

**Тема лекции:
«Суперкомпьютеры и
параллельные вычисления»**

Оценка объема оперативной памяти,² требуемой для метода FDTD



Объем моделирования: 1.1 x 1.1 x 2.5 м

Количество ячеек: 5.5 млрд

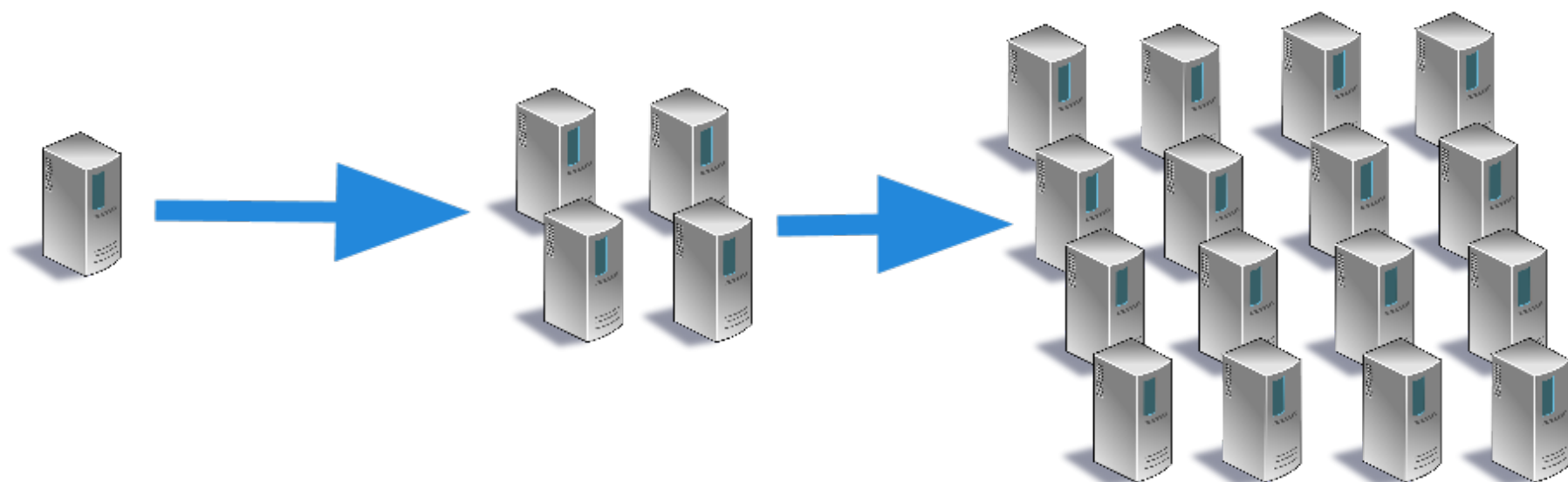
Объем памяти на одну ячейку: 230 Байт

Требуемый объем оперативной памяти: 1.3 ТБ

Ограничения операционных систем

Версия ОС	Максимальный объем оперативной памяти
Windows 10 Home 64 bit	128 ГБ
Windows 10 Pro / Enterprise / Education 64 bit	512 ГБ
Windows Server 2012 Standard / Datacenter	4 ТБ
Red Hat Enterprise Linux	Зависит от архитектуры процессора

Идея суперкомпьютеров



TOP500 суперкомпьютеров

- <https://www.top500.org/> — сайт рейтинга суперкомпьютеров.
- <http://goo.gl/H4vOZN> — статья о рейтинге суперкомпьютеров за июнь 2016 года.

