



ЛОМОНОСОВ



СОДЕРЖАНИЕ

- 03 МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
- 04 ЗАДАЧА
- 04 РЕШЕНИЕ
- 06 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОСНОВА СИСТЕМЫ
- 06 РОССИЙСКИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
- 11 ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА
- 12 ПРИМЕНЕНИЕ
- 13 ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ
СУПЕРКОМПЬЮТЕРА «ЛОМОНОСОВ»





МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МГУ им. М.В. Ломоносова – крупнейший вуз Российской Федерации, один из ведущих центров отечественной науки и образования. Университет проводит множество исследований для стратегически важных отраслей российской экономики, таких как энергетика и энергосбережение, транспорт, медицина, авиация и космонавтика, нанотехнологии. Без мощных вычислительных систем современные исследования в любой из этих областей занимают долгие годы и требуют серьезных инвестиций в экспериментальную базу. Моделирование позволяет не только сократить сроки и стоимость исследований, но помогает добиться более глубокого понимания реальных процессов и явлений.

В МГУ установлены несколько суперкомпьютеров. Самым мощным из них еще недавно являлся суперкомпьютер СКИФ МГУ им. Чебышева с пиковой производительностью 60 Тфлопс, разработанный и построенный компанией «Т-Платформы». Однако с момента запуска этой машины весной 2008 года стало ясно, что потребности пользователей вычислительного центра в ресурсах существенно превышают возможности «Чебышева».

ЗАДАЧА

Руководством МГУ им. М.В. Ломоносова было принято решение о необходимости приобретения нового, мощного суперкомпьютерного комплекса, который обеспечил бы высокопроизводительными ресурсами ряд научных коллективов, и позволил проводить больше исследований. Кроме того, новый суперкомпьютер мощности способен вывести исследования на качественно новый уровень: требования к вычислительным ресурсам растут пропорционально разрешению компьютерных моделей и числу учитываемых ими параметров.

Ключевые требования МГУ к новому суперкомпьютерному решению включали наилучшее соотношение цены и производительности, высокую масштабируемость большинства приложений, высокую плотность установки в условиях ограниченных площадей, масштабируемость и отказоустойчивость. Архитектура вычислителя должна была стать максимально универсальной и гибкой, чтобы обеспечить высокую реальную производительность широкого спектра приложений. Открытый конкурс на поставку суперкомпьютерного комплекса для МГУ выиграла компания «Т-Платформы».

РЕШЕНИЕ

04

Суперкомпьютер «Ломоносов» был установлен в Московском государственном Университете им. М.В. Ломоносова в 2009 году. В церемонии открытия вычислительного комплекса принял участие Президент РФ Д.А. Медведев. На момент запуска, пиковая производительность «Ломоносова» составила 420 Тфлопс, что позволило суперкомпьютеру занять первую строчку в рейтинге самых мощных компьютеров СНГ и стран Восточное Европы. Однако спустя год ресурсов «Ломоносова» стало уже недостаточно для решения задач Московского университета. В связи с этим руководство МГУ приняло решение о расширении системы, и в 2011 году пиковая производительность суперкомпьютера составила 1 373 Тфлопс. Тогда же суперкомпьютер «Ломоносов» занял 13 строчку мирового рейтинга Top500. В конце 2011 года была реализована модернизация системы, в результате которой ее производительность достигла показателя в 1 700 Тфлопса. На сегодняшний день «Ломоносов» является самым мощным суперкомпьютером Восточной Европы.

«Суперкомпьютер «Ломоносов» - первый гибридный суперкомпьютер такого масштаба в России и Восточной Европе. Впервые в истории столь мощную вычислительную систему удалось разместить на площади всего 252 квадратных метра: по вычислительной плотности «Ломоносов» сегодня не имеет себе равных в мире. При этом вычислитель потребляет не более 2,6 МВт электроэнергии. Однако помимо высокой плотности и оптимального энергопотребления, вычислительный комплекс такого масштаба должен обеспечивать высокую скорость решения реальных прикладных задач: архитектура системы должна позволять приложениям использовать вычислительную мощь процессоров максимально эффективно. Успешно решить все эти задачи компании «Т-Платформы» позволили собственные разработки в области аппаратного и программного обеспечения.





«Мы должны всячески стимулировать востребованность суперкомпьютеров не потому, что это модная тема, а просто потому, что по-другому не создать конкурентоспособную продукцию, которую будут воспринимать правильным образом наши потенциальные покупатели...».

