



# СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Долганина Наталья Юрьевна,  
доцент кафедры «Системное программирование»



# ПОНЯТИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Люди – это параллельные миры, а реальная жизнь  
– лишь тонкая поверхность их пересечения.

*О. Муравьева*

# Содержание

3

- Понятие параллельных вычислений
- Необходимость параллельных вычислений
- Примеры приложений
- Значимость параллельных вычислений

# Параллельные вычисления

4

- *Параллельные (parallel или concurrent) вычисления* – процессы решения задач, в которых в один и тот же момент времени могут выполняться одновременно несколько вычислительных операций.
- Параллельные вычисления составляют основу суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных расчетов.

# Параллельные вычисления и многопроцессорные компьютеры

5

- Параллельные вычисления – не просто использование многопроцессорных (многоядерных) вычислительных систем.
- Одновременно выполняемые операции должны быть направлены на решение общей задачи.
- Параллельность  $\neq$  многозадачность.

# Режимы выполнения задач

6

## □ *Последовательный*

□ задачи решаются последовательно в некотором порядке.

## □ *Многозадачный (псевдопараллельный)*

□ для выполнения нескольких задач используется единственный процессор (*разделение времени*: в каждый момент времени может исполняться единственная задача).

## □ *Параллельный*

□ для выполнения нескольких задач используется несколько процессорных устройств.

# Последовательная обработка

7



# Режимы выполнения задач

8

- *Последовательный*
  - задачи решаются последовательно в некотором порядке.
- *Многозадачный (псевдопараллельный)*
  - для выполнения нескольких задач используется единственный процессор (*разделение времени*: В каждый момент времени может исполняться единственная задача).
- *Параллельный*
  - для выполнения нескольких задач используется несколько процессорных устройств.

# Псевдопараллельная обработка

9



# Режимы выполнения задач

10

- *Последовательный*
  - задачи решаются последовательно в некотором порядке.
- *Многозадачный (псевдопараллельный)*
  - для выполнения нескольких задач используется единственный процессор (*разделение времени*: В каждый момент времени может исполняться единственная задача).
- *Параллельный*
  - для выполнения нескольких задач используется несколько процессорных устройств.

# Параллельная обработка

11



# Виды параллельной обработки

12

- Многопроцессорная обработка
  - Несколько процессоров (ядер) используются для решения одной и той же задачи
    - Задача разбивается на подзадачи
    - Каждый процессор выполняет свою подзадачу
- Конвейерная обработка
  - Несколько устройств используются для решения различных задач
    - Задача разбивается на этапы
    - Каждому устройству сопоставляется этап, который оно выполняет, и два других устройства: поставщик и потребитель
- Векторная обработка
  - Использование специального процессора, который выполняет операцию над векторами как одну команду
- Векторно-конвейерная обработка

# Многопроцессорная обработка



# Виды параллельной обработки

14

- Многопроцессорная обработка
  - Несколько процессоров (ядер) используются для решения одной и той же задачи
    - Задача разбивается на подзадачи
    - Каждый процессор выполняет свою подзадачу
- Конвейерная обработка
  - Несколько устройств используются для решения различных задач
    - Задача разбивается на этапы
    - Каждому устройству сопоставляется этап, который оно выполняет, и два других устройства: поставщик и потребитель
- Векторная обработка
  - Использование специального процессора, который выполняет операцию над векторами как одну команду
- Векторно-конвейерная обработка

# Конвейерная обработка

15



Генри Форд (1863-1947)

Первый сборочный конвейер  
на автозаводе Форда

# Виды параллельной обработки

16

- Многопроцессорная обработка
  - Несколько процессоров (ядер) используются для решения одной и той же задачи
    - Задача разбивается на подзадачи
    - Каждый процессор выполняет свою подзадачу
- Конвейерная обработка
  - Несколько устройств используются для решения различных задач
    - Задача разбивается на этапы
    - Каждому устройству сопоставляется этап, который оно выполняет, и два других устройства: поставщик и потребитель
- Векторная обработка
  - Использование специального процессора, который выполняет операцию над векторами как одну команду
- Векторно-конвейерная обработка

# Векторная обработка

17



Копировально-фрезерный станок для обработки отверстий замка SZS-100. Обеспечивает сверление 3-х параллельных отверстий для замочного паза.