Суперкомпьютер «Ломоносов-2»



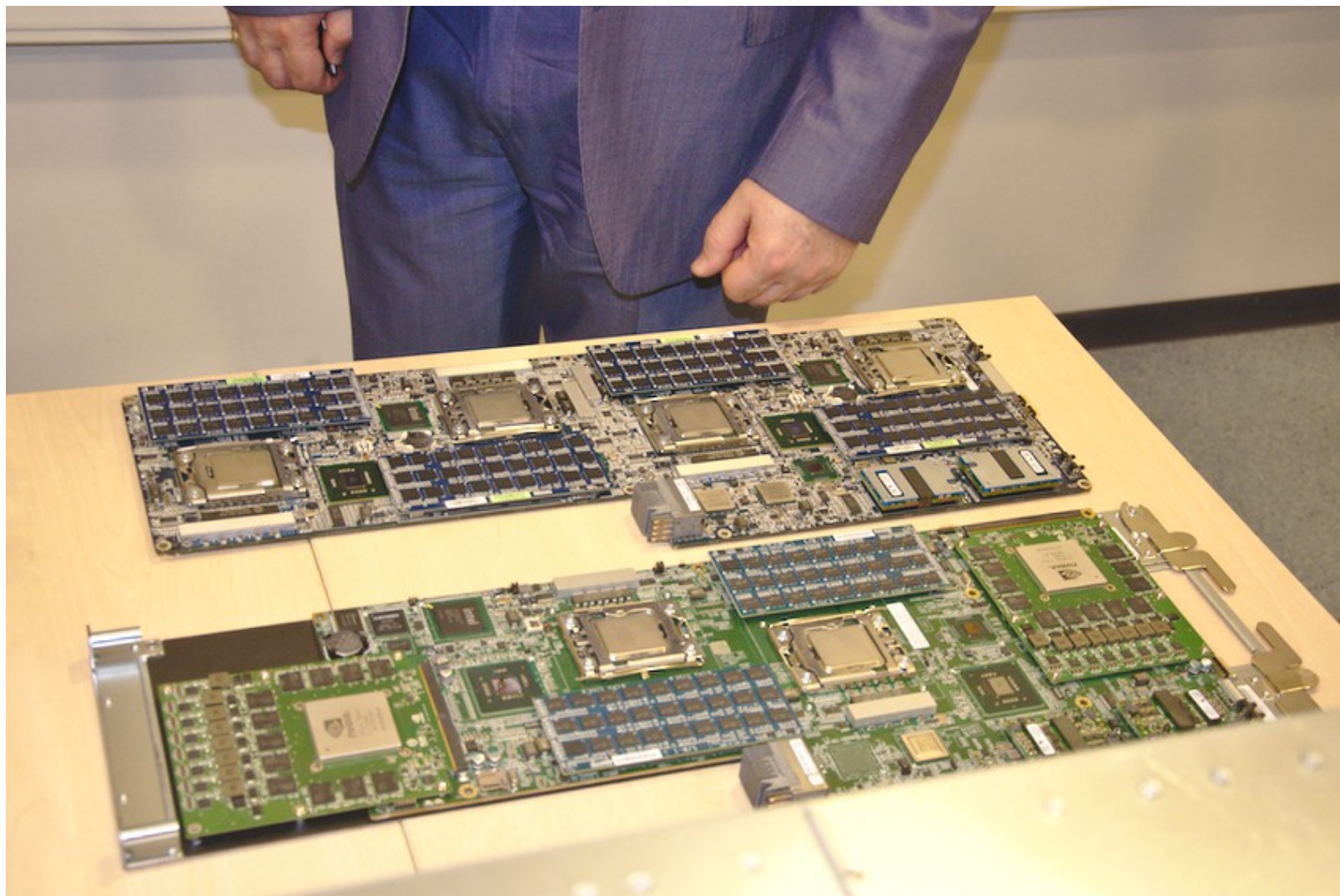
- Основной тип процессора: Intel Xeon E5-2697v3, 14 ядер, 2.6 ГГц
- Количество вычислительных узлов: 1 280
- Число ядер: 37 120
- Число графических ядер: 954 240
- Оперативная память: 81,92 ТБ
- Общий объем дисковой памяти вычислителя: 1.75 ПБ
- Производитель: Т-Платформы

41-е место в Top500 за июнь 2016 г.

