

# Высокопроизводительные вычисления на платформе Microsoft

**В** современном мире уровень использования высокопроизводительных вычислений является одним из показателей технологической зрелости государства. Если раньше высокопроизводительные вычисления (High Performance Computing, HPC) ассоциировались главным образом с возможностями создания надежного ракетно-ядерного щита, то теперь они выступают в качестве одной из главных составляющих высокотехнологичной экономики и современной науки. Они позволяют избежать высоких финансовых, временных и ресурсных затрат, связанных с прогнозированием поведения, строения и свойств сложных систем, представляющих интерес для различных сфер экономики.

## *HPC на платформе Microsoft*

Компания Microsoft внимательно следила за рынком HPC с 2000 года, когда в суперкомпьютерах начали использоваться стандартные процессоры Intel и AMD и стали появляться более дешевые и доступные суперкомпьютерные устройства на базе локальных сетей обычных серверов. Перспективность этого направления не вызвала сомнений, и в 2003 году в Microsoft была создана группа HPC. Ее задачей было создание под ключ решений для ИТ-профессионалов, использующих высокопроизводительные вычисления для моделирования математических задач и обработки массивов данных. В итоге была разработана соответствующая стратегия, получившая название Microsoft Technical Computing.

Ее назначение – предоставить максимально широкому кругу поль-

зователей (ученым, инженерам и аналитикам) возможность использовать технологии высокопроизводительных вычислений на настольных компьютерах, серверах и в облаке. Эту цель предполагается достигнуть за счет упрощения разработки HPC-приложений для нового поколения распределенных вычислительных средств, состоящих из персональных компьютеров, серверных кластеров и облачных ресурсов, а также за счет упрощения ввода этих приложений в эксплуатацию.

В рамках данной стратегии были выпущены три версии HPC-сервера. В 2006 году вышел Windows Compute Cluster Server 2003 (CCS), в котором для организации взаимодействия вычислительных узлов использовался протокол Microsoft Messaging Passing Interface (MS-MPI) v2. В следующей версии продукт получил название Windows HPC Server 2008 – он вышел на рынок в сентябре 2008-го. В нем был реализован новый высокоскоростной сетевой протокол Network Direct RDMA, в который были включены дополнительные средства управления, а также поддержка кластерной интероперабельности на основе спецификаций High Performance Computing Basic Profile (HPCBP), созданных сообществом Open Grid Forum.

## *Microsoft HPC Server*

Microsoft Windows HPC Server обеспечивает функционально полное и интегрированное окружение для кластера: операционную систему, планировщик задач, интерфейс передачи сообщений (MS-MPI v2), включающий поддержку Network Direct, а также инструменты управления кластером и мониторинга.

Построенный на базе 64-разрядной технологии, Windows HPC Server 2008 может обеспечивать эффективное масштабирование на тысячи процессорных ядер и включает консоль управления, помогающую администратору контролировать систему целиком. Масштабируемый планировщик заданий, входящий в Microsoft HPC Pack 2008, и интерфейс управления, построенный на основе Microsoft System Center, позволяют интегрировать платформы Windows HPC с другими платформами, а также поддерживает пакетные и интерактивные сервис-ориентированные (SOA) задания, использующие высокопроизводительные вычисления для WCF и параллелизм на базе MS-MPI.

Windows HPC Server 2008 интегрируется с другими продуктами Microsoft (Office SharePoint Server 2007, Windows Workflow Foundation и др), что улучшает возможности загрузки HPC-конфигураций и взаимодействие с пользователем. Интеграция Windows HPC Server 2008 с Windows Communication Foundation (WCF) позволяет разработчикам, работающим с SOA-приложениями, использовать средства параллельного выполнения программ. Windows HPC Server 2008 использует возможности Windows Server 2008 Enterprise и Microsoft SQL Server по обработке отказов для обеспечения высокой доступности и надежности HPC-кластеров.

Централизованный интерфейс управления и развертывания кластеров на базе Microsoft Windows HPC Server 2008 позволяет упростить процесс развертывания любых вычислительных кластеров, предоставляя администратору возможность повысить производительность своей работы.