# Виды параллельной обработки

18

- Многопроцессорная обработка
  - Несколько процессоров (ядер) используются для решения одной и той же задачи
    - Задача разбивается на подзадачи
    - Каждый процессор выполняет свою подзадачу
- Конвейерная обработка
  - Несколько устройств используются для решения различных задач
    - Задача разбивается на этапы
    - Каждому устройству сопоставляется этап, который оно выполняет, и два других устройства: поставщик и потребитель
- Векторная обработка
  - Использование специального процессора, который выполняет операцию над векторами как одну команду
- Векторно-конвейерная обработка

# Векторно-конвейерная обработка

19



Конвейер по  
сборке  
автомобилей на  
заводе "Вольво"

# Пример

20

- Пусть
  - Конвейерное устройство умножения состоит из 4 ступеней, срабатывающих за 1 такт.
  - Векторный процессор имеет 10 арифметических устройств (АУ) и тратит 2 такта на инициализацию векторной команды умножения
- Умножим 100 векторов из 30 элементов на число:
  - скалярный процессор:
    - $4_{\text{такта}} * (30 * 100)_{\text{чисел}} = 12\ 000_{\text{тактов}}$
  - конвейерный процессор:
    - $4_{\text{такта}} * 1_{\text{число}} + 1_{\text{такт}} * (30 * 100 - 1)_{\text{чисел}} = 3\ 003_{\text{тактов}}$
  - векторный процессор:
    - $(4_{\text{такта}} + 2_{\text{иниц.}}) * ((30 * 100)_{\text{чисел}} / 10_{\text{АУ}}) = 1\ 800_{\text{тактов}}$
  - векторно-конвейерный процессор:
    - $(4_{\text{такта}} + 2_{\text{иниц.}}) * 1_{\text{АУ}} + (1_{\text{такт}} + 2_{\text{иниц.}}) * (((30 * 100)_{\text{чисел}} / 10_{\text{АУ}}) - 1) = 903_{\text{такта}}$

# Необходимость параллельных вычислений

21

- Большие вычислительные задачи и теоретическая ограниченность роста производительности последовательных компьютеров.
- Резкое снижение стоимости многопроцессорных (*параллельных*) вычислительных систем
  - ПК на базе 4-ядерного процессора Intel Core 2 Quad – 20 GFlops (\$1500)
  - Персональный мини-кластер T-Edge Mini на базе 4-ядерных процессоров Intel Xeon – 240 GFlops (\$20000)
- Смена парадигмы построения высокопроизводительных процессоров – *многоядерность*.

# Большая задача: пример

22

- Предметная область
  - Нефтяной резервуар, пробуренные скважины для откачки нефти и закачки воды
- Задача
  - Путем моделирования определить необходимость бурения доп. скважин
- Модель
  - Параллелепипед  $1000 * 10\ 000 * 10\ 000$  точек,
  - В каждой точке – от 5 до 20 функций,
  - Значение функции – решение систем нелинейных уравнений (200-1000 арифм. операций)
  - Нестационарный процесс – 100-1000 шагов по времени
- Решение
  - Количество операций:  $10^{11}$ (точек сети) \* 10(функций) \* 500(операций) \* 500(шагов) =  $2.5 * 10^{17}$
  - Производительность персонального компьютера:  $2.5 * 10^9$  операций в секунду
  - **Время решения (одной задачи):  $2.5 * 10^{17} / 2.5 * 10^9 = 10^8$  сек. > 3 года**

