

УДК 004.383

В.В. Анищенко, В.В. Мурашко, Н.Н. Парамонов, О.П. Чиж

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ БАЗОВЫХ КОНФИГУРАЦИЙ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ОТРАСЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Предлагаются основные концептуальные принципы создания отраслевых кластерных конфигураций с учетом специфики приложений и сформированного в Республике Беларусь научно-технического задела в части суперкомпьютерных технологий. Описываются мировые тенденции развития суперкомпьютерных технологий, базовые конструктивно-технологические решения и программное обеспечение отраслевых кластеров.

Введение

Суперкомпьютеры широко применяются в различных отраслях экономики развитых стран: в машиностроении, в химической, фармацевтической, аэрокосмической промышленности, при добыче полезных ископаемых, в планировании, логистике, телекоммуникациях, на транспорте и др. Не менее важны высокопроизводительные вычислительные системы и при решении многих практически важных научных задач, таких, как создание новых материалов, поиск новых лекарственных средств, нанотехнологии, оптимизация управления сложными системами, прогнозирование погоды и др. [1–3].

Суперкомпьютеры, оптимизированные (архитектурно, функционально, конструктивно-технологически и т. п.) для решения определенных задач конкретной отрасли экономики, будем называть *суперкомпьютерными системами отраслевого назначения*. Суперкомпьютерные конфигурации, которые можно путем масштабирования соответствующих параметров оптимизировать для решения группы задач конкретной отрасли экономики, будем называть *базовыми (или типовыми) конфигурациями* суперкомпьютерных систем отраслевого назначения (БКСС ОН).

Принципы создания БКСС ОН следует разрабатывать с учетом сформированного в Республике Беларусь научно-технического задела в части суперкомпьютерных и грид-технологий на основе анализа взаимосвязи между классами прикладных задач и параметрами соответствующих отраслевых кластерных конфигураций. Ряд параметров прикладных задач зачастую непосредственно влияет на принятие технических решений при создании соответствующей кластерной системы.

Задачи, решаемые в различных отраслях экономики, помимо специфики назначения отличаются количеством вычислительных операций, размерностью, объемами входных данных, формами параллелизма, которые могут быть использованы при решении задачи, требованиями к времени решения задачи и т. п.

Параллелизм – это возможность одновременного выполнения более одной арифметико-логической операции или программной ветви. Однако практическая реализация параллелизма во многом определяется спецификой самих приложений. Возможность параллельного выполнения операций определяется, в частности, принципом Рассела, в соответствии с которым два программных объекта (команды, операторы, программы) могут выполняться параллельно, если наборы входных и выходных данных этих объектов не зависят друг от друга [4].

Форма параллелизма, которую можно эффективно использовать при решении соответствующего класса прикладных задач, предъясвляет определенные требования к параллельной вычислительной структуре. Как правило, выделяют две формы параллелизма:

- мелкозернистый, иногда называемый параллелизмом смежных операций;
- крупнозернистый, включающий векторный параллелизм и параллелизм независимых ветвей.

Одной из главных характеристик параллельных вычислительных систем является ускорение R этих систем, которое на практике определяется очевидным соотношением

$$R = T_1/T_n,$$

где T_1 – время решения задачи на одном самом мощном процессоре системы; T_n – время решения той же задачи на n процессорах системы.

Принципиально важные для параллельных вычислений положения определяются известным законом Амдала [5, 8]. Согласно этому закону ускорение R системы зависит от доли последовательных вычислений (величины k), от параметров аппаратуры (числа процессоров n) и от соответствия параллельного алгоритма архитектуре вычислительной системы. Предельно возможное ускорение R_{max} системы (при $n \rightarrow \infty$) практически определяется только свойствами задачи и определяется согласно закону Амдала величиной

$$R_{max} = 1/k.$$

Например, при удельном весе последовательных вычислений $k = 0,1$ ускорение не может превысить величину 10 при любом числе процессоров.

