



Торнадо где надо



Когда в разговорах с друзьями я упоминала, что хочу снова побывать в Челябинске, большинство собеседников поражалось: зачем? Ведь, по слухам, там - суровый климат, не менее суровые жители, а теперь вот еще и метеориты сыплются с небес... Опасно же! Но тут я уж ничего не могла с собой поделать - слишком очаровал меня этот город семь лет назад, во время командировки на первую Международную научную конференцию "Параллельные вычислительные технологии" (ПаВТ).

Поразмыслив, чем же меня так привлекает столица Южного Урала, поняла: манит не столько город, сколько одна из его главных достопримечательностей - Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ). А точнее - люди, которые в нем трудятся. Та команда профессионалов, что смогла когда-то придать мощный импульс для развития новой конференции, ставшей сегодня одним из главных событий для отечественного суперкомпьютерного сообщества. ПаВТ - конференция мигрирующая: с самого начала одной из ключевых ее черт была обозначена необходимость ежегодной смены адреса проведения мероприятия. Это позволяет вовлечь в процесс внедрения суперкомпьютерных технологий максимальное число ведущих отечественных научных и образовательных центров, ученых и студентов из самых разных городов РФ (ПаВТ уже "прокатилась" по Москве, Нижнему Новгороду, Новосибирску, Санкт-Петербургу и Уфе). Стоит ли добавлять, что, как только стало известно, что ПаВТ-2013 вернется на свою "родину", я тут же попросила редактора командировать меня в Челябинск?

...В международном аэропорту "Баландино" людей, сошедших с трапа, встречают предпримчивые продавцы сувениров со снимками Чебаркульского метеорита с подписью: "Челябинск - метеоритная столица России!". Звучит, конечно, гордо, однако, быть может, справедливее было бы назвать этот город суперкомпьютерной столицей нашей родины? Ведь именно ЮУрГУ когда-то стал первым вузом в России, выделившим из собственных ресурсов значительные средства на покупку высокопроизводительного вычислительного кластера. По словам ректора вуза Александра Шестакова, ЮУрГУ начал развивать направление параллельных вычислений в 2000 году: "Тогда мы приобрели небольшой кластер из восьми машин и даже предположить не могли, что спустя 13 лет у нас уже будет пятая версия суперкомпьютера - "РСК Торнадо ЮУрГУ" и мы с его помо-



стью займем 170-е место в последней редакции (ноябрь 2012 года) списка самых мощных суперкомпьютеров мира Top500 и 40-е место в Green500 - мировом рейтинге суперкомпьютерной энергоэффективности".

Сегодня "РСК Торнадо ЮУрГУ" - крупнейший в Европе университетский суперкомпьютерный комплекс с новейшими процессорами Intel® Xeon Phi™ SE10X. Пиковая производительность этой мощной системы, состоящей из 192 вычислительных узлов на базе инновационной архитектуры "РСК Торнадо" с жидкостным охлаждением, составляет 236,8 TFlop/s. Кстати, на открытии конференции ПаВТ были оглашены результаты последней версии рейтинга самых мощных суперкомпьютеров СНГ Top50. Выяснилось, что в нем "РСК Торнадо ЮУрГУ" занимает четвертую позицию.

- Наш университет много лет плодотворно сотрудничает с корпорацией Intel и группой компаний РСК в области развития высокопроизводительных решений, что позволило нам создать де-факто самый мощный суперкомпьютерный центр не только в Уральском федеральном округе, но и во всей восточной части России от Урала до Дальнего Востока, - отмечает Александр Шестаков. - Наш новый суперкомпьютер "РСК Торнадо ЮУрГУ" впервые в Европе среди университетских вычислительных комплексов оснащен процессорами Intel® Xeon Phi™. Использование этой мощной и энергоэффективной машины позволит нам проводить новые масштабные научные исследования и решать еще более широкий спектр практических социально-экономических задач с целью модернизации экономики не только Уральского региона, но и всей страны.

