

Высокопроизводительные вычисления в информационной сфере

ПИ - 3 курс (сз)

Арьков Валентин Юльевич

- профессор кафедры АСУ
- кабинет 6-215А
- приемная каф.АСУ 6-322
- ***moodle.ugatu.su***
- ***arkov.narod.ru/hpc.htm***
- ***valentin-arkov@yandex.ru***

Занятия

- Осенний семестр
 - Лекции
 - Лабораторные работы
 - Задание на РГР
 - Регистрация в MOODLE
- Весенний семестр
 - Защита РГР
 - Зачет

Содержание курса

- Параллельные вычисления
- Параллельные потоки
- Параллельные процессы

Литература

- **Эндрюс** 2003 Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования
- **Воеводин** 2004 Параллельные вычисления
- **Газизов** 2008 Основы суперкомпьютерных технологий
- **Гергель** 2010 Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем
- **Антонов** 2012 Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP
- **Кепнер** 2013 Параллельное программирование в среде MATLAB для многоядерных и многоузловых вычислительных машин

Дополнительно

- Видеолекции: ***youtube.com***
 - Academia. Воеводин. Суперкомпьютеры
- Курсы Интуит: ***intuit.ru***
 - Параллельное программирование
 - Высокопроизводительные вычисления

Производительность

- Повышение производительности
 - Тактовая частота
 - Архитектура процессора
 - Число ядер (процессоров)
 - Графические ускорители
- Многоядерные компьютеры
- Параллельные вычисления

Упражнение

$$y = \sum_{i=1}^8 x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_8$$

- Последовательное вычисление суммы
 - Каждая команда – сложение двух чисел
- Параллельное вычисление суммы
 - Каждый процессор складывает два числа
 - 2 процессора
 - 4 процессора

Суперкомпьютер

«Определения»

- самый мощный компьютер на текущий момент
- занимающий одну или несколько комнат
- самый большой, тяжелый, дорогой...
- в миллион раз мощнее персонального

Измерение производительности

- FLOPS – floating point operations per second
- ФЛОПСы – число операций с плавающей точкой в секунду
 - Петафлопс
 - Упражнение: кило – мега - ...

Задача

Единицы метрической системы

10^3	Кило	Тысяча
10^6		
10^9		
10^{12}		
10^{15}		
10^{18}		
10^{21}		
10^{24}		

Задача

Единицы метрической системы

10^3	Кило	Тысяча
10^6	Мега	Миллион
10^9	Гига	Миллиард (US Billion)
10^{12}	Тера	Триллион (UK Billion)
10^{15}	Пета	Квадриллион
10^{18}	Экза	Квинтиллион
10^{21}	Зетта	Секстиллион
10^{24}	Йотта	Септиллион

Top500 List - June 2013 www.top500.org

R_{max} and R_{peak} values are in TFlops. For more details about other fields, check the [TOP500 description](#).

Rank	Site	System	Cores	R_{max} (TFlop/s)	R_{peak} (TFlop/s)	Power (kW)
1	National University of Defense Technology China	Tianhe-2 (MilkyWay-2) - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P NUDT	3120000	33862.7	54902.4	17808
2	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	Titan - Cray XK7 , Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc.	560640	17590.0	27112.5	8209
3	DOE/NNSA/LLNL United States	Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM	1572864	17173.2	20132.7	7890
4	RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan	K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect Fujitsu	705024	10510.0	11280.4	12660
5	DOE/SC/Argonne National Laboratory	Mira - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom	786432	8586.6	10066.3	3945