1. Мировые тенденции развития суперкомпьютерных технологий

Исследования суперкомпьютерного рынка [6] показывают, что по-прежнему основной операционной системой в суперкомпьютерных системах с кластерной архитектурой является Linux, а основными сетевыми интерфейсами – Gigabit Ethernet (GbE) и InfiniBand (IB). В специализированных вычислительных узлах порты GbE и IB уже интегрированы в системные платы серверов, используемых в узлах кластера. Применение графических процессоров GPU сегодня – это массовая технология благодаря удачной программной модели и доступности библиотек и средств разработки. Считается, что ПЛИС хороши для отдельных задач, но для универсальных вычислений они мало подходят. ПЛИС надо программировать, а это намного сложнее создания обычных программ. Очевидным трендом является создание многопроцессорных мультиядерных конфигураций. Важнейшая тенденция нынешнего рынка суперкомпьютеров – энергосбережение. В последних редакциях списка Top500 появилась графа «Потребление электропитания».

«Тера-эра» для суперкомпьютеров уже наступила и, судя по первым образцам, ждать «пета-эры» придется не так уж долго. Лидеры 34-го списка Top500 (ноябрь 2009) – суперкомпьютеры Cray Jaguar и IBM Roadrunner – первыми в мире перевалили барьер производительности 1 Пфлопс. Даже последний номер 38-го списка (ноябрь 2011 г.) достиг производительности около 100 Тфлопс.

По оценкам специалистов, производительность в эксафлопс будет достигнута к 2018 г. плюс-минус три года. «Экса-компьютеры» будут иметь гибридную архитектуру. Следующее поколение машин будет с многоядерными процессорами, работающими вместе с разного рода ускорителями, тоже многоядерными.

2. Основные концептуальные требования к перспективным белорусским отраслевым кластерам

Диапазон производительности перспективных белорусских отраслевых кластеров.

При выборе диапазона производительности БКСС ОН необходимо учитывать:

- развитие суперкомпьютерных и грид-технологий в Республике Беларусь;
- реальные объемы финансирования проектов создания белорусских отраслевых суперкомпьютерных конфигураций.

Суперкомпьютерное направление СКИФ развивается в Республике Беларусь в рамках программ Союзного государства [7]. Опытные образцы белорусских конфигураций СКИФ ряда 4 (2007–2010) реализованы на базе перспективных технических решений. Имеется существенный научно-технический задел для практического использования созданных вычислительных ресурсов и развития в Республике Беларусь суперкомпьютерного направления и грид-технологий.

В рамках выполнения программы Союзного государства «СКИФ-ГРИД» в Республике Беларусь созданы опытный участок грид-сети на базе ресурсов ОИПИ НАН Беларуси, ОИЭЯИ – Сосны, Белорусского государственного университета, Белорусского государственно-

го университета информатики и радиоэлектроники, Белорусского национального технического университета и региональный грид-сегмент на базе ресурсов Гродненского государственного университета. В ОИПИ НАН Беларуси функционирует удостоверяющий центр по выдаче сертификатов сервисов и пользователей.

Опытный участок сверхпроизводительной вычислительной инфраструктуры СКИФ Союзного государства будет создан путем объединения вычислительных ресурсов Союзного государства в единое вычислительное пространство с использованием грид-технологий и технологий облачных вычислений (Cloud computing). Предусмотрено подключение национального грид-сегмента к международным грид-сетям и к их вычислительным ресурсам.

Максимальные объемы финансирования проектов создания суперкомпьютерных конфигураций в рамках программ Союзного государства не превышали двух-трех миллионов USD. Например, стоимость создания в 2004 г. кластера СКИФ К-1000 (пиковая производительность 2,5 Тфлопс) составила 2 млн USD. Стоимость 1 Гфлопс в этом случае составила 800 USD. Оборудование кластера СКИФ К-1000 располагалось в восьми 19" стойках, бесперебойное электропитание кластера обеспечивалось при помощи восьми стоек источников бесперебойного питания (ИБП).

Бурное развитие суперкомпьютерных технологий приводит к существенному увеличению вычислительной плотности и снижению стоимости вычислений. Так, например, стоимость создания в 2010 г. кластера СКИФ-ГРИД (пиковая производительность 8,0 Тфлопс) составила 0,55 млн USD. Стоимость 1 Гфлопс в этом случае составила примерно 70 USD. Оборудование кластера «СКИФ-ГРИД» располагается в одной 19" стойке, бесперебойное электропитание кластера обеспечивается при помощи одной стойки ИБП.