Максимальная производительность: 1849 TFlop/s

Потребляемая мощность: 2.8 МВт

Суперкомпьютер «Ломоносов»



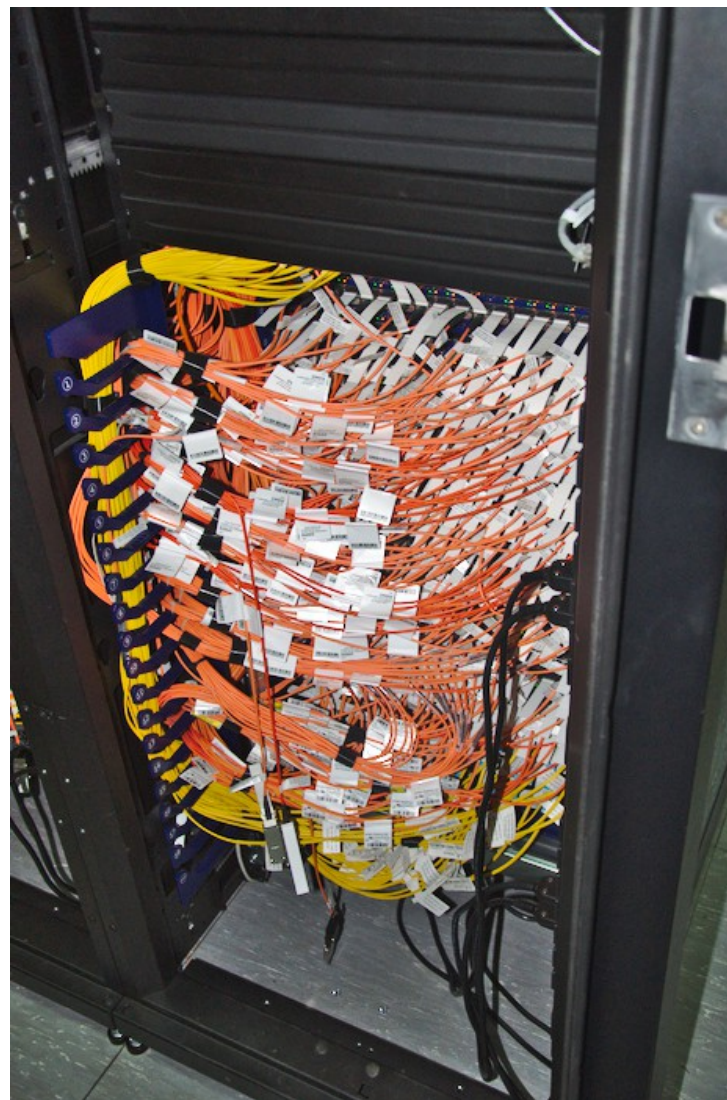
Суперкомпьютер «Ломоносов»



Суперкомпьютер «Ломоносов»