top50.supercomputers.ru

19-ая редакция от 24.09.2013

N	Место	Кол-во CPU/ядер	Архитектура (тип процессора / сеть)	Производительность (TFlop/s)	
				Linpack	Пиковая
1	Москва Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова 2012 г.	12422/62468	узлов: 4160 (2xXeon 5570 2.93 GHz 12 GB RAM) узлов: 777 (2xXeon E5630 [Acc: 2xTesla X2070] 2.53 GHz 12 GB RAM) узлов: 640 (2xXeon 5670 2.93 GHz 24 GB RAM) узлов: 288 (2xXeon E5630 [Acc: 2xTesla X2070] 2.53 GHz 24 GB RAM) узлов: 260 (2xXeon 5570 2.93 GHz 24 GB RAM) узлов: 40 (2xXeon 5670 2.93 GHz 48 GB RAM) узлов: 30 (2xPowerCell 8i 3.2 GHz 16 GB RAM) узлов: 4 (4xXeon E7650 2.26 GHz 512 GB RAM) сеть: Infiniband QDR/Gigabit Ethernet/Gigabit Ethernet	901.90	1,700.21
2	Москва ФГБУН Межведомственный суперкомпьютерный центр Российской академии наук 2012 г.	416/28704	узлов: 208 (2xXeon E5-2690 [Acc: 2x Xeon Phi 7110X] 2.9 GHz 80 GB RAM) сеть: FDR Infiniband/Gigabit Ethernet/Fast Ethernet	375.70	523.83
3	не указан IT Services Provider 2012 г.	2254/18032	узлы: (Xeon E5-2650 2.2 GHz) сеть: Gigabit Ethernet	160.90	317.40
4	Челябинск Южно-Уральский государственный университет 2012 г.	384/14016	узлов: 192 (2xXeon X5680 [Acc: Xeon Phi SE10X] 3.33 GHz 32 GB RAM) сеть: QDR Infiniband/Gigabit Ethernet	146.80	236.82

Суперкомпьютер УГАТУ

- Сайт УГАТУ
- Сайт ТОП-50

Параллельные системы

- Системы с общей памятью
 - Многоядерные компьютеры
- Системы с распределенной памятью
 - Многопроцессорные кластеры

Многоядерный процессор

- Несколько ядер обращаются к общей оперативной памяти
 - Вычислительные ядра и оперативная память работают через системную шину
- Взаимодействие потоков – через глобальные переменные в памяти
 - Отсутствуют затраты времени на коммуникацию
 - Требуется корректно использовать общую память

Многопроцессорный кластер

- Каждый вычислительный узел – самостоятельный компьютер
 - Узлы соединены локальной сетью
 - Каждый узел работает со своей оперативной памятью
- Узлы обмениваются сообщениями
 - Затраты времени на коммуникацию
 - Не нужно следить за общей памятью

Процессы и потоки

- **Процесс** – программа в момент выполнения (запуск *.exe)
 - Программы могут обмениваться сообщениями
- **Поток (thread)** – вычисления «внутри» одного процесса
 - Потоки могут обращаться к глобальным переменным в оперативной памяти
 - Локальные переменные внутри потока недоступны другим потокам
- Процесс содержит хотя бы один поток

Параллельные потоки

- Программирование для многоядерных машин
- Функции работы с потоками
 - Windows Threads API
 - POSIX Threads API
 - Библиотеки распараллеливания потоков
 - OpenMP (Open Multi-Processing)
 - *openmp.org*

Параллельные процессы

- Организация обмена сообщениями между процессами
 - Функции операционной системы для обмена сообщениями
 - Библиотеки для обмена сообщениями
 - MPI (Message Passing Interface)
 - www.mpich.org

Векторное распараллеливание

- Система команд процессора может включать команды обработки векторов
 - SSE (Streaming SIMD Extensions)
- Одна команда выполняет одну и ту же операцию над несколькими парами чисел одновременно
 - Сложение 4 пар чисел

