

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ПРОЦЕССОРА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

Введение

Решение задачи увеличения скорости обработки данных является одним из основных критериев при разработке и эксплуатации вычислительных машин (комплексов). Одним из направлений увеличения скорости обработки информации (производительности), является задействование нескольких процессоров на решение одной задачи.

Параллельная обработка информации

Распараллеливание рассматривают на нескольких уровнях

1. Аппаратный(многоконвейерность, многоядерность, многопроцессорность) [1].
2. Уровень операционной системы (MOSIX, openMOSIX) [2].
3. Уровень приложений (использование специальных библиотек при программировании, либо написание специализированных алгоритмов на стандартных языках программирования) [3].
4. GRID вычисления [4].

Уровень 1 - частично закрытая информация.

Уровень 2 - есть проекты с открытым кодом, однако законодателями в этой области являются научные институты, и деятельность отдельного человека может быть только в области использования предложенной технологии.

Уровень 3 - наиболее интересен для отдельных разработчиков

Уровень 4 - здесь уже определились те, кто формирует стандарты, однако ещё далеко до окончательной формулировки этих стандартов.

Созданные программные продукты, реализующие распределённые вычисления, можно разделить на несколько категорий [5]

1. Параллельность на уровне алгоритма.
2. Мигрирование процессов (уровень операционной системы).
3. Разделение данных.

В открытых источниках описаны общие принципы работы систем и некоторые технические подробности. Однако разработчики алгоритмов не афишируют теоретическую базу своих технических решений.

В данной статье рассматривается проблематика для класса задач, которые относятся к третьей категории.

© Б.С. Ризваш, Е.В. Крылов, 2006

Описание задачи

Имеется локальная вычислительная сеть, где часть времени компьютеры не загружены на 100%. Имеется вычислительная задача, требующая много процессорного времени (более 5 минут 100% загрузки процессора). Требуется оптимально разделить вычисления между имеющимися компьютерами.

Критерием оптимальности является минимизация времени выполнения вычислений.

Ограничение – пользователи, работающие за компьютерами получившими задания, должны иметь возможность выполнять свои задачи.

Для оценки загрузки необходимо провести исследования, и выявить закон распределения вероятностей загрузки.

При отсутствии некоего закона распределения, будет невозможно оценить вероятность загрузки, и соответственно решение о выдаче вычислительного задания не будет учитывать сформулированное ограничение.

Детализация задачи

Для решения задачи распределения вычислительной нагрузки, необходимо найти способ оценить вычислительные возможности компьютеров (некоторый коэффициент производительности “ K ”), и разделить вычислительную задачу между компьютерами пропорционально полученному коэффициенту. Причём, это распределение должно удовлетворять целевой функции (минимизация времени выполнения задачи), и не нарушать ограничения.

$$K = f(F, L, M), \quad (1)$$

где

F – тактовая частота процессора;

L – загрузка процессора;

M – объём свободной оперативной памяти.

Наибольший интерес представляет загрузка процессора (L), как величина быстро изменяющаяся. Процент загрузки процессора влияет не только на “ K ”, но и на решение о выдаче задания.

Постановка задачи

Используемые термины.

Комплекс - совокупность программ, предназначенных для решения поставленной задачи.

Клиент - компьютер, которому выдаётся задание на вычисление.

Сервер – компьютер, распределяющий задания.

Область исследований.

Поиск закона распределения.

Формулировка задачи

Найти ранее исследованный закон распределения, либо комбинацию таких законов, для описания вероятности загрузки процессора.

Условия проведения эксперимента.

Характеристики оборудования.

- Процессор (800 МГц – 2.4 МГц одноядерные, с или без технологии HT).
- Оперативная память (128 Мб – 1 Гб).
- Жесткие диски (технологии ATA100 – SATA-II).
- Операционная система – Windows2000 или WindowsXP.

Планирование эксперимента

Сбор эмпирических данных

Наблюдение за загруженностью будет производиться в течении полного рабочего дня, на компьютерах имеющих определённое функциональное предназначение. Планируется выполнить 30 циклов наблюдения по 10 компьютерам. Показания снимаются с помощью службы WMI каждую секунду. Возможные неточности работы данной службы компенсируются тем, что решение про загруженность клиента будет приниматься по данным, полученным с помощью этой же службы. Полученные данные будут разбиваться по часам рабочего времени (с 10 до 11, с 11 до 12 и т.д.).