Очередным шагом по реализации стратегии Microsoft Technical Computing явился выпуск корпорацией Microsoft в ноябре прошлого года нового решения для высокопроизводительных вычислений Windows HPC Server 2008 R2.

Windows HPC Server 2008 R2 представляет собой интегрированное решение, с помощью которого пользователи получают комплексную вычислительную платформу, не требующую дополнительных временных затрат для развертывания и средств на отладку работоспособности различных технологий. Эта высокопроизводительная платформа легко объединяется с Active Directory, SharePoint, System Center и Microsoft Office, тем самым упрощая ее интеграцию в существующую ИТ-инфраструктуру и сохраняя инвестиции. Кроме того, организации могут использовать вычислительную мощность простаивающих в нерабочее время рабочих станций Windows 7 или сформировать вычислительное облако, предоставляющее дополнительную мощность для кластера серверов Windows HPC Server.

По результатам тестов независимых производителей программного обеспечения и тестов ПО с открытым кодом, производительность платформы Windows HPC Server аналогична производительности самой популярной с области HPC платформы Linux (рис. 1). Последние исследования показывают, что стоимость владения платформой Windows HPC Server в течение пяти лет на 32-51 % дешевле платформ на базе Linux (источник: Crimson Consulting Group).

В настоящее время с Windows HPC Server 2008 R2 работают уже сотни приложений, выполняющих высокопроизводительные вычисления, причем за последние два года их количество увеличилось в 16 раз. На данный момент о поддержке платформы Windows HPC Server объявили 40 партнеров, из них 17 – в России.

Windows HPC Server 2008 R2, Visual Studio 2010 и решения партнеров, таких как Intel и NVIDIA, составляют интегрированную платформу для параллельных вычисле-

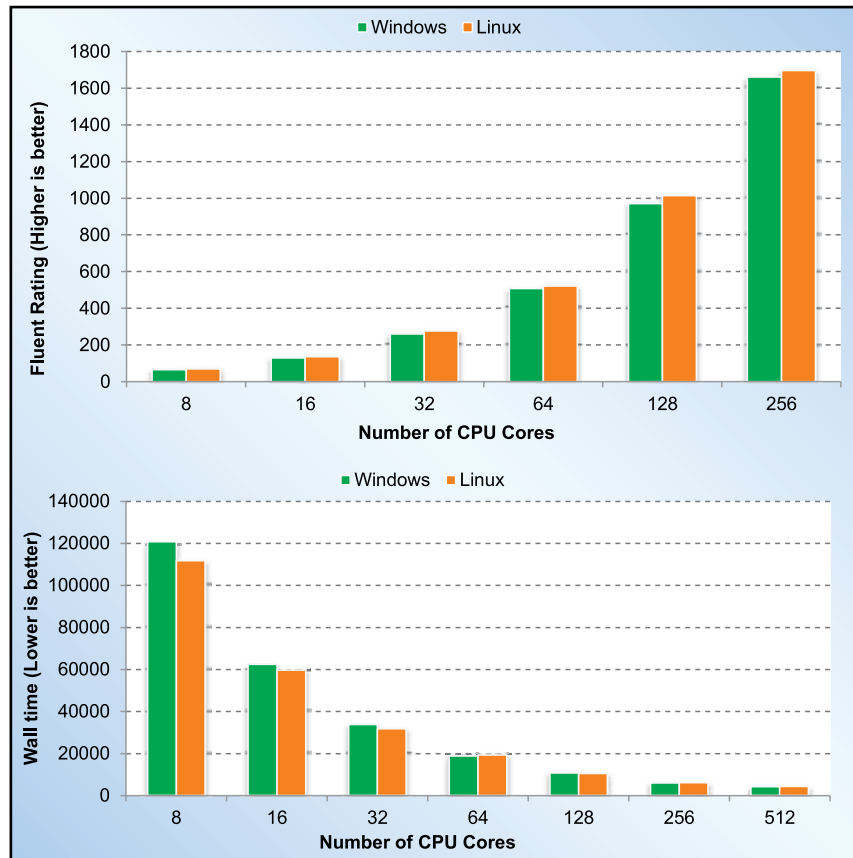


Рис. 1. Сравнение производительности Windows HPC Server и Linux для задач инженерного анализа (Источник: Crimson Consulting Group): а – LS-DYNA (Car2Car Simulation); б – ANSYS FLUENT 12.0 (Truck Model)

ний, на базе которой разработчики могут эффективно создавать, тестировать и оптимизировать параллельный код для развертывания на клиентских, серверных ресурсах или на ресурсах облачных вычислений.