# Примеры приложений

23

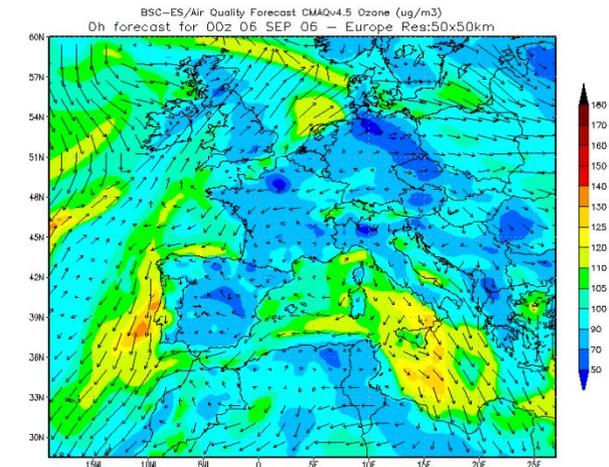
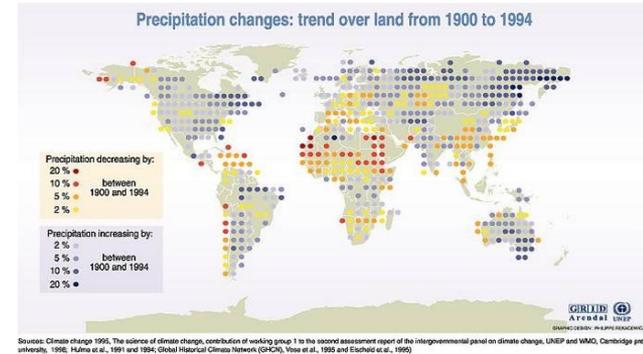
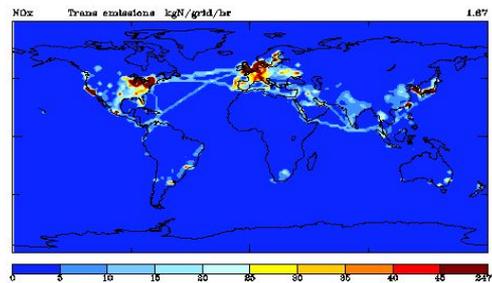
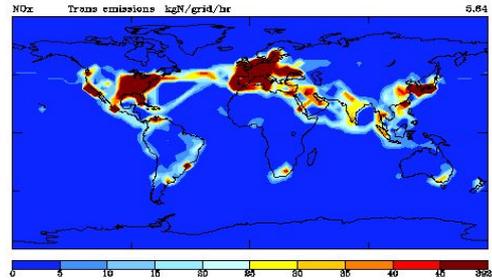
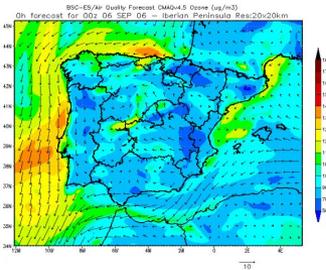
- Автомобилестроение и машиностроение
- Нефте- и газодобыча
- Фармакология
- Прогноз погоды и моделирование изменения климата
- Сейсморазведка
- Проектирование сложных зданий и строительных сооружений
- Синтез новых материалов

# Примеры задач

24

- Анализ изменений климата
- Состояние атмосферы
- Прогноз погоды

Суперкомпьютерный центр в Барселоне

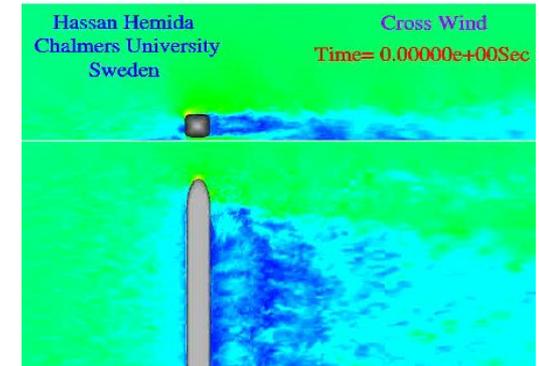
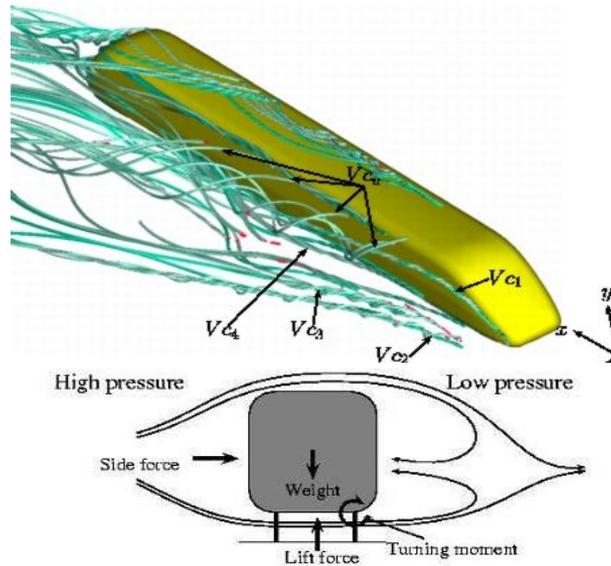
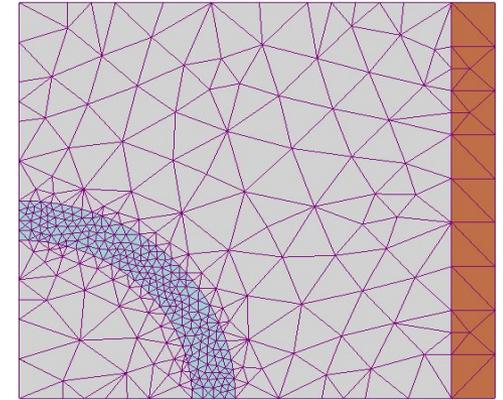
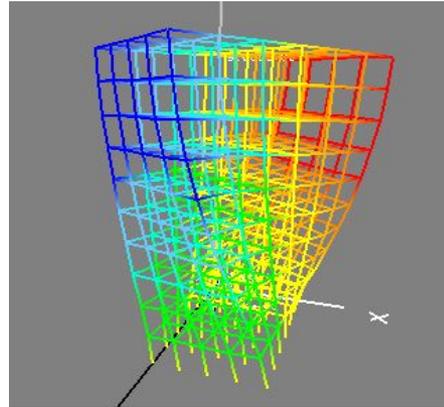
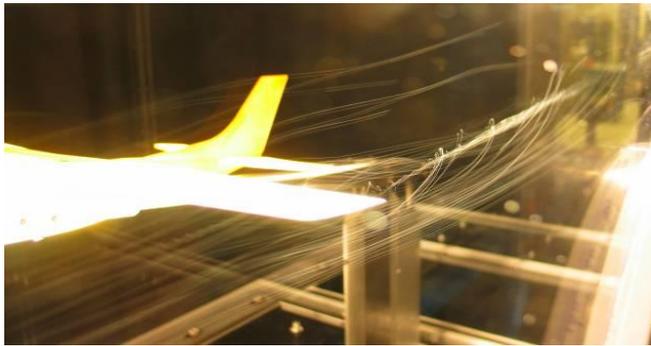




