



Алексей Жирков

Суперкомпьютеры: развитие, тенденции, применение. Обзор НРС-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 экзафлопсом

Сейчас в мире идет гонка за экзафлопсом. 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. Иностранцы даже создание материалов и формы памперсов проводят на суперкомпьютерах.

Нельзя не отметить и фармацевтику: большая часть современных лекарств проектируется с использованием HPC-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 HPC-вычислениях существует в ядерной энергетике. Для выполнения условий международного договора о запрете 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 медленной 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 HPC-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 Aurora. Благодаря

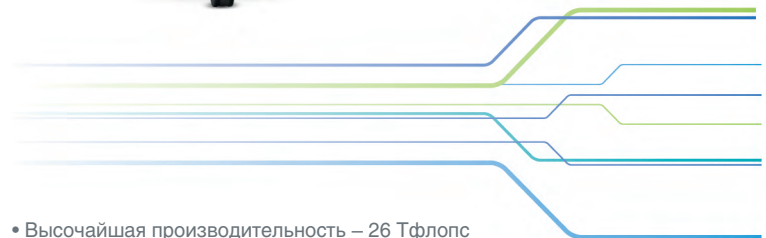
применению непосредственного горячего жидкостного охлаждения компонентов системы достигается рекордное значение PUE в 1,05, то есть фактически 95% всей электроэнергии уходит на сами вычисления. До недавнего времени системы с такими технологиями были доступны только в виде дорогих стоечных решений. Но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

ютной производительностью. Первый вариант, Aurora 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 Aurora Cube, который оснащается исключительно ЦП. Количество модулей уже 16, и соответственно 32 процессора того же типа. Все модули соединены между собой при помощи Infiniband QDR и Gigabit Ethernet (опция). Надо



Aurora G-Station

Суперкомпьютер в вашем офисе



- Высочайшая производительность – 26 Тфлопс
- Компактность – 16 Intel® Xeon E5 и 16 Nvidia® Kepler в 9U
- Охлаждение – непосредственное жидкостное
- Энергоэффективность – 3,15 Гфлопс/Вт



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ EUROTECH

PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама



Рис. 5. Суперкомпьютер Aurora Tigon



Рис. 6. НРС Aurora с внутренним охлаждением

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, ко-

торая 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). Это автономный вариант, независимый

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



Рис. 7. НРС Aurora с внешним блоком охлаждения

от дополнительных инженерных систем. Вторая версия предполагает выделение охлаждающего модуля (теплообменник и насос) в отдельный блок (рис. 7), который можно размещать



Рис. 8. Офисная установка НРС Aurora