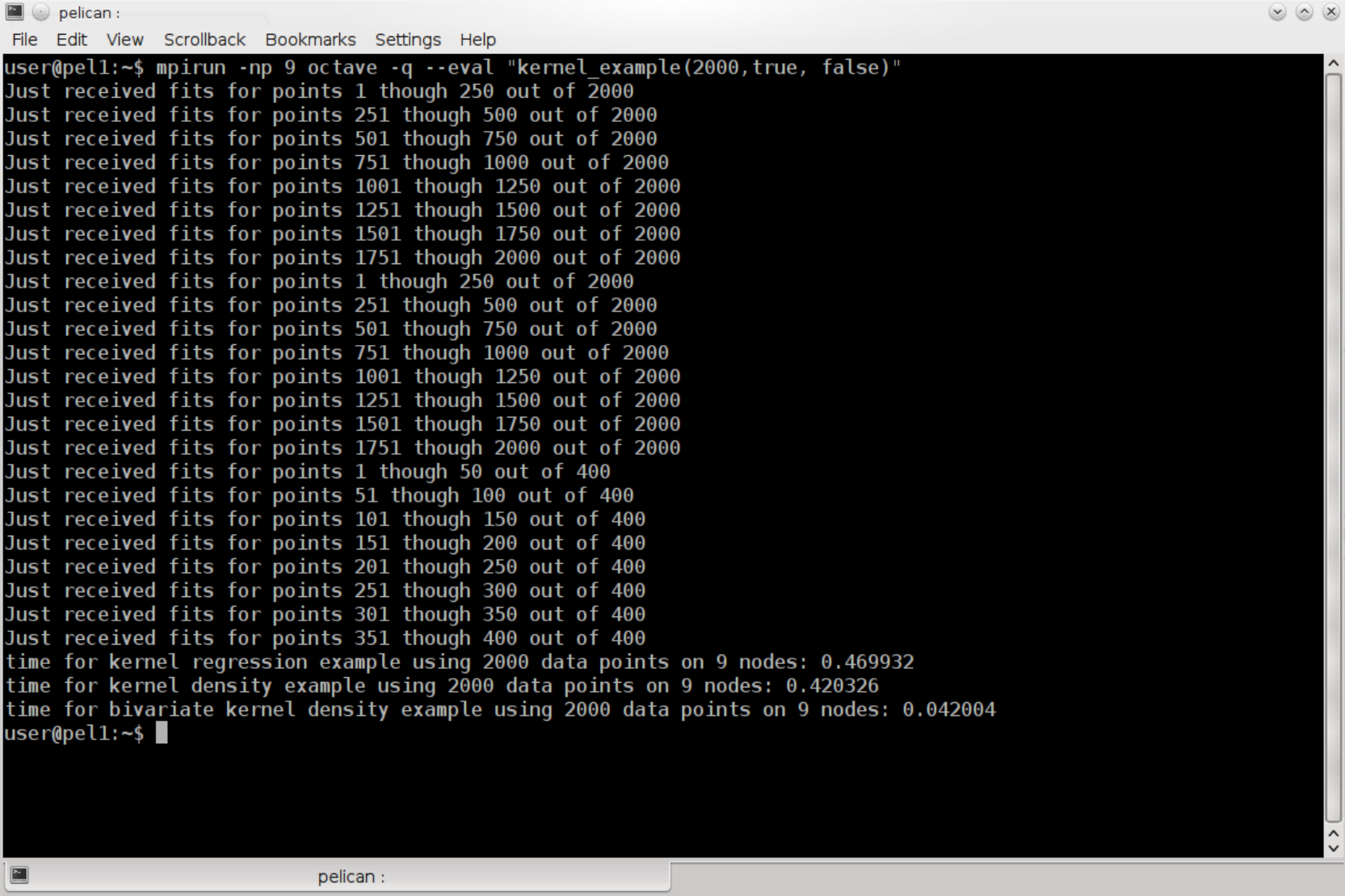
Суперкомпьютер «Ломоносов»



Система охлаждения суперкомпьютера «Ломоносов»



Пример параллельных вычислений

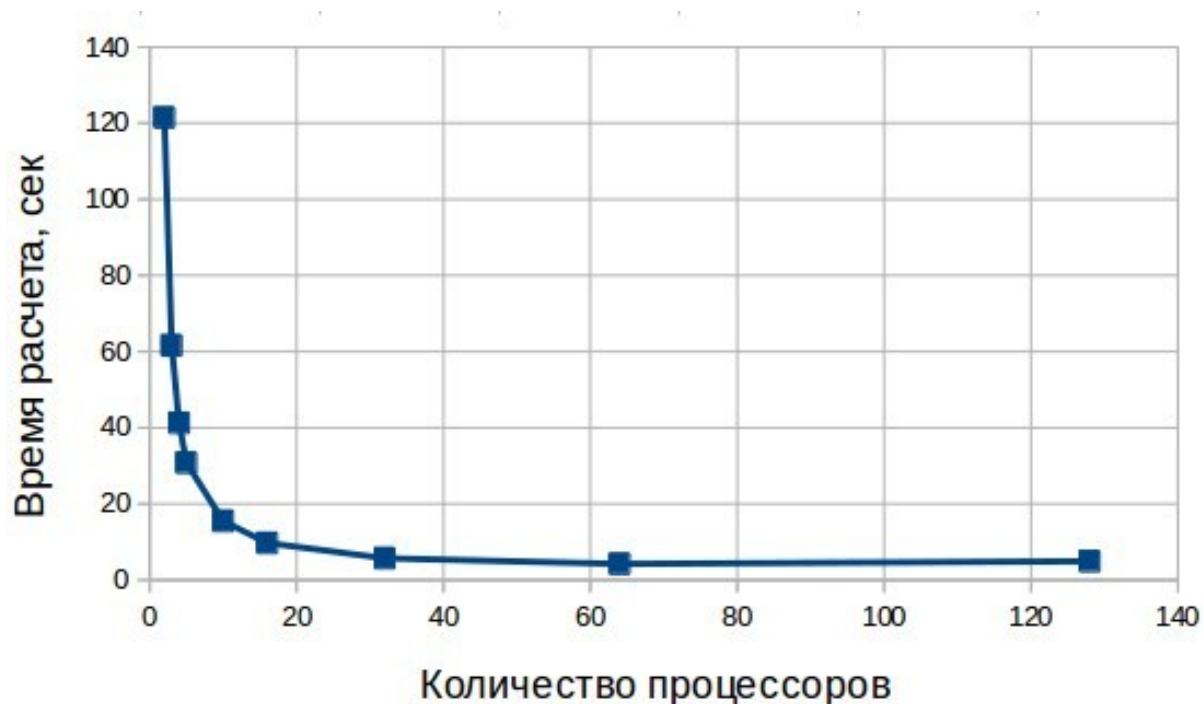


```
pelican :
File Edit View Scrollback Bookmarks Settings Help
user@pell1:~$ mpirun -np 9 octave -q --eval "kernel_example(2000,true, false)"
Just received fits for points 1 though 250 out of 2000
Just received fits for points 251 though 500 out of 2000
Just received fits for points 501 though 750 out of 2000
Just received fits for points 751 though 1000 out of 2000
Just received fits for points 1001 though 1250 out of 2000
Just received fits for points 1251 though 1500 out of 2000
Just received fits for points 1501 though 1750 out of 2000
Just received fits for points 1751 though 2000 out of 2000
Just received fits for points 1 though 250 out of 2000
Just received fits for points 251 though 500 out of 2000
Just received fits for points 501 though 750 out of 2000
Just received fits for points 751 though 1000 out of 2000
Just received fits for points 1001 though 1250 out of 2000
Just received fits for points 1251 though 1500 out of 2000
Just received fits for points 1501 though 1750 out of 2000
Just received fits for points 1751 though 2000 out of 2000
Just received fits for points 1 though 50 out of 400
Just received fits for points 51 though 100 out of 400
Just received fits for points 101 though 150 out of 400
Just received fits for points 151 though 200 out of 400
Just received fits for points 201 though 250 out of 400
Just received fits for points 251 though 300 out of 400
Just received fits for points 301 though 350 out of 400
Just received fits for points 351 though 400 out of 400
time for kernel regression example using 2000 data points on 9 nodes: 0.469932
time for kernel density example using 2000 data points on 9 nodes: 0.420326
time for bivariate kernel density example using 2000 data points on 9 nodes: 0.042004
user@pell1:~$
```

Параллельные вычисления на примере перемножения матриц

Перемножение матриц размера
3000 x 3000 на 3000 x 5000 на суперкомпьютере «Ломоносов»

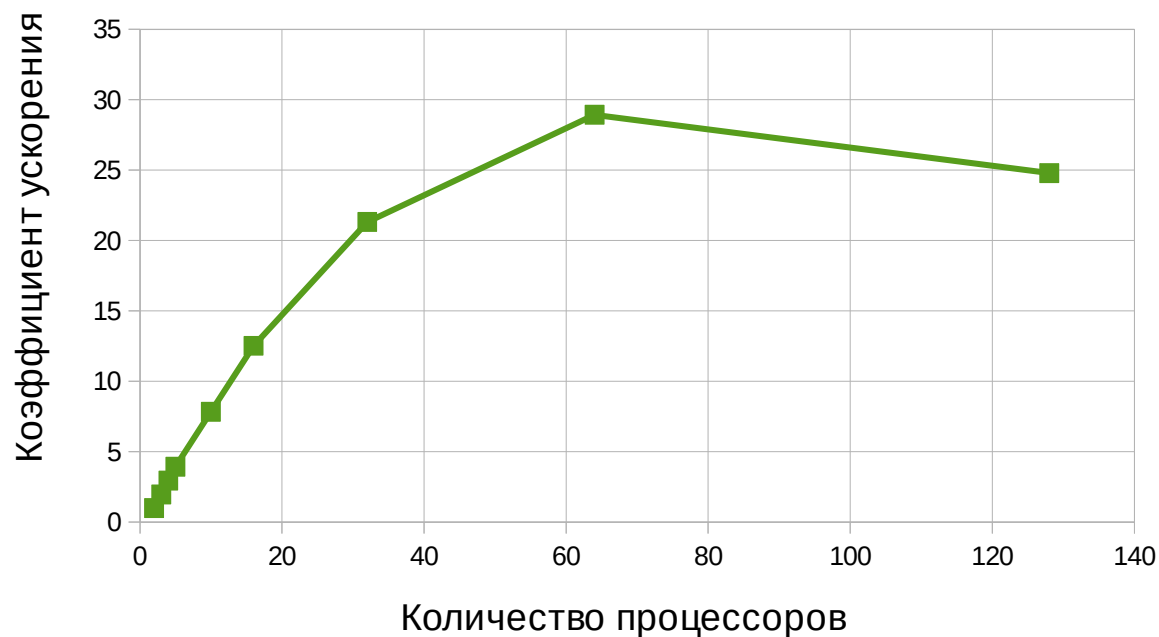
Количество процессов	Время расчета, сек
1	121.5
2	61.6
3	41.3
4	30.8
9	15.5
15	9.7
31	5.7
63	4.2
127	4.9



Коэффициент ускорения

Перемножение матриц размера
3000 x 3000 на 3000 x 5000 на суперкомпьютере «Ломоносов»

Количество процессов	Коэффициент ускорения
1	1,00
2	1,97
3	2,94
4	3,94
9	7,84
15	12,53
31	21,32
63	28,93
127	24,80



$$S(n) = T_1 / T_n$$

Суперкомпьютер Tianhe-2 (Китай)



2-е место в Top500
на июнь 2016 г

16 000 вычислительных узлов
32 000 Intel Xeon IvyBridge
48 000 Intel Xeon Phi

Всего 3 120 000 ядер

Максимальная производительность: 33862.7 TFlops

Пиковая производительность: 54902.4 TFlops

Общий объем памяти 1 024 000 ГБ

Потребляемая мощность: 17.8 МВт

Суперкомпьютер Tianhe-2 (Китай)



COURTESY: PROF. JACK DONGARRA

Суперкомпьютер Tianhe-2 (Китай)



Суперкомпьютер Sunway TaihuLight (Китай)

1-е место в Top500
на июнь 2016 г.

40 960 процессоров
Sunway SW26010 260C

10 649 600 ядер

Максимальная производительность: 93 014.6 TFlops

Пиковая производительность: 125 435.9 TFlops

Общий объем памяти 1 310 720 ГБ

Потребляемая мощность: 15.3 МВт



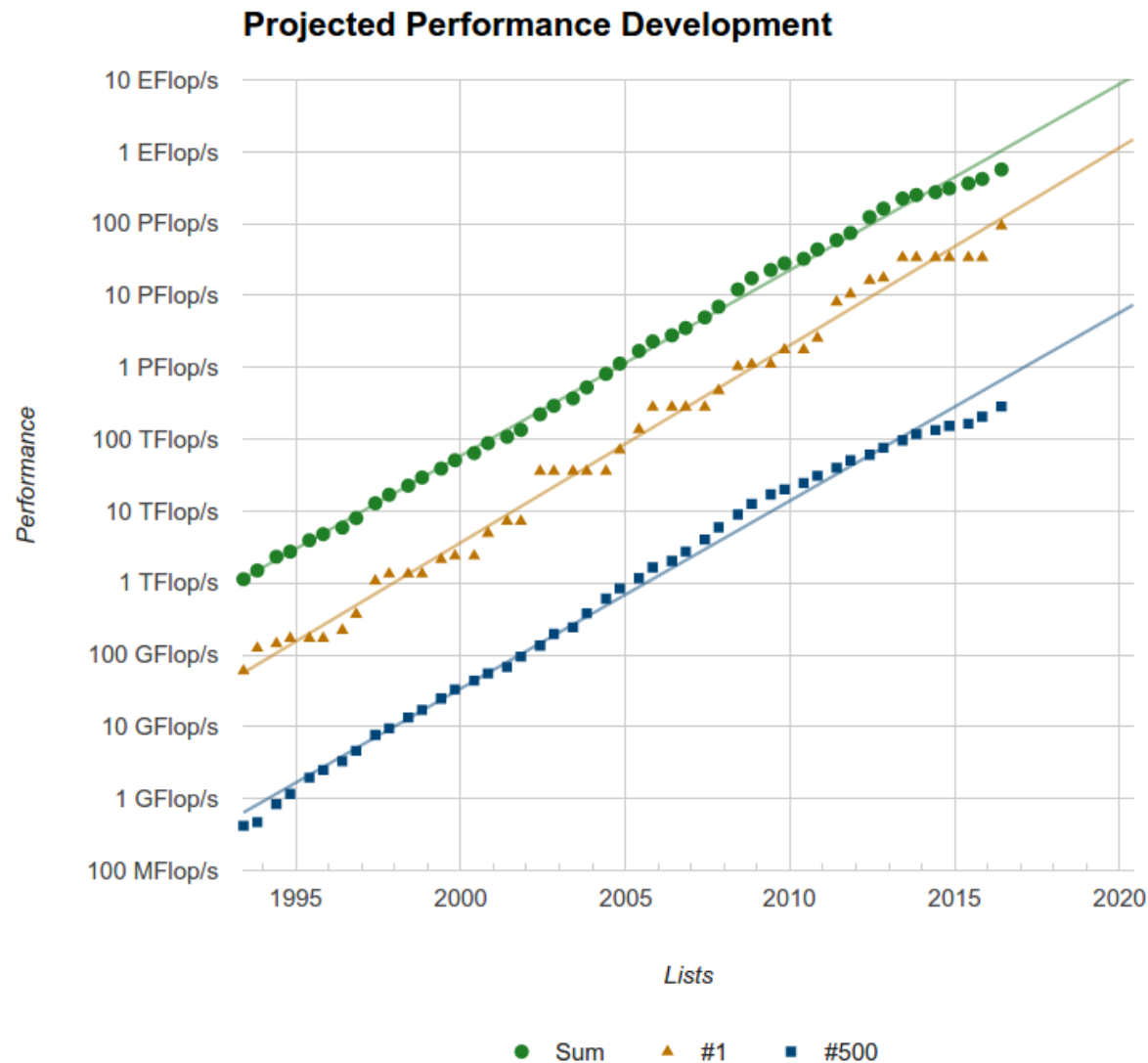
Процессор суперкомпьютера Sunway TaihuLight: Sunway SW26010 260C