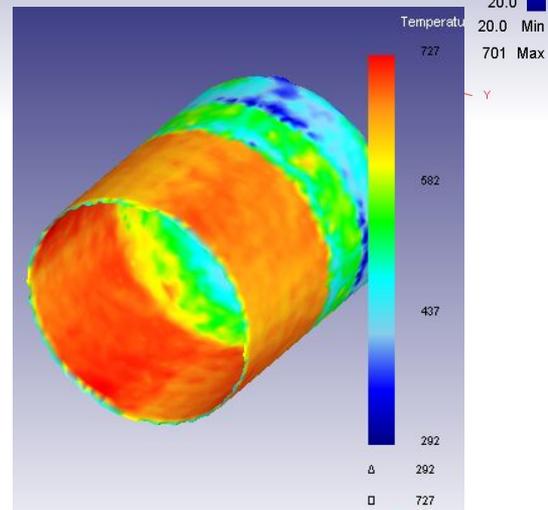
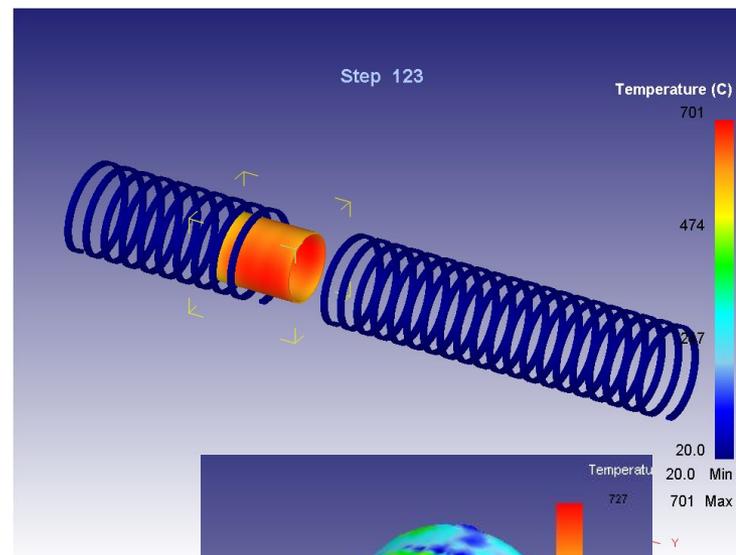
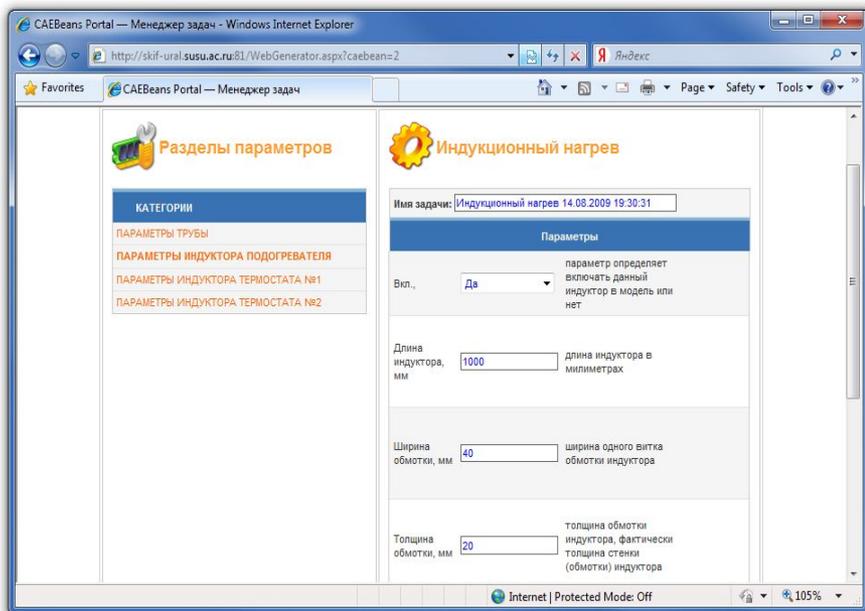
# Примеры задач

26

- Виртуальные испытательные стенды

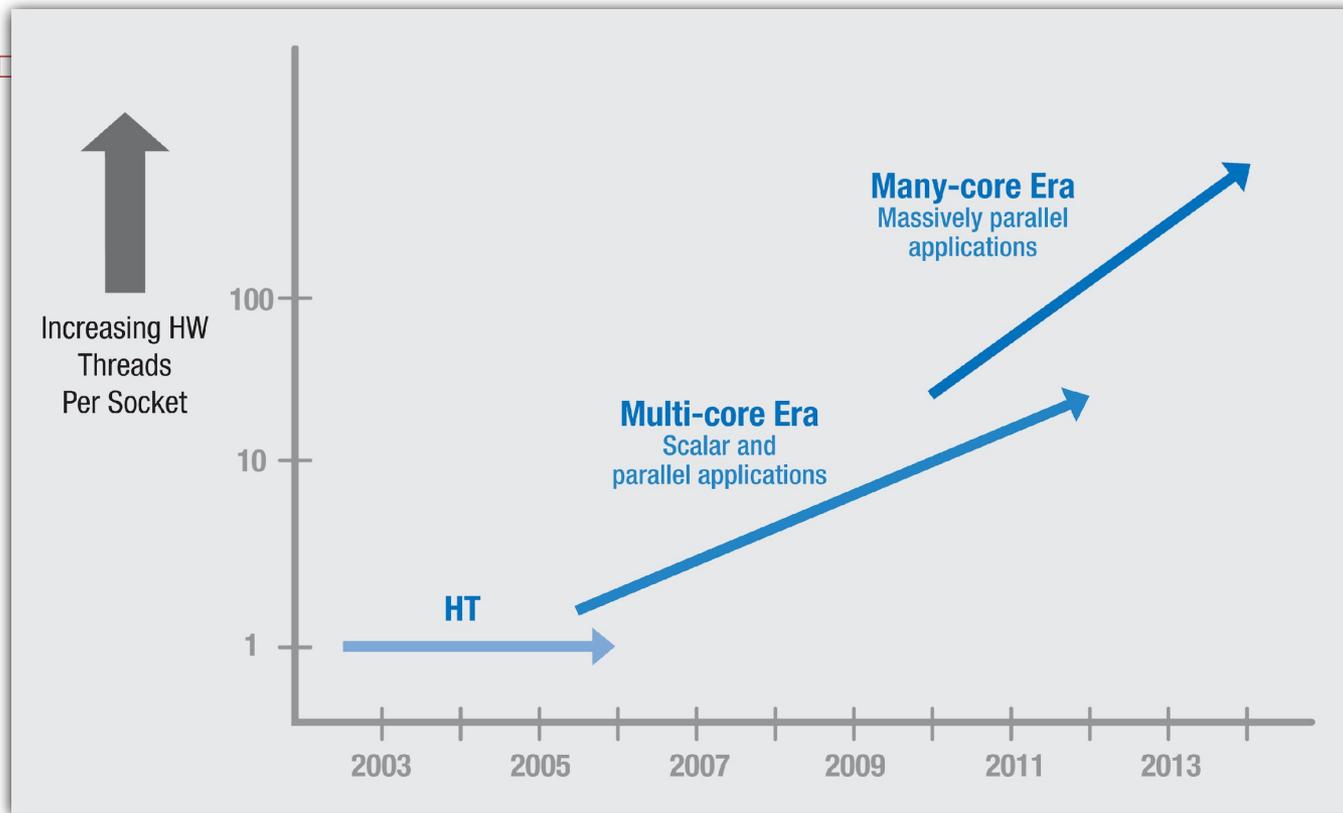


# Виртуальный испытательный стенд на базе «Моделирование эффекта овализации труб при закалке»



# Многоядерные процессоры

28



Platform 2015: Intel Processor and Platform Evolution for the Next. Decade White Paper. -Intel Corporation, 2005.

# Значение параллельных и суперкомпьютерных вычислений для человека

29

- Математическое моделирование с тщательным исследованием возможных вариантов практически в любой сфере человеческой деятельности с помощью вычислительных экспериментов.
- Особые области приложения
  - *Невозможность (недопустимость) натурных экспериментов:* изучение процессов при ядерном взрыве или серьезных воздействий на природу.
  - Изучение влияния экстремальных условий (температур, магнитных полей, радиации и др.) – старение материалов, безопасность конструкций, боевое применение.
  - *Моделирование наноустройств и наноматериалов.*
  - *Науки о жизни* – изучение генома человека, разработка новых лекарственных препаратов и др.
  - *Науки о Земле* – обработка ГИС-данных: полезные ископаемые; селевая, сейсмическая и т.п. безопасность, прогнозы погоды, модели изменения климата и др.
  - *Моделирование при разработке новых технических устройств* – инженерные расчеты.

# Значение параллельных и суперкомпьютерных вычислений для страны

30

- Конкурентоспособность страны в современных условиях во многом определяется уровнем развития суперкомпьютерных вычислительных технологий.
- Суперкомпьютерные технологии становятся одним из решающих факторов научно-технического прогресса (как ранее авиация, ракетная техника, космос).

# Суперкомпьютерные технологии: совокупность знаний и умений

31

- Архитектура параллельных вычислительных систем.
- Модели вычислений и методы анализа сложности.
- Параллельные методы вычислений.
- Параллельное программирование (языки, среды разработки, библиотеки).

# Заключение

- Компетенции современного ИТ-специалиста в области суперкомпьютеров и параллельного программирования
  - способность к использованию аппарата математического моделирования при решении прикладных и научных задач на суперкомпьютерах;
  - способность к разработке параллельных версий последовательного алгоритма решения задачи и их программной реализации;
  - понимание принципиальных возможностей и областей применения параллельных вычислений, включая понимание теоретических и ресурсных ограничений методов и технологий обработки данных с помощью суперкомпьютеров;
  - умение обрабатывать результаты, полученные в ходе экспериментов на суперкомпьютерах, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся научных и технологических достижений в области высокопроизводительных вычислений.