

Оптимизация характеристик информационных мультипроцессорных систем

Шматин А.С., Шматин С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Приведена методика определения производительности мультипроцессорных систем и оптимизация их характеристик.

По мнению ряда ведущих зарубежных и отечественных специалистов производительность мультипроцессорных систем в значительной мере определяется оптимальным соотношением в них процессоров, единиц памяти, а также эффективным временем обращения процессор-процессор, процессор-ЗУ.

Разделяемая память образуется совокупностью ЗУ всех устройств в системе. Процессы распределения в системе могут обращаться как к своей памяти, так и ко всем остальным при условии отсутствия пересечения запросов от других процессоров. Производительность T определяется числом M запоминающих устройств, числом N локальных процессоров в системе, а также частотой пересечения запросов от разных процессоров к памяти [2-4].

$$T = \left[\frac{M}{R} \right] \cdot \left[1 - \left[1 - \frac{R'}{M} \right]^N \right], \quad (1)$$

где R' – действительное использование ЗУ процессоров, которая включает пересечение с запросами других процессоров;

R – логический показатель использования; $R=r_1r_2r_3$;

r_1 – время обращения процессора (в предположении первичной обработки информации);

r_2 – время обращения процессора ко вторичной памяти в системе распределенной памяти;

r_3 – интервал времени, в течение которого блокируется обращение ко вторичной памяти.

При разработке реальных систем надо использовать логический показатель R , так как он легко может быть рассчитан. чтобы получить выражение производительности с учетом только логического показателя R , предположим, что t_0 – среднее время цикла процессора, то есть среднее время между обращениями к памяти одного процессора; t_b – среднее время блокировки

памяти; $t_{ж}$ – среднее время ожидания освобождения блокировки памяти, тогда

$$R = \frac{t_B}{t_0}; \quad R' = \frac{t_B + t_{ж}}{t_0 + t_{ж}}; \quad t_{ж} = \frac{(R' - R)t_0}{t_0 + R'}$$

$\frac{T}{N}$ - отношение скорости исполнения инструкции N-

процессором, при наличии влияния других процессоров

$$\frac{T}{N} = \frac{t_0}{t_0 + t_{ж}}$$

Подставим выражение для $t_{ж}$ и после преобразования получим

$$R' = 1 - \frac{T}{N}(1 - R) \quad (2)$$

Подставим (2) в (1) и, произведя преобразования, получим

$$T = \frac{M}{R} \left(1 - \left(1 - \frac{1}{M} \left(1 - \frac{T}{M} (1 - R) \right) \right)^N \right). \quad (3)$$

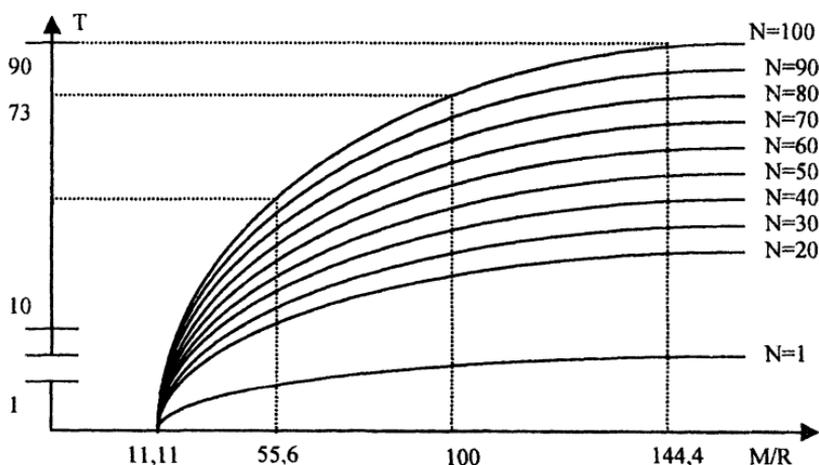


Рис. 1. Графики зависимости $T=f(M/R)$ ($\epsilon=0.001$), построенные с точностью 7%

Производительность T входит в формулу (3) неявно. Получить точное решение для такого полинома N -го порядка не представляется возможным. Поэтому производительность T находим методом последовательных приближений с заданной точностью с помощью ЭВМ. На рис. 1 приведен график зависимости $T=f(M/R)$, рассчитанный на ЭВМ с точностью $\epsilon=0.001$. Из графика, например, видно, что увеличение отношения M/R с 55,6 до 100 приводит к увеличению T с ≈ 49 до ≈ 73 при $M=100$.

Проведем оптимизацию параметров систем, для чего используем критерий оптимизации, определяемый совокупностью характеристик: производительности T , стоимости C и нормированным критерием эффективного времени обмена информацией между двумя процессорами в системе t . Для нахождения условий оптимальности воспользуемся:

$$\frac{\partial(T/C)}{\partial C} = 0$$

или
$$\frac{(\partial T / \partial C)C - T}{C^2} = 0.$$

Откуда условие оптимальности:

$$\frac{T}{C} = \frac{\partial T}{\partial C} \quad (4)$$

С учетом скорости передачи данных S в системе и коэффициентом ошибок P [2] производительность системы будет иметь вид:

$$T = S(1 - P), \quad (5)$$

где P является функцией нормированного критерия t , то есть

$$P = \alpha t, \quad (6)$$

где $\alpha = \text{const}$, $t=f(R)$.

Если C_1 – постоянная стоимость системы, а C_2/t – переменная стоимость, тогда

$$C = C_1 + \frac{C_2}{t} \quad (7)$$

С учетом (5) и (6) выражение (7) будет иметь вид

$$\frac{T}{C} = \frac{S(1 - \alpha t)}{C_1 + C_2 / t} \quad (8)$$

Продифференцировав выражение (5) и учитывая, что

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial C} &= \frac{St(1-\alpha t)}{\partial C}, \text{ получим:} \\ \frac{\partial T}{\partial C} &= \left(\frac{St}{dC}\right)\left(1 - \frac{\alpha C_2}{C - C_1}\right) = \\ &= -\alpha S C_2 \left(\frac{d}{dC}\right) \cdot \left(\frac{1}{C - C_1}\right) = \frac{\alpha S C_2}{(C - C_1)^2} \end{aligned} \quad (9)$$

или с учетом (6) и (8)

$$\frac{1 - \alpha t}{C_1 + \frac{C_2}{t}} = \frac{\alpha t^2}{C_2}, \quad (10)$$

Решая (10), находим оптимальную величину t , с учетом производительности T мультипроцессорной системы, а так же с учетом выражения (4) определим для этой системы ошибку P .

Таким образом, результаты теоретического и экспериментального анализа показали, что в первом приближении производительность T является функцией отношения M/R и лишь незначительно зависит от изменений M и R , не приводящих к изменению их отношения. Использование логической структуры типа ЛВС в информационно-измерительных системах позволяет эффективно применять первичную память, что в свою очередь уменьшает время R_2 , которое позволяет увеличить отношение M/R и, следовательно, повысить производительность T .

Литература

1. Фрир Дж. Построение вычислительных систем на базе перспективных микропроцессоров. – М.: Мир, 1990. – 410 с.
2. Шматин А.С. Автоматизация контрольно-измерительных операций на основе локальных вычислительных сетей. Доклады 2-й МНТК «Моделирование интеллектуальных процессов проектирования и производства (CAD/CAM/'98) – М.-Минск, 1999.
3. Клигман Э. Проектирование специализированных микропроцессорных систем. – М.: Мир, 1985. – 360 с.
4. Хилбурн Дж., Джулич П. МикроЭВМ и микропроцессоры. – М.: Мир, 1989. – 463 с.