Дмитрий Медведев

Совещание с членами Совета Безопасности по вопросам создания и применения суперкомпьютеров. 28 июля 2009

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ОСНОВА СИСТЕМЫ

В качестве основных узлов используются решения TB2-XN на базе четырехъядерных и шестиядерных процессоров Intel Xeon X5570 Nehalem и X5670 Westmere. В системе также используется платформа TB 1.1 с увеличенным объемом оперативной памяти и локальной дисковой памятью для выполнения специфических задач, требовательных к этим параметрам системы. Третий тип узлов – платформы на базе многоядерного процессора PowerXCell 8i, используется в качестве мощного ускорителя для ряда задач. Суперкомпьютерный комплекс также содержит гибридные узлы TB2-TL на базе процессоров Intel Xeon и NVIDIA Tesla. Все типы вычислительных узлов, использующихся в суперкомпьютерном комплексе, разработаны компанией «Т-Платформы». Все вычислительные узлы установки, а также систему хранения данных, связывает высокоскоростная коммуникационная сеть QDR InfiniBand с пропускной способностью до 40 Гб/сек. В качестве дополнительных сетей используются 10G Ethernet и Gigabit Ethernet, а также выделенные сети поддержки коллективных коммуникаций, разработанные компанией «Т-Платформы».

06

РОССИЙСКИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Платформа TB2 была сконструирована инженерами «Т-Платформы» «с нуля» - все платы и механические компоненты являются собственными разработками компании. TB2 выходит за рамки традиционных возможностей blade-систем. Новая платформа позволяет создавать суперкомпьютеры высшего уровня производительности, не уступающие специализированным нестандартным вычислителям с массивно-параллельной архитектурой (MPP). Такие системы обеспечивают лучшую масштабируемость приложений по сравнению с традиционными кластерами, и число процессоров в них может достигать десятков тысяч.

Суперкомпьютеры на базе TB2 обеспечивают высокую эффективность реальных приложений за счет принципиально новых технологий, таких как выделенные сети барьерной синхронизации и глобальных прерываний. Они позволяют за минимальное время синхронизировать вычислительные процессы на отдельных узлах и ускорить обмен данными между процессорами.

TB2

В суперкомпьютере «Ломоносов» используется 7 видов вычислительных узлов и процессоры с различной архитектурой, что позволяет получать высокую производительность максимально широкого спектра приложений. Основу вычислительного комплекса составляет решение TB2, полностью сконструированное инженерами «Т-Платформы». Шасси TB2 на сегодня обеспечивает максимальную плотность вычислительной мощности на квадратный метр площади дата-центра. Воздушное охлаждение упрощает обслуживание, а также улучшает ремонтопригодность системы. Дизайн шасси обеспечивает высокую компактность, небольшой вес, простоту установки в стандартные шкафы 19" и возможность развертывания в ЦОД с традиционной инфраструктурой. Такое решение позволяет снизить капитальные затраты при реализации комплексных суперкомпьютерных центров на базе TB2.



СИСТЕМНАЯ ПЛАТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ

Основой решения TB2 является вычислительный модуль на основе системной платы разработки «Т-Платформы». Уникальная вычислительная плотность решения достигается прежде всего за счет оригинального дизайна 14-слойной системной платы, на которой расположены четыре процессора Intel® Xeon® серии 55xx или 56xx, четыре трехканальных модуля памяти DDR3 разработки «Т-Платформы» и интегрированные контроллеры системной сети QDR InfiniBand.



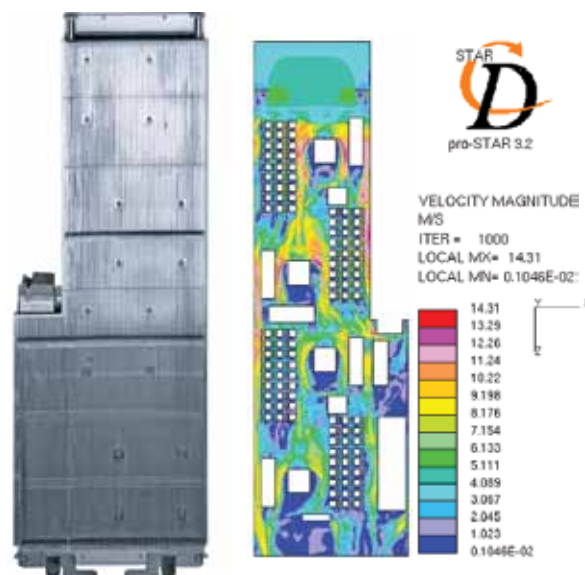
КОММУТАТОР СИСТЕМНОЙ СЕТИ QDR INFINIBAND