Для каждого часа строится график загруженности процессора и занятости памяти по времени. Для каждого графика загруженности процессора строится ряд распределения частотей загруженности процессора от 0 до 100 % с шагом 1. Для каждого графика занятости памяти строится ряд распределения частотей занятости от 0 до 100% с шагом 1.

Оцениваем характер изменения данных величин и подбираем закон распределения.

Результаты проведения экспериментов

Наиболее характерные из обработанных данных

Похожесть характера рядов распределения частотей позволяет говорить о том, что может существовать закон распределения, который способен описать все эти графики.

Данные получены в результате независимых экспериментов.

Подбор аналитической функции

При оценке загруженности возможны ошибки 2-х видов:

1. выдали задание компьютеру, который не может его выполнить в требуемые сроки (т.е. недооценили загруженность);
2. не выдали задание компьютеру, который может с задачей справиться (т.е. переоценили загруженность).

При данной постановке задачи, более неприемлемой является ошибка 1-го вида. То есть, при оценке загруженности пользуемся пессимистической оценкой (т.е. считаем, что компьютер будет загружен больше, чем на самом деле).

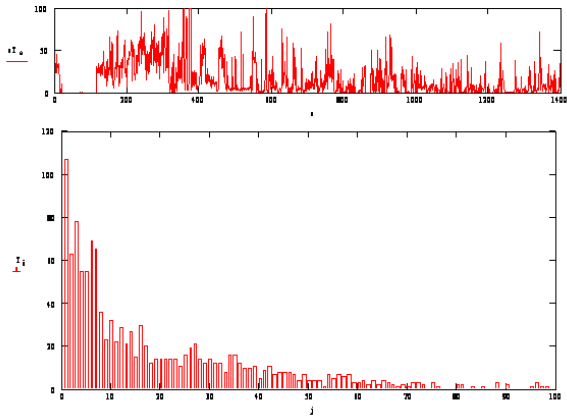


Рис. 1 – (Celeron 2.8 ГГц , 512 Гб) 18ч-19ч (16.03.2006)

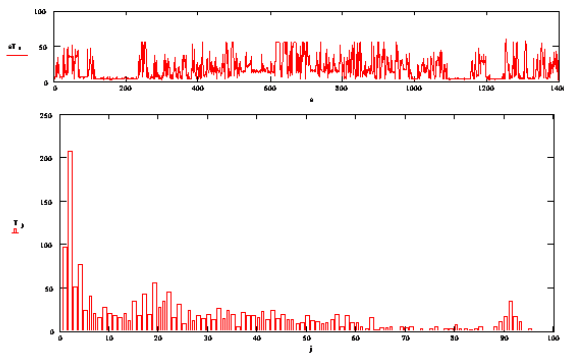


Рис. 2 – (P4 HT , 2.8 ГГц , 1 Гб) 16ч – 17ч (16.03.2006)

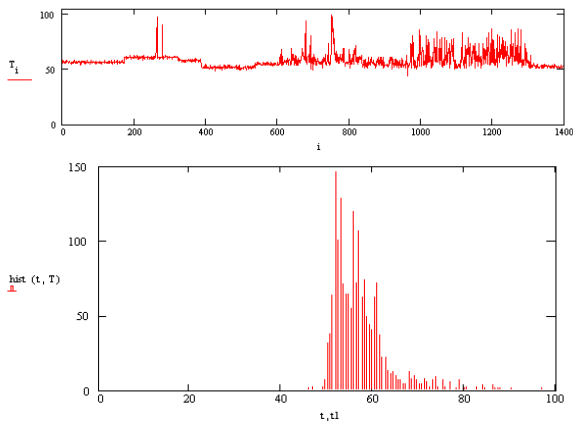


Рис. 3 – (Р4 НТ , 2.8 ГГц , 1 Гб) 13ч – 14ч (15.03.2006)

Так как нас интересует ПЕССИМИСТИЧЕСКАЯ оценка загруженности, то рассматриваем правую от пика загруженности часть ряда распределения частотей.

Соответственно графику, будем искать функцию в виде

$$L(t) = \frac{A1}{A2 \cdot t + A3} \tag{2}$$

где $A1, A2, A3$ – некоторые коэффициенты, зависящие от ряда распределения частотей.

