

# СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ ФИРМЫ CRAY

Доклад на семинаре по  
высокопроизводительным  
вычислениям

Павлов Сергей

10.10.2011

# О фирме Cray Inc

- «Законодатель мод» на рынке суперкомпьютеров
- Суперкомпьютер Jaguar – 1-е место в ТОП-500 за 2010 год (производительность - 2.3 (1.75) Pflops)
- Суперкомпьютер Craken – 4-е место в ТОП-500 за 2010 год (производительность - 1.03 (0.83) Pflops)



# Продукция фирмы CRAY

- CX1 - рабочая станция (размером с тумбу)
- CX1000 - небольшой суперкомпьютер (одна стойка)
- XE6 (предшественники: XT6, XT5, ...) – однородные суперкомпьютеры (ряды стоек) для вычислений
- XMT - однородные суперкомпьютеры (ряды стоек) для обработки данных и data mining'a
- XK6 – неоднородные суперкомпьютеры (ряды стоек) для вычислений (наряду с CPU используются GPU NVidia Tesla)

Суперкомпьютер Jaguar состоит из двух блоков: XT5 и XT4

# Суперкомпьютер Cray XE6



# Характеристики Cray XE6

Класс архитектуры	Масштабируемый суперкомпьютер
Процессор	(8-)12-ядерные AMD Opteron 6100 Series с пиковой производительностью (63) 95 Gflops
Число процессоров	В максимальной конфигурации: <ul style="list-style-type: none"><li>- до 192-х на одну стойку</li><li>- свыше 100 000 на весь суперкомпьютер</li></ul>
Память	64GB на каждый процессор Максимальная скорость: 85.3 GB/s Вся память глобально адресуема
Системное программное обеспечение	Операционная система Cray Linux Environment
Средства программирования	Оптимизирующие компиляторы с языков Фортран и Си++, интерактивный отладчик и средства для анализа производительности. Приложения могут писаться с использованием MPI, OpenMP, Co-array Fortran и Unified Parallel C (UPC).

# Аппаратные решения CRAY XE6 для повышения производительности

- Уменьшение среднего времени, затрачиваемого на коммуникацию между узлами:
  - Иерархическая система распределения процессоров: ядро, процессор, «узел», «лезвие», «стойка»
  - Сложная топология – трёхмерный тор
  - Микросхема Cray Gemini для быстрой передачи сообщений
  - Аппаратная поддержка глобального адресного пространства
- Асинхронное (относительно вычислений) выполнение операций ввода/вывода:
  - Разделение процессорных элементов на сервисные и вычислительные
- Ускорение работы каждого отдельного процессора

# Распределение процессорных элементов

Иерархия:

- Процессор: (8-)12-ядерные AMD Opteron 6100 Series с пиковой производительностью (63) 95 Gflops
- Узел: два процессора с общей памятью и микросхемой Cray Gemini
- Лезвие (blade): 4 узла
- Стойка (cabinet): до 24 лезвий

Преимущества:

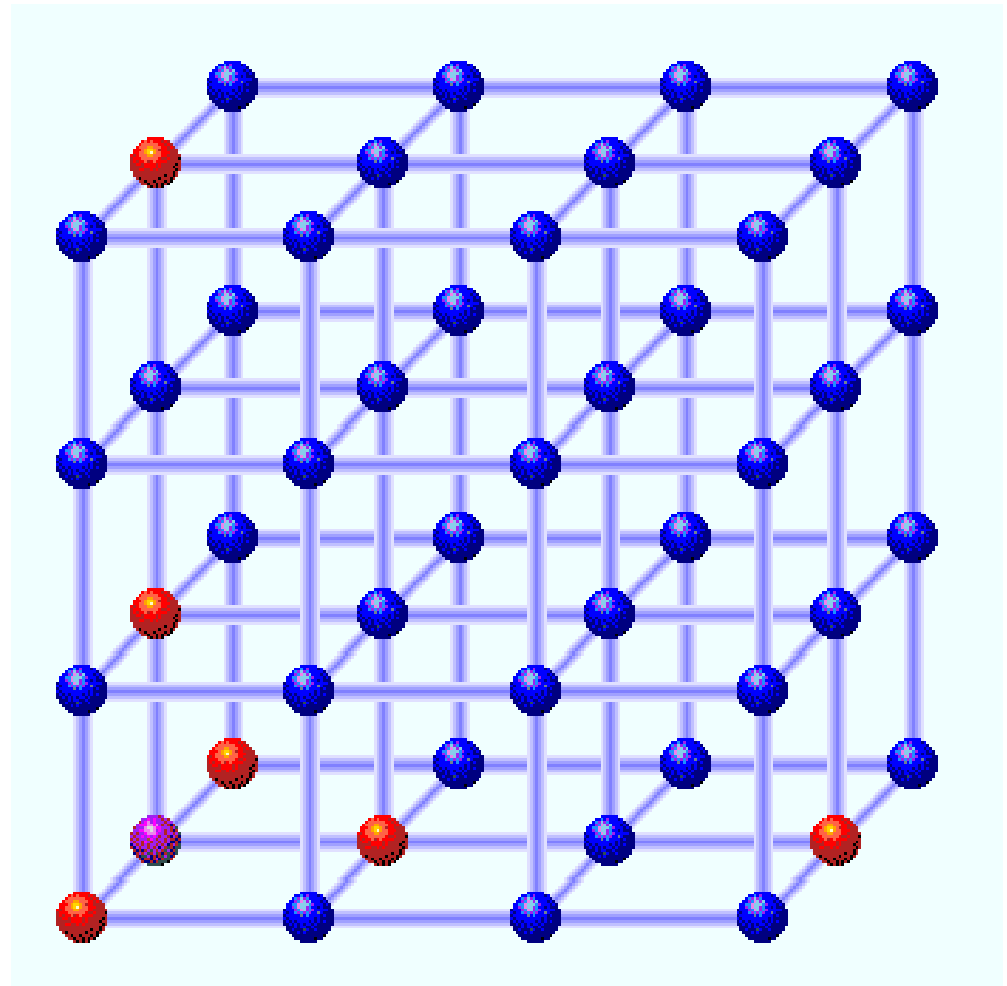
- 24 ядра с общей памятью!!! (в пределах одного узла)
- Хорошая масштабируемость

# Топология CRAY XE6

Трёхмерный тор

Преимущества:

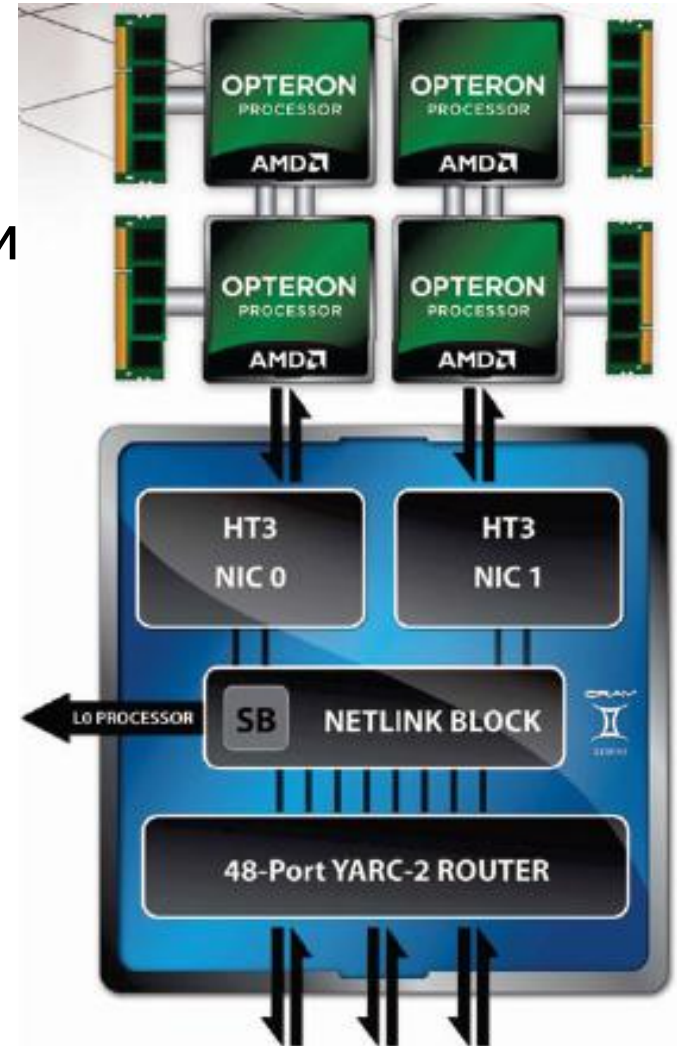
- Уменьшение среднего времени передачи сообщений
- Повышение отказоустойчивости





# Микросхема Cray Gemini

- Обеспечивает быстрый и асинхронный (относительно вычислений) обмен сообщениями
- Максимальная скорость обмена сообщениями 20 GB/s
- 1 микросхема - 1 узел
- Ранее использовалась микросхема SeaStar2+ (9,6 GB/s)



# Аппаратная поддержка глобального адресного пространства

Ссылки на любую область глобальной памяти могут передаваться между узлами без обвёртки их в сообщения

Результат – ускорение коммуникации в десятки раз!

Это СУПЕРкомпьютер, а не кластер!

# Сервисные и вычислительные процессорные элементы

- Вычислительное лезвие
  - Легковесная операционная система
  - Производит вычисления и отправляет результаты через микросхему Cray Gemini
- Сервисное лезвие
  - Полновесная операционная система
  - Занимается вводом/выводом, идентификацией пользователей, выполнением сетевых или системных служб
  - Другой процессор и сетевая микросхема
  - Скорость ввода/вывода до 32 GB/s

# Вычислительное лезвие

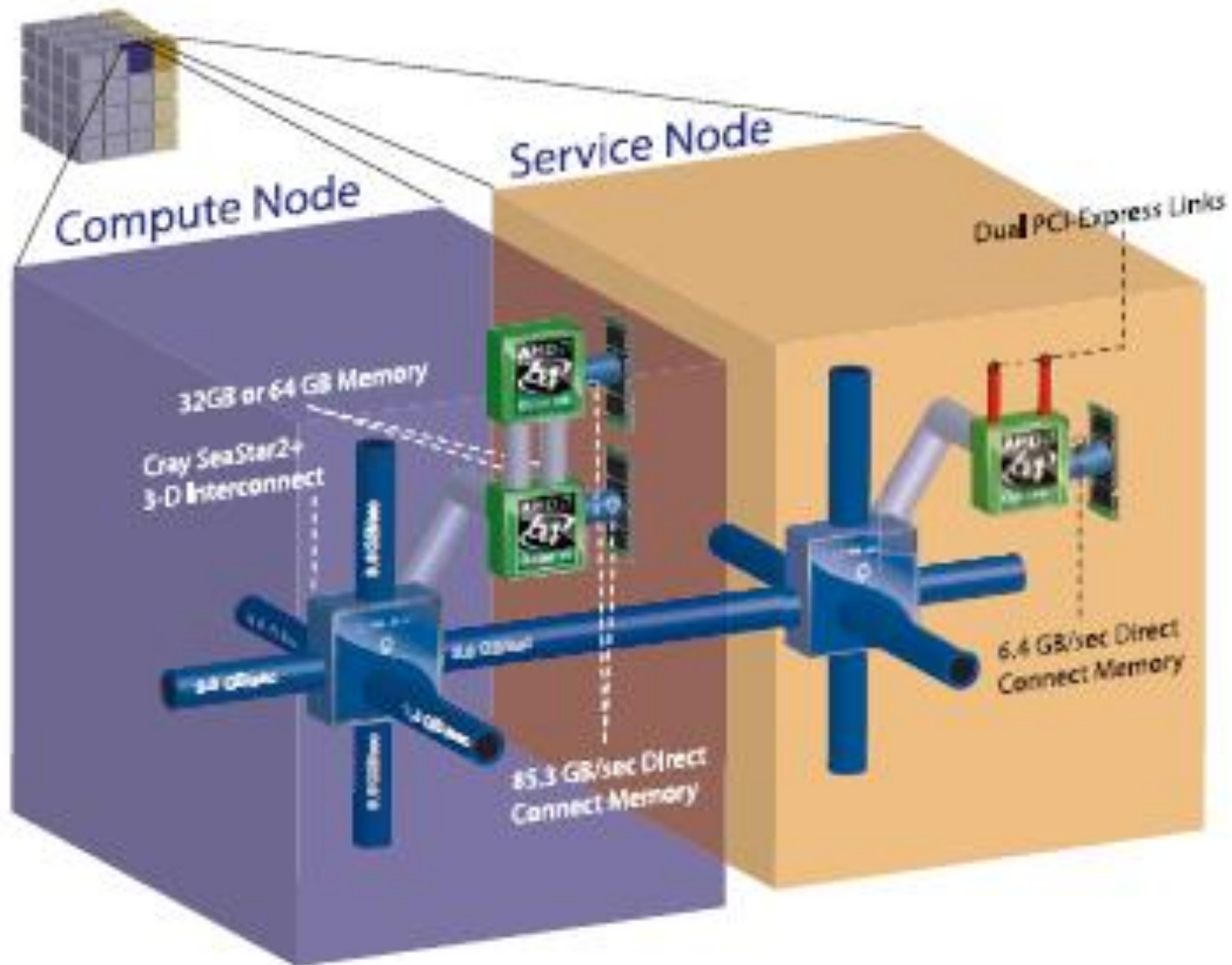


# Сервисное лезвие



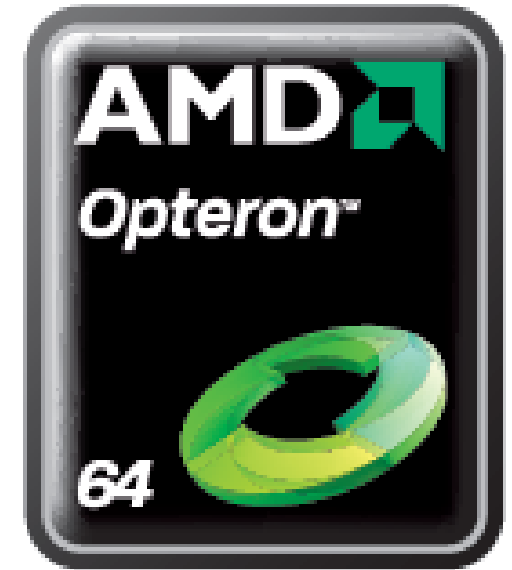


# Топология CRAY XT6



# Особенности вычислительных процессоров

- (8-)12-ядерные AMD Opteron 6100 Series
- Высокая ассоциативность кэша
- Выполнение операций не в исходном порядке (для параллелизма)
- Встроенный контроллер памяти, заменяющий чип Northbridge и повышающий скорость доступа к памяти до 85 GB/s



Для сравнения: суперкомпьютер Jaguar имеет 4-ядерные процессоры AMD Opteron 2356 (Barcelona)

# Последние изменения в архитектуре

1. 4-ядерные процессоры AMD Opteron 2356 (Barcelona) заменены на (8-)12-ядерные AMD Opteron 6100 Series [XT5 → XT6]
2. Коммуникационная плата SeaStar2+ заменена на Cray Gemini [XT6 → XE6] (скорость передачи сообщений увеличилась с 9 GB/s до 20 GB/s)
3. Аппаратная поддержка глобального адресного пространства [XT6 → XE6]



# Заключение

- Cray Inc - «законодатель мод» на рынке суперкомпьютеров
- Всё чаще создаются гибридные суперкомпьютеры, в которых наряду с (многоядерными) CPU используются GPU
- Суперкомпьютеры отличаются от кластеров дорогостоящими аппаратными решениями
- В суперкомпьютерах Cray XE6 использовано множество аппаратных решений, главное из которых - микросхема Cray Gemini для быстрой передачи сообщений
- По сравнению с суперкомпьютером Cray Jaguar вычислительные узлы стали вдвое производительнее

# Использованные источники

1. *В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин* «Параллельные вычисления». БХВ-Петербург, 2002
2. *В. Л. Баденко* «Высокопроизводительные вычисления». Изд-во Политехн. ун-та, 2010
3. Материалы с сайта фирмы Cray:  
<http://www.cray.com>
4. Материалы с сайта <http://www.parallel.ru>

Спасибо за внимание!