Дизайн коммутаторов системной сети в решении TB2 является оригинальной разработкой «Т-Платформы» на основе эталонного дизайна Mellanox InfiniScale IV. Два интегрированных коммутатора обеспечивают неблокируемую пропускную способность системной сети, достаточную для бесконфликтной передачи данных в инсталляциях из десятков тысяч узлов. Два коммутатора имеют 32 внутренних порта для подключения всех вычислительных узлов и 40 внешних портов.



РАДИАТОР СИСТЕМНОЙ ПЛАТЫ

Высокая степень интеграции компонентов на системной плате, выделяющей порядка 570 Вт тепла, требует эффективного охлаждения. Оптимальный вариант дизайна радиатора, отводящего это тепло, был найден благодаря моделированию на суперкомпьютере мощностью 10 Тфлопс. В ходе двухмесячного компьютерного анализа из 6 вариантов был выбран один с наилучшим соотношением веса и энергоэффективности. Это композитный алюминиевый радиатор с медными вставками, полностью закрывающий системную плату и обеспечивающий эффективное воздушное охлаждение блейд-системы.



ОБЪЕДИНИТЕЛЬНАЯ ПЛАТА

Эта плата объединяет все подсистемы шасси: вычислительные модули, систему питания и охлаждения, сетевые интерфейсы и систему управления. Компактный дизайн объединительной платы оставляет в шасси достаточно пространства для эффективного воздушного охлаждения вычислительных модулей вентиляторами, расположенными в передней части шасси. 24-слойная плата обеспечивает горячую замену вычислительных модулей, а также подачу питания и информационных сигналов ко всем подсистемам.



МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ

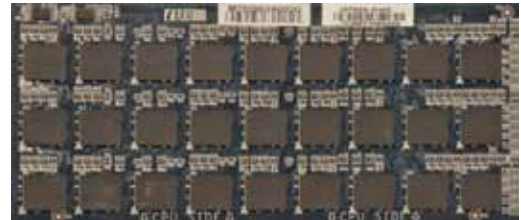
Модуль управления включает 4 функциональных блока, обеспечивающих мониторинг и управление системы, интеграцию управляющей и вспомогательной сетей стандарта 10GbE/ GbE/ Ethernet, интеграцию специализированных сетей барьерной синхронизации и глобальных прерываний, а также сети внешней частотной синхронизации вычислительных узлов. Специализированные сети снижают задержки, возникающие при синхронизации выполнения параллельных операций на крупных инсталляциях. Управление этими сетями осуществляется специально запрограммированной микросхемой FPGA.





МОДУЛЬ ПАМЯТИ

В отличие от стандартных DIMM-модулей, оригинальные высокоинтегрированные модули памяти разработки «Т-Платформы» позволяют обеспечить очень плотное размещение вычислительных модулей в блейд-шасси. Каждая микросхема интегрирует функционал трех DIMM-модулей и горизонтально размещается на системной плате, позволяя экономить место. Модули памяти легко снять и заменить, что облегчает и удешевляет обслуживание по сравнению с другими компактными решениями, где память интегрирована на системную плату.



09

СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

В состав суперкомпьютера «Ломоносов» включена трехуровневая система хранения данных: система хранения данных на основе высокоскоростных дисковых хранилищ T-Platforms SAN 7998 суммарным объемом 500 ТБайт под управлением параллельной файловой системы Lustre, скоростное дисковое хранилище повышенной надежности объемом 300 Тбайт, а также роботизированную ленточную библиотеку объемом 1Пбайт.



СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Задачу ускорения реальных приложений в суперкомпьютере «Ломоносов» решают не только аппаратные технологии, но и новое системное ПО. Для централизованного администрирования столь мощных систем и эффективного использования их мощности холдинг «Т-Платформы» разработал семейство специальных программных решений ClustrX. Все решения ClustrX разработаны на базе единого программного кода. В них реализован весь функционал, необходимый системным администраторам и пользователям вычислительных комплексов. Применение решений ClustrX позволяет быстро сконфигурировать вычислительный комплекс и централизованно управлять им. ClustrX ОС устраняет критические ограничения масштабируемости, присущие современным операционным системам, обеспечивая более эффективное использование ресурсов крупных инсталляций. Пакет ClustrX содержит все необходимые компоненты для управления суперкомпьютером и организации удобного доступа пользователей к системе. ClustrX обеспечивает ежесекундный мониторинг до 150 метрик на каждом вычислительном узле, использует технологии агрессивного энергосбережения и автоматического реагирования на критические ситуации.

