

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ГИБРИДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ BLADE-МОДУЛЕМ

Д.Ш. Ахмедов, С.А. Елубаев, Ф.Н. Абдолдина, Т.М. Бопеев, Д.М. Муратов

ДТОО "Институт космической техники и технологий" (АО "Национальный центр космических исследований и технологий")

Введение

В настоящее время существует большой класс задач, требующих высокой концентрации вычислительных средств. К ним могут относиться как сложные ресурсоемкие вычисления (научные задачи, математическое моделирование, вычислительный поиск), так и обслуживание большого числа пользователей (распределенные базы данных, Интернет-сервисы и хостинг, серверы приложений).

Мощность вычислительного центра можно сделать больше, увеличив производительность отдельных вычислительных модулей или их количество. В настоящее время преобладает вторая тенденция, и усилия разработчиков направлены, прежде всего, на внедрение параллельных вычислений.

Увеличение числа вычислительных модулей в вычислительном центре требует новых подходов к размещению серверов. Применение кластерных решений приводит к росту затрат на помещения для центров обработки данных, их охлаждение и обслуживание.

Решить некоторые из этих проблем поможет новый тип серверов — модульные, чаще называемые Blade-серверами, или серверами-лезвиями [1].

Аналитическая компания International Data Corporation (IDC) называет лезвием (Blade-сервером) модульную одноплатную компьютерную систему, включающую процессор и память. Лезвия вставляются в специальное шасси (или полку) с объединительной панелью (backplane), обеспечивающей им подключение к сети и подачу электропитания. Это шасси с лезвиями, по мнению IDC, является Blade-системой. Оно выполнено в конструктиве для установки в стандартную 19-дюймовую стойку и в зависимости от модели и производителя, занимает в ней 3U, 6U или 10U (один U - unit, или монтажная единица, равен 1,75 дюйма). За счет общего использования таких компонентов, как источники питания, сетевые карты и жесткие диски, Blade-серверы обеспечивают более высокую плотность размещения вычислительной мощности в стойке по сравнению с обычными тонкими серверами высотой 1U и 2U [2].

В рамках бюджетной программы Министерства образования и науки Республики Казахстан «Разработать технологию создания суперкомпьютерного гибридного кластера с применением GPU-процессоров» выполнена научно-исследовательская работа по созданию опытно-промышленного образца персональной гибридной вычислительной системы (ПГВС) с вычислительным blade-модулем на базе графических процессоров Nvidia Tesla [3]. Разработана конструкторская, технологическая документация на опытно-промышленный образец ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе GPU-процессоров. Следующим этапом работ является изготовление и тестирование опытно-промышленного образца ПГВС с вычислительным blade-модулем с пиковой производительностью не менее 3 Тфлопс двойной точности и 6 Тфлопс одинарной точности.

Проведенные работы

На основе проведенного анализа специальной литературы, интернет – источников определены принципы построения персональной гибридной вычислительной системы с вычислительным blade-модулем на базе GPU-процессоров.

Построена обобщенная архитектура разрабатываемой ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе GPU-процессоров. Вычислительный blade-модуль представляет собой систему из корзины с вычислительными blade-серверами на базе GPU-процессоров, соединенных между собой высокоскоростной шиной передачи данных. Рассмотрены различные варианты компактного размещения компонентов системы с использованием серверного шкафа. Шкаф персональной гибридной вычислительной системы представляет собой корпус, в котором размещаются вычислительный blade-модуль, система мониторинга основных параметров и источник бесперебойного питания. Проведенные научно-исследовательские работы по созданию опытно-промышленного образца ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе GPU-процессоров позволили определить, что разрабатываемая персональная вычислительная система должна обеспечить пиковую производительность не менее 3 Тфлопс двойной точности и 6 Тфлопс одинарной точности.

Разработан, в соответствии с ГОСТами, весь необходимый пакет конструкторской документации для создания опытно-промышленного образца ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе GPU-процессоров. Конструкторская документация включает графические и текстовые документы, которые в совокупности или в отдельности, определяют состав и устройство ПГВС и содержат необходимые данные для его разработки,

изготовления, контроля, эксплуатации, ремонта и утилизации. Разработанная конструкторская документация включает техническую, рабочую, эксплуатационную документацию.

На следующем этапе разработана технологическая документация на ПГВС на базе графических процессоров. По разработанному комплекту технологической документации будет осуществляться технологическая подготовка производства, организация работы и изготовление ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе графических процессоров.