## Средства разработки для HPC

После завершения определенного этапа развития вычислительной техники, когда главным средством увеличения производительности был переход ко все более мощным процессорам, наступила новая эра, в которой первенствующую роль играет возможность распараллеливания вычислений и перенесения их на множество процессоров или ядер. Соответственно, должны были появиться средства, обеспечивающие достаточно простое создание многопоточных приложений. Конечно, применение такого подхода повышает производительность только в тех случаях, когда и алгоритм, и программное обеспечение позволяют выполнять несколько действий одновременно.

Основной инструмент разработки Microsoft – Visual Studio 2010 – поддерживает параллельное программирование. Visual Studio 2010 содержит встроенные средства для создания, отладки и настройки многоядерных и многопроцессорных приложений.

Версия 4 .NET Framework включает библиотеку Task Parallel Library (TPL), поддержку параллельных циклов, параллельных структур данных, язык Parallel LINQ (PLINQ). Все эти возможности входят в коллекцию Parallel Extensions для .NET Framework. Новым членом этой коллекции стала библиотека TPL Dataflow (TDF), предназначенная для создания параллельных приложений, связанных с обработкой данных и обеспечивающих интенсивную обработку данных и выдачу результата с малой задержкой.

## Средства анализа данных

Основными пользователями высокопроизводительных вычислений

являются инженеры, ученые, аналитики, которые совсем не обязательно хорошо разбираются в программировании. Им нужны более простые и удобные средства для обработки больших массивов данных, создания математических программ, которые, с одной стороны, могут отражать модели тех разработок, которые ими ведутся, с другой – должны быстро масштабироваться на параллельные мощности. В рамках стратегии Microsoft Technical Computing было создано новое направление – разработка для потребностей ученых, инженеров и других пользователей HPC-пакетов типа Excel и Matlab, то есть решений, которые в большей степени направлены на анализ математических данных, а не на программирование.

Ускорение вычислений с Microsoft Excel 2010 достигается за счет того, что определяемые пользователем функции (User Defined Functions), которые берут на себя в Excel основной объем вычислений, теперь можно выполнять в кластере Windows HPC 2008 R2. Благодаря технологии распараллеливания время обсчета может сокращаться в сотни раз, пользователь же остается в знакомой вычислительной среде электронной таблицы.

## HPC в облаке

С появлением облачных технологий высокопроизводительные вычисления вступили в новую эру. Огромная масштабируемость и низкая стоимость вычислений в облаке на первый взгляд ставят точку в вопросе, как и где должны выполняться высокопроизводительные вычисления. Чтобы быстро увеличить процессорную мощность, когда это необходимо, заказчики могут легко перенести высокопроизводительные расчеты из собственного центра обработки данных в web-среду, для работы в которой не требуется приобретать дорогостоящее оборудование. Игнорировать такие изменения невозможно.

Однако появление облачных вычислений не означает отмирания технологий современных кластеров. И причины здесь следующие:

- ▶ юридические, регулирующие или иные нетехнические огра-

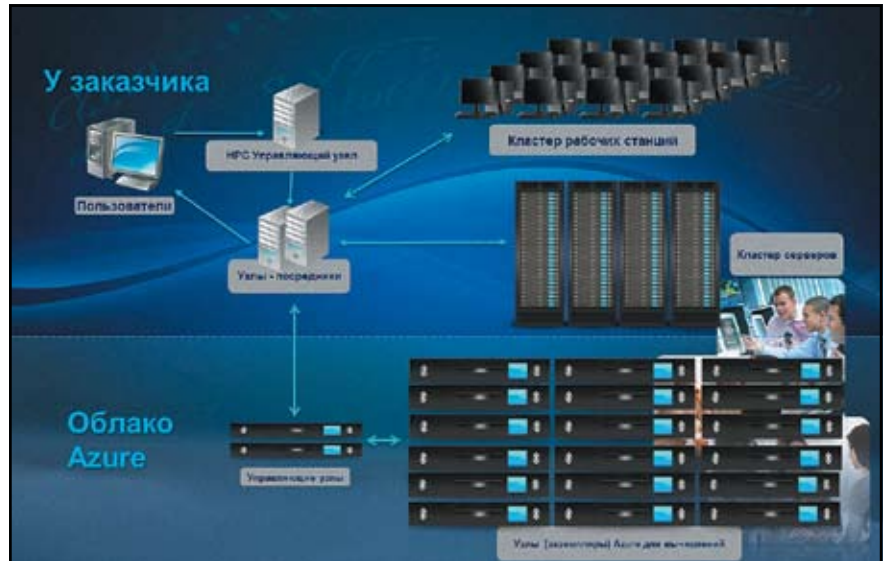


Рис. 2. Масштабирование приложений от кластера до облака

ничения могут препятствовать сохранению данных в облаке и выполнению там вычислений;

- ▶ большое число HPC-задач создано независимыми программными разработчиками (ISV). Эти задачи могут быть не готовы для переноса в облако. В принципе, сегодня подавляющее число задач не приспособлено к выполнению в облаке;

- ▶ задачи, использующие значительные вычислительные ресурсы, как правило, требуют огромных объемов данных. Перенос всех этих данных в облачную среду может оказаться затруднительным.

Поэтому в современных условиях разумно придерживаться более гибкого подхода, позволяющего, в зависимости от обстоятельств, воспользоваться любым из следующих вариантов:

- ▶ запуск приложения целиком в локальном кластере;
- ▶ запуск приложения целиком в облаке;
- ▶ запуск приложения частично в облаке, а частично в локальном кластере.

Windows HPC Server поддерживает все эти три альтернативы. В ноябре вышел первый пакет обновления (SP1) для HPC Server 2008 R2, который включает циклы вычислений Windows Azure, позволяя создавать приложения с массивной параллельностью, легко масштабирующиеся от кластера до облака (рис. 2).

## Примеры решений на Windows HPC Server в энергетической отрасли

### Централизованная система противоаварийного управления электросетями

В Единой энергетической системе России более 30 лет работают комплексы централизованной противоаварийной автоматики (ЦСПА), выполняющие функции увеличения межрегиональных объемов обмена мощностями, повышения эффективности использования оборудования электростанций и предотвращения развития аварий. В течение долгого времени комплексы ЦСПА строились с использованием различных программно-аппаратных подходов, которые решали задачу в рамках исходной математической модели распределительной сети. Однако постоянно возникала потребность в увеличении сложности и точности модели, что обуславливало необходимость быстрых расчетов с большим количеством исходных данных.

Российский разработчик ИТ-решений для электроэнергетики компания "Альтеро Пауэр" предложила принципиально новый подход и построила комплекс ЦСПА на основе Microsoft Windows HPC Server 2008 R2. Основные задачи сервера ЦСПА состоят в том, чтобы рассчитать все параметры электрического режима после каждого возможного аварийного нарушения,



определить необходимые управляющие воздействия для предотвращения развития аварии (отключение потребителей, снижение мощности генерации, автоматическая частотная разгрузка, деление энергосистемы, электрическое торможение генераторов и пр.), сформировать таблицу решений (что делать, если...) и доставить ее до исполняющих устройств на подстанциях и электростанциях. При фиксировании аварийного возмущения низовые устройства ПА предпринимают действия в соответствии с подготовленным сервером ЦСПА алгоритмами.

Конфигурация высокопроизводительного кластера ЦСПА состоит из восьми узлов (рис. 3): управляющего узла в отказоустойчивом кластере и семи вычислительных узлов, два из которых выполняют роль WCF Broker Node. В кластере имеется расчетный модуль с WCF-сервисом расчета и конфигурационным файлом.

С управляющего сервера ЦСПА раз в 30 секунд происходит

для всех возмущений (запускается пакетное вычисление по каждому возмущению и параллельно на HPC-кластере запускается расчет). Кластер с помощью брокеров WCF Broker распределяет запросы на вычисление между узлами.