ОТКАЗООУСТОЙЧИВОСТЬ

Добиться требуемого уровня отказоустойчивости позволило резервирование всех критических подсистем и компонентов суперкомпьютерного комплекса – от вентиляторов и блоков питания в вычислительных узлах до систем электропитания и охлаждения. Высокую надежность blade-систем обеспечивает отсутствие кабельных соединений и жестких дисков внутри шасси, а также целый ряд конструктивных решений, таких как специально разработанные разъемы для модулей памяти.

«Суперкомпьютерами такой мощности, согласно списку ТОП500, сейчас обладают всего 4 страны, среди которых теперь числится и Россия. Это громадный шаг вперед, который означает, что отечественные разработки находятся на высочайшем уровне, — отметил ректор МГУ имени М.В. Ломоносова академик В.А. Садовничий. — Подобных суперкомпьютеров сейчас нет не только в России, но и во всей Восточной Европе. С появлением этого вычислительного комплекса МГУ вошел в число крупнейших суперкомпьютерных центров мира»





ИНЖЕНЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

«Ломоносов» надёжно защищён от возможных сбоев в энергосистеме. В случае аварии на внешних линиях энергоснабжения источники бесперебойного питания обеспечат полноценную работу компьютера на время, гарантирующее корректное завершение всех программ и сохранение данных. КПД источников бесперебойного питания составляет около 97%, в то время как в системах подобного масштаба эта характеристика обычно составляет не более 92%.

Из-за высокой вычислительной плотности от одного шкафа с оборудованием необходимо отводить до 65кВт тепла – больше, чем во многих других вычислительных центрах мира. Для этого инженерам компании «Т-Платформы» пришлось разработать особую систему теплоотвода. Суперкомпьютер охлаждается и за счет сложной инфраструктуры, которая занимает в общей сложности около 500 квадратных метров внутри и снаружи здания. Для охлаждения системы используется режим “free-cooling”: при низких температурах уличного воздуха водоохлаждающие агрегаты частично или полностью отключают работу компрессоров, что позволяет значительно экономить электроэнергию – в российских условиях система охлаждения около полугода почти не потребляет электричество.

Серьёзное внимание разработчики уделили системе противопожарной безопасности. Здесь тоже не обошлось без инноваций – автоматическая система пожаротушения суперкомпьютера использует специальный газ. В случае возгорания, он равномерно заполняет помещение и ликвидирует пожар, не повреждая при этом дорогое оборудование. При этом, газ не токсичен и абсолютно безвреден для людей и животных.

ПРИМЕНЕНИЕ

Развитие вычислительной техники и методов математического моделирования предоставляет уникальную возможность для перевода промышленного производства и научных исследований на качественно новый уровень. Для промышленности это означает повышение конкурентоспособности продукции на мировом рынке, а для науки — завоевание российскими учеными лидирующих позиций. Таким образом, применение высокопроизводительных вычислений в интересах отечественной науки и промышленности является одним из важных шагов на пути к инновационной экономике.

Нефтегазовая промышленность, машиностроение, строительство, фармацевтика, фундаментальные задачи физики, химии, нанотехнологий и генетики, прогноз погоды и глобального изменения климата — вот лишь малая часть областей, активному развитию который может способствовать применение суперкомпьютеров. Суперкомпьютерные комплексы МГУ используются для реализации фундаментальных и прикладных проектов, в которых ученые Московского университета сотрудничают с множеством научных коллективов по всей стране и за рубежом.