Процесс сборки ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе графических процессоров - это сложный процесс, который является совокупностью менее сложных технологических процессов: комплектование, перемещение, базирование, сборка, контроль функционирования и качества.

Каждый из этих процессов описан в виде перечня технологических переходов, содержащих данные об исполнителе операции, норме времени на выполнение отдельной операции, норме расхода материалов и об используемой технологической оснастке.

Виды, комплектность и общие требования к выполнению технологических документов установлены в соответствии ГОСТ 3.XXXX "Единая система технологической документации".

Подготовлен в соответствии с ГОСТ-ми весь необходимый пакет технологической документации, по которой будет осуществляться технологическая подготовка производства, организация работы и изготовление ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе графических процессоров.

Архитектура ПГВС с вычислительным Blade-модулем

В основу архитектуры разрабатываемой ПГВС с вычислительным blade-модулем положен модульный принцип построения. Этот принцип позволяет самим комплектовать нужную конфигурацию ПГВС с вычислительным blade-модулем и при необходимости производить ее модернизацию. ПГВС с вычислительным blade-модулем обеспечивает возможность дальнейшей модификации с минимальными доработками.

Структурная схема ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе графических процессоров на уровне укрупненных блоков приведена на рисунке 1.

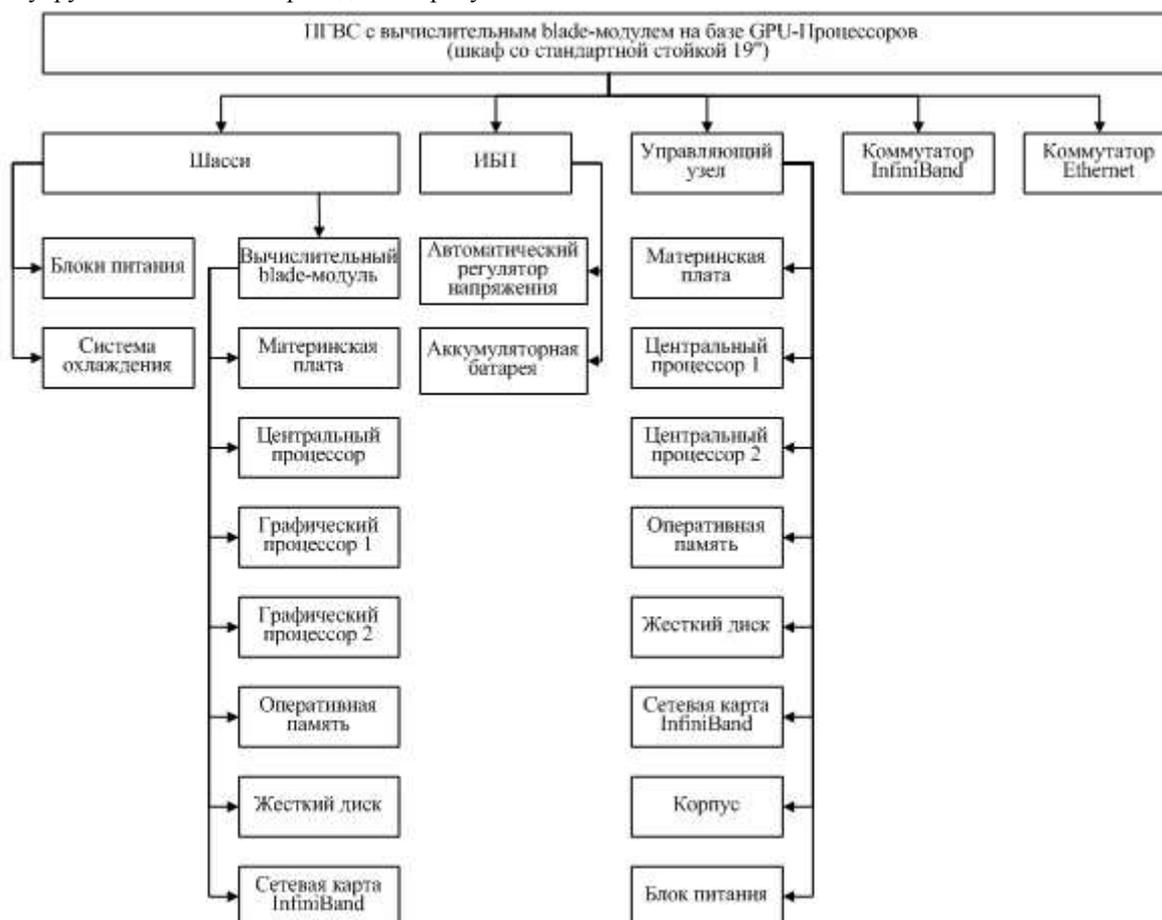


Рис. 1 – Структурная схема ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе графических процессоров на уровне укрупненных блоков

