



Производительность суперкомпьютеров: от «попугаев» Linpack до реальной эффективности

Григорий Речистов
grigory.rechistov@intel.com



«38 попугаев». Союзмультфильм, 1976

- Производительность
 - Метрики
- Классический подход
 - Linpack
 - TOP500
- Необходимость в переменных
 - Graph500
 - Green500
- Примеры
 - Ломоносов
 - Gordon
 - «Торнадо» МФТИ

Бенчмарки

- Прикладные программы, адаптированные для измерения производительности вычислительных систем
 - На самом деле тестируются связки «компилятор-ОС-аппаратура»
- Результат работы
 - MIPS (millions instructions per second)
 - FLOPS (floating operations per second)
 - FPS (frames per second)
 - Время
 - Баллы
 - Что угодно, чем можно меряться: полезные события за секунду

High Performance Linpack (1/3)

- Первые упоминания: 1979 г.
 - Dongarra, J.J.; Moler, C.B.; Bunch, J.R.; Stewart, G.W. (1979), LINPACK: Users' guide
- Как быстро компьютер решает плотную систему линейных уравнений $N \times N$ (случайная матрица)

$$A\vec{x} = \vec{b}$$

- Количество операций для метода Гаусса:

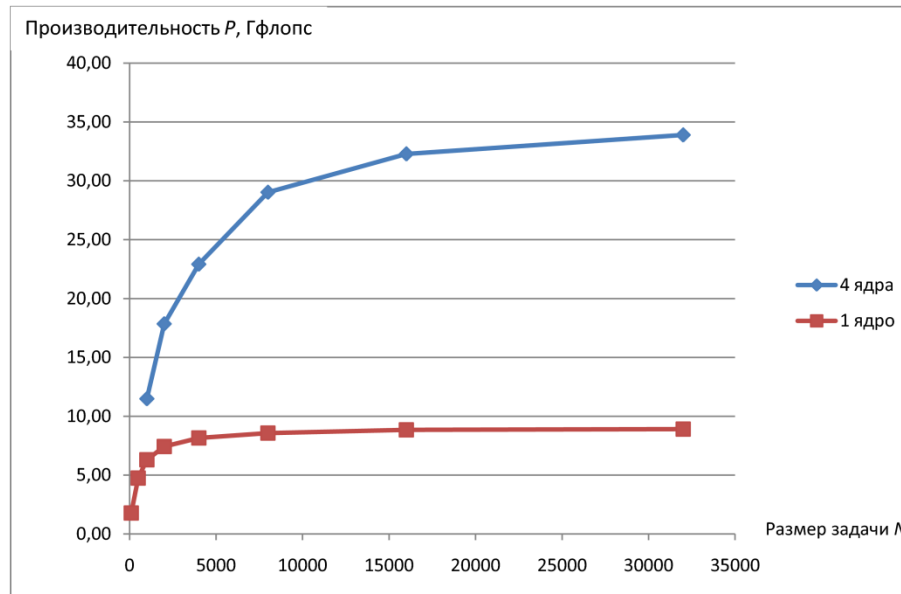
$$N_{tot} = 2/3N^3 + 2N^2$$

- Производительность в FLOPS:

$$R = N_{tot}/T$$

High Performance Linpack (2/3)

- R_{max} : измерение для самой большой матрицы, уместившейся в памяти
- N_{max} : размер самой большой матрицы
- $N_{1/2}$: размер матрицы, при котором достигается половина R_{max}
- R_{peak} : теоретическая максимальная производительность системы



Процессор – Intel (R) Xeon (R) 5150 2,66 ГГц, 4 ядра.
Память – 16 Гбайт.
Операционная система – Red Hat Enterprise Linux Server release 5.4 (x86_64).

Современные системы способны показывать $R_{max} = 0,93 R_{peak}$ (K computer, 2011)

High Performance Linpack (3/3)

Для признания допустимо любое* решение при условии, что оно сохраняет точность решения

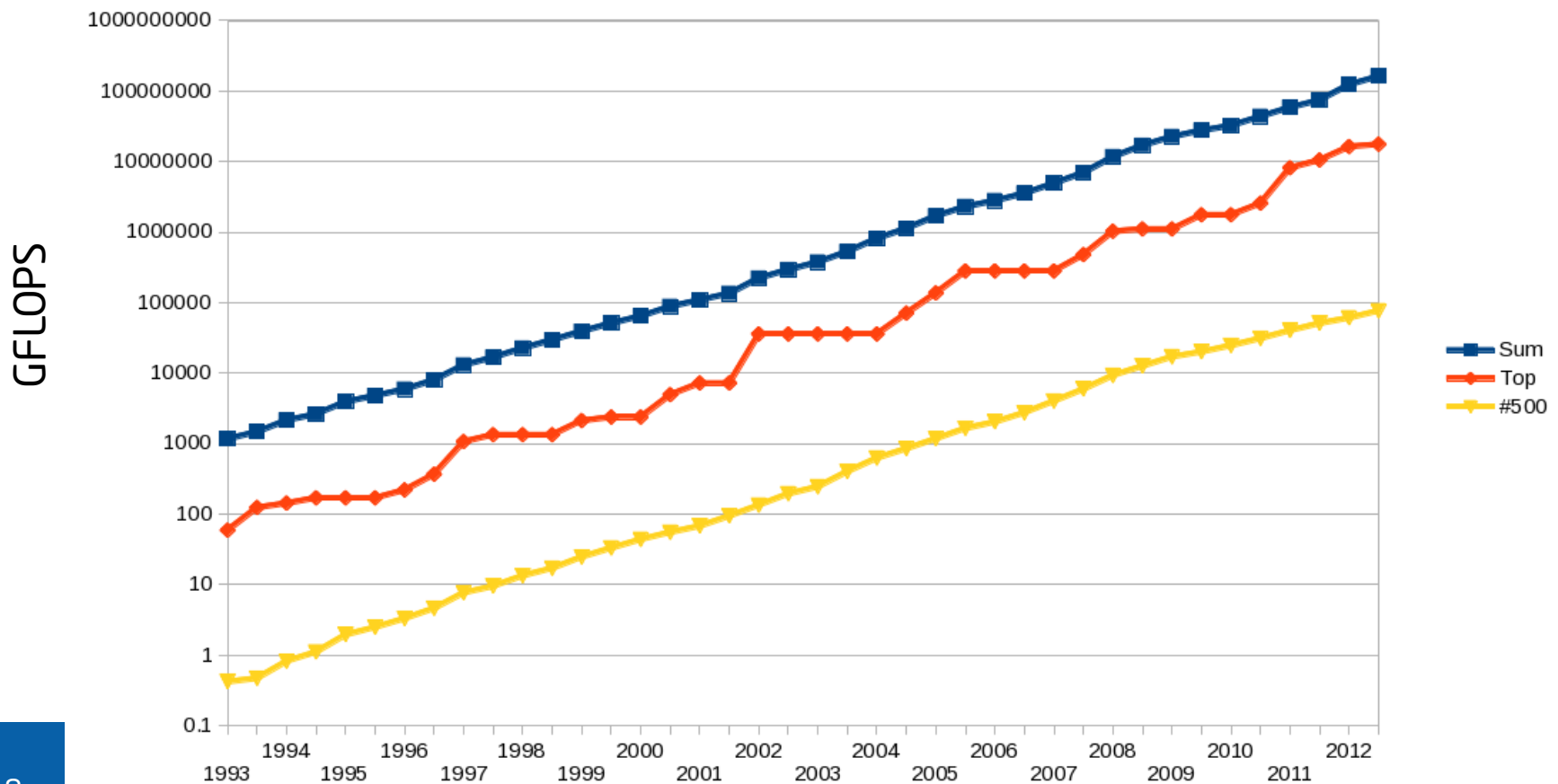
- Открытая реализация (C, Fortran)
 - <http://www.netlib.org/benchmark/hpl/>
- Поставляемые вендорами варианты
 - <http://software.intel.com/en-us/articles/intel-math-kernel-library-linpack-download>
- Под Android
 - <http://www.greenecomputing.com/apps/linpack/>

*см. http://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_Штрассена

Top500



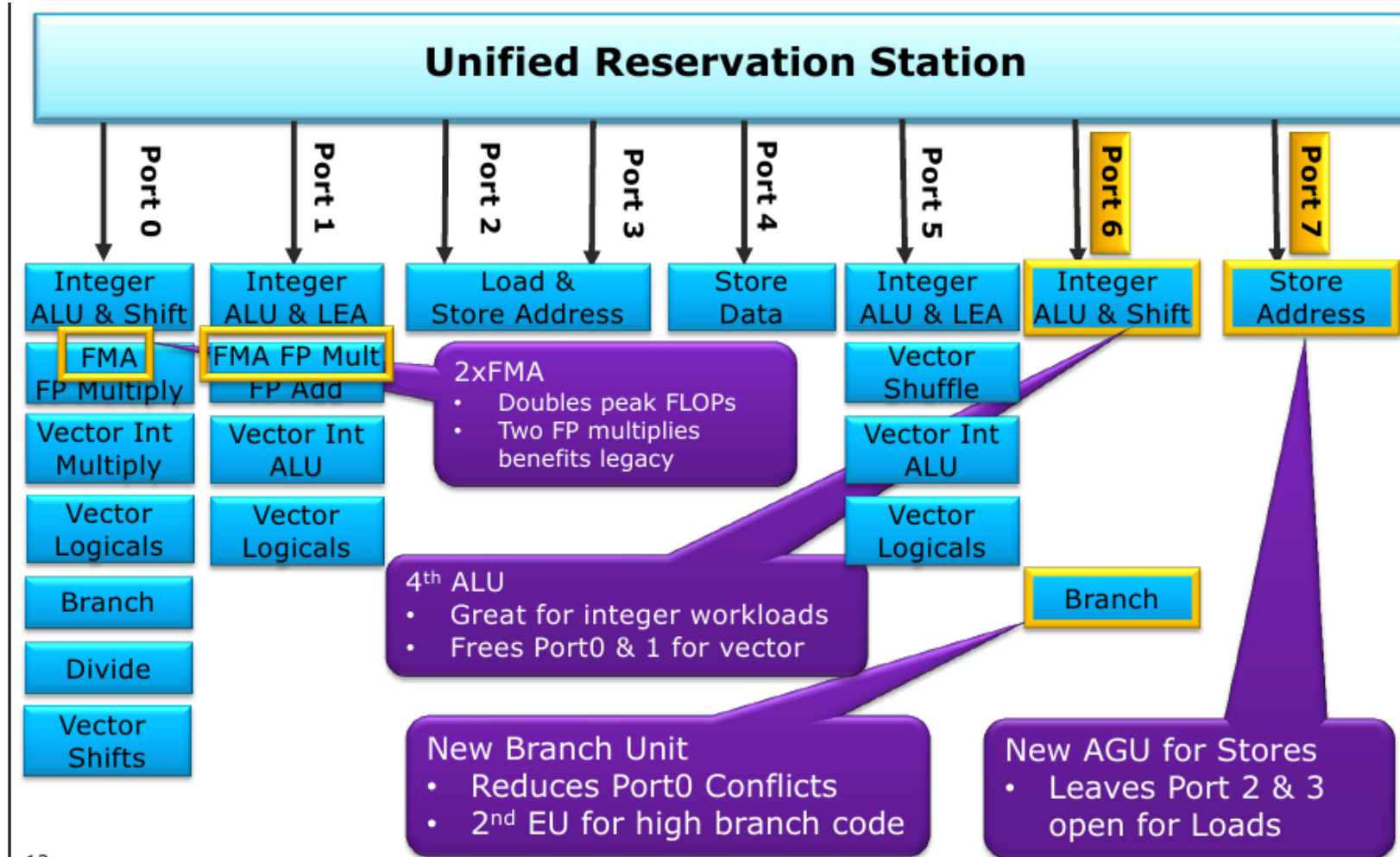
- Начат в 1993 году
- Обновления публикуются дважды в год



Почему Linpack не очень хорош для объективной оценки

- Не учитывает производительность целочисленной арифметики
- Учитывает только операции сложения и умножения с пл. запятой
- С ростом размера матрицы падает влияние пропускной способности ОЗУ/сети
- Иногда создаётся впечатление, что некоторые системы создаются только для занятия высоких строчек в Top500

Исполняющие устройства ЦПУ



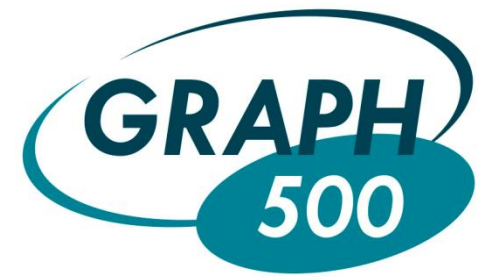


scottadams@aol.com
www.dilbert.com

3-2-09 ©2009 Scott Adams, Inc./Dist. by UFS, Inc.

<http://www.dilbert.com/2009-03-02/>

Graph500



- Генерация списка вершин
- **Конструирование графа**
- Случайный выбор 64 вершин (ключей) степени больше 1
- Для каждого ключа
 - **Поиск в ширину, получение дерева поиска**
 - Проверка правильности ответа
- Вычисление и выдача метрики производительности
 - Максимальное, минимальное, среднее и др. времена для выборки
 - Скорость в TEPS (traversed edges per second)

November 2012

No.	<u>Rank</u> ▲	<u>Machine</u>	<u>Installation Site</u>	<u>Number of nodes</u>	<u>Number of cores</u>	<u>Problem scale</u>	<u>GTEPS</u>
1	1	DOE/NNSA/ Lawrence Livermore National Laboratory Sequoia	Lawrence Livermore National Laboratory	65536	1048576	40	15363

Green500



- Учитываются машины из списка Top500
- Замер потребляемой мощности проводится при запуске HPL
- Требования на методологию измерений: напряжение в сети, длительность прогрева, допустимые отклонения...
- Результат: FLOPS/Ватт

Green500 Rank	MFLOPS/W	Site*	Computer*	Total Power (kW)
1	2,100.88	DOE/NNSA/LLNL	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom	41.10
2	2,100.88	IBM Thomas J. Watson Research Center	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom	41.10
3	2,100.86	DOE/SC/Argonne National Laboratory	BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom	82.20
499	33.70	Financial Services Company (G)	Cluster Platform 3000 DL165, Opteron 2.1 GHz 12C, GigE	2,598.00
500	32.05	US Army Research Laboratory (ARL)	Cray XT5 SixCore, Opteron Six Core 6C 2.600GHz, XT4 Internal Interconnect	3,581.76

http://www.green500.org/docs/pubs/RunRules_Ver0.9.pdf



Gordon

- San Diego Supercomputer Center
- Пиковая производительность 341 TFLOPS
- **Полный объём ОЗУ** **64 Тбайт**
 - Пропускная способность ОЗУ 87 Тбайт/с
- **Объём флэш-хранилища** **300 Тбайт**
- Сеть Infiniband QDR
 - Топология 3D Torus
 - Пиковая пропускная способность 1 Тбайт/с
 - Задержка MPI 1,3 мкс



«ЛОМОНОСОВ»

- Рейтинг в тестах*
 - Top500: №18
 - Graph500: №2



*Graph500: обгоняя на повороте. Суперкомпьютеры №3(7). Осень 2011, стр. 44

РСК «Торнадо» МФТИ

- Пиковая производительность 30 TFLOPS
- Эффективность использования электроэнергии PUE = 1,2
- Максимальная утилизация на Linpack 90%



Почему нельзя отказаться от бенчмарков

- Выдают число – объективный показатель работы системы
- Позволяют изучать тенденции в индустрии НРС
- Linpack: задача решения СЛАУ является подзадачей большого количества практических приложений
- Необходимо продолжать развивать список признаваемых и котируемых списков, кроме Top500

Альтернативы

- Sample Estimation of Relative Performance Of Programs (SERPOP) metrics
 - [NERSC SSP test series](#)
 - [DOD Technology Insertion benchmark series](#)
 - NSF/Blue Waters Sustained Petascale Performance (SPP)
- HPC Challenge Benchmark
 - HPL
 - STREAM
 - RandomAccess
 - PTRANS
 - FFTE
 - DGEMM
 - b_eff Latency/Bandwidth

О чём вообще не было сказано

- Объём памяти: ОЗУ, диски, флэш...
- Пропускная способность каналов передачи данных
- Степень готовности к практической эксплуатации пользователями
- Цена в \$\$

ССЫЛКИ

<http://iscalare.mipt.ru/>

- <http://www.top500.org/>
- <http://www.graph500.org/>
- <http://www.green500.org/>
- <http://www.sdsc.edu/supercomputing/gordon/>
- <http://www.msu.ru/lomonosov/science/computer.html>
- <http://rscgroup.ru/news/36/>
- <http://www.ncsa.illinois.edu/News/Stories/TOP500problem/>

Спасибо за внимание!

Все торговые марки и логотипы, использованные в данном материале, являются собственностью их владельцев.
Представленное здесь точка зрения отражает личное мнение автора.