Исследования климата

Важной проблемой современной науки является оценка будущих изменений климата и их последствий для окружающей среды. Наиболее перспективным средством получения таких оценок являются математические модели климатической системы, которые включают описание широкого круга физических, химических и биологических процессов, происходящих в атмосфере, гидросфере, криосфере и биосфере. По пространственному масштабу климатические модели разбивают на три класса: глобальные, региональные и локальные. В международном проекте изучения глобальных моделей России представлена проектом ИВЦ РАН. С моделью этого проекта проведены многочисленные расчеты изменений климата в 21 веке — например, роста среднегодовой температуры в том или ином регионе - при различных сценариях выбросов парниковых газов в атмосферу. Региональные климатические модели важны для планирования социально-экономического развития регионов. В Научно-исследовательском вычислительном центре МГУ развивается региональная атмосферная модель, которая позволяет рассчитывать динамику атмосферы вплоть до масштабов отдельных мощных кучевых облаков. С помощью локальных моделей климата изучают ветровые потоки, которые играют существенную роль в жизни современного города. Сильный порывистый ветер, образующийся между высотными зданиями, приводит к многочисленным неприятным последствиям, которых можно избежать, если спрогнозировать ветровые потоки на этапе застройки нового района. Такой прогноз можно осуществить на основе вихреразрешающей модели, развиваемой в ИВМ РАН и НИВЦ МГУ.

Медицина

Одной из самых важных задач современной медицины, решающихся с помощью суперкомпьютеров, ведущие биологи и врачи считают разработку лекарственных препаратов. Начальный этап работ упрощается за счет применения методов компьютерного молекулярного моделирования, что позволяет предсказывать новые органические молекулы, которые будут наиболее эффективно и избирательно связываться с активными центрами исследуемых белков. В частности, совместная работа МГУ и Гематологического научного центра РАМН была посвящена разработке нового патентночистого синтетического ингибитора тромбина – причины смертельно опасного тромбоза. Моделирование позволило существенно сократить затраты на разработку лекарства: из 6000 перспективных соединений выбрали только самые лучшие, и вместо синтеза и измерений активности из всех 6000 соединений при использовании обычного метода экспериментального перебора синтезировали всего 20, чтобы найти новый ингибитор. Таким образом, применение суперкомпьютеров для разработки новых лекарств ускоряет стадию разработки в среднем до двух лет вместо восьми, удешевляет разработку в 10-100 раз, создает основу для регулярной конвейерной разработки новых лекарств и помогает снизить их стоимость.

Нанотехнологии

При разработке нанотехнологий компьютерное моделирование способно сыграть ведущую роль. Далеко не все процессы, происходящие на атомарном уровне, возможно изучить через физический эксперимент: все чаще и чаще для интерпретации данных экспериментов и более глубокого понимания причин процессов, происходящих в наносфере, ученые используют моделирование. В результате ученые получают возможность конструирования искусственных соединений с заданными свойствами и функциями. Например, с помощью методов молекулярной динамики ученые МГУ изучают новый перспективный класс соединений, обладающих полупроводниковыми свойствами и в тоже время способных к самоорганизации в так называемые «нанофибриллы», или «нанопровода». Атомистическое моделирование позволяет понять структуру, свойства и принципы самоорганизации этих нанофибрилл. Благодаря уникальной способности этих соединений к самоорганизации, создание гибридных биосинтетических структур может вывести процесс создания наноэлектронных устройств на принципиально новый уровень.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СУПЕРКОМПЬЮТЕРА «ЛОМОНОСОВ»

Пиковая производительность	1.7 Пфлопс
Число вычислительных узлов x86/GPU	5 104 / 1 065
Число процессоров x86	12 346
Число процессорных ядер x86/GPU	52 168 / 954 840
Число типов вычислительных узлов	8
Основной тип вычислительных узлов	TB2-XN
Процессор основного типа вычислительных узлов	Intel® Xeon X5570 / X5670
Оперативная память	83 ТБ
Занимаемая площадь (вычислитель)	252 м²
Энергопотребление вычислителя	2,6 МВт
Интерконнект	QDR InfiniBand
Система хранения данных	Трехуровневая с параллельной файловой системой хранения данных
Операционная система	ClustrX T-Platforms Edition





«Т-Платформы»

Москва, Россия, Ленинский проспект, д. 113 / 1, офис В-705

Тел.: +7 (495) 956 54 90

Факс: +7 (495) 956 54 15

tPlatforms GmbH

Woehlerstrasse 42, D-30163, Hannover, Germany

Tel.: +49 (511) 203 885 40

Fax.: +49 (511) 203 885 41

Т-Платформы, логотип «Т-Платформы», T-Blade, ClustrX — торговые марки или зарегистрированные торговые марки ОАО «Т-Платформы». Другие бренды и торговые марки являются собственностью соответствующих владельцев.



© 2012

www.t-platforms.com