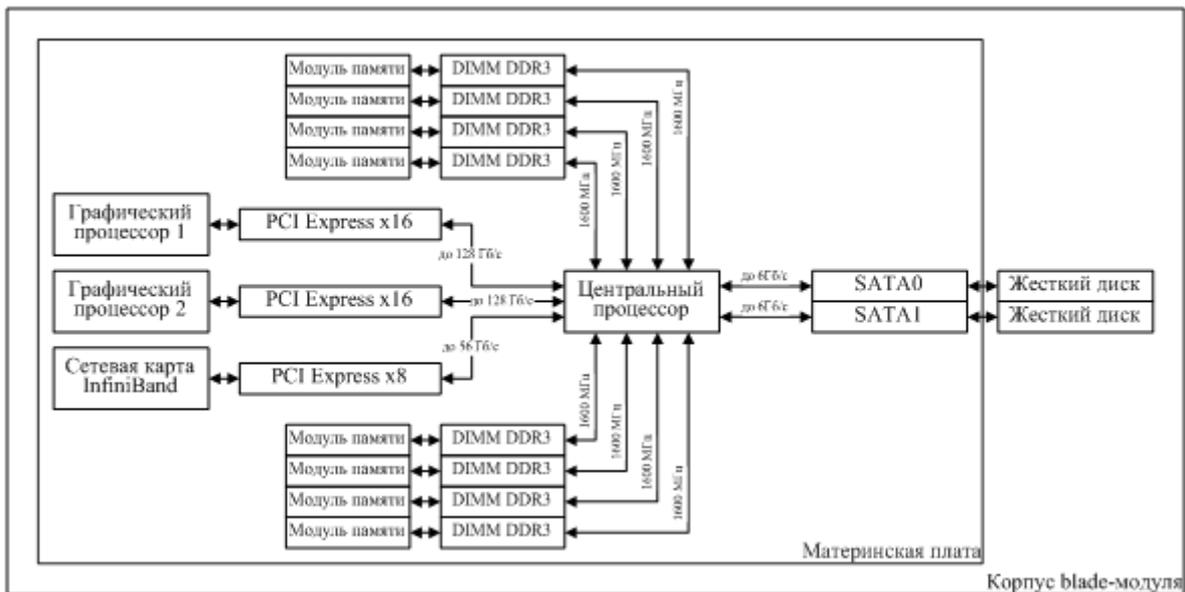


Рис. 2. Структурная схема blade-модуля ПГВС

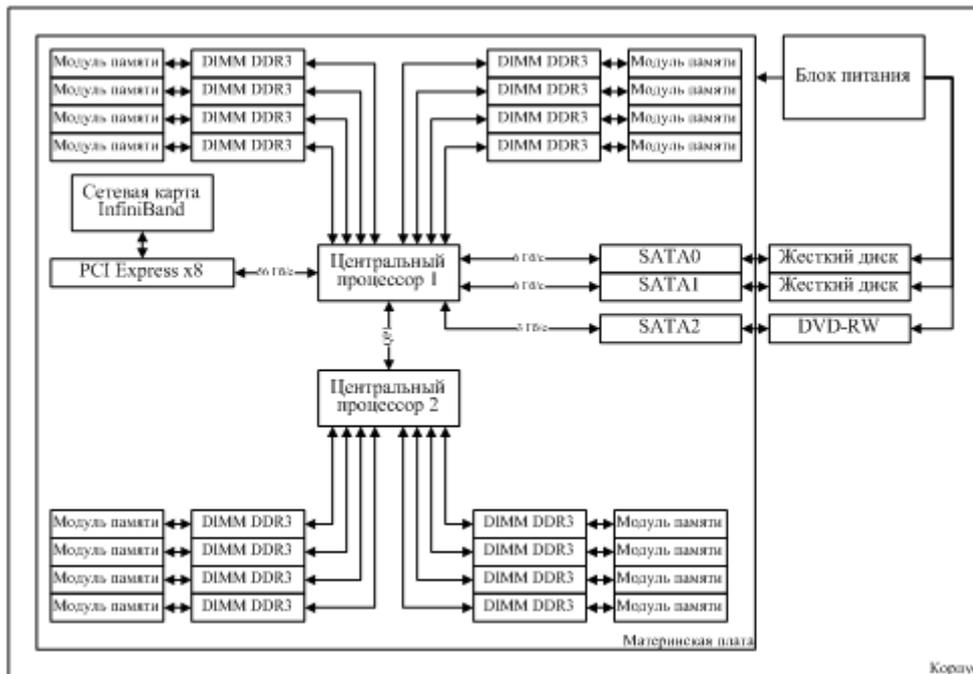


Рис. 3. Структурная схема управляющего узла ПГВС с вычислительным blade-модулем

ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе графических процессоров состоит из следующих укрупненных блоков:

– вычислительный blade-модуль на базе графических процессоров, на котором выполняются задачи пользователя. Каждый вычислительный blade-модуль имеет следующие характеристики: производительность 2,3 Тфлопс двойной точности и 7,04 Тфлопс одинарной точности; объем оперативной памяти 64 Гб; объем жесткого диска 500 Гб; сетевая карта InfiniBand с пропускной способностью 40 Гбит/с (рисунок 2).

- управляющий узел, организует работу всей вычислительной системы и управляет ее ресурсами. Управляющий узел включает два центральных процессора, объем оперативной памяти не менее 128 Гб, объем жесткого диска не менее 4 Тб (рисунок 3).
- коммутатор InfiniBand. Основные технические параметры коммутатора: 18 портов, скорость соединения 40 Гбит/с, коммутационная емкость 1,44 Тб/с.
- коммутатор Ethernet. Основные технические параметры коммутатора: 26 портов, пропускная способность 1 Гбит/с, коммутационная способность 38,69 млн. пакетов в секунду.
- шасси для установки blade-модулей на базе графических процессоров.

- источник бесперебойного питания (ИБП). Основные технические параметры ИБП: максимальная выходная мощность 4000 Вт, диапазон входного напряжения при работе от сети 160- 286 В.
- шкаф со стандартной стойкой 19 дюймов.

В ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе графических процессоров используется два вида сети: коммуникационная и сервисная.

