

Копия текста публикации со страницы

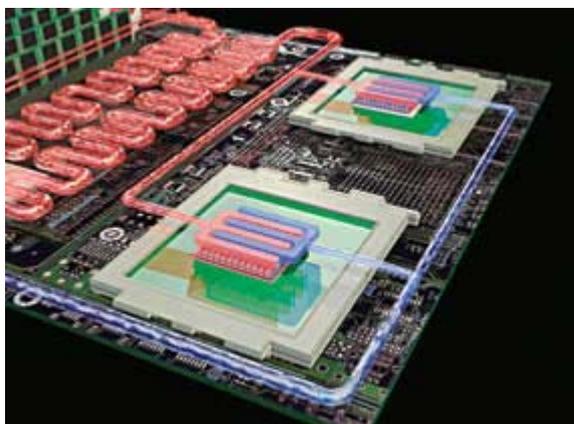
<http://politjournal.ru/index.php?action=Articles&dirid=166&tek=8681&issue=228>

№ 5-6(195-196) 09 декабря 2009 г.

Мария НЕКРАСОВА, Ирина КАГРАН

Война машин

Что такое настоящий суперкомпьютер и занимаются ли в России его разработкой



2010 год грозит войти в учебники истории как один из важных этапов на пути США к научному и военно-политическому лидерству в мире. Именно в этом году в Штатах ожидается появление первого стратегического суперкомпьютера нового типа Cray Vaker, созданного в рамках федеральной военной программы США DARPA HPCS с использованием специальных закрытых технологий. Эти технологии позволяют реально развивать производительность транспетафлопсного уровня, что в сотни-тысячи раз превышает возможности машин, создаваемых на основе массово доступных компонентов. В России адекватный ответ по данному классу суперкомпьютеров на сегодняшний день отсутствует. Это значит, что наша страна теряет

стратегический паритет в скорости обработки информации, которая является необходимым условием в важнейших областях разработки ядерных, высокоточных и иных вооружений, разведки, ведения боевых операций.

Война и мир

Решение задач «военной тематики» на заре становления электронно-вычислительной отрасли было одной из главных областей применения компьютеров. Достаточно вспомнить, что корпорация IBM, широко известная сегодня как поставщик техники для бизнеса, свой первый проект компьютера IBM 701 назвала Defense Calculator (оборонный калькулятор), а основными задачами первых советских ЭВМ «Стрела» и БЭСМ-1 были изучение термоядерных реакций, расчет траекторий баллистических ракет и т.д. С развитием информационных технологий спектр задач, при решении которых необходимо применение компьютеров, естественным образом расширился. Сегодня без мощной вычислительной техники невозможно представить развитие оборонного комплекса. «Компьютеры необходимы, в частности, для управления вооруженными силами, – приводит примеры генерал-лейтенант, доктор политических наук, действительный член Академии военных наук (АВН) Николай Стаськов (заместитель командующего ВДВ по миротворческим силам в 1993–1998 гг, начальник штаба ВДВ, 1-й заместитель командующего ВДВ России в 1998–2005 гг). – В конфликтных ситуациях нужно как можно более оперативно просчитывать возможные решения, и без современной эффективной вычислительной техники здесь не обойтись. Важны они также и для разведки. Вся информация сегодня передается в зашифрованном виде, а суперкомпьютер может в реальном времени взламывать коды и читать тексты».

Возникает закономерный вопрос, теряя паритет в скорости обработки информации, не может ли Россия со временем потерять и стратегический оборонный паритет? И чем будет угрожать нашей стране стратегическое неравенство? «К каким бы вершинам цивилизации ни двигался мир, геополитическая борьба была, есть и будет, более того, она становится все более изощренной, – рассуждает Николай

Стаськов. – Если раньше мы имели дело исключительно с физическим захватом территорий, то сегодня ассортимент геополитической борьбы увеличился, например, за счет «сетевых» войн. При этом надо иметь в виду, что наша огромная страна имеет проблему с населением, и все движется к тому, что через некоторое время мы не сможем на должном уровне обеспечить защиту наших рубежей. Для того чтобы сохранить оборонный потенциал, необходимы новые прорывные технологии, необходимо создать оружие на новых физических принципах, чтобы дефицит населения компенсировать качеством вооружений».