Параллельное программирование

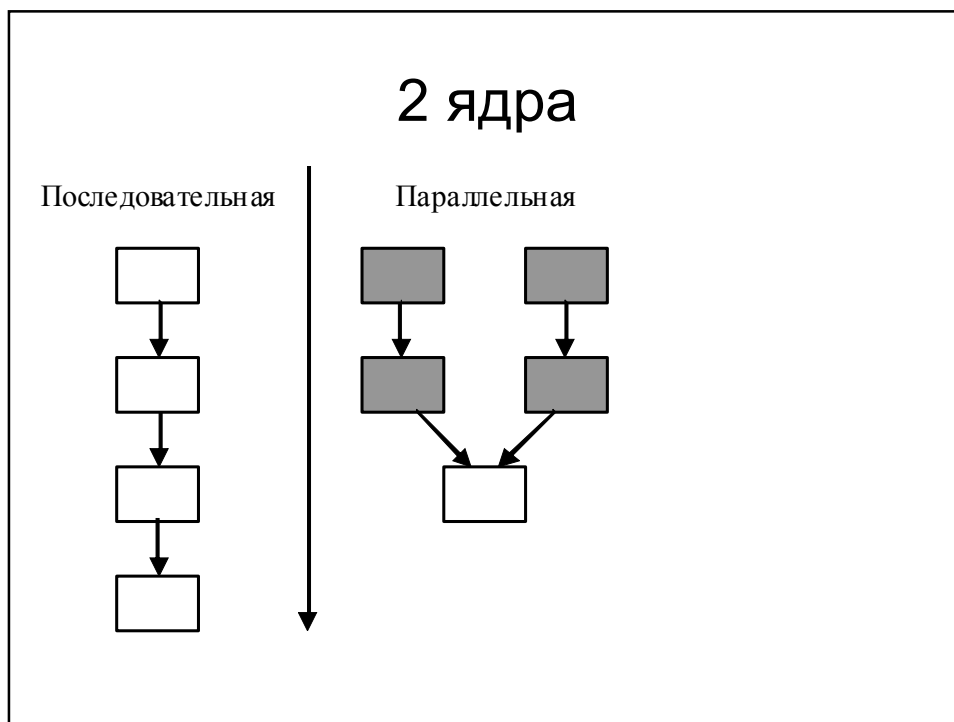
- Стил ь программирования
 - Последовательные программы
 - Параллельные программы
- Дополнительные проблемы
 - Гонка (Data Race)
 - Блокировка (Deadlock)
 - Администрирование
 - СУБД (SQL-запросы)

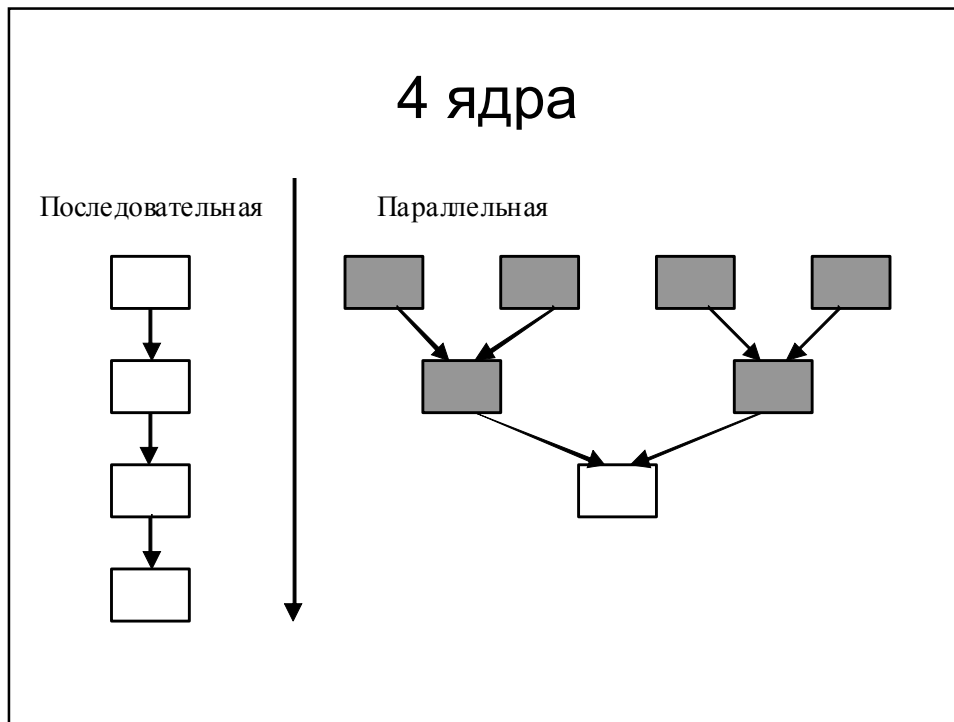
Программные средства

- Средства программирования и отладки
- Параллельные библиотеки
- Параллельные версии прикладных пакетов

Эффективность распараллеливания

- Ускорение вычислений
- Число процессоров/ядер
- Соотношение частей программы
 - Вычисления - параллельно
 - Сбор результатов - последовательно





Показатели эффективности

- Ускорение (Speedup)
 - Время выполнения на 1 процессоре T_1
 - Время выполнения на p процессорах T_p
- Эффективность (Efficiency)
 - Фактическое ускорение (S) по сравнению с максимально возможным (p)
 - Средняя загруженность процессоров

$$S_p = \frac{T_1}{T_p}$$

$$E_p = \frac{S_p}{p}$$