



# ПОНЯТИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

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

*О. Муравьева*

# Содержание

2

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

# Параллельные вычисления

3

- *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

4

- 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

5

## □ *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.

# Виды параллельной обработки

6

- 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

# Пример

7

- 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

8

- 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*.

# Большие задачи: пример

9

- Входные данные
  - ▣ Резервуар, пробуренные скважины
- Задача
  - ▣ Смоделировать ситуацию, понять необходимость дополнительных скважин
- Модель
  - ▣ Куб  $1000 * 10\ 000 * 10\ 000$  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

10

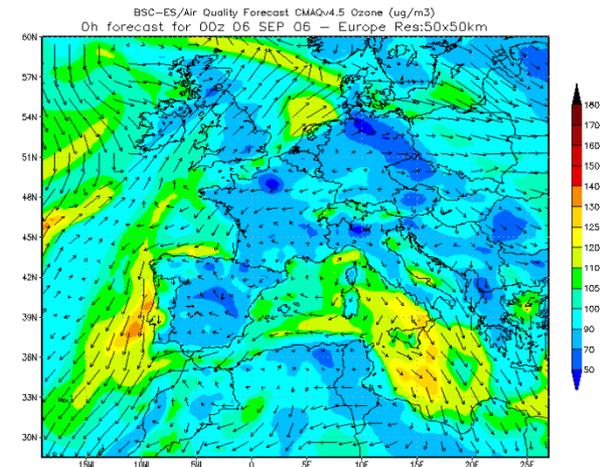
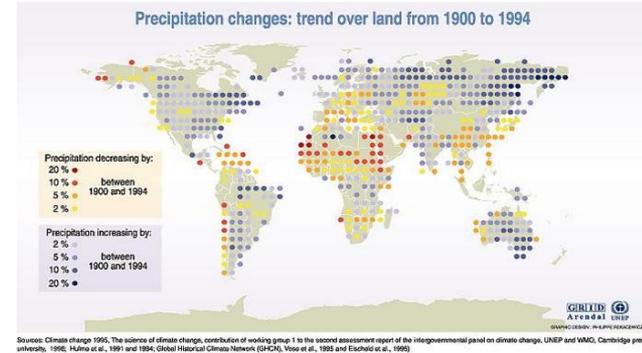
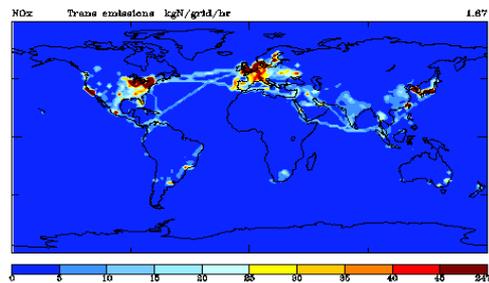
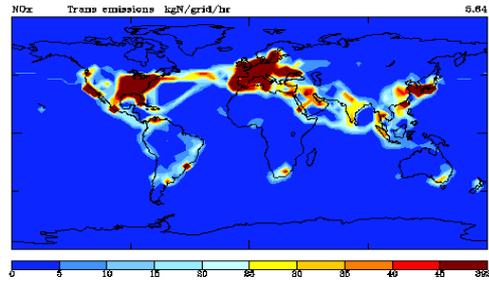
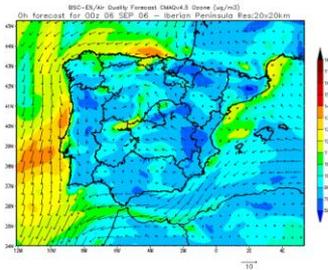
- Автомобилестроение и машиностроение
- Нефте- и газодобыча
- Фармакология
- Прогноз погоды и моделирование изменения климата
- Сейсморазведка
- Проектирование сложных зданий и строительных сооружений
- Синтез новых материалов

