

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВСЕРОССИЙСКАЯ ГРУППА ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ ИЕЕЕ
АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ООО «ОТКРЫТЫЕ РЕШЕНИЯ»
ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» РОССИИ
ПРИВОЛЖСКИЙ ДОМ ЗНАНИЙ

*XXII Международная
научно-техническая конференция*

**ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ
В ОБРАЗОВАНИИ, УПРАВЛЕНИИ,
ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ**

Сборник статей

Декабрь 2022 г.

Пенза

УДК 004
ББК 32.81я43+74.263.2+65.050.2я43
П781

П781 **ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ В ОБРАЗОВАНИИ,
УПРАВЛЕНИИ, ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ :**
сборник статей XXII Международной научно-технической
конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2022. – 356 с.

ISBN 978-5-8356-1800-2
ISSN 2311-0406

Под редакцией *В.И. Горбаченко*, доктора технических наук,
профессора;
В.В. Дрождина, кандидата технических наук,
профессора

Информация об опубликованных статьях предоставлена в систему Рос-
сийского индекса научного цитирования (РИНЦ) по договору
№ 573-03/2014К от 18.03.2014.

ISBN 978-5-8356-1800-2
ISSN 2311-0406

© Пензенский государственный
университет, 2022
© АННМО «Приволжский Дом знаний», 2022

*XXII International
scientific and technical conference*

**PROBLEMS OF INFORMATICS
IN EDUCATION, MANAGEMENT,
ECONOMICS AND TECHNICS**

December, 2022

Penza

Титов Андрей Петрович
МИРЭА – Российский
технологический университет,
г. Москва, Россия

Titov A. P.
MIREA - Russian Technological
University,
Moscow, Russia

УДК 004.3:2

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ КАК ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Е.Д. Тереков, В.В. Лебедев, Л.О. Чернышев

RESEARCH OF THE DEVELOPMENT OF SUPERCOMPUTERS AS A HIGH-SPEED INFORMATION PROCESSING SYSTEM

E.D. Terekov, V. V. Lebedev, L.O. Chernyshev

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности суперкомпьютеров, методы определения эффективности их использования при решении реальных задач, а также делается попытка определения тенденций развития технологии и способов повышения её эффективности.

Ключевые слова: суперкомпьютеры; кластеры; тесты; графические процессоры; программируемые интегральные схемы.

Abstract. This article discusses the features of supercomputers, methods for determining the effectiveness of their use in solving real problems, and also attempts to determine trends in the development of technology and ways to improve its efficiency.

Keywords: supercomputers; clusters; tests; graphics processors; programmable integrated circuits.

Высокопроизводительная вычислительная система или суперкомпьютер – это вычислительная система, производительность которой во много раз выше, чем у массовых компьютеров, за счет параллельной обработки данных. Параллельная обработка данных подразумевает одновременную работу ряда независимых процессоров.

В настоящее время основой построения большинства современных суперкомпьютеров является кластерная архитектура. Данный вид архитектуры представляет собой способ построения суперкомпьютеров путем объединения нескольких процессоров с помощью высокоскоростных

локальных сетей, управляющимися специализированным программным обеспечением.

Кластерные архитектуры обладают следующими достоинствами: относительно невысокая стоимость за счет использования массовых комплектующих;

удобное масштабирование в широком диапазоне производительности; сжатые сроки создания и эксплуатационного освоения.

К недостаткам кластеров относят ограничения по скорости процедур межпроцессорного обмена, ограниченной пропускной способностью сети передачи данных, необходимости синхронизации множества взаимосвязанных последовательных процессов, каждый из которых выполняется на отдельном процессоре, и т. д.

Вычислительный кластер строится на совокупности процессоров, имеющих определённую тактовую частотой. Наиболее популярные при построении современных кластеров процессорные модули на основе Intel и AMD могут выполнять две команды за один такт. При перемножении их количества на удвоенную тактовую частоту получается пиковое вычислительное быстродействие. При этом известно, что пиковое быстродействие в реальных условиях не достигается никогда.

Определение эффективной производительности суперкомпьютера является достаточно сложной проблемой. Задачи от пользователей существенно различаются, соответственно и производительность кластера требуется разная.

Существует большое разнообразие тестов, ориентированных на оценку производительности суперкомпьютеров. Совокупность таких тестов позволяет достаточно адекватно оценить характеристики суперкомпьютера в различных условиях его применения.

Наибольшее распространение получил тест Linpack, который основан на решении системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса. Данный тест необходимо индивидуально оптимизировать под каждую вычислительную машину, поэтому оценка производительности суперкомпьютеров, полученная на данном тесте, близка к пиковой.

Существуют и другие тесты, необходимые для тщательного исследования каждой стороны производительности суперкомпьютеров. Широко используются, к примеру, тесты NASA, которые представляют собой фрагменты реальных задач математической физики, реализованные на основе современных численных методов.

Существенное влияние на производительность вычислительного кластера оказывает эффективность коммуникационной среды, которая с учетом некоторых упрощений характеризуется двумя величинами:

пропускная способность канала;
латентность.

Пропускная способность канала определяет эффективность коммуникационной среды при обмене сообщениями любой длины.

Под латентностью понимается время передачи сообщения нулевой длительности или время запуска операции обмена, в большинстве случаев данные операции отличаются крайне незначительно. Естественно, латентность необходимо иметь в как можно меньших значениях.

На эффективность коммуникационной среды оказывают влияние и другие факторы, например потребности в вычислительной мощности.

Характеристики некоторых коммуникационных сред приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технология	Пропускная способность	Латентность
Myrinet	2, 10 Гбит/с	10 мкс
Infiniband	10, 20, 40... Гбит/с	5 мкс
PCI Express 6.0	≈ 50 Гбит/с	2 мкс
10 Gigabit Ethernet	10 Гбит/с	2-4 мкс

Существуют и другие сетевые технологии, не упомянутые в табл. 1. Отличие их друг от друга заключается, помимо указанных характеристик, в стоимости, надежности, влиянии обмена данными на загрузку процессора.

Наиболее часто используемой коммуникационной средой объединения процессорных модулей при построении кластеров является сеть Infiniband, которая обладает хорошей латентностью и способностью к масштабированию пропускной способности за счет использования кабелей с разным числом линий и различных реализаций (SDR, DDR и QDR), дающих кратный прирост к скорости.

Конкуренцию технологии Infiniband составляет современный последовательный интерфейс PCI Express, имеющий на данный момент версию 6.0, разработанный компанией Intel как развитие шинных интерфейсов PCI. PCI Express является сетью, масштабируемой по числу линий в канале. Практически все современные производители материнских плат переходят на технологию PCI Express, что позволяет строить кластеры на основе стандартных решений.

Производительность вычислительной системы при решении конкретных вычислительных задач может быть существенно повышена за счет применения специализированных сопроцессоров. В последние годы специализированные ускорители широко применяются в узлах традиционных кластеров.

Для создания отечественных кластеров представляют интерес в первую очередь изделия массового выпуска, к которым относятся специализированные ускорители на основе видеоадаптеров компании NVIDIA, использующие технологии CUDA GPU.

Графические процессоры GPU (GraphicProcessingUnit) обеспечивают значительное увеличение пикового быстродействия при обработке графических объектов по сравнению со стандартной архитектурой процессоров Intel и AMD. Технология CUDA (ComputeUnifiedDeviceArchitecture) представляет собой программно-аппаратное решение, которое обеспечивает возможность разработчику создавать программное обеспечение для решения сложных вычислительных задач и организовывать на графическом ускорителе выполнение сложных вычислений.

При построении вычислительных кластеров широко используются возможности программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Логика работы ПЛИС не является фиксированной, а определяется специальной программой, загружаемой извне. Наиболее известны на отечественном рынке производители Xilinx, Altera и LatticeSemiconductor.

Архитектура реконфигурируемых систем на основе ПЛИС может изменяться в процессе ее функционирования. У пользователя появляется возможность адаптации архитектуры вычислительной системы под структуру решаемой им задачи. Реализация данной концепции обеспечивает высокую реальную производительность многопроцессорной вычислительной системы, близкую к пиковой, на широком классе задач, а также близкий к линейному рост производительности при увеличении числа процессоров в системе.

Использование устройств на основе ПЛИС в качестве специализированных ускорителей часто обеспечивает рост пикового быстродействия на несколько порядков.

Анализ тенденций развития высокопроизводительных систем обработки информации (современных суперкомпьютерных технологий) показывает:

в современных суперкомпьютерах доминирует архитектура кластерного типа;

в узлах кластера в основном используются массовые серийно выпускаемые микропроцессоры компаний Intel и AMD. Наиболее распространенной коммуникационной средой является Infiniband. В последнее время активно продвигается технология PCI Express, которая за счет высокой пропускной способности и низкой латентности позволяет строить коммуникационные среды с существенно новым качеством;

многократное увеличение пикового быстродействия кластера достигается использованием в узлах кластера проблемно-ориентированных ускорителей массового производства, таких как графические процессоры GPU; существенное увеличение эффективности кластера достигается с помощью использования программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

Использование суперкомпьютеров в наше время как никогда актуально, учитывая безостановочное и постоянно ускоряющееся развитие технического прогресса, системы данного типа позволяют обрабатывать немыслимые задачи, трудность которых растёт с каждым днём, а значит, и сама технология суперкомпьютеров будет совершенствоваться.

Библиографический список

1. Гулин А.И. // Сборник статей по материалам XIX международной научно-практической конференции «Естественные и математические науки в современном мире». - Новосибирск, 2014.
2. Лацис А.О. Параллельная обработка данных. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 330 с.
3. Яблонский С.В. Тенденции развития суперкомпьютеров // Вестник МГОУ. Серия «Техника и технология». - 2010. - С. 5-10.
4. Лебедев В.В., Соколова И.В., Неведомский А.Н. Сравнительный анализ информационных систем для обучающего тестирования // Информационные ресурсы и системы в экономике, науке и образовании: сборник статей XI Международной научно-практической конференции / под ред. А.П. Ремонтова. - Пенза, 2021. - С. 76-80.

Тереков
Евгений Дмитриевич
Лебедев
Владимир Владимирович
Чернышев
Леонид Олегович
Тверской государственный
технический университет,
г. Тверь, Россия

Terekov E. D.
Lebedev V. V.
Chernyshev L. O.
Tver State Technical University,
Tver, Russia