И все же, по мнению Николая Стаськова, делать акцент на необходимости развития информационных технологий исключительно оборонного комплекса неправильно. Сегодня эти технологии имеют двойное назначение и не менее важны в миру, нежели на войне. Без современной компьютерной техники невозможно развитие био- и нанотехнологий, да и сама система управления государством нуждается в мощных вычислительных машинах. Его мнение разделяет политолог и экономист Михаил Делягин: «Информационные технологии, интегрированные в систему управления государством, существенно повышают качество управления. Американские компьютеры Cray, интегрированные в систему принятия решений, позволяют прогнозировать развитие событий. В нашей стране подобной интеграции пока нет, поэтому там, где американцы действуют, опираясь на знания, мы действуем по наитию». По словам известного политолога, самое обидное заключается в том, что пионером по части подобных прогнозов была когда-то именно наша страна. Еще в 70-е Евгением Примаковым был разработан метод ситуационного анализа, посредством которого, в частности, просчитывалась ситуация на Ближнем Востоке. Впоследствии группа ученых под руководством Примакова, разработавшая этот метод, была награждена за него Государственной премией СССР. Другая группа ученых в 1991 году спрогнозировала при помощи компьютерной техники катастрофические последствия «гайдаровских реформ». Отклонение от их прогноза, как показала история, было поразительно низким, и, быть может, переход к капитализму оказался бы для нашей страны менее травматичным, если бы те, кто стоял тогда у руля, учли расчеты специалистов, а не разогнали команду за неудобный прогноз.

Архитектурные Неизлишества

Между тем появление Cray Vaker, созданного фирмой Cray в рамках проекта CASCADE, – это лишь начало мощного отрыва Америки в области информационных технологий. Вслед за этим стратегическим суперкомпьютером также в 2010 году в США состоится премьера аналогичной машины фирмы IBM, разработанной в рамках проекта PERCS, реальная производительность и процент использования заказных технологий в которой ожидается значительно большими. Далее в следующем десятилетии в США появятся новые суперкомпьютеры такого типа Cray Granite и Cray Marble, а начиная с 2012 года уже в Японии и Китае будут изготовлены похожие стратегические машины, создаваемые в рамках национальных программ этих государств, ведущихся с 2006 года. Других стран, позволивших себе создавать такую мощную стратегическую вычислительную технику нового поколения с принципиально новыми возможностями, в мире нет.

Примечательно, что практически одновременно с США, в 2002 году разработками суперкомпьютеров по специальным закрытым технологиям занялась и Россия. Однако в нашей стране приоритет был отдан развитию кластерных технологий, заключающихся в сборке компьютеров из имеющихся на рынке компонентов с некоторым процентом использования своих решений.

Техника, созданная на основе кластерных технологий – необходимый элемент вычислительной базы страны. Такие машины прекрасно справляются с решением задач стандартной сложности, например, с системами линейных уравнений (на таких уравнениях, в частности, базируется тест Linpack, с помощью которого формируется рейтинг Top500 самых быстрых машин мира). Но технологии эти имеют предел использования, и их недостаточно для построения стратегических суперкомпьютеров, способных эффективно решать задачи национальной важности, такие, как разработка ядерного, высокоточного и иного оружия, разведывательные задачи. Для подобных задач характерно использование огромных объемов памяти, доступной через логически единое адресное пространство. А у кластеров общая глобально адресуемая память отсутствует. Кроме того, такие задачи отличаются плохой пространственно-временной локализацией обращений к памяти, это так называемые задачи DIS-класса (data intensive systems), при выполнении которых реальная производительность кластера может деградировать, по данным рабочей группы по восстановлению стратегических вычислений в США (Road Map for the Revitalization of High End Computing), до 5–0,1% от его заявленной теоретически достижимой пиковой производительности.

Насколько эффективно машина способна решать подобные задачи, показывает тест RandomAccess, оценивающий работу памяти в наихудшем режиме ее использования. Этот тест демонстрирует колоссальную разницу в возможностях кластеров и суперкомпьютеров, созданных с использованием специальных технологий. Если машины, которые увидят свет в США в 2010 году, должны иметь, по требованиям программы DARPA HPCS, эффективность в 64 000 GUPS (Giga-Updates per Second – миллиард операций модификации памяти, выполненных за секунду), то показатель мощнейших кластеров, по данным HPC Challenge Awards Competition, составляет всего 4–5 GUPS.

«Cray Vaker и IBM, которые появятся в Америке в 2010 году, имеют другую архитектуру, – объясняет научный руководитель от России суперкомпьютерных программ «СКИФ» и «СКИФ-ГРИД», директор Института программных систем имени А.К. Айламазяна РАН (ИПС РАН), член-корреспондент РАН Сергей Абрамов. – Это сложная архитектура, ее разработка требует гораздо больше ресурсов (времени, персонала, оснастки, денег), чем имеется, например, у нас. Далеко не для всех задач такая архитектура необходима, но заниматься подобными разработками, безусловно, надо. России нужны и машины, базирующиеся на кластерных технологиях, способные решать большинство задач, и суперкомпьютеры класса Cray, ориентированные на задачи стратегические».

Американский Реннесанс

США в свое время тоже отдавали приоритет развитию кластерных технологий. Еще в конце 1980 – начале 1990-х годов комиссия Питера Лакса (известный американский математик) по проблеме развития высокопроизводительных вычислений дала соответствующие рекомендации, и в Штатах была запущена программа Advanced Strategic Computer Initiative (ASCI), которая базировалась как раз исключительно на концепции кластерных технологий. Программа эта активно развивалась, однако спустя некоторое время обнаружился предел в возможностях кластеров. Тогда американская разведка и военные, осознав военно-политическую важность этого вопроса и степень угрозы национальной безопасности в случае дальнейшего промедления его решения, приступили в 2001 году к работе по подготовке программы DARPA HPCS. Основной целью этой программы, как отмечается в книге DARPA's HPCS Program: History, Models, Tools, Languages, стала разработка нового поколения высокопродуктивных вычислительных систем с эффективно доступной глобально адресуемой памятью и их программного обеспечения, призванных преодолеть проблемы низкой реальной производительности и плохой масштабируемости, высокой сложности программирования и ряда физических ограничений. Эта трехфазная программа с постепенным отсеиванием не способных выполнить ее участников началась уже в июле 2002 года. На заключительной ее стадии остались работать фирмы Cray и IBM с проектами CASCADE и PERCS, соответственно.

Стратегическая правильность и своевременность подготовки DARPA HPCS была подтверждена еще до ее старта, весной 2002 года, когда Япония представила многопроцессорный векторный суперкомпьютер на базе NEC SX-6 – Earth Simulator, изготовленный не из готовых компонентов, а по специальным заказным технологиям векторных машин. Этот суперкомпьютер почти в 10 раз превосходил лучшие американские суперкомпьютеры того времени при решении стратегических задач. Японская разработка впечатлила Штаты. «Правительство США заказало ряд исследований, целью которых было ответить на вопрос – что такое суперкомпьютерные технологии, насколько важны они для государства? – рассказывает Сергей Абрамов. – А вывод они сделали примерно следующий: происходит смена экономической формации, мы переходим к этапу экономики, основанной на знаниях, для этой экономики нужна своя инфраструктура (киберинфраструктура – национальные суперкомпьютерные центры, объединенные в грид-систему), позаботиться о которой должно государство».

При этом, по словам Николая Стаськова, научное сообщество и государственный аппарат США проявили достаточно принципиальности и мужества, чтобы признать, что абсолютизация концепции программы ASCI (ориентация исключительно на массово доступные технологии) оказалась стратегической ошибкой. Они также признали, что необходимы срочные меры по восстановлению исследований и разработок по линии стратегических суперкомпьютеров высшего диапазона производительности.

Конец 2002-го, 2003 год, начало 2004 года ушли на серьезную работу более сотни профессиональных экспертов (не руководителей и чиновников, а именно специалистов), которые определили направления работ, стратегию и тактику восстановления в США работ по стратегическим суперкомпьютерам. В итоге в 2004 году был принят специальный план 5–10-летнего развития Federal Plan for High-End Computing, реализация которого идет полным ходом и находится под контролем президента США. Сегодня в Штатах из 3 млрд долл., которые ежегодно тратятся на НИОКРы в области информационных

технологий, на сегмент стратегических суперкомпьютеров и их приложений расходуется 1,2–1,5 млрд. Причем перед американскими учеными не стоит задача сделать лишь конкретные образцы таких суперкомпьютеров, огромные средства расходуются на фундаментальные исследования в области элементной базы, математики и т.д., это задел на будущее. Эта область теперь обречена на прорывные исследования и инновации, она первая устремлена в будущее информационных технологий.

Такое положение дел дополнительно было подкреплено принятым в США 30 ноября 2004 года законом 108-423, предписывающим Министерству энергетики США как основному потребителю стратегических суперкомпьютеров заниматься координацией работ по этим направлениям всерьез, учитывая самые разные архитектурные подходы, новые модели вычислений, новое программное обеспечение и пионерские работы по элементной базе нового поколения. В научном сообществе США этот закон называют «законом о возрождении в США работ по суперкомпьютерам».

«Американский ренессанс» в середине 2000-х годов внимательнейшим образом изучался в Японии и, как потом выяснилось, в Китае. В результате в Китае в 2006 году стартовала программа «863», которая курируется военно-политической элитой этой страны через Национальный университет оборонных технологий (NUDT). Япония, продемонстрировавшая в 2002 году Earth Simulator, в 2006 году запустила свою стратегическую программу Next Generation Computing и в ее рамках развивает проект Кейсоки-Кейсан-Ки. Целью каждого из этих проектов (США, Китай, Япония) является создание стратегического суперкомпьютера с глобально адресуемой памятью и реально достигаемой при решении задач DIS-класса транспетафлопной производительностью. Все эти проекты обеспечиваются адекватным финансированием из государственного бюджета.

Потенциал для паритета

К сожалению, в нашей стране адекватного ответа федеральным программам США, Китая и Японии пока нет, хотя понимание важности информационных технологий для страны и общества у лидеров государства уже имеется. Так, например, президент РФ Дмитрий Медведев уже неоднократно заявлял, что в России должен быть в полном объеме задействован потенциал суперкомпьютеров и суперкомпьютерных систем. Обнадеживает и то, что база для их разработки в нашей стране имеется, причем сохранилась она еще с советских времен. «В советское время страна вела одновременно 10–15 суперкомпьютерных проектов, абсолютно разных по архитектурным решениям и областям применения, – рассказывает Сергей Абрамов, работавший в 1980-е куратором спецпроцессоров ЕС ЭВМ в Научно-исследовательском центре электронно-вычислительной техники (НИЦЭВТ) – головном предприятии проекта ЕС ЭВМ в СЭВ. – Например, одновременно Институт кибернетики АН Украины разрабатывал машину с макроконвейерной архитектурой ЕС 2701 и целое семейство языков программирования для него; Ленинградский институт информатики АН СССР создавал мультипроцессор с динамичной архитектурой ЕС 2704; группа под руководством академика А. В. Каляева (Таганрог) работала над очень интересным проектом мультипроцессорной машины ЕС 2706; в Ереване выполнялись работы над матричным спецпроцессором ЕС 2700». Все эти разработки осуществлялись в рамках проекта ЕС ЭВМ. Тогда же велись исследования и вне этой программы: Институт точной механики и вычислительной техники имени С.А. Лебедева (ИТМиВТ) курировал создание серии «Эльбрус», Институт проблем кибернетики РАН под руководством академика В. А. Мельникова занимался векторно-конвейерной суперЭВМ «Электроника СС БИС», в ИПУ АН СССР под руководством И. В. Прангишвили разрабатывалось семейство суперЭВМ ПС-2000 и ПС-3000, в НИИ «Квант» (академик В. К. Левин) создавали суперкомпьютеры линии МВС. По словам Сергея Абрамова, все эти проекты были полностью обеспечены необходимыми ресурсами, разумеется, за государственный счет.

Переход к капитализму высокотехнологичная отрасль страны переживала тяжело. В смутные 90-е многие группы ученых в силу отсутствия внимания государства сильно пострадали, но все же разработки суперкомпьютеров продолжались. Так например, в середине 90-х НИЦЭВТ разработал скалярно-векторную супер ЭВМ ЕС1191 и представил опытный образец суперскалярной ЭВМ ЕС1195 – машины, базирующейся на заказных технологиях и схожей с японской NEC SX-2, превратившейся через годы в Earth Simulator.

Но все же реальное оживление отрасли в стране можно связать со стартом совместной российско-белорусской программы СКИФ, превратившейся со временем в целое научно-техническое направление. Этому проекту удалось добиться внимания государства и в достаточной мере реализовать потенциал его исполнителей. Достаточно сказать, что шесть из восьми российских машин, когда-либо попадавших в ТОП-500, были созданы именно в рамках этой программы. Первая программа СКИФ стартовала в 2000 году и продолжалась до 2004 года, в ее рамках были реализованы первый и второй ряд машин. В 2007

году началась вторая программа – СКИФ-ГРИД, которая предполагает создание третьего и четвертого ряда техники. И если машины первого-третьего ряда можно отнести к кластерам, то четвертый вариант – СКИФ-Аврора – правильнее будет назвать суперкомпьютером с кластерной архитектурой – слишком велик здесь процент заказных технологий. «В СКИФ-Аврора используется отечественный интерконнект (сеть, соединяющая узлы между собой в кластерах. – Прим. авт.) с топологией 3D-тор – технология такого класса в Россию не поставляется, – рассказывает Сергей Абрамов. – Пропускная способность нашего интерконнекта в 1,5 раза выше, чем у доступных на рынке решений. Кроме того, здесь заказной вычислительный узел, сочетающий стандартные процессоры и FPGA-ускоритель, собственные решения в области системы синхронизации, мониторинга и управления. По сути «чужой» в машине остались лишь микросхемы, разъемы и кабели». Одним из серьезных конкурентных преимуществ СКИФ-Аврора является в два раза более плотная упаковка, нежели в зарубежных машинах, позволяющая в один шкаф уместить 24 терафлопса. Более того, в перспективе на базе проекта можно начать делать и суперкомпьютер с общей памятью, необходимой для решения сложных стратегических задач.

Научно-техническое направление СКИФ – отличный пример кооперации знаний научных коллективов. Так непосредственно в разработке машины четвертого ряда принимало участие 7 групп из Союзного государства, 6 из них российские: ИПС имени А.К. Айламазяна РАН (головной исполнитель программы от России), Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН, Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ), ЗАО «РСК СКИФ», ОАО «НИЦЭВТ», «Альт Линукс Технолоджи», и одна команда из Белоруссии – ОИПИ НАН Беларуси.

Однако только ими суперкомпьютерный потенциал нашей страны не ограничивается. Список продолжают Институт точной механики и вычислительной техники имени Лебедева АН СССР (ИТМиВТ), ФГУП НИИ «Квант», Всероссийский НИИ экспериментальной физики – Институт теоретической и математической физики (ВНИИЭФ-ИТМФ, г. Саров), Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН (МСЦ РАН), Научно-исследовательский институт системных исследований РАН

(НИИСИ РАН), Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем

(НИИ МВС), разработчики систем на базе архитектуры микропроцессора серии «Эльбрус» (ЗАО «Московский центр спарк технологий» – «МЦСТ»). У многих команд есть договоренности о перспективном сотрудничестве, свои собственные наработки в области суперкомпьютерных технологий, в том числе и стратегических. Так например, ОАО «НИЦЭВТ», активно участвующий в программе СКИФ, еще в 2002 приступил к разработке суперкомпьютера стратегического назначения (СКСН) «Ангара». Однако этот проект не нашел адекватной финансовой поддержки на государственном уровне, поэтому его реализация идет не столь интенсивно, как могла бы. Тем не менее в условиях существовавшего малобюджетного финансирования и за счет собственных средств Центр достиг значительных успехов по направлениям архитектуры и микроархитектуры, базового системного программного обеспечения «Ангара». Создана и успешно прошла испытания оригинальная коммуникационная сеть на ПЛИС, пропускная способность которой в 1,3 раза превосходит доступные на рынке решения. Ее особенностями являются развитая аппаратная поддержка глобально-адресуемой памяти и высокий уровень отказоустойчивости. К 2012–2013 г. планируется создание прототипа стратегического суперкомпьютера нового поколения «Ангара» .

Но все же для восстановления нарушенного стратегического паритета с США инициативы ученых-энтузиастов недостаточно. «НИЦЭВТ движется в правильном направлении, – отмечает Николай Стаськов. – Страна, которая создаст суперкомпьютер общего или стратегического назначения с перспективной архитектурой, уйдет на несколько порядков вперед в своем развитии. Но без федеральной целевой программы, аналогичной американской, японской и китайской, Россия вряд ли сможет восстановить утраченный паритет».

«Надежность ядерного щита можно проверить только с помощью компьютерного моделирования»

Дмитрий МЕДВЕДЕВ, июль 2009, Саров

Производительность американских суперкомпьютеров Cray Vaker и IBM, которые выйдут в свет в 2010 году, по оценке теста Linpack, должна составить 2–3 и 10 петафлопс соответственно.

Самый мощный российский суперкомпьютер, установленный в Межведомственном суперкомпьютерном центре РАН, по оценке Linpack, имеет производительность 0,071 петафлопс (71 терафлопс).*

*данные рейтинга TOP-50

Суперкомпьютеры, созданные в США по специальным закрытым технологиям, будут иметь эффективность в 64 000 GUPS (Giga-Updates per Second – миллиард операций модификации памяти, выполненных за секунду).

Аналогичный показатель мощнейших российских и американских кластеров составляет 0,01–1 GUPS.