Как подчеркнул Александр Шестаков, ЮУрГУ не ставит своей основной целью наращивание мощностей. Упор будет сделан на развитие параллельных

вычислений и применение их в различных областях науки и техники. Причем речь идет об использовании супервычислителей не только на благо естественнонаучных факультетов ЮУрГУ. В последнее время интерес к работе с суперкомпьютерными технологиями возник и со стороны ряда гуманитарных факультетов. И даже на факультете физической культуры и спорта, по словам ректора, появились задачи, которые можно решать с помощью суперкомпьютера:

- Недавно к нам приезжал тренер российской молодежной сборной по лыжным гонкам и предложил смоделировать движения человека на лыже с точки зрения биомеханики, потому что мы пока что проигрываем норвежцам и надо понять, что делаем не так - как и куда нам двигаться в процессе тренировок? Может, это и специфический пример, но, уверен, пройдет еще лет пять, и разработки новейшей техники, которая должна будет соответствовать международным стандартам, станут невозможны без участия технологий параллельных вычислений и суперкомпьютерного моделирования. Поэтому конференция ПаВТ очень важна не только для ЮУрГУ, но и для России в целом...

В нынешнем году тематика встречи, в которой приняли участие более 240 специалистов из 35 городов России, Казахстана, Украины, Германии, Швейцарии и США, охватывала максимально широкий спектр вопросов, связанных с работой супервычислителей. В первую пятерку научных направлений, по которым на ПаВТ-2013 были сделаны пленарные и секционные доклады, вошли вычислительная математика, гидрогазодинамика и теплообмен, вычислительная физика и химия, климат и экология.

Кроме того, участники встречи делились опытом формирования научно-образовательных центров (НОЦ), осуществляющих популяризацию и внедрение суперкомпьютерных тех-

нологий в образовании, науке и технике, обсуждали нюансы методики преподавания параллельных вычислительных технологий. Заместитель директора Научно-исследовательского вычислительного центра (НИВЦ) МГУ им. М.В.Ломоносова член-корреспондент РАН Владимир Воеводин подробно рассказал коллегам о проекте Комиссии при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию России "Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения". Важнейшей вехой в реализации данного проекта стало развертывание национальной Системы НОЦ суперкомпьютерных технологий (восемь НОЦ в семи федеральных округах России). Среди других достижений - разработка Свода знаний и умений (профессиональных компетенций) в области суперкомпьютерных технологий (структура свода согласована с рекомендациями международных профессиональных сообществ ACM и IEEE Computer Society), а также подготовка предложений по расширению федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения по направлениям "Прикладная математика и информатика" и "Математика". В исполнение проекта были вовлечены более 600 специалистов из 63 университетов. Их силами в 2010-2012 годах была организована массовая подготовка специалистов начального уровня по суперкомпьютерным технологиям: ее прошли свыше трех тысяч человек из 45 вузов, расположенных в 34 городах России. Отдельное внимание уделялось и программам повышения квалификации

ем - на открытии встречи он представил свежую, 18-ю, редакцию рейтинга самых мощных суперкомпьютеров СНГ Top50, подготовленную специалистами НИВЦ МГУ и Межведомственного суперкомпьютерного центра (МСЦ) РАН. Новая редакция списка продемонстрировала дальнейший рост производительности суперкомпьютеров СНГ. Суммарная производительность систем на тесте Linpack за полгода выросла с 2568,66 до 3355,9 TFlop/s. Суммарная пиковая производительность систем списка составила 5707,4 TFlop/s (4452,32 TFlop/s в предыдущей редакции списка). На этот раз в первой пятерке оказались сразу три новые системы. Лидером остался суперкомпьютер МГУ "Ломоносов", чья пиковая производительность составляет 1700,21 TFlop/s, а производительность на тесте Linpack - 901,9 TFlop/s. На втором месте оказался новый суперкомпьютер МВС-10П производства группы компаний РСК, установленный в МСЦ РАН, с пиковой производительностью 523,83 TFlop/s и производительностью на тесте Linpack 375,7 TFlop/s. Эта система, созданная на основе инновационной архитектуры "РСК Торнадо" с жидкостным охлаждением, - крупнейший за пределами США вычислительный комплекс с новейшими процессорами Intel® Xeon Phi™ (то есть две системы на основе этих процессоров уже работают в России из всего семи подобных суперкомпьютеров в мире, вошедших в Top500). Третье место занял еще один новый суперкомпьютер производства Hewlett-Packard с пиковой производительностью 317,4 TFlop/s и производительностью на тесте Linpack 160,9 TFlop/s. Наконец,



профессорско-преподавательского состава на базе Системы НОЦ СКТ - была осуществлена переподготовка более 450 сотрудников из 43 отечественных организаций...

Еще один доклад Владимира Воеводина гости конференции ждали с особым нетерпением

как было упомянуто выше, на четвертом месте списка появился суперкомпьютер "РСК Торнадо ЮУрГУ".

Продолжают доминировать в списке системы, построенные на процессорах Intel® (их число выросло на одну и стало равным 46); на процессорах

AMD построены три системы (это на одну меньше, чем в предыдущей редакции списка), на процессорах IBM - одна. Число гибридных систем, использующих для вычислений графические процессоры, уменьшилось с 15 до 14, однако появились две системы, использующие ускорители Intel® Xeon Phi™. Количество систем, использующих более 1024 традиционных процессорных ядер в системе, увеличилось с 43 до 47.

Количество систем, используемых в науке и образовании, уменьшилось с 24 до 22; систем, ориентированных на конкретные прикладные исследования, напротив, стало на две больше (восемь); число систем, используемых в промышленности, осталось равным пяти, а используемых в финансовой области - трем. По количеству систем, входящих в список, лидируют IBM, уменьшившая свою долю с 18 до 17 систем, и Hewlett-Packard, сохранившая свою долю в 16 систем. Далее следует компания "Т-Платформы", уменьшившая с девяти до восьми число своих суперкомпьютеров в списке, за ней - группа компаний РСК, увеличившая число систем в списке с трех до пяти (причем четыре из них находятся в первой десятке рейтинга). Следующая, 19-я, редакция списка Top50 по традиции будет объявлена в сентябре 2013 года на Международной суперкомпьютерной конференции "Научный сервис в сети Интернет: все грани параллелизма" в Абрау-Дюрсо...

Конференция ПаВТ-2013 проходила при поддержке РАН, Суперкомпьютерного консорциума университетов России, Российского фонда фундаментальных исследований. Кроме того, спонсорами встречи выступил целый ряд ведущих отечественных и зарубежных профильных организаций, среди которых - группа компаний РСК, корпорация Intel®, компания "Т-Платформы", корпорация NVIDIA, Hewlett-Packard, IBM, компания ТЕСИС и др. К слову, доклады, представленные спонсорами, аудитория слушала с неподдельным интересом. Особенно бурные обсуждения вызвали выступления директора по развитию корпоративных проектов Intel® Николая Местера, который представил новые решения Intel® для высокопроизводительных приложений, и руководителя отдела внедрения и эксплуатации группы компаний РСК Юрия Мигалю, обозначившего некоторые особенности архитектуры "РСК Торнадо" с жидкостным охлаждением и поддержкой процессоров Intel® Xeon Phi™.

- Мы стараемся непрерывно улучшать показатели нашей продукции и гордимся, что на сегодняшний день уже два проекта, реализованных РСК, попали в список Green500 (речь идет не только о машине ЮрГУ, но и о суперкомпьютере МВС-10П, установленном в МСЦ РАН, занимающем 30-е место в Green500. - Прим. авт.), - отметил Юрий Мигаль. - Наши основные результаты - рекордное для высокопроизводительной индустрии значение показателя эффективности использования электроэнергии (Power Usage Effectiveness, PUE) - 1,06, что обеспечивает высокую энергоэффективность (не более 5,7% энергопотребления расходуется на охлаждение), повышенная вычислительная плотность (более 47 TFlop/s в стойке на базе архитектуры Intel x86 и более

181 TFlop/s в стойке при использовании сопроцессоров Intel® Xeon Phi™). Все эти параметры, вкупе со значительной масштабируемостью, компактностью, управляемостью, простотой в эксплуатации, надежностью и высокой ремонтнопригодностью наших решений, станут ключевыми в достижении экзафлопсного уровня вычислительных мощностей, о котором сегодня столько говорят специалисты. Кстати, к важным чертам группы компаний РСК можно отнести и скорость создания инновационных продуктов: например, между первым появлением у нас информации о еще не выпущенном тогда сопроцессоре Intel® Xeon Phi™ и внедрением нашей системы для ЮрГУ на его базе прошло всего девять месяцев...

Одним из важных новшеств ПаВТ-2013 стала молодежная сессия, участники которой (молодые ученые в возрасте до 30 лет), прошедшие строгий предварительный отбор, в течение

использования суперкомпьютеров в решении прикладных задач, обозначили ученые из Суперкомпьютерного центра города Юлиха (Германия). Наконец, начальник отдела параллельных и распределенных систем Института информатики Гейдельбергского университета Артур Андреяк провел тьюториал "Анализ больших данных: парадигмы программирования, алгоритмы и инструменты", посвященный активно развивающейся технологии MapReduce. Аудитория проявила к этим мероприятиям неподдельный интерес - занятия посетило более сотни человек (что даже создало некоторую сложность во время практической части, когда за одним компьютером теснилось сразу по несколько слушателей), большинство из которых - молодые ученые и преподаватели младше 30 лет. Причем два из трех тьюториалов проводились на английском языке без перевода, что ничуть не смутило участников...

В качестве иллюстрации скачка производительности, произошедшего за 20 лет существования рейтинга, Донгарра привел ситуацию с собственным ноутбуком: оказывается, уже в 2001 году его компьютер имел такую производительность, которая в 1993-м позволила бы ему смело войти в список Top500. При этом та производительность, которой обладает сегодняшний лаптоп профессора Донгарры, могла бы в 2000 году вывести его на первое место в Top500:

- Смотрите, наши технологии развиваются настолько стремительно, что домашние ПК всего лишь лет на семь отстают от супервычислителей, входящих в общемировой рейтинг. При этом самый мощный суперкомпьютер сегодня имеет производительность в 17,6 PFlop/s. То есть до экзафлопа нам практически рукой подать - то, что такая машина вскоре появится, не подлежит никакому сомнению. Однако проблема в том, как нам обеспечить корректную и эффек-



Джек Донгарра и Леонид Соколинский в СКЦ ЮрГУ

нескольких дней выступали с очными докладами перед членами авторитетного жюри, составленного из ведущих ученых в области суперкомпьютеров. Выступления молодежи оценивались с точки зрения актуальности, научной и практической значимости, качества презентации и т.д. Те, кому удалось максимально соблюсти требования экспертной комиссии, в итоге получили не только почетные дипломы, но и серьезные финансовые премии (50 тысяч рублей за первое место, два приза по 25 тысяч рублей за второе и три премии по 10 тысяч рублей для тех, кто разделил между собой третье). Организаторы конференции надеются, что на эти деньги, выделенные спонсорами конференции, молодые ученые смогут хоть как-то отдохнуть и вдохновиться на будущие научные открытия.

Другим ярким моментом ПаВТ-2013 стала серия лекционно-практических занятий (тьюториалов) для участников конференции, которые провели известные специалисты по узким актуальным направлениям в области суперкомпьютинга. Компания Intel организовала мастер-класс по вопросам программирования с использованием новейших многоядерных ускорителей Intel® Xeon Phi™. Практические аспекты работы с распределенной системой UNICORE, которая позволяет создавать облачные сервисы для

Пожалуй, самым запоминающимся событием ПаВТ-2013 стал визит в Челябинск легенды суперкомпьютинга, отца-основателя рейтинга Top500, профессора Университета штата Теннесси (США), директора Центра исследований информационных технологий Джека Донгарры (Jack Dongarra). Во время своего первого визита в Россию в апреле 2009 года профессору Донгарре удалось посетить лишь МГУ им. М.В.Ломоносова. Тогда он общался с преподавателями и студентами ЮрГУ и Нижегородского государственного университета им. Н.И.Лобачевского с помощью телемоста. В этот раз Донгарра решил расширить свои представления о российской географии и пообщаться с уже знакомыми ему российскими коллегами лично... а также своими глазами увидеть инновационный суперкомпьютерный комплекс "РСК Торнадо ЮрГУ" с жидкостным охлаждением и новейшими сопроцессорами Intel® Xeon Phi™.

Американский гость выступил с аналитическим докладом, посвященным изменениям, которые за 20 лет терпел рейтинг Top500. Согласно представленным им данным, если рост производительности суперкомпьютеров сохранится на нынешнем уровне, то уже к 2019 году мы перешагнем экзафлопсный рубеж. В 1993-м, когда появилась первая редакция Top500, о таком никто не мог и помыслить.

