



Алексей Жирков

Суперкомпьютеры: развитие, тенденции, применение. Обзор HPC-решений Eurotech

В статье рассказывается о компьютерах, к которым применима приставка «супер». Дано общее представление об их применении. Описаны новые системы компании Eurotech – суперкомпьютеры офисного типа.

СУПЕРКОМПЬЮТЕР – ЧТО ЖЕ ЭТО?

Понятие «суперкомпьютер» существует почти так же долго, как и само представление о компьютере, но этот термин вошёл в оборот только в 1975 году, когда Сеймур Крей построил аппарат Cray-1 (рис. 1). Современный ПК раз в 500 превосходит по быстродействию тогдашний Cray. Приставка супер- за это время нивелировалась, и сейчас многие избегают термина «суперкомпьютер». В настоящее время суперкомпьютерами принято называть компьютеры с огромной вычислительной мощностью, предназначенные для высокопроизводительных вычислений. (High-Performance

Computing – HPC). Тем не менее, для того чтобы внести ясность в этот вопрос, с 1993 года начали два раза в год публиковать список из 500 самых мощных компьютеров мира, назвав этот рейтинг Top500.

За время существования рейтинга первые места регулярно делились между американскими и японскими машинами. Но с 2010 года на лидерство претендует Китай, сперва с аппаратом Tianhe-1A вычислительной мощностью 2,6 петафлопс (квадриллион операций в секунду), а позже и с Tianhe-2 (рис. 2), текущим лидером среди всех суперкомпьютеров планеты с производительностью в 33,86 петафлопс.

Суперкомпьютерные технологии в современном мире стали стратегической областью, без которой невозможно дальнейшее развитие экономики. Мощности национальных суперкомпьютеров сейчас так же важна, как мощность электростанций или количество боеголовок. Суперкомпьютер стал показателем технического уровня государства.

В XX веке существовали две великие гонки, оказавшие самое сильное воздействие на дальнейшее развитие человечества, – ядерная и космическая. Теперь наступила пора третьей гонки – вычислительной.

Роль суперкомпьютеров, к примеру, в поддержании боеспособности амери-



Автор: Siemens PFEIFFER Источник: Wikimedia Commons

Рис. 1. Суперкомпьютер Cray-1



Long Hongtao/Newscom/Фото ИТАР-ТАСС

Рис. 2. Суперкомпьютер Tianhe-2

канского ядерного потенциала обеспечивает им приоритетный статус. Теперь же, когда Китай бросает серьёзный вызов западному компьютерному превосходству, многие специалисты заговорили о том, что суперкомпьютеры должны играть большую роль и в обеспечении национальной экономики. Эти аппараты многократно умножают мощь науки, инженерных разработок и делают возможным оптимальное распределение ресурсов для достижения поставленных целей, так что обладатели самых мощных компьютеров имеют фору в экономической гонке. Суперкомпьютеры не только демонстрируют уровень технологической мощи государства, но и способствуют его повышению.

Гонка за экзафлопом

Сейчас в мире идет гонка за экзафлопом. Дело в том, что по закону Мура, где говорится о двукратном увеличении производительности компьютеров каждые 2 года, наблюдался 10- или 11-летний цикл прироста производительности от гигафлопс до петафлопс. Рубеж 1 петафлопс был преодолен в 2008 году. Тогда же ведущие создатели суперкомпьютеров поставили себе задачу достичь к 2019 году уровня 1 экзафлопс.

Но существует проблема. Она состоит в том, что пока не разработаны технологии энергосбережения, которые позволят создать такой суперкомпьютер при разумных затратах труда и денежных средств. Считается, что на данный момент достигнут предел по физическому количеству транзисторов в одном микрочипе, то есть теперь закон Мура перестает действовать, и даже если инженеры смогут поставить достаточное количество транзисторов для обеспечения вычислительной мощности компьютеров

нового поколения, процессоры будут перегреваться и плавиться.

Если же создавать системы с производительностью от 1 экзафлопс по современным технологиям, то для работы только одной из них нужно строить целую электростанцию мощностью более 2 гигаватт, а это сравнимо с энергопотреблением целого города. К тому же при гипотетической реализации проекта неизбежно возникнет проблема надёжности узлов. Чем больше узлов, тем чаще они будут выходить из строя. Такой компьютер с производительностью от 1 экзафлопс будет ломаться непрерывно, и поэтому за данный проект сейчас не возьмётся ни одна организация мира, слишком большие проблемы придётся решать, и это будет слишком дорого стоить.