С учетом тенденций в ближайшей перспективе при объеме финансирования 2 млн USD и стоимости 1 Гфлопс около 40 USD можно было бы создать суперкомпьютерную конфигурацию с пиковой производительностью 50 Тфлопс. Учитывая приведенные выкладки, сложившуюся ситуацию в Республике Беларусь в части практического использования технологий НРС (High Performance Computing), а также потенциальные возможности использования грид-компьютинга, 50 Тфлопс можно рассматривать в качестве верхней планки производительности старших моделей перспективных белорусских отраслевых конфигураций БКСС ОН.

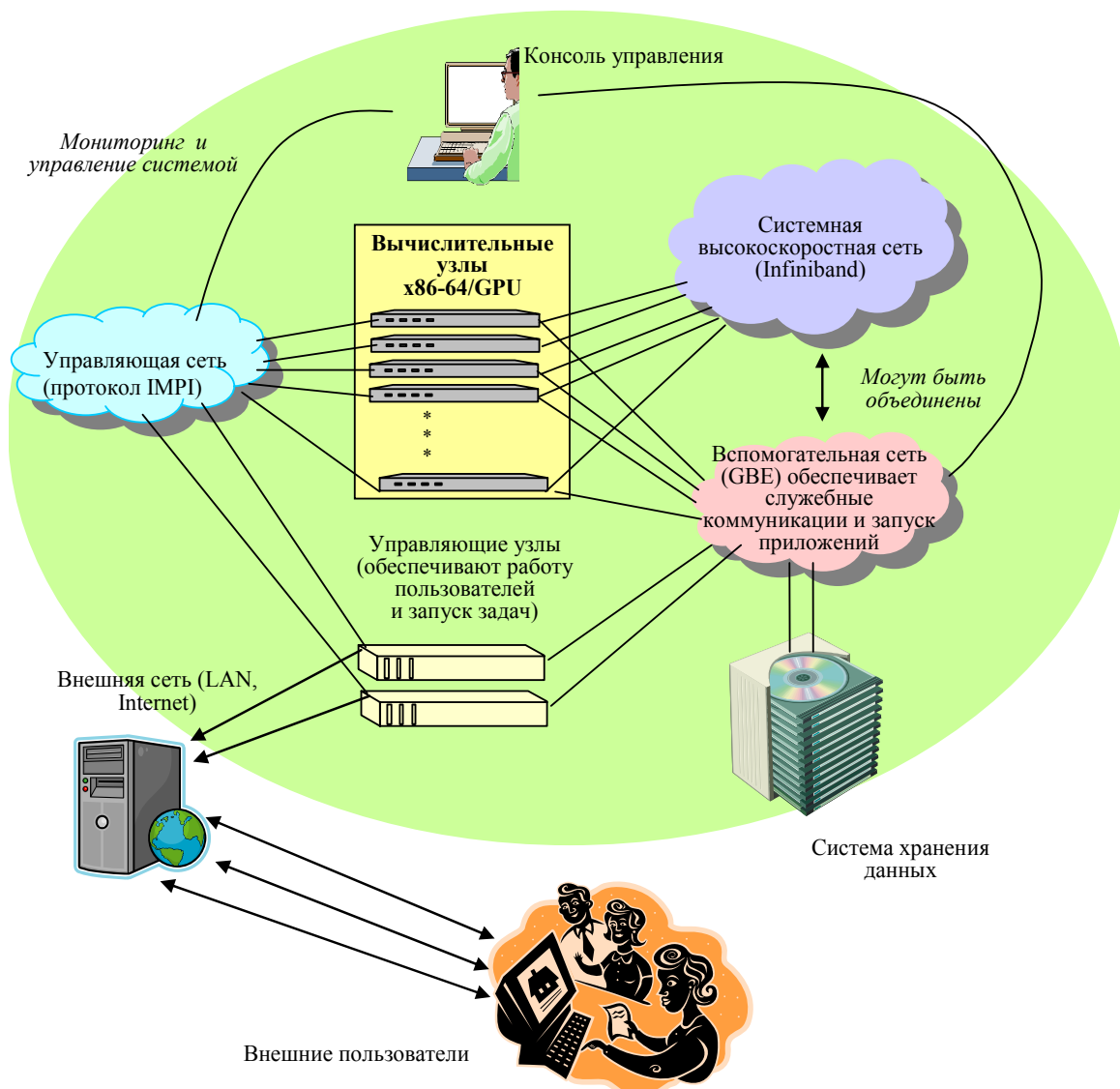
Архитектура БКСС ОН. Основополагающими архитектурными принципами создания перспективных белорусских отраслевых конфигураций являются:

- кластерная архитектура с однородными вычислительными узлами на базе классических мультиядерных процессоров с архитектурой x86-64;
- универсальная кластерная двухуровневая архитектура с гибридными вычислительными узлами на базе классических мультиядерных процессоров с архитектурой x86-64 и специализированных процессоров (сопроцессоров) типа графических процессоров-ускорителей (GPU);
- гибридная метаclusterная архитектура с однородными вычислительными узлами на базе классических мультиядерных процессоров с архитектурой x86-64 или специализированных процессоров типа IBM Cell, GPU и др.

Концепция создания моделей семейства отраслевых конфигураций БКСС ОН базируется на масштабируемой кластерной архитектуре с распределенной памятью, реализуемой на классических кластерах из однородных вычислительных узлов на основе компонент широкого применения (классических многоядерных микропроцессорах с архитектурой x86-64, модулях памяти, жестких дисках и материнских платах с поддержкой SMP). Базовая кластерная архитектура реализована в суперкомпьютере СКИФ К-1000М, в вычислительных узлах которого используются двухъядерные процессоры с архитектурой x86-64.

Для расширения возможностей моделей БКСС ОН предлагается также использование универсальной кластерной двухуровневой архитектуры с гибридными вычислительными узлами на базе классических мультиядерных процессоров с архитектурой x86-64 и специализированных процессоров (сопроцессоров) типа графических процессоров-ускорителей (GPU). Эта архитектура реализована в суперкомпьютере СКИФ-GPU (рисунок).

В кластере СКИФ-GPU 34 вычислительных и 2 управляющих узла. Каждый вычислительный узел кластера содержит два четырехъядерных процессора с архитектурой x86-64 и видеокарту NVIDIA GeForce GTX 295 с двумя 240-ядерными графическими процессорами GTX 200.



Структура кластера СКИФ-GPU

Гибридная метакластерная архитектура реализована в суперкомпьютере СКИФ ОИПИ. Метакластерный принцип позволяет обеспечить объединение кластерных конфигураций с разными архитектурными и программно-аппаратными платформами в единую метакластерную суперкомпьютерную систему. Структурно опытный образец суперкомпьютера СКИФ ОИПИ представляет собой метакластер, состоящий из двух кластеров: blade-кластера на базе четырехъядерных процессоров с архитектурой x86-64 и Cell-кластера на базе специализированных процессоров PowerXCell™.

Семейство малогабаритных моделей кластерных конфигураций БКСС ОН. Изложенные выше архитектурные принципы создания БКСС ОН позволяют эффективно реализовывать любые виды параллелизма. Вычислительные системы, создаваемые на базе основополагающих концептуальных архитектурных принципов, могут оптимально решать как классические вычислительные задачи математической физики и линейной алгебры, так и специализированные задачи обработки сигналов, моделирования виртуальной реальности, управления сложными системами в реальном времени и другие приложения. В связи с этим целесообразно создание единого семей-

ства кластерных моделей БКСС ОН, учитывающих требования, предъявляемые различными отраслями экономики к суперкомпьютерным системам конкретного отраслевого назначения.

Учитывая целесообразные ограничения по максимальной производительности, модели перспективных отраслевых кластерных конфигураций семейства БКСС ОН должны обладать другими (кроме производительности) привлекательными для потенциальных пользователей параметрами. Прежде всего имеются в виду такие потребительские свойства, как использование перспективных научно-технических решений, компактность, энергопотребление, уровень шума, условия эксплуатации, цена, широкий спектр областей применения и т. п.

