



ОБЗОР ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Если создать систему, которой сможет пользоваться даже дурак, то только дурак захочет ею пользоваться. *А. Блех*

Суперкомпьютеры и их применение

Содержание

2

- Пути достижения параллелизма вычислений
- Определение суперкомпьютера
- Примеры суперкомпьютеров

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Параллельные вычисления

3

- *Параллельные вычисления* – процессы решения задач, в которых в один и тот же момент времени могут выполняться одновременно несколько вычислительных операций.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Пути достижения параллелизма

- 4
- Независимое функционирование отдельных устройств компьютера (устройства ввода-вывода, обрабатывающие процессоры и устройства памяти).
 - Избыточность элементов вычислительной системы
 - использование специализированных устройств
 - отдельные процессоры для целочисленной и вещественной арифметики, устройства многоуровневой памяти;
 - дублирование устройств
 - использование нескольких однотипных обрабатывающих процессоров или нескольких устройств оперативной памяти
 - Конвейерная реализация обрабатывающих устройств.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Пути достижения параллелизма

- 5
- *Многозадачный (псевдопараллельный) режим*
 - для выполнения нескольких процессов используется единственный процессор
 - *Параллельный режим*
 - в один и тот же момент времени может выполняться несколько команд обработки данных (обеспечивается при наличии нескольких процессоров или при помощи конвейерных и векторных обрабатывающих устройств)
 - *Режим распределенных вычислений*
 - для параллельной обработки данных используется несколько удаленных друг от друга обрабатывающих устройств, а передача данных по линиям связи приводит к существенным временным задержкам.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Суперкомпьютер

- 6
- *Суперкомпьютер* – вычислительная система, обладающая предельными характеристиками по производительности среди компьютерных систем, имеющихся в данное время.
 - Другие определения ☺
 - Суперкомпьютер – любой компьютер, весящий более одной тонны.
 - Суперкомпьютер – любой компьютер, который создал Сеймур Крей.
 - Рейтинг-листы суперкомпьютеров
 - Мировой: TOP500 (top500.org)
 - Российский: TOP50 (supercomputers.ru)

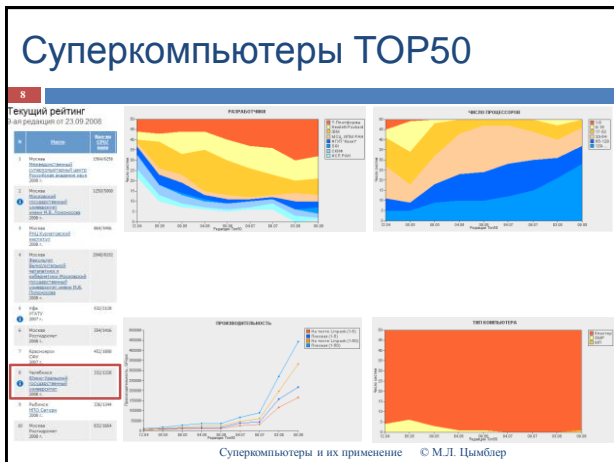


Сray-2, самый быстрый компьютер 1985-89 гг.



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер





Производительность суперкомпьютеров

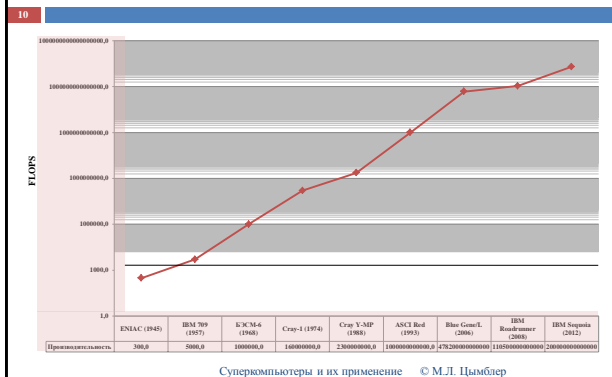
9

□ **FLOPS (Floating point Operations Per Second, флорс)** – мера производительности, показывающая, сколько операций с плавающей запятой в секунду выполняет данная вычислительная система.

Название	год	FLOPS
флорс	1941	10
килофлорс	1949	10 ³
мегафлорс	1964	10 ⁶
гигафлорс	1987	10 ⁹
терафлорс	1997	10 ¹²
петафлорс	2008	10 ¹⁵
эксафлорс	2021	10 ¹⁸
зеттафлорс	2037	10 ²¹
йоттафлорс	2066	10 ²⁴
кссерафлорс	2082	10 ²⁷

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Производительность суперкомпьютеров



Границы применимости FLOPS

11

- Флопс не всегда адекватная мера производительности, поскольку неоднозначным является уже само его определение.
 - Под "операцией с плавающей запятой" может скрываться масса разных понятий.
 - Существенную роль в данных вычислениях играет разрядность операндов, которая также нигде не оговаривается.
 - Величина флопс подвержена влиянию очень многих факторов, напрямую не связанных с производительностью вычислительного модуля:
 - пропускная способность каналов связи с окружением процессора
 - производительность основной памяти
 - синхронность работы кэш-памяти разных уровней.
- Результаты, полученные на одном и том же компьютере при помощи разных программ, могут существенным образом отличаться. Более того, с каждым новым испытанием разные результаты можно получить при использовании одного алгоритма.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Границы применимости FLOPS

12

- Суперкомпьютер MDGrape-3 (Исследовательский институт RIKEN, Япония), пиковая производительность 1 Пфлопс.
 - Данный компьютер не является компьютером общего назначения и приспособлен для решения задач моделирования сворачивания белков, и стандартный тест LINPACK на нем выполнить невозможно в силу особенностей его архитектуры.
- Игровая приставка Xbox 360 (Microsoft), пиковая производительность 1 Тфлопс, приставка PlayStation 3 (SONY) – 2 Тфлопс (суперкомпьютеры начального уровня!).
 - Операции с 3d графикой, которые они в основном выполняют, очень хорошо поддаются распараллеливанию, что с успехом используется в графических процессорах.
 - Однако эти процессоры не в состоянии выполнять большинство задач общего назначения, и их производительность не поддается оценке теста LINPACK и сравнению с другими системами.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Пиковая и Linpack производительность

13

- Пиковая производительность – суммарная производительность процессоров (ядер), из которых состоит суперкомпьютер
- Linpack-производительность определяется путём запуска на суперкомпьютер теста LINPACK (решение систем линейных алгебраических уравнений), в ходе которого решается задача с известным количеством операций и подсчитывается время, за которое она была решена.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Популярность Linpack

14

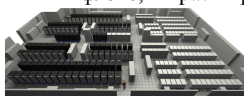
- Флопс является абсолютной величиной.
- Многие задачи инженерной и научной практики в конечном итоге сводятся к решению СЛАУ, а тест LINPACK как раз и базируется на измерении скорости решения таких систем.
- Подавляющее большинство компьютеров (включая суперкомпьютеры) построены по классической архитектуре с использованием стандартных процессоров, что позволяет использовать общепринятые тесты с большой достоверностью.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Программа ASCI (США)

15

- ASCI (*Accelerated Strategic Computing Initiative*) – программа правительства США по развитию американских суперкомпьютерных технологий.
 - 1996 – ASCI Red (Intel), 1 Тфлопс
 - 1999 – ASCI Blue Pacific (IBM), ASCI Blue Mountain (SGI), 3 Тфлопс
 - 2000 – ASCI White, пиковая производительность свыше 12 Тфлопс, Linpack-производительность 4938 GFlops.



IBM Blue Pacific

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

ASCI White

16

- 512 симметричных мультипроцессорных (SMP) узлов, каждый узел имеет 16 процессоров
- Процессоры IBM RS/6000 POWER3
 - 64-разрядная архитектура
 - конвейерная организация
 - 2 устройства по обработке команд с плавающей запятой
 - 3 устройства по обработке целочисленных команд
 - устройства способны выполнять до 8 команд за тактовый цикл и до 4 операций с плавающей запятой за такт, тактовая частота 375 MHz
- Оперативная память – 4 Tb
- Емкость дискового пространства 180 Tb
- Операционная система – IBM AIX (версия UNIX),
- Программное обеспечение
 - Поддерживается гибридная модель программирования – передача сообщений между узлами и нити внутри SMP-узла
 - Поддерживаются MPI, OpenMP, нити POSIX и транслятор директив IBM, имеется параллельный отладчик IBM.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

BlueGene

17

- 2004 – 1 место в Top500
- 2007 – расширенный вариант, 1 место в Top500
 - 212 992 2-ядерных 32-битных процессора PowerPC 4400.7 ГГц
 - пиковая производительность – 600 Тфлопс
 - Linpack-производительность – 478 Тфлопс

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

RoadRunner

18

- Самый быстрый суперкомпьютер (2008), первый в мире, производительность которого превысила рубеж 1 Пфлопс (1000 Тфлопс)
 - 12 960 процессоров IBM PowerXCell 8i
 - 6480 2-ядерных процессоров AMD Opteron
 - пиковая производительность около 1700 Тфлопс
 - Linpack-производительность – 1026 Тфлопс



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

MBC-1500

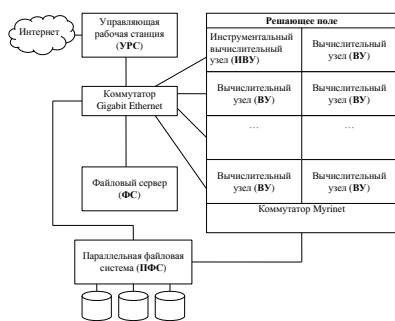
19

- 2005, Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН
 - 276 узлов, 552 процессора
 - Узел:
 - 2 процессора IBM PowerPC 970 с тактовой частотой 2.2 ГГц, кэш L1 96 Кб и кэш L2 512 Кб
 - 4 Гб оперативной памяти на узел
 - 40 Гб жесткий диск IDE
 - Операционная система SuSe Linux Enterprise Server 8 для платформ x86 и PowerPC
 - Пиковая производительность 4857.6 Gflops
 - Linpack-производительность – 3052 GFlops.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

MBC-1500

20



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

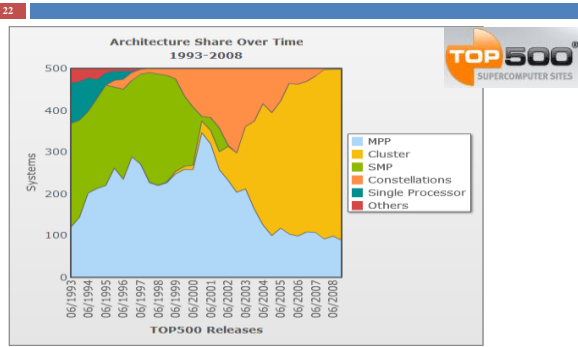
Кластеры

21

- *Кластерная вычислительная система (кластер)* – набор рабочих станций или персональных компьютеров общего назначения, объединенных в систему с помощью одной из стандартных сетевых технологий (Fast или Gigabit Ethernet, Myrinet и др.) на базе шинной архитектуры или коммутатора.
- Кластер предполагает более высокую надежность и эффективность, чем ЛВС, и существенно более низкую стоимость в сравнении с другими видами параллельных вычислительных систем (за счет использования типовых аппаратных и программных решений).

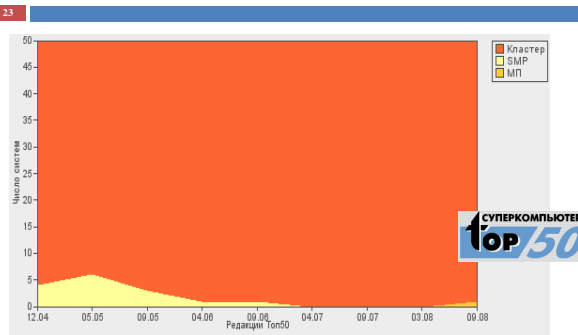
Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Кластеры



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Кластеры



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

СКИФ МГУ

- 2008, НИВЦ МГУ
 - 625 2-процессорных узлов (1250 4-ядерных процессоров Intel Xeon E5472 3.0 ГГц)
 - Общий объем оперативной памяти – 5,5 Тбайт
 - Объем дисковой памяти узлов – 15 Тбайт
 - Операционная система Linux
 - Пиковая производительность 60 Тфлопс
 - Linpack-производительность 47 Тфлопс.



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Infinity

25

- Число вычислительных узлов/процессоров: 26/52
- Тип процессора:
Intel Xeon EM64T 3.2 ГГц
- Оперативная память: 58 Гб
- Дисковая память: 2400 Гб
- Тип системной сети:
InfiniBand (PCI-Express 4x)
- Тип управляющей (вспомогательной) сети: Gigabit Ethernet
- Пиковая производительность: 333 GFlops
- Производительность на тесте Linpack: 270 GFlops
- Операционная система:
 - Linux Gentoo 2006.1
 - Windows Compute Cluster Server 2003
- Система бесперебойного электропитания: 15 kVA



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

СКИФ Урал

26

- Число вычислительных узлов/процессоров/ядер: 166/332/1328
- Оперативная память: 1.33 Тб
- Тип процессора:
Intel Xeon E5472 (4 ядра по 3.0 ГГц)
- Дисковая память: 49.29 Тб
- Параллельная система хранения данных:
T-Platforme ReadyStorage – 20Тб
- Тип системной сети:
InfiniBand (20 Гбит/с, макс. задержка 2 мкс)
- Тип управляющей сети: Gigabit Ethernet
- Сервисная сеть: СКИФСервНет
- Пиковая производительность: 16 Тфлопс
- Производительность на тесте Linpack: 12.2 Тфлопс
- Операционная система:
 - SUSE Linux Enterprise Server 10
 - Windows HPC Server 2008
- Система бесперебойного электропитания:
APC Symetra 160 kVA



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Вычислительный узел СКИФ Урал

27

- Тип процессора:
Intel Xeon E5472 (4 ядра по 3.0 ГГц)
- Оперативная память: 8 Гб
- Дисковая память: 320 Гб
- Операционная система:
 - SUSE Linux Enterprise Server 10
 - Windows Computer Cluster Server



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Хост-машина СКИФ Урал

28

- Тип процессора:
Intel Xeon E5472 (4 ядра по 3.0 ГГц)
- Оперативная память: 16 Гб
- Дисковая память: 1.25 Тб RAID
- Операционная система:
 - SUSE Linux Enterprise Server 10
 - Windows Computer Cluster Server



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Параллельная система хранения данных СКИФ Урал

29

- Производительное хранилище данных Panasas ActiveStorage 5100 (20 Тб) с архитектурой NAS, разработанное специально для кластеров
- Пропускная способность более 60 Гбит/сек
- Параллельный доступ к данным всех узлов кластера



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Программное обеспечение СКИФ Урал

30

- LSTC LS-DYNA – многоцелевой конечно-элементный комплекс разработки Livermore Software Technology Corp. для анализа высоконелинейных и быстротекущих процессов в задачах механики твердого и жидкого тела.
- TESIS FlowVision – комплексное решение в области моделирования трехмерных турбулентных течений жидкости и газа.
- ANSYS – многоцелевой конечно-элементный пакет для проведения анализа в широком круге инженерных дисциплин (прочность, теплофизика, динамика жидкостей и газов и электромагнетизм).
- Dassault Systemes ABAQUS – программный комплекс для решения задач в области конечно-элементных прочностных расчетов для сложных линейных и нелинейных инженерных проблем.
- SFTC DEFORM – специализированный инженерный программный комплекс, предназначенный для анализа процессов обработки металлов давлением, термической и механической обработки.
- MathWorks MATLAB – специализированный пакет для решения инженерных, научно-технических и экономических задач.
- Autodesk 3ds Max 2008 – полнофункциональная профессиональная программная система для работы с трёхмерной графикой.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Персональные суперкомпьютеры

31

- Персональный мини-кластер T-Edge Mini t-platforms.ru/ru/temini.php
- 4 двухпроцессорных узла на базе 4-ядерных процессоров Intel Xeon (всего 32 ядра)
- Оперативная память – до 128 Гбайт
- Сеть передачи данных – Gigabit Ethernet или InfiniBand
- Операционная система – одна из: SUSE Linux Enterprise Server, RedHat Enterprise Linux, MS Windows Compute Cluster Server 2003
- Пиковая производительность – 384 GFlops
- Размеры – 57×33×76 см



Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер

Заключение

32

- Основные пути достижения параллелизма
 - Независимое функционирование отдельных устройств компьютера
 - Избыточность элементов вычислительной системы
 - Конвейерная реализация обрабатываемых устройств
 - Параллельный режим выполнения программы на многопроцессорной вычислительной системе
- Суперкомпьютер – вычислительная система, обладающая предельными характеристиками по производительности среди компьютерных систем, имеющихся в данное время.
 - Флопс – мера производительности суперкомпьютеров.
 - TOP500 и TOP50 – рейтинг-листы суперкомпьютеров.
 - В настоящее время подавляющее большинство суперкомпьютеров имеют кластерную архитектуру.

Суперкомпьютеры и их применение © М.Л. Цымблер