Коммуникационная сеть ПГВС с вычислительным blade-модулем построена на базе сетевой технологии InfiniBand (рисунок 4). InfiniBand – одна из самых быстроразвивающихся технологий на современном рынке. В области высокопроизводительных вычислений InfiniBand стала фактически стандартом предпочтительной технологии межсистемных соединений. InfiniBand изначально применялась в средах высокопроизводительных вычислений благодаря своей высокой пропускной способности и минимальной латентности. Кроме этого, она обладает такими преимуществами, как надежная и лишенная потерь передача данных, а также малозатратный транспорт данных с точки зрения ресурсов центрального процессора. Коммуникационную сеть ПГВС с вычислительным blade-модулем составляют следующие устройства: коммутатор InfiniBand; адаптер InfiniBand; кабель InfiniBand. Коммутатор и адаптер InfiniBand входящие в состав коммуникационной сети ПГВС с вычислительным blade-модулем обеспечивают скорость обмена данными между вычислительными узлами до 40 Гб/с.

Кроме коммуникационной сети, по которой будут обмениваться информацией параллельные приложения, ПГВС с вычислительным blade-модулем использует сервисную сеть. По ней происходит передача данных и осуществляется управление вычислительными blade-модулями ПГВС. Разделение коммуникационной и сервисной сетей необходимо для того, чтобы вспомогательный трафик не мешал работе параллельных приложений запущенных на вычислительных blade-модулях ПГВС. Транспортная сеть ПГВС с вычислительным blade-модулем построена на базе сетевой технологии Gigabit Ethernet, которая обеспечивает скорость обмена данными между узлами до 1 Гб/с.