Ключевыми требованиями, подчеркивающими потребительскую привлекательность изделий, являются требования компактности и широкого спектра применения. Компактность обеспечивается реализацией малогабаритных изделий, а широкий спектр применения – созданием семейства изделий на базе единых концептуальных требований с учетом принятых ограничений. Суть этих рассуждений довольно точно отражает название «Семейство малогабаритных моделей отраслевых кластерных конфигураций БКСС ОН». Принципы создания этого семейства базируются на научно-техническом заделе, сформированном при создании моделей кластеров СКИФ.

Семейство малогабаритных моделей БКСС ОН может включать несколько базовых (типовых) моделей. Количество базовых моделей в рамках семейства должно быть принято с учетом диапазона производительности создаваемых моделей кластерных конфигураций, характерных областей применения моделей кластерных конфигураций, условий их эксплуатации и технического обслуживания у потребителей и т. п.

Для обеспечения возможности использования моделей кластерных конфигураций семейства БКСС ОН для широкого спектра отраслевых приложений базовые модели этого семейства должны отличаться по функциональным возможностям и конструктивно-технологической реализации.

Базовые модели кластеров семейства БКСС ОН являются, по сути, типовыми вычислительными конфигурациями, на основе которых в соответствии с конкретными требованиями конкретного заказчика могут создаваться конкретные модификации соответствующих прикладных моделей.

Базовые конструктивно-технологические решения. Конструкция кластеров БКСС ОН должна быть построена по блочному принципу и содержать базовые конструктивные модули для размещения в них базовых вычислительных модулей, дисковой памяти, вспомогательных и дополнительных средств. При создании моделей семейства БКСС ОН предусмотрены четыре базовых конструктивно-технологических уровня реализации кластерных конфигураций:

Вычислительный модуль (серверный уровень или уровень вычислительных узлов). Это, по сути, конструктивная реализация вычислительных узлов суперкомпьютера. Используются серверы в конструктивах форм-фактора 1 U или blade-серверы.

Конструктивный модуль типа «блок-шасси». Используется только в модификациях, реализуемых на основе blade-технологий. Кроме blade-серверов в шасси располагаются блоки питания, система управления шасси и вентиляторы охлаждения.

Конструктивный модуль типа «полустойка» (19" стойка высотой до 22 U). Используется для создания младших моделей семейства БКСС ОН с пиковой производительностью в пределах 1,0–10,0 Тфлопс (персональные суперкомпьютеры). В полустойках устанавливаются шасси с blade-серверами и/или вычислительные и управляющие узлы в конструктивах 1 U, системы хранения данных, вспомогательные средства (коммутаторы, средства контроля состояния системы, системы электропитания, системы вентиляции) и другое оборудование.

Конструктивный модуль типа «стойка» (19" стойка высотой 42–44 U). Используется для создания старших моделей семейства БКСС ОН с пиковой производительностью в пределах 10,0–50,0 Тфлопс.

Модели кластеров семейства БКСС ОН должны быть рассчитаны как на круглосуточную работу, так и на сменную в режиме многократного включения-выключения в течение суток в нормальных климатических условиях эксплуатации. Нормальными климатическими условиями эксплуатации БКСС ОН являются:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность окружающего воздуха (60 ± 15) %;
- атмосферное давление 84–107 кПа.

С учетом вышеизложенного концепция создания семейства малогабаритных моделей кластерных конфигураций включает следующие базовые решения:

- диапазон производительности (пиковая производительность) 1,0–50,0 Тфлопс;
- конструктивная реализация моделей семейства – одна 19" стойка 42 (44) U для старших моделей или одна 19" полустойка до 22 U для младших моделей;
- диапазон производительности (пиковая производительность) старших моделей семейства 10,0–50,0 Тфлопс;
- диапазон производительности (пиковая производительность) младших моделей семейства 1,0–10,0 Тфлопс;
- классическая кластерная архитектура с распределенной памятью;
- работа под управлением операционной системы типа Linux;
- организация двух сетей: системной (InfiniBand или 10Gigabit Ethernet) и вспомогательной (Gigabit Ethernet или 10Gigabit Ethernet) для оптимизации параллельного выполнения программ;
- использование мультиядерных процессоров архитектуры x86-64 с количеством ядер не менее 16;
- использование гибридных вычислительных узлов на базе процессоров архитектуры x86-64 и процессоров-ускорителей (скорее всего, GPU);
- использование гибридных вычислительных узлов с повышенной производительностью по вычислениям с плавающей точкой на базе чипов, в которых интегрированы как ядра традиционных CPU с архитектурой x86-64, так и ядра GPU;
- настройка и мониторинг вычислительных узлов кластера в соответствии с перспективными протоколами (типа IPMI);
- создание в классе младших моделей персональных суперкомпьютеров с уровнем шума не выше 50 дБ;
- создание в классе младших моделей мобильных кластерных конфигураций (перевозимых в обычных наземных транспортных средствах);
- использование отечественных технических решений, соответствующих перспективному мировому уровню.

3. Системное программное обеспечение БКСС ОН-ГРИД

При выборе системного программного обеспечения для кластеров БКСС ОН-ГРИД можно выделить основные программные компоненты: операционную систему кластера, программные средства поддержки системной сети InfiniBand, средства разработки параллельных программ, систему пакетной обработки заданий.

Операционная система для высокопроизводительного кластера. Основной операционной системой при построении кластерных решений является ОС Linux. Политика выбора дистрибутива Linux для кластеров БКСС ОН-ГРИД может быть сформулирована следующим образом: рекомендовать к установке последние версии дистрибутива Fedora; при применении программно-аппаратных компонент, жестко ориентированных на специфические требования производителя (например, контроллеров RAID-дисков или адаптеров InfiniBand), использовать дистрибутив CentOS. Именно такие решения были использованы в последних крупных инсталляциях кластеров СКИФ-GPU, СКИФ-ГРИД. Данная комбинация дистрибутивов позволяет совместить требования стабильности и надежности работы всей установки с наличием последних версий системного и прикладного программного обеспечения. Выбор дистрибутива Fedora также позволяет максимально увеличить период последующей непрерывной работы кластера без какой-либо замены системного программного обеспечения в течение четырех-пяти лет. Важным отличием Fedora Linux является возможность постоянного и бесплатного обновления всех компонент системы через Интернет.

Программные средства развертывания и управления сетей InfiniBand. В качестве кандидатуры на программные средства работы с InfiniBand рекомендуется выбирать ПО проекта OFED (OpenFabrics Enterprise Distribution; <http://www.openfabrics.org>). При этом в большинстве версий дистрибутивов Linux драйверы InfiniBand нижнего уровня уже интегрированы в ядро операционной системы, что позволяет производить его замену, сохраняя работоспособность системной сети.

В качестве средств разработки параллельных программ на кластерах БКСС ОН предлагается реализовать связку из стандартных компиляторов дистрибутива Linux (Gnu Compiler Collection (GCC), C/C++, Fortran) и библиотеки MPI (OpenMPI, MVAPICH).

Система пакетной обработки заданий (СПО). СПО позволяет перейти от работы с индивидуальными компьютерами, распределенными в локальной сети, к работе с единым многопроцессорным вычислительным комплексом в режиме пакетной обработки заданий. В качестве программных средств пакетной обработки заданий предлагается использовать систему PBS, которая принимает группы заданий, сохраняет и защищает задание до запуска, запускает задание, возвращает результаты работы приложения пользователю.

Предложенные выше компоненты системного программного обеспечения были апробированы в процессе эксплуатации кластерных суперкомпьютеров СКИФ-GPU и СКИФ-ГРИД.

4. Прикладное программное обеспечение БКСС ОН

В качестве примера выделим инженерные расчеты и обработку изображений дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Проведение инженерных расчетов. На кластере могут быть установлены следующие прикладные параллельные пакеты: LS-DYNA, ANSYS, ANSYS/CFX, STAR-CD, FLUENT.