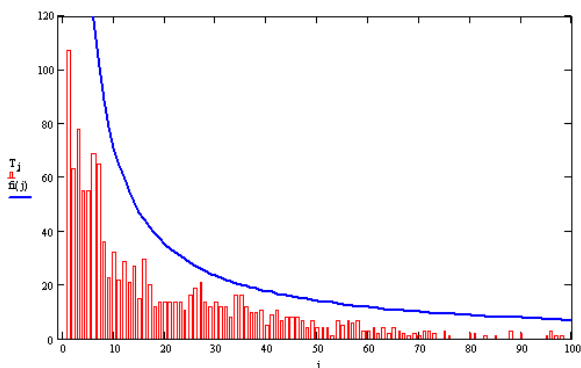


Рис. 4 – Приближение экспериментальных данных эмпирической формулой (соответствует рисунку 1)

Исследования проводились в помощью пакета MathCAD. Формула приведена в формате данного пакета.

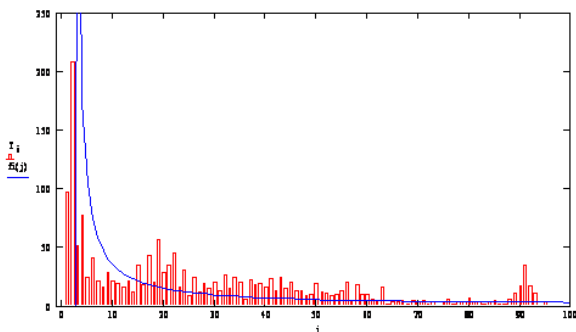


Рис. 5 – Приближение экспериментальных данных эмпирической формулой (соответствует рисунку 2)

$$f_i(x) := \frac{\max(T)}{0.8x - \text{ord}X(T)} \quad (3)$$

Приведённая на графике кривая получена с помощью функции написанной в формате пакета MathCAD. Данная функция возвращает номер интервала из исследуемой области, в котором находится наиболее вероятная загруженность. Так как исследуется интервал от 0 до 100% загруженности, и он разбит на 100 интервалов, то фактически номер возвращаемого интервала является показателем процента загруженности

$$\text{ord}X(T) := \left| \begin{array}{l} j \leftarrow 0 \\ \text{tmp} \leftarrow T_0 \\ \text{for } i \in 0.. \text{rows}(T) - 1 \\ \quad \text{if } \text{tmp} < T_i \\ \quad \quad \left| \begin{array}{l} j \leftarrow i \\ \text{tmp} \leftarrow T_i \end{array} \right. \\ \quad \end{array} \right. \\ j$$

Приведенная полученная эмпирически формула (3), отвечает поставленной задаче.

Вывод

Применить какой-либо из стандартных законов распределения для описания загруженности процессора не представляется возможным, ввиду наличия в конце исследуемого интервала (около 100% загруженности) некоторого “всплеска” (что особенно хорошо видно на рисунке 2).

Введём новое определение: ШИРИНА ВАРЬИРОВАНИЯ (от пика до 100% загруженности)

Вместо попытки нахождения функции, способной описать полностью данную кривую, было принято решение разбить график на 2 части. На выбранных отрезках можно применить следующие законы распределения.

1. Эмпирическая формула – 80% ШИРИНЫ ВАРЬИРОВАНИЯ.
2. НОРМАЛЬНЫЙ закон распределения с математическим ожиданием в точке 90% ширины варьирования и дисперсией 10% ШИРИНЫ ВАРЬИРОВАНИЯ.

При использовании полученного результата в реальных проектах, для избегания необходимости проверки гипотезы о положении пика загрузки, можно ввести ограничения, которые будут сильнее проверки. К примеру, решении задачи о назначении или не назначении конкретному компьютеру задания, можно ввести условие, что при наличии вероятности более 30 для загруженностей выше 80% не назначать задание, и продолжить сбор информации

В данной статье приведён вариант описания закона загрузки процессора. Можно подобрать более сложную зависимость, но ввиду того, что необходима пессимистическая оценка, то и такая зависимость является подходящей.

Полученный результат может быть использован в задачах принятия решений, касающихся загрузки процессора. Например – в задачах распределенной обработки данных, когда присутствует описанное в начале данной статьи ограничение.

Литература

1. Multithreading and Hyper-Threading, Technology & Research at Intel. <http://www.intel.com/technology/computing/htt/index.htm>
2. An Introduction to openMosix Clusters. http://openmosix.sourceforge.net/introduction_to_openmosix.html
3. Распределенные вычисления в Интернете. <http://distributed.ru/?what-is>
4. Концепция грид. <http://gridclub.ru/about>
5. “Основы параллельных вычислений” В.Э. Малышкин ч.1,2. <http://ssga.ru/metodich/paral1/index.html>
6. <http://ssga.ru/metodich/paral2/index.html>