Всё это требует радикальных изменений компьютерной архитектуры, и наиболее важное из них — уменьшение энергопотребления. Усилия разработчиков сейчас направлены к тому, чтобы до 2020 года был создан суперкомпьютер нового поколения, который бы потреблял не более 20 мегаватт электроэнергии. Это решения недалёкого будущего, а обратившись к современным реалиям, мы можем увидеть, что суперкомпьютеры традиционно использовались в военных и научных целях, но в последние годы сфера их применений расширилась. Изменения связаны с тем, что вычислительная мощность систем непрерывно увеличивалась и доросла до моделирования реальных процессов и создания трёхмерных моделей предметов при доступной для бизнеса стоимости.

Применение НРС-систем

Используя суперкомпьютер в разработке новой продукции, можно заранее предвидеть многие скрытые инженерные проблемы и довести продукт до

рынка в пять раз быстрее, чем это делалось раньше, когда в работоспособности нового изделия нужно было убеждаться на опыте. НРС-ресурсы позволяют серьёзным игрокам промышленности выпускать на рынок новую продукцию, затрачивая на её разработку не годы, а всего лишь месяцы.

В России в настоящее время суперкомпьютеры устанавливаются в основном в крупных университетах, научных учреждениях и силовых ведомствах, которые в силу специфики своей работы не участвуют в рейтингах Top500 и не распространяются о своих системах. Установка суперкомпьютеров осуществляется преимущественно при финансировании государства. Лидером на рынке СНГ является суперкомпьютер «Ломоносов» (рис. 3), который работает в МГУ им. Ломоносова. Эта система занимает 37-е место в мировой таблице о рангах с производительностью 902 терафлопса.

А нужны ли российскому бизнесу суперкомпьютеры? Конечно! Почему бы не воспользоваться положительным опытом западных компаний? Например, по статистическим данным автомобильной компании Ford, для выполнения краш-тестов, при которых реальные автомобили в процессе эксперимента разбивают о бетонную стену с одновременной фиксацией необходимых параметров и последующей обработкой результатов, требуется от 10 до 150 прототипов для каждой новой модели. При этом общие затраты на проведение краш-тестов варьируются в интервале от 4 до 60 миллионов долларов США. Использование высокопроизводительных суперкомпьютеров позволяет сократить число испытываемых прототипов при проведении краш-тестов в три раза. А моделирование и оптимизация конструкции автомобиля на суперкомпьютерах обязательно приведёт к экономическому росту предприятия за счёт снижения стоимости материалов и сокращения сроков производства.

Суперкомпьютерные технологии стали активно использоваться в авиационной промышленности для разработки перспективных самолётов и авиалайнеров. Примером может служить создание лайнера Sukhoi SuperJet. На основе современных компьютерных технологий в сжатые сроки был получен большой объём информации по поведению жизненно важных агрегатов и элементов самолёта в заданных аварийных условиях. По результатам расчётов компания «Гражданские самолёты Сухого» дора-



Фото НИВЦ МГУ

Рис. 3. Суперкомпьютер «Ломоносов» в МГУ



Рис. 4. НПС-станция Aurora

ботала отдельные элементы конструкции самолёта, повысив его безопасность. Комплекс выполненных работ позволил сэкономить время и средства, которые требуются для подтверждения надёжности Superjet-100.

Следует отметить, что наряду с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР) многие промышленные предприятия начали осваивать новую технологию, которая получила название «виртуальная реальность». Наиболее заинтересованы в перспективной технологии автомобильные и авиационные фирмы, выпускающие сложную инженерно-техническую продукцию, поскольку виртуальное моделирование позволяет существенно сни-

зить затраты на создание дорогостоящих физических макетов.

Основными же заказчиками вычислений на суперкомпьютерах являются нефтегазовые компании, занимающиеся поиском и разработкой новых месторождений. Для того чтобы найти и эффективно разработать месторождение, геофизики анализируют результаты применения различных физических методов дистанционного зондирования совместно с поисковыми, разведочными и эксплуатационными данными скважин. По итогам обработки этой информации при использовании суперкомпьютера получается 3D-модель месторождения. Одна из основных проблем состоит в том, что объём исходных данных при разведке одного месторождения может составлять десятки терабайтов, а построение глубинного изображения при расчёте не на суперкомпьютерах может занимать от 6 месяцев и более.