В результате реализации проекта для ЦСПА были обеспечены следующие возможности:

- ▶ балансирование вычислительной нагрузки по производительности;
- ▶ высокая отказоустойчивость с автоматическим перераспределением вычислительной нагрузки;
- ▶ масштабирование вычислительной мощности;
- ▶ поддержка выполнения большого количества параллельных сложных расчетов для повышения адаптивности ЦСПА к условиям энергосистемы.

Время, затрачиваемое на расчеты, уменьшилось с 60 секунд на одном сервере до 3 сек на семи

ки ВВЭР, сооруженные по проектам ОКБ "ГИДРОПРЕСС", работают на 18 атомных станциях России, Украины, Армении, Финляндии, Болгарии, Венгрии, Чехии, Словакии и Китая.

Отработка различных вариантов конструкторских решений, проверка работоспособности и надежности проектируемых узлов и оборудования проводятся как в аккредитованном испытательном центре, так и с использованием современных CAD\CAM\CAE-систем для создания трехмерных моделей оборудования. Аппаратной основой для выполнения таких работ являются суперкомпьютеры, высокопроизводительные рабочие станции и кластеры, объединенные в локальную сеть.

Появление нового класса задач, стоящих перед предприятием, несоответствие возможностей персональных компьютеров новым требованиям, в частности, использование отделами прочности программных комплексов ANSYS Mechanical и ANSYS LS-Dyna, вызвало необходимость развертывания в ОКБ "ГИДРОПРЕСС" мощного вычислительного кластера на базе программно-аппаратного комплекса Cray CX1-ANSYS и сервера Microsoft HPC Server 2008. Кроме выполнения вычислительных задач данный кластер используется для организации удаленного управления процессом параллельных вычислений через высокоскоростную локальную сеть предприятия.

Развернутые вычислительные ресурсы на базе блэйд-серверов и высокоскоростного соединения DDR Infiniband 20 Гбит/с позволили обеспечить эффективное решение задач большой размерности, в том числе в нелинейной постановке для используемых программных комплексов ANSYS Mechanical и ANSYS LS-DYNA. Тестовые сравнения показали уменьшение времени вычислений более чем на порядок. Кроме этого была обеспечена возможность для дальнейшего масштабирования вычислительных мощностей, построена защита от несанкционированного доступа и выполнена интеграция с существующим контроллером домена предприятия на базе Microsoft Active Directory.

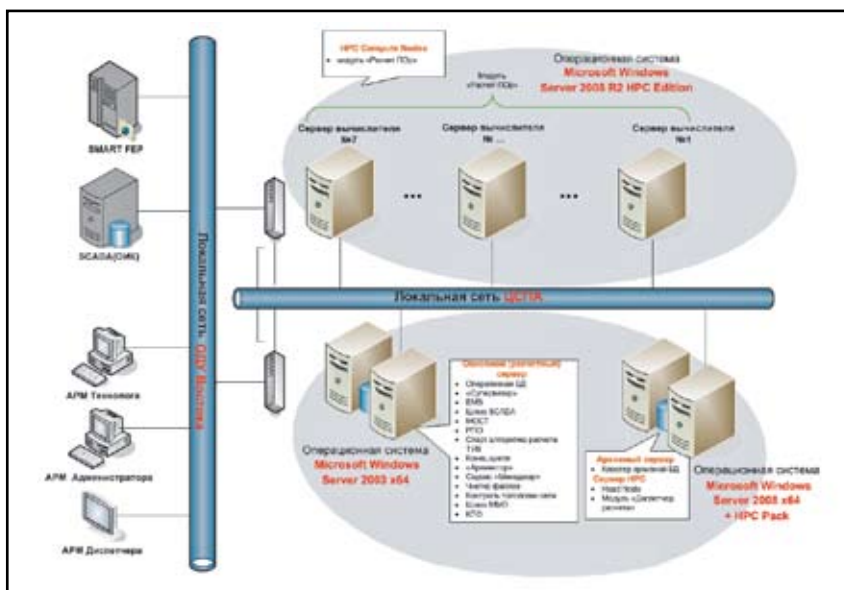


Рис. 3. Комплекс ЦСПА на основе Microsoft Windows HPC Server 2008 R2

запрос на расчет параметров компенсирующих воздействий. Этот запрос представляет собой описание электрической сети со списком аварийных возмущений, для которых необходимо произвести расчет выходных параметров. Для каждого возмущения формируется асинхронный вызов на вычисление WCF-сервиса, после чего происходит ожидание завершения всех вызовов и выдача результатов вычислений

серверах, работающих под управлением Microsoft Windows Server 2008 R2 HPC Edition.