тивную работу такого гиганта. Ведь уже сейчас огромные сложности вызывают высокое энергопотребление суперкомпьютеров и большая стоимость их энергоснабжения. Кроме того, значительная доля этого энергопотребления начинает уходить не на сами вычисления, а на передачу данных между узлами машины, а они к тому же порой выходят из строя. Соответственно, нам нужно сосредоточить все силы на разработке новых алгоритмов, которые снизят количество внутренних синхронизаций и коммуникаций, сделали бы новые системы более устойчивыми к сбоям. Отдельно предстоит разбираться с вопросами энергоэффективности...

Кстати, во время экскурсии по суперкомпьютерному центру ЮрГУ Джек Донгарра обратил внимание на то, что российским разработчикам - группе компаний РСК - уже удалось продвигаться на пути решения проблем энергопотребления. Ведь технология жидкостного охлаждения, примененная при строительстве суперкомпьютера "РСК Торнадо ЮрГУ", является инновационной и позволяет значительно сократить затраты на электропитание машины. В свою очередь, генеральный директор компании "РСК Технологии" Александр Московский выразил надежду на то, что визит такого известного ученого, как Джек Донгарра, на ПаВТ не только позволит повысить статус конференции, но и



поможет расширить представление западного суперкомпьютерного сообщества о том, какие конкурентоспособные технологии сегодня умеют создавать в России...

Подводя итоги конференции, декан факультета ВМиК ЮрГУ Леонид Соколинский отметил, что мероприятие удалось и количественно - участвовал широкий состав участников, и качественно (не говоря уж о том, какая насыщенная культурная программа, включавшая катание на горных лыжах по склонам Уральских гор, ждала гостей конференции). Отдельно Леонид Соколинский подчеркнул высокий уровень докладов, представленных на ПаВТ-2013:

- На одну принятую статью у нас приходится две отклоненные. Это мировой стандарт, который обеспечивает хорошее качество, и мы его выдерживаем. Кстати, то, что через семь лет ПаВТ снова проходит в Челябинске, - вовсе не путь по кругу, а своеобразный виток спирали: мы, казалось бы, вернулись в ту же точку, но находимся уже на более высоком уровне развития. Одно из главных подтверждений этого - то, что нашу конференцию стали посещать всемирно известные ученые в области высокопроизводительных вычислений, являющиеся ее олицетворением, а также общий рост числа зарубежных участников. Кроме того, с каждым годом все больший интерес к нашему мероприятию проявляют представители отечественной промышленности, что тоже не может не радовать. Правда, важно отметить, что, хоть ПаВТ и носит статус международной конференции, этот статус был ориентирован на участников из стран СНГ, и здесь мы не собираемся в ближайшее время ничего кардинально менять. Конференция была и останется русскоязычной. Это не исключает того, что мы и в дальнейшем будем привлекать на эту площадку крупных иностранных специалистов, но их вовлеченность в процесс будет лимитирована. Во все не хотелось бы сделать из ПаВТ еще одну англоязычную конференцию, ведь мы занимаем другую, очень важную нишу: по мнению научного сообщества, ПаВТ - ведущая конференция в области высокопроизводительных вычислений в России. Понятно, что все мы должны публиковаться и отлично говорить по-английски, чтобы как-то интегрироваться в международную науку, но пусть у нас все-таки будут еще какие-то свои форумы, где мы будем говорить на "великом и могучем", который, признаться, сильно страдает в последнее время. Поэтому еще одна миссия ПаВТ - формирование русскоязычной терминологии в области высокопроизводительных вычислений и ИТ. Это очень серьезная проблема.

По традиции, главная интрига конференции - какой город примет ПаВТ в следующем году - сохранялась до последнего вечера встречи. Но все тайное становится явным: ПаВТ-2014 пройдет с 31 марта по 4 апреля в Ростове-на-Дону, в стенах Южного федерального университета...

Р.С. Из Челябинска Джек Донгарра отправился в Москву, чтобы ознакомиться с супервычислителем МСЦ РАН, также построенным силами группы компаний РСК. Репортаж об этом визите читайте в одном из ближайших номеров "Поиска".
Анна ШТАЛОВА
Фото автора