Широко используются суперкомпьютеры в моделировании атмосферы и формировании прогноза погоды. Климат планеты зависит от огромного количества факторов. Это температура океанских вод, тёплые и холодные морские течения, скорости ветров у поверхности земли, мощные скоростные потоки в

верхних слоях атмосферы, области высокого и низкого давления, запылённость воздуха, круговорот химических веществ в биосфере. Таким образом, для составления правильного прогноза погоды произвести расчёт можно только в том случае, если имеются высокопроизводительные суперкомпьютеры, поскольку для получения точного глобального прогноза погоды требуется около квадриллиона вычислений. Вместе с тем дополнительная трудность заключается в том, что время вычислений не должно превышать 4 часов, поскольку за 5 часов картина погоды может поменяться и прогноз уже не будет иметь никакого отношения к реальности. Это накладывает дополнительные требования на производительность быстродействующего компьютера.

Использование суперкомпьютеров в области материаловедения и микроэлектроники позволяет проводить сложные физико-химические исследования в виртуальной лаборатории без использования традиционного лабораторного оборудования и при отсутствии проблем, связанных как с влиянием условий подготовки, чистоты компонентов, так и с присутствием паразитных и опасных реакций.

В текстильной промышленности также используются суперкомпьютеры для

ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ

Контрактное производство

электронных изделий любой сложности по конструкторской документации заказчика

Заказные разработки

в соответствии с ТЗ заказчика, в том числе изделий специального назначения

Разработка и производство электронного оборудования и программного обеспечения

Более 500 изделий для специальных применений и жестких условий эксплуатации

Поставка в качестве второго поставщика

Более 400 000 наименований изделий иностранного производства под контролем военного представительства

Специальные проверки и исследования

Контакты

Россия, 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108
Тел.: (495) 232-2033, факс: (495) 232-1654
E-mail: info@dolomant.ru

Заказные разработки

E-mail: cd@dolomant.ru

Контрактное производство электроники

Россия, 117342, г. Москва, ул. Введенского, д. 3
Тел.: (495) 739-0775, факс: (495) 739-0776
E-mail: product@dolomant.ru

Реклама

расчёта моделей одежды. Иностранные компании даже создание материалов и формы памперсов проводят на суперкомпьютерах.

Нельзя не отметить и фармацевтику: большая часть современных лекарств проектируется с использованием НРС-систем, которые позволяют радикально снизить затраты и повысить безопасность и эффективность лекарств.

Применение суперкомпьютеров в научных сферах позволит приблизиться к моделированию систем на атомарном уровне. Уже доступны квантово-механические расчёты систем из сотен тысяч атомов. Моделирование становится незаменимым инструментом при проектировании наносистем. Любые достижения в области нанотехнологий недоступны без вычислительной мощности суперкомпьютеров, просто потому что многие процессы нельзя измерить, их можно только смоделировать в виртуальном пространстве.

И всё же самая большая потребность в НРС-вычислениях существует в ядерной энергетике. Для выполнения условий международного договора о запрещении испытаний ядерного оружия основная задача заключается в том, чтобы без реальных испытаний на полигонах осуществлять расчёт процессов старения существующих ядерных зарядов. Главная же проблема ядерной энергетики — это построение вычислительного комплекса, на котором будет возможно моделирование ядерного взрыва в режиме реального времени. Даже машина с производительностью от 1 эксафлопс будет слишком медлительной для такого рода вычислений. И весьма вероятно, что для моделирования ядерного взрыва в режиме реального времени потребуется компьютер с производительностью более 100 йоттафлопс, то есть в 100 млн раз быстрее, чем 1 эксафлопс. Так что гонка вычислений будет продолжаться ещё не одно десятилетие.

