

### **3.13 Потоки выполнения. Распределенные и параллельные системы, их отличия. Масштабируемость, закон Амдала.**

#### **Параллельные системы**

**Параллельные системы** — это физические компьютерные, а также программные системы, реализующие тем или иным способом параллельную обработку данных на многих вычислительных узлах.

Идея распараллеливания вычислений базируется на том, что большинство задач может быть разделено на набор меньших задач, которые могут быть решены одновременно. Обычно параллельные вычисления требуют координации действий. Параллельные вычисления существуют в нескольких формах: параллелизм на уровне битов, параллелизм на уровне инструкций, параллелизм данных, параллелизм задач. Параллельные вычисления использовались много лет в основном в высокопроизводительных вычислениях, но в последнее время к ним возрос интерес вследствие существования физических ограничений на рост тактовой частоты процессоров. Параллельные вычисления стали доминирующей парадигмой в архитектуре компьютеров, в основном в форме многоядерных процессоров.

Писать программы для параллельных систем сложнее, чем для последовательных, так как конкуренция за ресурсы представляет новый класс потенциальных ошибок в программном обеспечении, среди которых состояние гонки является самой распространенной. Взаимодействие и синхронизация между процессами представляют большой барьер для получения высокой производительности параллельных систем. В последние годы также стали рассматривать вопрос о потреблении электроэнергии параллельными компьютерами. Характерное увеличение скорости программы в результате распараллеливания объясняется законом Амдала.

Если при вычислении не применяются циклические (повторяющиеся) действия, то  $N$  вычислительных модулей никогда не выполнят работу в  $N$  раз быстрее, чем один единственный вычислительный модуль.

Например, для быстрой сортировки массива на двухпроцессорной машине можно разделить массив пополам и сортировать каждую половину на отдельном процессоре. Сортировка каждой половины может занять разное время, поэтому необходима синхронизация.

#### **Распределенные системы**

**Распределённые системы** — способ решения трудоёмких вычислительных задач с использованием двух и более компьютеров объединённых в сеть.

Распределённые вычисления являются частным случаем параллельных вычислений, то есть одновременного решения различных частей одной вычислительной задачи несколькими процессорами одного или нескольких компьютеров. Поэтому необходимо, чтобы решаемая задача была сегментирована - разделена на подзадачи, которые могут вычисляться параллельно. При этом для распределённых вычислений приходится также учитывать возможное различие в вычислительных ресурсах, которые будут доступны для

расчёта различных подзадач. Однако, не всякую задачу можно «*распараллелить*» и ускорить её решение с помощью распределённых вычислений.

Общая схема участия в том или ином проекте распределённых вычислений выглядит так: потенциальный участник скачивает клиентскую часть программного обеспечения под свою операционную систему, настраивает и запускает его в фоне. Клиент периодически общается с сервером проекта — запрашивает у него данные на обработку и отправляет результаты. При этом клиент выполняется в ленивом приоритете и не мешает основной работе. Таким образом, компьютер работает как и прежде, но уже никогда не простаивает.

## Масштабируемость

**Масштаби́руемость** (scalability) — в информатике означает способность системы увеличивать свою производительность при добавлении ресурсов (обычно аппаратных). Масштабируемость — важный аспект электронных систем, программных комплексов, баз данных, маршрутизаторов, сетей и т. п., если для них требуется возможность работать под большой нагрузкой. Система называется *масштабируемой*, если она способна увеличивать производительность пропорционально дополнительным ресурсам. Масштабируемость можно оценить через отношение прироста производительности системы к приросту используемых ей ресурсов. Чем ближе это отношение к единице, тем лучше.

## Закон Амдала

**Зако́н Амда́ла** (иногда также *Закон Амдаля-Уэра*) иллюстрирует ограничение роста производительности вычислительной системы с увеличением количества вычислителей.

Предположим, что необходимо решить некоторую вычислительную задачу. Предположим, что её алгоритм таков, что доля  $\alpha$  от общего объёма вычислений может быть получена только последовательными расчётами, а, соответственно, доля  $1 - \alpha$  может быть распараллелена идеально (т.е. время вычисления будет обратно пропорционально числу задействованных узлов  $p$ ). Тогда ускорение, которое может быть получено на вычислительной системе из  $p$  процессоров, по сравнению с однопроцессорным решением не будет превышать величины

$$S_p = \frac{1}{\alpha + (1 - \alpha)/p}$$

Закон Амдала показывает, что прирост эффективности вычислений зависит от алгоритма задачи и ограничен сверху для любой задачи с  $\alpha \neq 0$ . Не для всякой задачи имеет смысл наращивание числа процессоров в вычислительной системе.

Более того, если учесть время, необходимое для передачи данных между узлами вычислительной системы, то зависимость времени вычислений от числа узлов будет иметь максимум. Это накладывает ограничение на масштабируемость вычислительной системы, т.е. означает, что с определенного момента добавление новых узлов в систему будет *увеличивать* время расчёта задачи.