LS-DYNA – многоцелевая программа разработки LSTC (Livermore Software Technology Corporation; <http://www.lstc.com/>), предназначенная для решения трехмерных динамических нелинейных задач механики деформируемого твердого тела, механики жидкости и газа, теплопереноса и т. п. Пользователями программы являются большинство мировых автомобильных и аэрокосмических концернов, многие известные промышленные предприятия и фирмы.

ANSYS – профессиональный конечно-элементный расчетный комплекс (<http://www.ansys.com>), позволяющий решать задачи прочности, теплообмена, электромагнетизма, гидрогазодинамики как по отдельности, так и совместно в связанной постановке. ANSYS был первым коммерческим конечноэлементным продуктом, получившим в свое время сертификат ISO. Сегодня все программные продукты ANSYS сертифицированы согласно серии стандартов ISO 9000,1.

ANSYS/CFX – профессиональный аналитический CFD-комплекс для решения широкого спектра термогазодинамических задач, разрабатываемый ANSYS Inc. (<http://www.ansys.com>).

STAR-CD (<http://www.cd-adapco.com>) – универсальный программный комплекс для решения задач механики жидкостей и газов, являющийся многоцелевым единым «тяжелым» CFD-пакетом разработки CD-adapco group (предыдущее название Computational Dynamics Ltd).

FLUENT (<http://www.fluent.com>) – современный универсальный программный комплекс, предназначенный для решения задач механики жидкостей и газов. В FLUENT включены ламинарные и турбулентные модели гидродинамики, теплопередачи, фазовых переходов и радиации. Также имеются модели для расчета кавитации, сжимаемых жидкостей, теплообмена, теплопроводности, реальных газов и модуль для расчета влажного пара.

Параллельная обработка изображений. Программный комплекс на основе библиотеки PIPL (Parallel Image Processing Library) разработан в ОИПИ НАН Беларуси и протестирован на суперкомпьютере СКИФ-GPU. Основная задача комплекса – параллельная реализация типичных операций, осуществляемых над изображениями ДЗЗ или над произвольными большими массивами данных в рамках технологических цепочек, используемых при обработке данных со спутников или аэрофотосъемке.

Отличительные особенности средств параллельной обработки изображений комплекса на основе PIPL:

- полностью распараллеленный программный код с хорошими показателями масштабируемости;
- построение программного комплекса по схеме клиент-сервер с возможностью удаленной работы пользователей;
- возможность интеграции функций комплекса в пользовательский интерфейс программ обработки изображений (GIMP, PhotoShop и т. п.);

- функционирование комплекса может быть осуществлено как на отдельном многоядерном компьютере, кластерном суперкомпьютере, так и в локальной сети организации;
- возможность разработки эффективных пользовательских функций обработки данных без знания технологий параллельного программирования.

5. Практические результаты тестирования прототипа БКСС ОН

Тестирование классической кластерной архитектуры проводилось на суперкомпьютере СКИФ-ГРИД – последней модели семейства СКИФ ряда 4. Выполнены проверки производительности системной сети кластера на тесте Bandwidth и производительности кластера «СКИФ-ГРИД» на тесте Linpack.

При размере матрицы $N = 384\,000$ реальная производительность (эффективность кластера) составляет 6245 Гфлопс – 82,14 % от пиковой производительности 36 узлов 7603,2 Гфлопс. Высокая эффективность кластера СКИФ-ГРИД (более 80 %) позволяет сделать вывод о перспективности использования научно-технического задела СКИФ ряда 4 при создании БКСС ОН-ГРИД.

Для сравнительного анализа эффективности применения GPU были проведены всесторонние исследования решения различных задач перебора большой размерности на специализированных вычислительных устройствах на базе процессоров GPU корпораций NVIDIA и ATI. В результате проведенных тестов можно сделать следующие выводы:

- скорость перебора спецпроцессоров с GPU существенно (в пять и более раз) превосходит аналогичную для CPU;
- стандартные видеокарты аналогичной ценовой категории от ATI демонстрируют значительный прирост скорости перебора (в два и более раз) по сравнению с аналогичными видеокартами от NVIDIA.