EUROTECH: СТРЕМЛЕНИЕ К ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ

Возвращаясь к энергоэффективности НРС-систем, расскажем о продукции европейской компании Eurotech. Она является поставщиком встраиваемых и суперкомпьютерных технологий, занимает лидирующие позиции в области суперкомпьютерных технологий по такому параметру, как энергоэффективность (PUE — Power Usage Effectiveness), с суперкомпьютером Euroga. Благодаря

применению непосредственного горячего жидкостного охлаждения компонентов системы достигается рекордное значение PUE в 1,05, то есть фактически 95% всей электроэнергии уходит на сами вычисления. До недавнего времени системы с такими технологиями были доступны только в виде дорогих стоечных решений. Но в целях удовлетворения растущего спроса на небольшие вычислительные системы компания Eurotech вывела на рынок две НРС-станции под общим названием Euroga (рис. 4). Очень хочется назвать их мини-суперкомпьютерами. Это объясня-

ется их малыми размерами и невероятной производительностью. Первый вариант, Euroga G-Station, оснащается графическими ускорителями Nvidia Tesla. G-Station включает в себя 8 модулей. Каждый модуль — это два 8- и 12-ядерных процессора Intel Xeon E5 v2, два ускорителя типа Nvidia Tesla K20, K20x или K40 и до 128 Гбайт оперативной памяти DDR3. Второй вариант — это Euroga Cube, который оснащается исключительно ЦП. Количество модулей уже 16, и соответственно 32 процессора того же типа. Все модули соединены между собой при помощи Infiniband



Рис. 5. Суперкомпьютер Aurora Tigon



Рис. 6. НРС Aurora с внутренним охлаждением

QDR и Gigabit Ethernet (опция). Надо особенно отметить, что производительность G-Station составляет 26 Тфлопс.

НРС-системы Aurora построены на основе архитектуры Aurora Tigon (рис. 5). Эта архитектура позволила суперкомпьютеру Aurora, который начал работать в итальянском суперкомпьютерном центре в 2013 году, установить мировой рекорд по энергоэффективности. Архитектура Aurora Tigon позволяет системам Aurora добиться максимальной производительности, энергоэффективности и плотности компоновки элементов в определенном объеме. Они представляют собой настоящие интеллектуальные устройства, которые легко адаптируются для нужд кластерных систем.

В обеих системах отсутствуют какие-либо вентиляторы или другие движущиеся части. Охлаждение всех компонентов полностью жидкостное, что обеспечивает бесшумность работы и позволяет устанавливать систему непосредственно в офисе (рис. 6) или в лаборатории рядом с рабочим столом. Системы прекрасно масштабируются, так что при необходимости можно создавать целые вычислительные кластеры.

Поскольку данные НРС-аппараты охлаждаются горячей водой с температурой около +50°C, это позволяет уйти

от такой проблемы, как точка росы, которая возникает при использовании традиционного охлаждения при помощи чиллерных установок, а также избавиться от лишнего инженерного оборудования. По сути системы полностью автономны, всё что требуется для включения — это розетка на 220 В соответствующей мощности.

Aurora G-Station и Aurora Cube поставляются в двух версиях исполнения, которые одинаковы по функциональным возможностям, но имеют отличия в системе охлаждения. В первой версии водяное охлаждение интегрировано непосредственно внутрь системы (рис. 6).



Рис. 7. НРС Aurora с внешним блоком охлаждения

Это автономный вариант, независимый от дополнительных инженерных систем. Вторая версия предполагает выделение охлаждающего модуля (теплообменник и насос) в отдельный блок



Рис. 8. Офисная установка НРС Aurora

(рис. 7), который можно размещать снаружи зданий, причём уровень сложности требуемых работ не больше, чем при монтаже обычного кондиционера. Сам вычислительный блок в этом случае имеет высоту всего 9U и легко может быть размещён в офисе под рабочим столом (рис. 8).

Компания Eurotech обеспечивает свои НРС-решения полным набором программного обеспечения, которое включает ОС, драйверы, кластер-менеджер, менеджер ресурсов, ПО мониторинга и дистанционной визуализации.

Такие решения, как Aurora G-Station и Aurora Cube, позволяют не только снизить капитальные затраты при реализации комплексных НРС-центров, но и значительно сократить дальнейшие эксплуатационные расходы и время выполнения работ. К примеру, одной такой системой можно заменить хостинг рабочих станций для 160 пользователей или ускорить 3D-моделирование в десятки, а то и в сотни раз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чтобы понять все прелести ноутбука или мобильного телефона, достаточно выйти с ним из дома. Чтобы понять пользу суперкомпьютера, требуется время. Пока будет стоять вопрос о том, как внедрить суперкомпьютер и НРС-центры в различные отрасли экономики, они не найдут широкого применения. И в то же время, если ответить на вопрос: «Какие задачи мы можем решить с помощью суперкомпьютеров?» — польза от применения суперкомпьютеров станет очевидной. ●

Автор – сотрудник фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru