



НПС: ландшафт рынка в первом приближении

ДЕНИС ВОЕЙКОВ

Правительства развитых стран рассматривают сегодня высокопроизводительные вычисления (High Performance Computing, НПС) не иначе как важнейший фактор обеспечения безопасности и конкурентоспособности государства. Для научных и образовательных учреждений они являются важным инструментом проведения исследований, а для крупных предприятий — способом снижения затрат и повышения эффективности бизнеса.

По уровню развития и распространения высокопроизводительных вычислений Россия пока заметно отстает от передовых в этом отношении стран, но за последние несколько лет при поддержке государства и ряда коммерческих компаний это направление из узкоспециального превратилось в престижное учебное направление в вузах и стало популярной темой в медийном пространстве. Уже не актуальны дискуссии о том, что отечественному суперкомпьютерингу не хватает задач, а приобретаемые академическим сектором кластеры простаивают. Кроме того, уже и многие частные компании начинают воспринимать НПС-системы как фактор обеспечения своей конкурентоспособности на рынке, что обуславливает интерес к этой сфере широкого круга специалистов.

НПС в структуре ИКТ-рынка: значение и влияние

По мнению Алексея Комкова, рынок высокопроизводительных кластеров традиционно занимает незначительную долю в общем объеме ИКТ-рынка, однако представленные на нем решения оказывают существенное влияние на создание и дальнейшее развитие новейших технологий. Еще чаще технологии, впервые опробованные и зарекомендовавшие себя в НПС, со временем становятся стандартом множества разработок, ориентированных на более массовый рынок. Например, интерконнект InfiniBand изначально разрабатывался для высокопроизводительных кластеров, а сейчас все больше используется в составе облачных инфраструктур и в других решениях за пределами НПС. Аналогичным образом в массы перешли и массивно-параллельные парадигмы программирования.

Рассматривать НПС в качестве флага на развития новых технологий также склонны Дмитрий Тяхти, Сумит Гупта, Андрей Юдин, Юрий Дроненко и Алексей Шмелев. При этом г-н Шмелев дополняет список НПС-решений, ставших актуальными на массовом рынке, двумя собственными примерами. Первый из них касается концепции многоядерных процессоров, которые впервые были разработаны для осуществления принципиально более быстрых вычислений. Второй пример и вовсе затрагивает сверхпопулярную на сегодняшний день тему облачных вычислений. Данная технология, по мнению г-на Шмелева, выросла из развития концепции суперкомпьютерных grid-систем.

Говоря о НПС в структуре ИКТ-рынка, Алексей Шмелев, Андрей Юдин, а также

Павел Борох указывают на определенную общность данного сегмента с серверным рынком. Г-н Борох считает, что к НПС можно отнести, по разным оценкам, до 20% поставляемых серверов в штучках. По мнению г-на Шмелева, речь идет о 25%, правда, он не уточняет, дана ли эта оценка в количественном или денежном выражении. При этом все спикеры соглашаются с тем, что сегмент НПС растет быстрее серверного рынка и вообще является одним из самых быстрорастущих сегментов на корпоративном рынке ИКТ. Его сегодняшние объемы, по разным данным, составляют порядка 10—15 млрд. долл. в год с ежегодным приростом на уровне 8—10%.

Сегментация рынка НПС

В отличие от предыдущего пункта обзора, в данном вопросе наши эксперты были не столь единодушны. Так, Павел Борох считает, что сегментировать рынок НПС целесообразно по размеру пользователя и соответственно размеру решения: суперкомпьютеры, решения уровня подразделения, уровня рабочей группы и уровня отдела.

Сумит Гупта склонен делить рынок, ориентируясь на заказчиков решений, — суперкомпьютерные центры, университеты и НИИ, а также правительственные и оборонные организации. На рынке корпоративных заказчиков он выделяет несколько вертикальных сегментов, в которых эффективные высокопроизводительные вычисления жизненно необходимы для дальнейших инноваций и решения регулярных вычислительных задач. Среди них — области, связанные с естественными науками, компьютерный инжиниринг и др.

В каком-то смысле оба вышеупомянутых подхода использует при сегментации рынка Андрей Юдин, называя это классификацией по цене и по сфере применения. Ценовая сегментация разделяет рынок на четыре составляющие: суперкомпьютеры (системы по цене больше 500 тыс. долл.), серверы уровня технических направлений (свыше 250 тыс. долл.), серверы уровня технических департаментов (более 100 тыс. долл.) и серверы рабочих групп (менее 100 тыс. долл.). При этом со ссылкой на классификацию, принятую в его компании, г-н Юдин добавляет к общей картине пятую категорию — персональный суперкомпьютер на рабочем столе.

По сферам применения, по словам г-на Юдина, рынок сегментируется следующим образом: фундаментальные науки и образование, прикладная геология, автоматизация проектирования в производстве, прикладные естественные науки, госслужба, химия, физика, создание новых материалов, финансовая аналитика, индустрия развлечений.

Алексей Шмелев в своей классификации также использует дифференциацию по размеру систем и их производительности, а также по области применения суперкомпьютеров, однако добавляет к этому еще один сегмент — используемые технологии: архитектура вычислительного кластера, процессорные архитектуры, интерконнект и т. д.

С акцентом на технологии рассматривая структуру рынка и Юрий Дроненко. По его словам, до недавнего времени можно было наблюдать два основных сегмента НПС — кластерные системы, использующие большое число узлов классических для серверного рынка двухпроцессорных x86-систем, объединенных высокоскоростным интерфейсом, и проприетарные, закрытые для массового пользователя вычислители. В настоящий же момент серьезные изменения в общую картину вносят графические процессоры, на базе которых создаются гибридные решения.

Наиболее нетривиальной оказалась сегментация, которую предложил Дмитрий Тяхти. С одной стороны, он тоже делит рынок на промышленную и исследовательскую ниши, где рассматривает соответствующие области применения. Но при этом он описывает два альтернативных способа классификации. Так, по его мнению, с технологической точки зрения суперкомпьютеры можно разделить на стандартные, “почти стандартные” и нестандартные.

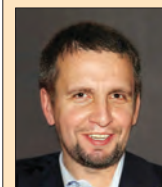
Стандартные суперкомпьютеры — те, которые собираются из общедоступных серверов с минимальной модификацией. “Почти стандартные” хотя и строятся на основе типовой (x86-й) архитектуры, но используют существенно переработанные корпуса, системы охлаждения и электропитания, дополнительные процессоры видеокарт. У нестандартных суперкомпьютеров полностью переработанная платформа — специализированные процессоры, контроллеры шин, межблочные интерфейсы. Чем более производителен суперкомпьютер, тем дальше его архитектура отстоит от стандартной.

Г-н Тяхти также говорит о том, что вычислители можно разделить на энергоэффективные и обычные. Неочевидное, но жесткое требование к системе заключается в том, что физически она должна помещаться в отведенном для нее зале и потреблять разумное количество электроэнергии, что исключает вариант тиражирования шкафов с относительно недорогими x86-серверами, так как в этом случае плотность гигафлопс на квадратный метр намного меньше, чем при использовании нестандартных архитектур.

Основные драйверы роста и расширения рынка НПС

Главными стимулами к развитию НПС большинство опрошенных нами экспертов так или иначе определили новые классы появляющихся задач и новые категории заказчиков. Так, Константин Баканович указывает на то, что, хотя основными потребителями НПС-технологий по-прежнему остаются клиенты, основной задачей которых являются непосредственные вычисления, все большее количество запросов начинает поступать и от провайдеров облачных услуг, от клиентов, занимающихся обработкой больших массивов данных, — из банковского и финансового секторов и т. п. Да и те организации, которые ранее применяли НПС только для вычислений, сегодня задумываются о расширении сферы применения этих технологий.

Наши эксперты

**КОНСТАНТИН БАКАНОВИЧ,**
технический директор
DSCop**ПАВЕЛ БОРОХ,**
менеджер по маркетингу
продукции Fujitsu**СУМИТ ГУПТА,**
директор бизнеса Tesla в
Nvidia**ЮРИЙ ДРОНЕНКО,**
технический директор
группы Arbyte**АЛЕКСЕЙ КОМКОВ,**
заместитель генерального
директора по продуктам и
технологиям компании
“Т-Платформы”**НИКОЛАЙ МЕСТЕР,**
директор по развитию
корпоративных проектов
“Intel в России и СНГ”**ДМИТРИЙ ТЯХТИ,**
системный архитектор
“IBM в России и СНГ”**АЛЕКСЕЙ ШМЕЛЕВ,**
исполнительный директор
группы компаний PCK**АНДРЕЙ ЮДИН,**
руководитель направления
высокопроизводительных
вычислений “НР в России”

Приблизительно в этом же ключе рассуждает Сумит Гупта. По его убеждению, продолжающийся рост рынка НПС обусловлен в том числе тем, что сегодня наиболее сложные задачи просто останутся

ПРОДОЛЖЕНИЕ НА С. 18 ▶

FDR InfiniBand — протокол нового поколения

20 июня 2011 г. компания Mellanox Technologies представила новое, полное решение FDR InfiniBand (Fourteen Data Rate) 56Gb/s, состоящее из адаптеров (HBA), коммутаторов, кабелей и программного обеспечения. Адаптеры ConnectX 3 FDR 56Gb/s InfiniBand, коммутаторы серии SX-6000, Unified Fabric Manager (UFM), Mellanox ОС (MLNX-OS), ПО, медные и оптические кабели, сертифицированные для передачи сигнала FDR, гарантируют высокий уровень сетевой производительности и низкое энергопотребление. Технология обеспечивает эффективную работу с сетями для высокопроизводительных вычислений, финансовых услуг, баз данных, виртуализированных ЦОД и облачных вычислений.

FDR InfiniBand

FDR InfiniBand (Fourteen Data Rate, потоковая скорость 14 Гбит/с на линию) является технологией InfiniBand нового поколения, разработанной и описанной ассоциацией InfiniBand Trade Association (IBTA). FDR InfiniBand анонсирована в июне 2010 г. и предназначена для использования в приложениях, требующих оптимизации соотношения между энергопотреблением и производительностью, а также минимизации затрат на обслуживание сетевых коммуникаций.

Отличительные особенности технологии

FDR InfiniBand характеризуется следующими основными параметрами.

- Параметры Link speed увеличились до 14 Гбит/с на линию, или 56 Гбит/с по четырем линиям, т. е. увеличение происходит почти на 80% по сравнению с предыдущими поколениями InfiniBand.

- Показатель Link кодировки для FDR InfiniBand был изменен с 8 бит/10 бит на 64 бит/66 бит. Это позволило повысить эффективность передачи данных и подключение устройств хранения.

- Улучшены механизмы коррекции ошибок сети за счет использования технологии Forward Error Correction. Эта технология позволяет устройствам InfiniBand исправлять битовые ошибки и сокращает издержки при выполнении транзакций. Новый механизм обеспечивает высокую надежность сети, что особенно важно для крупных ЦОД, при выполнении высокопроизводительных вычислений и реализации облачных сервисов.

FDR InfiniBand имеет полную обратную совместимость с предыдущими поколениями InfiniBand — SDR, DDR и QDR, в том числе и по аппаратным элементам. Совместно с новым стандартом шины PCIe Gen3 этот протокол обеспечивает выход к новому уровню возможностей кластеризации и следующий шаг к оптимизации пропускной способности ЦОД, к повышению эффективности, надежности и масштабируемости.

Что даст использование FDR InfiniBand конечным пользователям

InfiniBand предоставляет конечным пользователям возможность построения решений, характеризующихся превосходной реакцией приложений на запросы пользователей из различных областей индустрии, улучшает соотношение между стоимостью и производительностью с одновременным снижением времени развертывания и стоимости владения. InfiniBand FDR в настоящее время является самой эффективной технологией, которая позволяет строить

современные сети нового поколения для корпоративных дата-центров.

Перспективы развития InfiniBand

The InfiniBand Trade Association продемонстрировала дорожную карту развития пропускной способности InfiniBand на ближайшие несколько лет.

Вкратце её можно описать так: 1x, 4x, 8x и 12x EDR (Eight Data Rate) и FDR, включая кодирование 64 бит/66 бит, с применением диапазона рабочих частот, достигающим 300 Гбит/с (прогнозируемая скорость EDR к концу 2012 — началу 2013 г.).

С появлением FDR InfiniBand 56Gb/s с поддержкой PCIe Gen3, ConnectX-3 стало возможным удвоить пропускную способность сетей хранения данных, что позволяет устранить одно из самых узких мест в современных серверных решениях. Значительные усовершенствования были введены в реализации технологии FDR ConnectX-3 от компании Mellanox — это оптимизированное время задержек, надежность, увеличенная пропускная способность и масштабируемость, а также лучшие в отрасли аппаратные ускорители MPI. Решение Mellanox end-to-end FDR InfiniBand аккумулирует все то, что способствует обеспечению лучшей в своём роде производительности и эффективности для обоих поколений систем PCIe Gen2 и PCIe Gen3.

Линейка однонитовых коммутаторов Mellanox SwitchX SX-серии 6000 обеспечивает неблокирующую пропускную способность свыше 4 Тбит/с, при этом гарантируется чрезвычайно низкое время задержек при передаче от порта к порту. Коммутаторы серии SX6000 позволяют эффективно проводить вычисления как для маленьких, так и для очень больших по масштабу кла-

стеров, реализуя функции статической и адаптивной маршрутизации, контроль перегрузки и коррекцию ошибок на аппаратном уровне. Эти особенности, поддерживаемые пакетом системного ПО MLNX-OS, обеспечивают максимальную эффективную пропускную способность фабрики InfiniBand за счет исключения узких точек сети и предоставления высокого уровня надежности. Коммутаторы серии SX6000 могут работать под управлением Mellanox's Unified Fabric Manager, при этом появляются дополнительные функции контроля сети. В случае параллельных вычислений или при создании конвергентных фабрик серия SX6000 демонстрирует самую высокую в индустрии пропускную способность.

Mellanox рекомендует использовать для реализации FDR только специальные сертифицированные кабели и предоставляет широкую номенклатуру этих элементов сети. Это дает возможность добиваться лучшей в отрасли производительности и надежности соединения. Кабели Mellanox FDR обладают повышенной надежностью и в обязательном порядке проходят ряд тестовых испытаний, что гарантирует безусловную совместимость и позволяет реализовывать надежную высокоскоростную связь на скорости 56 Гбит/с.

Компания **DSCop** (www.dscop.ru; тел.: +7 (495) 644-49-11) 10 лет работает на рынке аппаратного и программного обеспечения для построения центров обработки данных и является дистрибьютором крупнейших мировых поставщиков. Специалисты компании будут рады предоставить более подробные описания технологии и продуктов Mellanox, а также по вашему запросу реализовать законченные решения "под ключ".

НА ПРАВАХ РЕКЛАМЫ

НПС...

◀ПРОДОЛЖЕНИЕ СО С. 17

нерешенными без серьезных вычислительных ресурсов. Среди них множество острых и критически важных социальных проблем: лечение рака, прогнозирование природных катаклизмов и т. д.

О новых заказчиках и новых классах задач также говорят Алексей Шмелев, Алексей Комков и Дмитрий Тяхти. В понимании последнего, в данном срезе драйверами роста выступают задачи моделирования работы человеческого мозга и точного прогноза погоды. Требуемая для них мощность превосходит сегодняшние ресурсы в 100 тыс. раз, и ее достижение прогнозируется лишь к 2030 г.

Поясняя специфику гонки производительности, г-н Тяхти указывает на тот факт, что в полном соответствии с законом Мура вычислительная мощность ЭВМ увеличивается вдвое всего лишь за полтора года, а новые задачи в соответствии с рыночными законами конкуренции появляются непрерывно, причем решение одних порождает возникновение следующих. Кроме того, вычислительные мощности становятся все более доступными, что привлекает все большее количество потребителей, так и поставщиков решений и стимулирует стремительное развитие технологий и конкуренцию между ИТ-компаниями.

О либерализации НПС сказал и Павел Борох, по мнению которого одним из несомненных драйверов рынка выступает доступность НПС-технологий для решений уровня рабочей группы и даже отдела.

Андрей Юдин крайне важным стимулом к росту рынка НПС считает экономический кризис, потому что в его условиях для компаний стала очевидной необходимость сокращения расходов на производство и логистику и уменьшения времени вывода новых продуктов на рынок.

Еще одной движущей силой развития рынка, с точки зрения г-на Юдина, являются собственно вендоры, благодаря которым улучшаются и создаются новые процессоры, ускорители вычислений, технологии интерконнекта и методы параллельного программирования.

Юрий Дроненко прогнозирует, что драйверами рынка станут наука при поддержке государства, сообщества энтузиастов НПС, а также широко пропагандируемые сегодня облачные вычисления.

В дополнение ко всему вышесказанному Алексей Шмелев также отметил экспоненциально растущий объем информации, доступной для анализа и обработки, — явление, часто называемое потоком данных. При этом важным системным фактором для рынка НПС, по мнению г-на Шмелева, является состояние дел в отрасли исследований и разработок как таковое: если наука интенсивно развивается, то средства вычислений и моделирования всегда будут востребованы.

Особенности ведения бизнеса на рынке НПС-решений

Рассматривая суперкомпьютинг в данном срезе, Дмитрий Тяхти обращает внимание на то, что высокопроизводительные вычисления были и остаются очень затратным способом решения суперзадач, поэтому рынок НПС исключает массовый подход и ограничивает возможность применения типовых схем.

Об этом же сказал Алексей Комков, считающий, что относительно малый объем НПС-рынка вынуждает его игроков находить подчас нестандартные решения, позволяющие развивать бизнес в условиях жесткой конкурентной борьбы. Так, если для победы в многочисленных тендерах на реализацию небольших и даже средних проектов достаточно сделать ценовое предложение, перекрывающее заявки конкурентов, то для получения крупного заказа уже необходимо обладать уникальными

технологическими преимуществами и собственными запатентованными разработками, предложить максимально гибкую систему сервисного обслуживания и выполнить ряд других условий. А позволить себе это могут, по мнению г-на Комкова, очень немногие компании.

Необходимость обладания серьезными знаниями современных технологий и практического опыта отметил и Юрий Дроненко. По его наблюдениям, любая ошибка в архитектуре на этапе проектирования системы однозначно сказывается на стоимости итогового решения или на его производительности.

Павел Борох указал на то, что увеличение количества разнородных заказчиков разного уровня ведет к возрастанию важности законченных решений и стандартизованных компонентов в НПС-инфраструктуре. Сегодняшний пользователь НПС-решений не всегда хочет сам писать приложения; часто требуется использование коммерчески доступных версий. Ответственно для игроков на рынке важно выстроить взаимодействие с другими участниками экосистемы, собрать стек стандартизованных компонентов для построения решения — от аппаратной платформы, системного и управляющего ПО до параллелизирующих компиляторов и готовых прикладных пакетов.

По убеждению Алексея Шмелева, для выживания на рынке НПС и вовсе нужно в каком-то смысле решить парадоксальную задачу. С одной стороны, этот рынок очень инновационен и требователен к новизне решений. Заказчику недостаточно просто уметь решить поставленную задачу, а нужно решить ее лучше (гораздо лучше), чем это можно было сделать с помощью суперкомпьютера или кластера предыдущего поколения. Именно поэтому на рынке НПС всегда требуются самые высокопроизводительные модели процессоров и самые высокоскоростные сети для обмена данными с наименьшими

задержками, наилучшей пропускной способностью и т. д.

С другой стороны, рынок НПС весьма склонен к сохранению традиций и всегда требуется уважать тот задел, который был накоплен на предыдущих этапах развития. Если клиентские приложения для расчетов, которые используются по 10—20 лет, не будут работать на новом суперкомпьютере (или станут работать недостаточно быстро), решение вряд ли найдет своего заказчика.

Еще одна важная особенность ведения бизнеса на рынке НПС, по мнению г-на Шмелева, заключается в необходимости постоянно инвестировать в создание инновационных решений. Требования к новым суперкомпьютерам со стороны заказчиков постоянно растут, создавая новые вызовы для их производителей.

Основные технические и иные проблемы в сфере НПС

Судя по комментариям опрошенных нами экспертов, одной из главных проблем суперкомпьютинга на данный момент является вопрос энергоэффективности систем, на что обращают внимание Андрей Юдин, Алексей Комков, Алексей Шмелев, Дмитрий Тяхти и Сумит Гупта. По словам последнего, производительность суперкомпьютеров сегодня принципиально ограничена количеством потребляемой электроэнергии и фактически мы достигли того рубежа, когда энергопотребление стало ключевым фактором, определяющим дальнейшее развитие отрасли.

Алексей Шмелев указал на то, что современные суперкомпьютеры и ЦОДы потребляют десятки и сотни киловатт электроэнергии, а самые крупные — уже десятки мегаватт. В результате большая часть заказчиков не только испытывает проблемы с выделением соответствующих лимитов у энергопоставщиков компаний, но и обеспокоена ростом стоимости эксплуатации систем. Пытаясь спрогнозировать развитие данной ситуации, Алек-

Гибридные архитектуры завоевывают рынок НПС

Одна из наиболее важных тенденций в области высокопроизводительных вычислений (НПС) — переход от гомогенных архитектур к гибридным. Какие перспективы здесь открываются для пользователей НПС-систем и какие проблемы еще предстоит преодолеть на этом пути? Об этом рассказывает Сумит Гупта, директор бизнеса Tesla в Nvidia.

В последнем рейтинге суперкомпьютеров TOP500 гибридных систем с GPU уже 39 (вдвое больше, чем в предыдущем). С вашей точки зрения, такая архитектура станет мейнстримом в сфере НПС или же займет определенную нишу?

Мы считаем, что гибридные вычисления уже стали общепринятой технологией в сфере НПС. Все ключевые мировые производители НПС-систем используют графические процессоры Nvidia Tesla в своих решениях для ускорения ресурсоемких вычислений. Корпорации Intel и AMD также недавно анонсировали планы создания новых продуктов, использующих графические ускорители для вычислений общего назначения. Экспоненциально растет и количество приложений, написанных под гибридную архитектуру. Во многие коммерческие инструменты и продукты с открытым кодом — компиляторы, отладчики, средства управления кластерами — уже включена поддержка GPU. И совершенно понятно, почему это происходит: графические акселераторы позволяют получить более высокую производительность при меньших финансовых затратах и меньшем энергопотреблении.

Вот уже более трех лет на рынке представлены настольные суперкомпьютеры, в которых используются и ваши технологии. Оправдали ли такие системы ожидания?

Выводя на рынок персональный суперкомпьютер (PSC) на базе Tesla, мы хотели предоставить ученым и исследователям настольное решение с прорывной производительностью, которое позволило бы им избежать трудностей и затрат, связанных с доступом к серверным мощностям и суперкомпьютерам.



Сумит Гупта

И именно поэтому PSC быстро оказались востребованными.

Заказчики и сейчас говорят, что получить доступ к национальным суперкомпьютерным кластерам крайне затруднительно, но располагая PSC, они имеют в своем распоряжении вычислительные мощности, достаточные для задач моделирования.

Сегодня PSC переизобретаются заново, поскольку требования к производительности продолжают расти. Например, производственники заинтересованы в целостном подходе к созданию продуктов, предполагающем конвергенцию процедур проектирования и моделирования новых изделий. Проблема в том, что проектирование осуществляется на рабочих станциях, а задачи моделирования решаются на серверных кластерах. Поэтому Nvidia представила технологию Maximus, по-

зволяющую создавать рабочие станции с производительностью, достаточной как для проектных задач, так и для моделирования. Это дает инженерам возможность быстрее перейти от концепта к законченному продукту.

Стремление кардинально повысить показатель «производительность на ватт» открывает дорогу на рынок НПС-систем и для производителей ARM-процессоров. Как вы оцениваете их перспективы в данном сегменте? Процессоры ARM с низким потреблением фактически оккупировали сегмент мобильных телефонов и планшетов. Microsoft объявила о поддержке ARM в ОС Windows 8, что может привести к появлению массового сегмента ноутбуков на базе таких CPU. Недавно HP анонсировала проект Moonshot, нацеленный на создание серверов с ARM-процессорами для быстро растущего рынка облачных и веб-услуг.

Проблема энергоэффективности для суперкомпьютеров не менее важна, чем для мобильных устройств. Поэтому по мере укрепления позиций в области персональных и облачных вычислений ARM будет играть все более значимую роль и в НПС-системах. Не случайно Суперкомпьютерный центр Барселоны недавно объявил, что строит прототип кластера на базе процессоров ARM и графических процессоров Nvidia, чтобы изучить возможности построения энергоэффективных суперкомпьютеров эксафлопсной производительности.

Отказ от гомогенных архитектур в пользу гибридных серьезно усложняет задачи для разработчиков ПО. Не станет ли это тормозом на пути эффективного использования растущих аппаратных возможностей?

Разработчики ПО сейчас в трудном положении. Программировать многоядерные процессоры очень сложно, и обычно требуются месяцы, чтобы при переходе от одноядерных CPU к многоядерным получить выигранный хотя бы в 5%.

В гибридных архитектурах с GPU добиться эффекта проще, поскольку тут есть возмож-

ность последовательно выполняемые операции возложить на CPU, а части программы, предполагающие интенсивные вычисления, — на GPU. Основная проблема заключается в том, как распараллелить процессы, но разработчикам придется решать ее в любом случае в связи с переходом на многоядерные CPU.

Представленный недавно метод GPU Directives упрощает разработчикам задачу по эффективному использованию GPU. Новые компиляторы позволяют распараллеливать вычисления с сохранением исходного кода приложения или его минимальной корректировкой за счет включения в код директив, дающих компилятору указания, какие участки кода нужно распараллелить. Использование открытого стандарта OpenACC позволяет программистам получить мгновенное ускорение приложений с минимальными трудозатратами. По отзывам разработчиков, использовать директивы для GPU проще, чем программировать многопоточность для исполнения на CPU.

Решения для НПС-систем — лишь одно из направлений бизнеса Nvidia. Какое значение оно имеет для вашей компании?

НПС-направление имеет стратегическое значение для Nvidia по двум причинам. Во-первых, это относительно новый рынок, который служит для нас драйвером роста. На НПС-сегмент приходится значительная часть глобального серверного рынка, и мы считаем, что наши решения для этого сегмента — именно то, что нужно заказчикам.

Во-вторых, продолжая работу в сфере НПС, мы, как нам кажется, можем внести значительный вклад в решение имеющихся у заказчиков проблем, в чем и заключается одна из целей компании. Гибридные НПС-системы дают в руки исследователей мощный инструмент не только для решения сложных вычислительных задач, но и для проведения глубоких научных исследований в области здравоохранения, энергетики, метеорологии. Этот перечень можно продолжить.

► сей Комков выражает уверенность, что в будущем возможность эксплуатации в регионах нашей страны наиболее мощных вычислителей будет практически полностью определяться наличием энергосетей необходимой мощности.

Говоря о других проблемах НПС, г-н Комков отметил недостаток квалифицированных разработчиков и сложность создания массивно-параллельных программных решений.

На необходимость максимального упрощения программирования вычислительных систем для более широкого внедрения суперкомпьютерных технологий указал и Сумит Гупта. А Павел Борох основную проблему видит в присущей рынку разнородности платформ, в том числе внутри одного решения.

Юрию Дроненко «узким местом» НПС представляется тот факт, что расходы на интерконнект и инженерные системы суперкомпьютеров равны или даже превосходят затраты на собственно вычислительную часть комплексов. При этом он также отметил, что весьма интересную и одновременно непростую задачу приходится решать при проектировании и создании СХД множественного параллельного доступа.

В то же время в данном ракурсе Константин Баканович не склонен как-то выделять рынок НПС, считая, что ему свойственны все те же технические проблемы, что и ИТ-рынку в целом. По его мнению, это и слабая информированность клиентов о существующих и доступных технологиях, и недостаточное количество предложений по построению законченных комплексных решений, и, конечно, недостаток финансирования.

Андрей Юдин и Дмитрий Тяhti крайне важной технической проблемой считают дефицит инженерной инфраструктуры. Речь идет как о недостатке помещений для размещения оборудования, так и о необходимости создания эффективных систем охлаждения.

При этом г-н Тяhti также отметил, что с ростом системы растут и расходы вычислительной мощности на управление машиной и подзадачами, на распределение их между узлами, синхронизацию состояния и копирование данных между ними. К этой же проблеме он относит пределы возможностей в ядре ОС и программные решения в этом ядре, которые создают «узкие места» в случае значительного расширения вычислителя. По убеждению г-на Тяhti, рост подобных расходов есть всегда, но вопрос заключается в скорости этого роста и в том, какая часть мощности вычислительной системы на все это расходуется.

Алексей Шмелев также указал на то, что к традиционным проблемам в области НПС следует отнести вопросы масштабируемости: как сделать так, чтобы при построении системы в два раза больше исходной, она бы производила вычисления хотя бы в полтора раза быстрее. И на каждом новом витке развития в НПС эти проблемы приходится решать заново. Сейчас доминирующей на рынке является кластерная архитектура для суперЭВМ, что подразумевает использование высокопроизводительных сетей для объединения узлов кластера в единый вычислительный комплекс. Чем лучше характеристики сети, тем больший круг задач получится эффективно решать на суперкомпьютере.

Как заявил г-н Шмелев, в современных кластерах быстро растет число вычислительных ядер — в среднем на 38% в год. Соответственно для управления комплексом, состоящим из 100—1000 узлов, обычные средства администрирования уже не годятся, приходится реализовывать и все время совершенствовать специализированные средства управления.

НПС в России: состояние, перспективы

По глубокому убеждению Андрея Юдина, фундаментальной особенностью российского рынка можно назвать острый не-

достаток специалистов по высокопроизводительным вычислениям: сисадминов, программистов и прикладников, которые могут использовать НПС-системы для выполнения конкретных задач. При этом он считает, что вычислительные комплексы в нашей стране строятся на современном уровне и перспективы развития отрасли также находятся в общемировом ключе — постепенный переход на суперкомпьютеры эксафлопсного уровня (аналитики ожидают появления таких систем к 2019 г.).

Для г-на Юдина очевидно, что без использования НПС ни одна страна не может рассчитывать на поступательное инновационное развитие. Вместе с тем мировой опыт показывает, что в погоне за конкурентоспособностью государства нельзя прибегать к протекционизму. Технологии и опыт глобальных вендоров могут и должны использоваться наравне с предложениями местных производителей.

С тезисом г-на Юдина о кадровом голоде не согласился Алексей Шмелев. В его понимании, России досталась от СССР сильная математическая и кибернетическая школа. Подготовленные этой школой специалисты, способные решать самые сложные и весьма актуальные задачи с использованием вычислительных методов, сохранились и работают в стенах ведущих академических учреждений страны, например в МСЦ РАН.

Алексей Комков тоже считает, что Россия обладает необходимым потенциалом для активного развития суперкомпьютерной отрасли как в части совершенствования аппаратно-программных комплексов, так и опыта их практического применения.

А вот Юрий Дроненко оценивает состояние российского публичного рынка НПС как молодое и развивающееся, но базирующееся исключительно на зарубежных технологиях.

Павел Борох уверен, что на отечественном рынке НПС отражаются мировые тенденции отрасли, правда в средних и малых

масштабах. По его мнению, это либерализует рынок НПС в том смысле, что покупателями могут быть не только заказчики с бюджетом из государственных источников. К тому же масштабы решений также становятся более разнообразными и более широкий круг поставщиков может заниматься их продвижением.

Алексей Шмелев также сделал свой прогноз, предположив, что российское сообщество НПС и, как следствие, рынок будут активно развиваться, если государственные средства на НПС-проекты и технологии станут инвестироваться в стратегически значимые направления, а не будут, как это зачастую бывало раньше, выделяться только узкому кругу избранных под очень громкие, но весьма сомнительные с практической точки зрения проекты с непрозрачными результатами.

О необходимости господдержки разработок отечественных НПС-технологий, систем хранения, интерконнекта и пр. сказал и Юрий Дроненко, который также выразил надежду на то, что идеи НСТП смогут воплотиться в жизнь.

В каком-то смысле с ними согласен Николай Местер. По его словам, объемы рынка и динамика спроса в нашей стране, как и в любом другом государстве, определяются потребностями экономики и в первую очередь конкуренцией на рынке высокотехнологичных товаров и услуг. (В области промышленности речь идет об авиации, двигателестроении, судостроении, автомобилестроении, создании цифрового контента и т. д.)

На текущий момент Россия, напоминает г-н Местер, определила модернизацию экономики и развитие наукоемких и высокотехнологичных направлений как одно из ключевых направлений. И есть серьезные основания полагать, что рынок суперкомпьютерных систем, проектов и услуг будет существенно (в разы) расти в ближайшие 3—5 лет при сохранении такого курса. □

Эволюционное развитие и выдающиеся исключения

Недавний триумф компании Fujitsu, которой с ее системой K computer удалось буквально ворваться в число мировых грандов НРС, многие эксперты оценили как одно из важнейших событий отрасли в минувшем году. И дело не только в том, что машина

сейчас занимает первую строчку рейтинга Top 500 с огромным отрывом от конкурентов. Речь в таких случаях почти всегда идет о том, что компании удалось найти какие-то новые подходы, новые технологические решения и предложить новое видение рынка.

Обо всем этом со старшим консультантом Fujitsu по высокопроизводительным вычислениям **Вольфгангом Гентшем** побеседовал обозреватель PC Week/RE **Денис Воейков**.

PC Week: Какие технологические тенденции отрасли, наметившиеся или укрепившиеся в 2011 г., вы бы выделили?

ВОЛЬФГАНГ ГЕНТШ: В ушедшем году мы наблюдали эволюционное развитие — сохранение основных тенденций на рынке высокопроизводительных вычислений (НРС) последних лет. НРС становятся интереснее и разнообразнее благодаря новым поколениям процессоров с удвоенным числом ядер и их различным архитектурам (таким как Intel Sandy Bridge и AMD Interlagos, Fujitsu SPARK64 IX и IBM Power 7), а также разработанному в Китае новому дизайну процессоров.

Также мы видим растущее использование графических процессоров (GPU) Nvidia и AMD в качестве ускорителей и появление процессора MIC Intel. GPU при этом представляют основу гибридных архитектур и гибридного программирования с помощью CUDA, OpenMP и MPI.

Еще можно отметить появление экологически чистых НРС. Речь идет об уменьшении потребления энергии в расчете на одну операцию (или ватт на флопс), а также о снижении расхода энергии на охлаждение и даже об использовании выделяемого аппаратурой тепла. Кроме того, становится популярным использование более дешевых или альтернативных источников энергии (в зависимости от местонахождения машин) и сокращение занимаемых системами площадей.

Все шире распространяются облачные вычисления. Здесь речь идет не столько о технологии (за исключением высокоэффективных ЦОДов для НРС), сколько о доступе к сервисам НРС, а если взглянуть на это с другой стороны, то о способе предоставления НРС конечному пользователю.

Это скорее новая модель бизнеса и предоставления услуг, чем новая технология. Имеется в виду предоставление НРС в качестве сервиса через сеть (по запросу и с оплатой за фактическое использование ресурсов), причем клиент обходится только браузером.

Наконец, нужно упомянуть о данных, о больших данных. В нынешних архитектурах слишком много узких мест между процессорами, системами хранения и сетями, чтобы они могли эффективно обрабатывать огромные массивы данных, а также фиксировать, хранить, вести их поиск, организовывать коллективный доступ, анализировать, визуализировать и сохранять данные должным образом. В ближайшее время в этой области появится множество нововведений.

PC Week: Как вы считаете, какая архитектура НРС будет положена в основу машин с быстродействием порядка экзафлопса? Будет ли это архитектура с большим количеством легких ядер (развитие идей BlueGene), гибридная архитектура с использованием графических ускорителей или что-то иное?



Вольфганг Гентш

В. Г.: В сущности, я уже ответил на этот вопрос. Для экзафлопсной эпохи будет все труднее разработать и создать единую полностью гомогенную архитектуру. Достаточно посмотреть на нынешние тенденции развития петафлопсных вычислений (10¹⁵ операций с плавающей запятой в секунду). Все меньше систем являются гомогенными по своей природе — строятся ли они на базе архитектуры x86, Power PC или SPARC. Для преодоления рубежа петафлопсной производительности большинство из них уже сейчас содержит дополнительные ускорители вроде GPU. И такая тенденция, несомненно, сохранится. Хотя надо понимать, что, с точки зрения программиста, это, конечно, плохо, поскольку требует дополнительного переписывания части существующего кода.

Одним выдающимся исключением является нынешний № 1 в списке мощнейших суперкомпьютеров мира Top 500 — Fujitsu K с гомогенной архитектурой на процессорах SPARC и сложным шестимерным межсоединением Mesh/Torus с гигантской внециповой полосой пропускания в 100 Гбит/с, что позволяет свести к минимуму задержки при обмене информацией, повысить масштабируемость и отказоустойчивость. Такая архитектура реализована теперь и в недавно представленной системе PRIMEHPC с производительностью 23 Пфлопс.

Разумеется, я не единственный, кого весьма интересует, в какой степени эта архитектура сможет масштабироваться в направлении экзафлопсных вычислений в ближайшие годы...

PC Week: Существует мнение, что эффект от использования GPU сильно преувеличен и гибридные системы способны решать только узкий круг реальных задач. А вы что думаете по этому поводу?

В. Г.: С одной стороны, если посмотреть на наше научное сообщество и рост исследований в области гибридных алгоритмов, приложений и языков, проводится большая работа с языками для GPU — CUDA и OpenMP ARB, со стандартом OpenACC. Сообщество разработчиков OpenCL формирует подход к ускорителям, основанный на стандартах. По всем этим направлениям достигнуты неплохие результаты. Поэтому я не думаю, что потенциал архитектуры GPU сильно переоценен.

С другой стороны, я считаю, что мы, продвигаясь к более полной интеграции в области как аппаратуры, так и ПО, пока находимся только на середине пути. Но здесь, мне кажется, все очевидно. В обозримом будущем я предвижу тесную интеграцию процессоров с некоторыми GPU или даже конструкцию в виде тандема, в которой у каждого процессорно-

го ядра будет свой ускоритель. Например, подобно тому как в прошлом скалярные процессоры снабжались векторными, причем векторизирующие компиляторы могли автоматически векторизировать часть кода, требующую интенсивных вычислений.

PC Week: В технологическом плане с какой главной проблемой необходимо справиться разработчикам, чтобы существенно возросла производительность суперкомпьютеров и в отрасли произошел качественный рывок вперед?

В. Г.: Я не вижу на горизонте какой-то магической технологии. Во всяком случае, в ближайшем будущем она не появится. Предстоит немало поработать. Все будет развиваться эволюционно. Продолжится совершенствование процессоров, доступа к кэшу, скорости межсоединений, способов устранения узких мест при обращении к памяти и программирования этих элементов. Здесь уже просматривается успех, как я упоминал ранее, с архитектурой PRIMEHPC. Необходимо улучшить масштабируемость этих гигантских систем, обмен информацией и отказоустойчивость. Дополнительную надежду на прогресс дают новые математические и числовые алгоритмы. Они позволят создать более подходящие модели данных для совершенствования ввода/вывода и непрерывной обработки.

PC Week: Каково ваше отношение к рейтингу Top 500, в частности к тесту Linpack? Насколько он адекватно, на ваш взгляд, позволяет оценить потенциал кластера для решения реальных задач? Имеет ли смысл тратить силы на специальную настройку вычислителя для прохождения этого теста? Насколько имиджевая составляющая участия в Top 500 реально важна для коммерческих компаний, научных и академических организаций?

В. Г.: Все мы знаем пределы возможностей теста Linpack и списка Top 500, так что ничего необычного здесь нет. Это просто одна из специальных программ для решения больших систем алгебраических уравнений, и все. Это как “Формула-1” — очень специфические машины для специфических гонок... Разумеется, Linpack довольно часто используется во многих специальных приложениях, главным образом для моделирования физических явлений. Но это лишь одна программа с одним специфическим алгоритмом. Невозможно, например, руководствоваться только Linpack при проектировании аппаратуры и программных систем следующего поколения, как иногда ошибочно утверждается. Это был бы слишком примитивный подход.

Продвигаясь к более полной интеграции в области аппаратуры, так и ПО, мы пока находимся только на середине пути.

При выборе новой большой системы все директора вычислительных центров используют специальные тестовые пакеты, которые с высокой точностью показывают повседневную производительность конкретного вычислителя. Это далеко выходит за рамки сравнения по результатам теста Linpack и рейтинга Top 500. Это программы тестирования, разработанные с учетом реального использования. И производительность именно при выполнении данных программ определяет, будет или нет рассматриваться возможность приобретения системы.

Что касается рейтинга Top 500, то мы, люди, любим спорт, любим соревнования, любим сравнивать с “Формулой-1”. Linpack и Top 500 приносят дополни-

тельный человеческий элемент в высокопроизводительные вычисления, которые без них были бы совершенно лишены эмоций, и это прекрасно!

PC Week: Как вы оцениваете объективность альтернативных тестов и что вы думаете о новом тесте Graph 500?

В. Г.: Graph 500 — это просто еще один специальный тест. В отличие от Linpack, предназначенный для операций с плавающей запятой, он хорошо подходит для многих задач, в которых интенсивно используются данные, как, например, в бизнес-аналитике или в работе со сверхбольшими объемами информации. Поэтому руководящий комитет Graph 500 разрабатывает всеобъемлющие тесты для решения трех видов базовых задач: параллельный поиск, оптимизация (нахождение кратчайшего пути к единому источнику) и поиск кратчайших путей в графе (максимального множества независимых вершин). Они хорошо подходят для приложений в области кибербезопасности, медицинской информатики, обогащения данных, социальных и символических сетей. Из этого вы можете заключить, что Graph 500 не является альтернативой для НРС, а просто предназначен для совершенно иного набора приложений.

PC Week: Можете ли вы прокомментировать недавний анонс Fujitsu решения PRIMEHPC FX10 (развитие идей, ставших основой кластера K computer), которое в зависимости от потребностей заказчика может иметь конфигурации с пиковой производительностью вплоть до 23,2 Пфлопс?

В. Г.: K computer стал большим сюрпризом на международной конференции по суперкомпьютерам в Гамбурге в июне прошлого года. Почти сразу же после трагической череды катастроф в Японии, которые привели помимо прочего к приговорному сокращению промышленного производства в целом, никто не ожидал, что Fujitsu вовремя поставит K computer исследовательскому центру RIKEN. И никто не ожидал, что K окажется в три с лишним раза быстрее второй по быстродействию машины, показав производительность свыше 8 Пфлопс. И в довершение всего как раз перед открытием суперкомпьютерной выставки в Сиэтле в ноябре K стал первым компьютером, преодолевшим рубеж в 10 Пфлопс, а Fujitsu анонсировала его коммерческий вариант PRIMEHPC FX10. На этой выставке K получил наивысшие оценки во всех четырех тестах производительности на престижной церемонии 2011 HPC Challenge Awards за обслуживание больших исследовательских моделей. Его пиковая производительность намного превысила магический рубеж в 1 Пфлопс. Это выглядело как сложенная игра большого оркестра.

Поскольку уже раньше многие другие системы из списка Top 500 оснащались GPU-ускорителями, настоящим сюрпризом для меня стало то, что компьютеры серии PRIMEHPC имеют солидную и хорошо спроектированную гомогенную архитектуру с использованием передовых компонентов, таких как 16-ядерный процессор SPARC64 и 6-мерное межсоединение Mesh/Torus Tofu. Компиляторы и библиотеки тщательно настроены под данную архитектуру. PRIMEHPC поднимает планку для конкурентов выше, чем любая другая система, с тех пор как в 2002 г. Japanese Earth Simulator в четыре раза превзошел ASCI White и в течение трех с лишним лет занимал первую позицию. Интересно будет посмотреть, как теперь, после возвращения Fujitsu в сферу высокопроизводительных вычислений, конкуренты станут догонять ее в области исследований и производства.

PC Week: Спасибо за беседу.