19



Архитектура: RISC
Тактовая частота: 1.45 ГГц
260 ядер

Производительность суперкомпьютеров



Использование ускорителей Nvidia Tesla

21

Nvidia Tesla Kepler K80

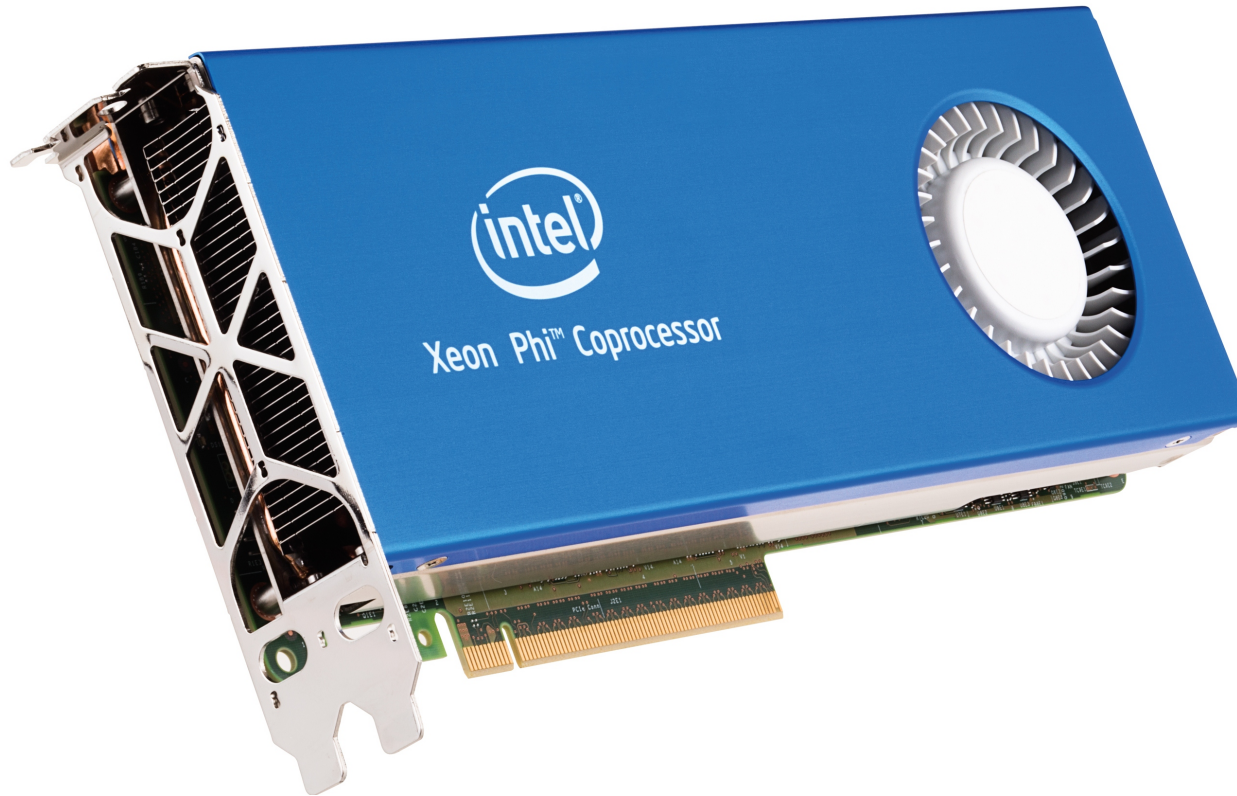
- Количество ядер: 4992
- Память GPU: 24 ГБ
- Цена: 409 000 руб



Технологии расчета на видеокартах:

- Nvidia CUDA
- AMD FireStream

Intel Xeon Phi 7290



Количество ядер: 72

Количество памяти: 16 ГБ

Тактовая частота ядер: 1.5 ГГц

Цена около \$6000.

Intel Xeon Phi 7290



Технологии для параллельных вычисления

- **MPI** — Message Passing Interface
- **OpenMP** — Open Multi-Processing
- **OpenACC** — Open Accelerators
- **OpenCL** — Open Computing Language
- **CUDA** — Compute Unified Device Architecture
- **AMD FireStream**