# Примеры задач

11

- Анализ изменений климата
- Состояние атмосферы
- Прогноз погоды

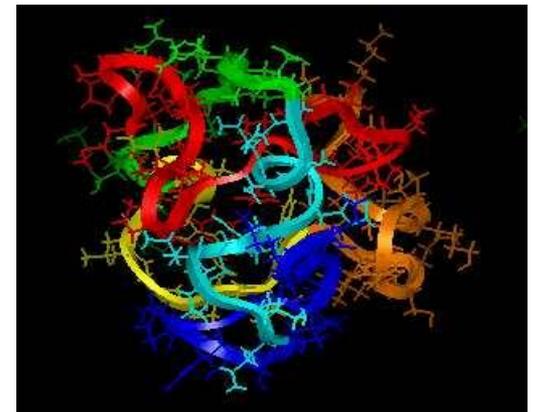
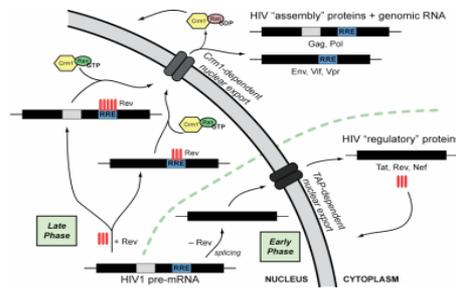
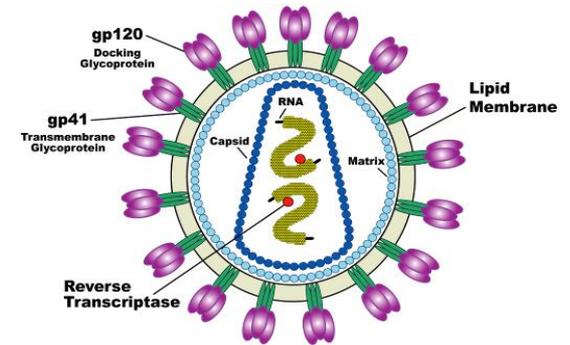
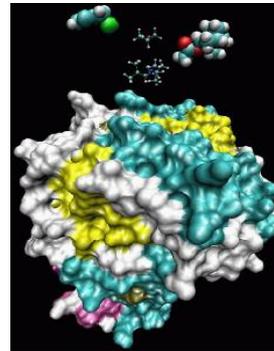
Суперкомпьютерный центр в Барселоне



# Примеры задач

12

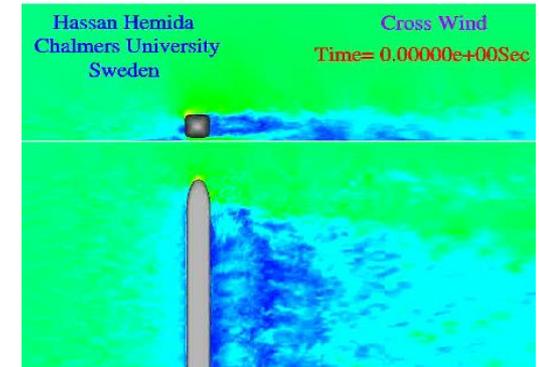
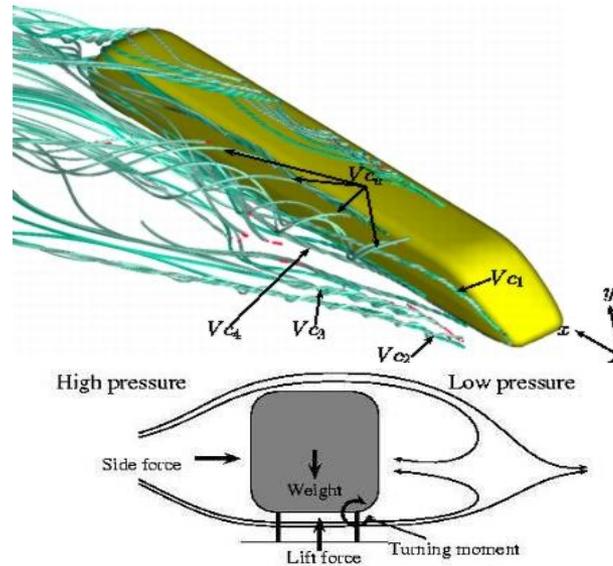
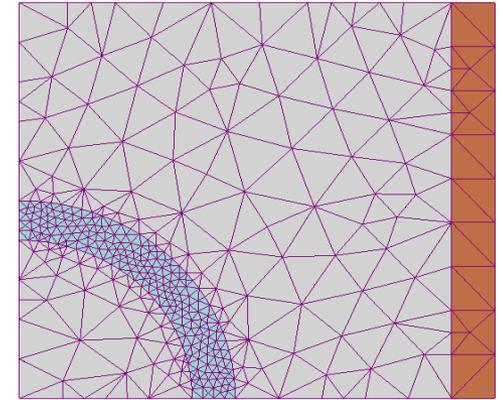
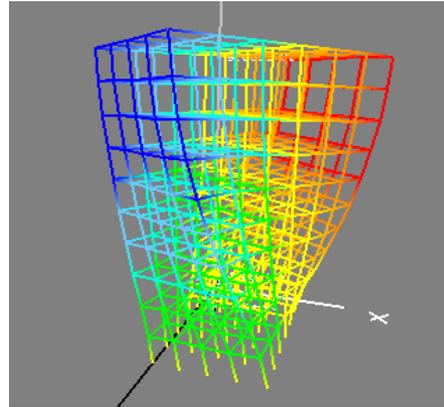
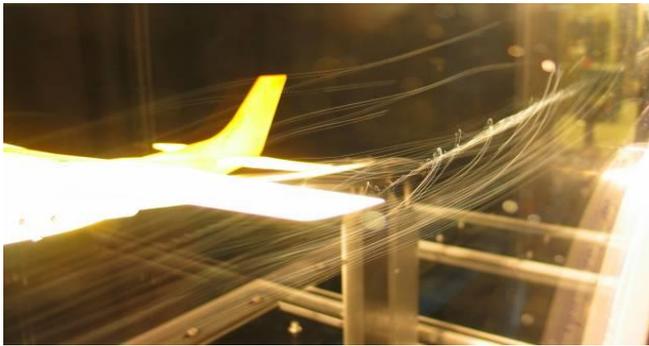
- Новые лекарства и методы лечения
- Расшифровка генома



# Примеры задач

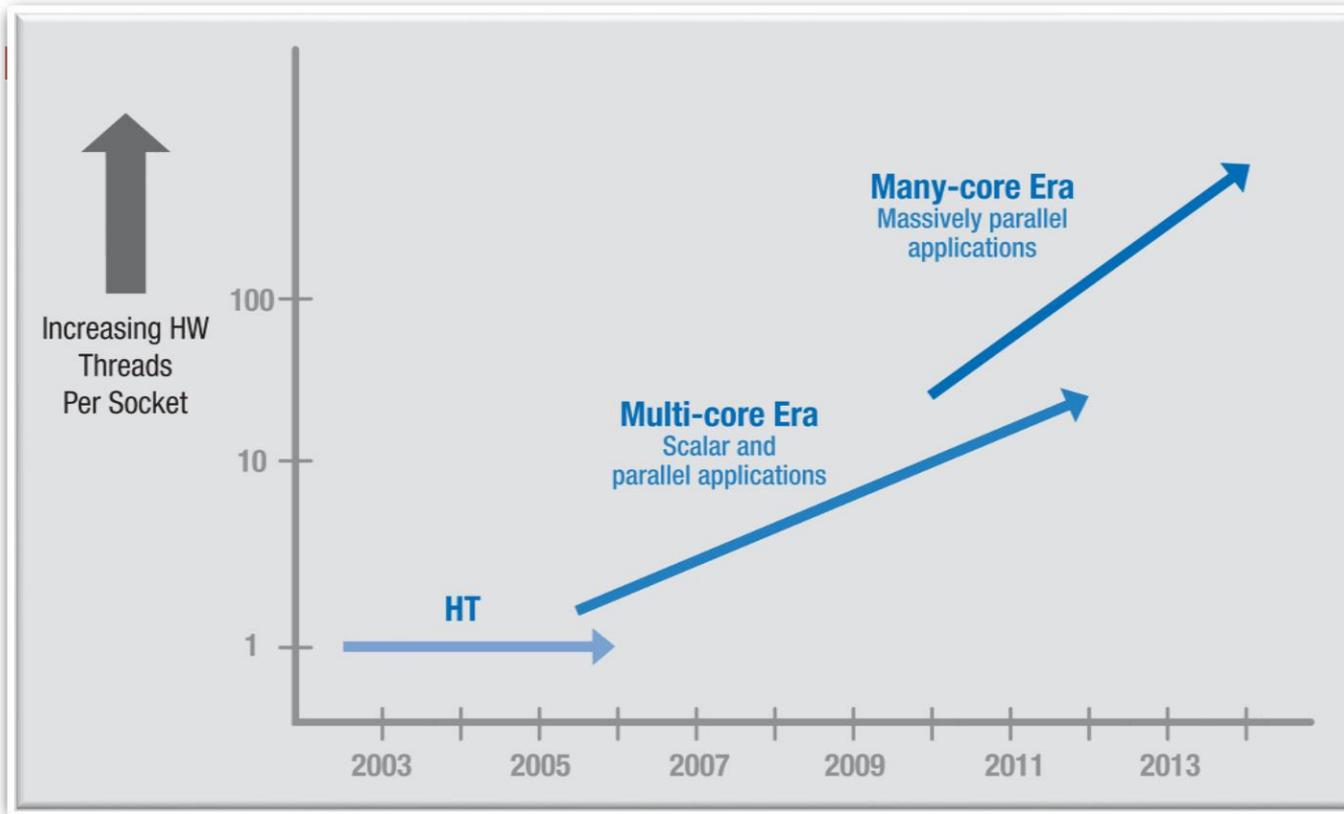
13

## □ Виртуальные испытательные стенды



# Многоядерные процессоры

14



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

# Значение параллельных и суперкомпьютерных вычислений для человека

15

- ❑ Математическое моделирование с тщательным исследованием возможных вариантов практически в любой сфере человеческой деятельности с помощью вычислительных экспериментов.
- ❑ Особые области приложения
  - ❑ *Невозможность (недопустимость) натуральных 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

16

- 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

17

- 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.