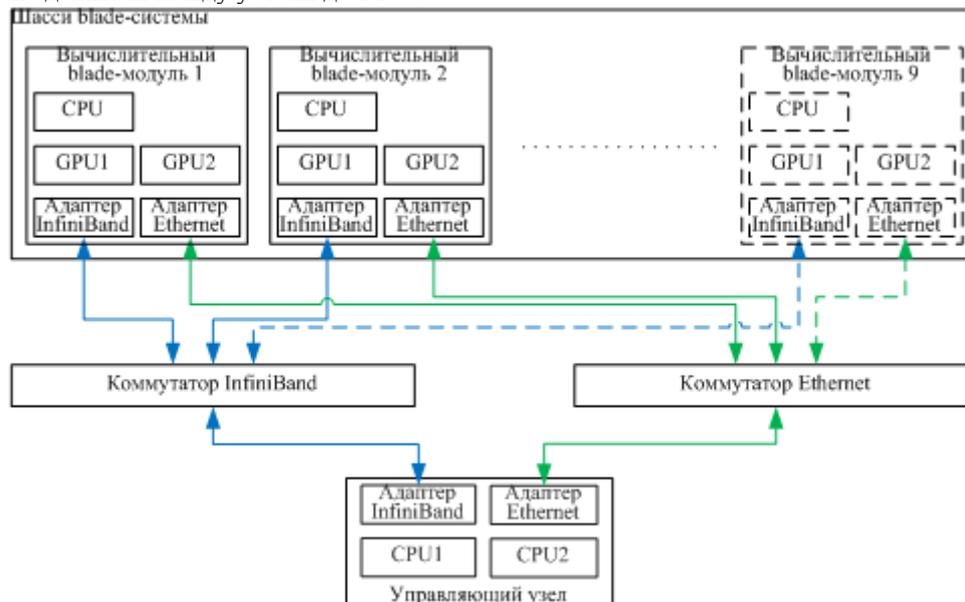


Рис. 4. Сетевая инфраструктура ПГВС с вычислительным blade-модулем

Разработана трехмерная модель персональной гибридной вычислительной системы с вычислительным blade-модулем на базе GPU-процессоров, где вычислительные blade-модули, вставленные в шасси, подключены к общему блоку питания и используют общую систему охлаждения (рисунок 5).

Разработана трехмерная модель компоновки в серверном шкафу со стандартной 19 дюймовой стойкой следующих элементов ПГВС: источник бесперебойного питания, шасси с blade-модулями, коммутационные устройства сети Ethernet и InfiniBand (рисунок 5.а).

Разработана трехмерная модель шасси для blade-модулей (рисунок 5.б). Спроектирована система охлаждения, электропитания, схема организации коммуникационной сети. На задней панели шасси установлены вентиляторы, с рассчитанной расходной характеристикой, достаточной для отвода тепла выделяемого элементами blade-модулей. В верхней и нижней частях задней панели шасси размещены блоки питания по схеме N+1, один резервный.

Разработана модель blade-модуля (рисунок 5.в, 5.г), в которой представлена схема размещения двух графических процессоров Nvidia Tesla.



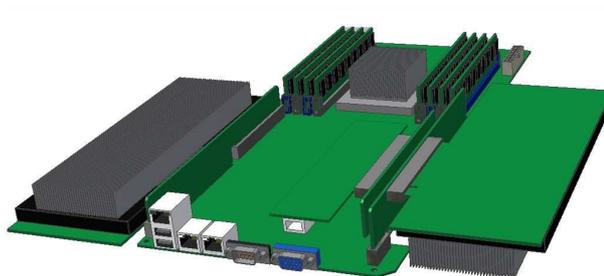
а) Общий вид



б) Шасси (в сборе, спереди, сзади)



в) блейд-сервер (в сборе, без крышки)



г) материнская плата

Рис. 5 – Первый вариант исполнения ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе графических процессоров

Заключение

Проведенные работы позволили детально спроектировать архитектуру опытно-промышленного образца ПГВС с вычислительным blade-модулем на базе GPU-процессоров, что конечно же минимизирует количество ошибок при создании и компоновке элементов опытно-промышленного образца ПГВС. Цифровой прототип ПГВС позволил наглядно представить архитектуру создаваемой ПГВС и архитектуру ее основных блоков.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Блейд-сервер: [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org>.
2. Для чего служат Блейд-серверы?: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.server-unit.ru>.
3. Akhmedov D. Personal hybrid computing system. Performance test / Akhmedov D., Yelubayev S., Abdoldina F., Boreyev T., Muratov D., Povetkin R., Karataev A. // Collection of scientific papers Second International conference "Cluster Computing 2013", –L'vov, 2013. –pp. 7-11.