### Организация управления HPC в ОКБ "ГИДРОПРЕСС"

ОКБ "ГИДРОПРЕСС", входящее в Госкорпорацию "Росатом", занимается проектированием реакторных установок для атомных электростанций, строящихся в нашей стране и за рубежом. Реакторные установ-

## Планы развития HPC на платформе Microsoft

Корпорация Microsoft ведет интенсивные исследовательские проекты в области высокопроизводительных вычислений. Некоторые из них уже скоро станут доступны в виде коммерческих продуктов, о других станет известно широкой публике еще нескоро.

### Проект Dryad

Проект Dryad вышел из подразделения Microsoft Research после шести лет исследований и представляет собой еще один шаг на пути демократизации крупномасштабных вычислений с интенсивной обработкой данных.

Dryad и соответствующая модель программирования Dryad LINQ составляют технологию, упрощающую запуск приложений комплексного анализа данных на сотнях и даже тысячах серверов в широко используемой среде Windows.

В состав технологии входит сам инструмент Dryad, предназначенный для организации надежных

вычислений на тысячах серверов, Dryad LINQ, позволяющий писать приложения на языке, подобном языку SQL-запросов, в Visual Studio, и распределенная файловая система Distributed Storage Catalog (DSC), созданная для Dryad и предназначенная для надежного и безопасного хранения данных с управляемой пользователем избыточностью.

### eXtreme Computing Group

Для изучения отдаленных перспектив использования высокопроизводительных вычислений в составе Microsoft Research в 2009 году была сформирована группа экстремальных вычислений (eXtreme Computing Group, XCG). Она изучает совершенно новые подходы к ультра-масштабируемому и высокопроизводительным вычислениям как с точки зрения аппаратного, так и программного обеспечения. Тематика ее деятельности охватывает проблемы безопасности, криптографию, дизайн операционных систем, модели параллельного программирования, программное обеспечение для об-

лачных вычислений, архитектуру центров обработки данных, аппаратные ускорители и квантовые вычисления.

## Заключение

Основу платформы высокопроизводительных вычислений Microsoft составляют Windows HPC Server и облачные вычисления Windows Azure. В зависимости от конкретной задачи можно применять эти технологии как самостоятельные, так и строить гибридные решения, использующие преимущества обоих подходов. Кроме того Microsoft предлагает средства разработки, включающие языки, библиотеки, инструменты отладки и настройки параллельных программ и средства интеграции со знакомыми пользователям инструментами анализа. В корпорации Microsoft ведутся постоянные работы по развитию направления HPC, направленные на увеличение доступности этого вида вычислений для широкого класса ученых, инженеров и аналитиков.

По материалам компании Microsoft



# ПЯТЫЙ РОССИЙСКИЙ ЕЖЕГОДНЫЙ ФОРУМ Microsoft Dynamics AX Forum 2011



- Мировой и российский опыт использования Microsoft Dynamics AX
- Демонстрации решений по управлению продажами, цепочками поставок, финансами, производством, проектами, персоналом, взаимоотношениями с клиентами
- Бизнес-аналитика на базе Microsoft Dynamics AX, интеграция ERP с системами электронного документооборота, порталные решения, CRM
- Новые возможности отраслевых и специализированных решений на базе Microsoft Dynamics AX

17 МАРТА 2011  
МОСКВА

Дополнительная информация:  
[www.daxforum.ru](http://www.daxforum.ru) / (495) 648-9858 / (812) 303-9858

Регистрация на Форум открыта на сайте [WWW.DAXFORUM.RU](http://WWW.DAXFORUM.RU)