и био-



Вычислительный узел суперкомпьютера, включающий 2 четырехъядерных процессора

инженерных - для проведения высокопроизводительных расчетов в самых разных научных областях. Сейчас мы проводим экспертизу, по итогам которой станет понятно, какие именно пакеты необходимы для наших пользователей. Уровень фундаментальных исследований, проводимых ими, требует наличия профессиональных программных инструментов. Современные инженерные пакеты стоят дорого, тем более для параллельных систем - кластеров: цена лицензионного продукта часто зависит от числа процессоров. Стоимость некоторых лицензий составляет более 100 тысяч долларов. И покупать такой дорогостоящий продукт для одного (или даже нескольких)

пользователей - не рентабельно: необходимо соизмерять значимость работ, ведущихся научной группой, задач, которые они решают, и объем вложений в специализированное ПО.

Пользователями нового суперкомпьютера станут, прежде всего, научные коллективы университета, которые и раньше активно использовали в своих исследованиях высокопроизводительные вычисления, а также некоторые группы из академических институтов и других вузов страны. Поскольку "СКИФ МГУ" представляет собой уникальную установку, очень хочется найти для него и задачи соответствующего уровня: большие, яркие, значимые. Для их решения мы готовы пойти на приоритетное выделение ресурсов. Но одновременно намерены постоянно отслеживать и эффективность использования суперкомпьютерных мощностей.

В том, что супермощности "СКИФ МГУ" будут загружены практически полностью (и весьма быстро), в НИВЦ не сомневаются. В МГУ уже сегодня решается много задач, требующих мощных высокопроизводительных ресурсов: диагностика площадок под строительство, прокладку коммуникаций и дорог (суперкомпьютерная обработка данных электромагнитного и акустического зондирования позволяет определить скрытые полости и неоднородности под землей); моделирование климатических изменений (распределение вечной мерзлоты на территории России); создание комплексов трехмерных экологических и градостроительных задач (например, развитие турбулентного потока воздуха между зданиями и прогноз экологических последствий). Одно из направлений исследований, требующих огромных ресурсов вычислительных систем, - конформационный анализ сложных соединений (на основе химической формулы молекулы рассчитывается ее пространственная структура). Значительные ресурсы необходимы и для расчетов методами квантовой химии образования полимерных наноструктур, ранее такие расчеты были возможны лишь в рамках менее надежных методов молекулярной механики. Теоретико-числовые задачи, ориентированные на криптографическое применение (совместные исследования МГУ и ИВМ РАН) и компьютерное моделирование мембран для топливных элементов, высокопроизводительные вычисления в геологии и науках о материалах (моделирование взаимодействия магмы с грунтовыми водами; роста лавовых куполов)... Даже неполное перечисление задач МГУ займет много места, а сюда еще нужно добавить задачи соисполнителей программы "СКИФ-ГРИД" из более чем 30 организаций.

Суперкомпьютер "СКИФ МГУ" станет центральной частью "СКИФ Полигона" - виртуального объединения отечественных суперкомпьютеров семейства "СКИФ", в который также войдут "СКИФ Cyberia", "СКИФ Урал" и другие высокопроизводительные комплексы. Если возникнет необходимость, сможем присоединиться и к международным проектам в области грид-технологий. Но пока, как видно даже из простого перечисления задач, уже решаемых отечественными исследователями, и дома работы для "СКИФ МГУ" достаточно: даже без внешнего потока расчетов загрузка суперкомпьютера весьма быстро достигнет максимума.

Нина ШАТАЛОВА