Полученные результаты позволяют сделать вывод об эффективности применения адаптеров с GPU для решения определенного типа задач. В частности, к таким приложениям относятся задачи с хорошим внутренним параллелизмом, с большим количеством одновременных независимых потоков выполнения, небольшим размером программного кода и сегмента данных. При этом хорошее ускорение при решении задач с интенсивным обменом данными (например, при решении систем линейных уравнений на кластерной установке) достигается при использовании технологических решений, позволяющих производить прямой обмен данными из памяти GPU посредством MPI-вызовов.

Аппаратные решения GPU от производителя ATI на данный момент характеризуются меньшей стоимостью, меньшим энергопотреблением и большей эффективностью решения задач перебора большой размерности. Для решений GPU NVIDIA характерна более проработанная программная часть (системные драйверы, поддержка технологий CUDA и OpenCL, возможность работы без запуска графической подсистемы вычислительного узла, поддержка режима эксклюзивного доступа к GPU) и большая доступность поставок в Республику Беларусь.

Заключение

Предложенные основные концептуальные принципы (концепция) создания БКСС ОН разрабатывались с учетом сформированного в Республики Беларусь научно-технического задела в части суперкомпьютерных и грид-технологий на основе анализа взаимосвязи между классами прикладных задач и параметрами соответствующих отраслевых кластерных конфигураций.

Практическая реализация проекта создания недорогих моделей отраслевых кластеров, предназначенных для оптимального решения широкого класса задач с большими объемами вычислений, обеспечит интегральный экономический эффект, так как будет способствовать технологическому перевооружению ключевых отраслей промышленности и их реформированию с целью достижения мирового уровня качества продукции на базе новейших наукоемких информационных технологий. Номенклатура и параметры отраслевых кластерных конфигураций должны определяться с учетом стратегии развития и практического использования в Республике Беларусь суперкомпьютеров и грид-технологий.

Список литературы

1. Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности / под ред. акад. В.А. Садовниченко, акад. Г.И. Савина, чл.-корр. РАН Вл.В. Воеводина. – М. : Изд-во МГУ, 2009. – 232 с.
2. Нет суперкомпьютера – уходи с рынка // Эксперт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.expert.ru/expert/2009/37/net_supercompyutera_uhodi/. – 2009. – № 37 (674). – Дата доступа : 07.12.2011.
3. Рыжков, Е. Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности / Е. Рыжков [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://habrahabr.ru/company/intel/blog/84407/>. – 2010. – Дата доступа : 07.12.2011.
4. Шпаковский, Г.И. Реализация параллельных вычислений: кластеры, грид, многоядерные процессоры, квантовые компьютеры / Г.И. Шпаковский. – Минск : БГУ, 2010. – 154 с.
5. Шпаковский, Г.И. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI / Г.И. Шпаковский, Н.В. Серикова. – Минск : БГУ, 2002. – 323 с.
6. TOP500 Supercomputing Sites [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.top500.org>. – Date of access : 07.12.2011.
7. Белорусские кластеры семейства «СКИФ»: состояние и перспективы развития / В.В. Анищенко [и др.] // Тр. Всерос. суперкомпьютерной конф. «Научный сервис в сети Интернет: экзафлопсное будущее», Новороссийск, 19–24 сентября 2011 г. – М. : Изд-во МГУ, 2011. – С. 23–27.
8. Воеводин, В.В. Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб. : БХВ–Петербург, 2002. – 600 с.

Поступила 11.01.12

*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
Минск, Сурганова, 6
e-mail: anishch@newman.bas-net.by,
ulad@newman.bas-net.by,
nick@newman.bas-net.by,
otchij@newman.bas-net.by*

U.V. Anishchanka, U.U. Murashka, N.N. Paramonov, O.P. Tchij

PRINCIPLES OF THE DEVELOPMENT OF BASIC SUPERCOMPUTER CONFIGURATIONS FOR INDUSTRY DESTINATION

The basic conceptual framework is proposed for development of industrial cluster configurations with specific applications and Belarusian scientific and technological potential in the field of supercomputer technology is considered. World trends of supercomputer technologies' basic design and technological solutions as well as the software of industrial clusters are described.