

В ходе разработки КС-ЭВМ применены уникальные технические решения, связанные с реализацией высокоскоростной коммуникационной среды Infiniband по бескоммутаторной схеме и подсистемы жидкостного охлаждения процессоров КС-ЭВМ. Это позволило существенно сократить потребляемую мощность КС-ЭВМ (2,2кВт на тесте Linpack), снизить уровень акустического шума (47дБА) и расширить температурный диапазон использования КС-ЭВМ.

Д.Н. Сузанский

Военный учебный научный центр ВВС, г. Москва

СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ НА МНОГОМАШИННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Для нахождения оптимальных решений различных задач оптимизации очень часто используется метод ветвей и границ, который является вариацией полного перебора с отсеком подмножеств допустимых решений, заведомо не содержащих оптимальных решений [1, 2]. С особым успехом данный метод применяется для решения задач комбинаторной оптимизации, позволяя уменьшать пространство допустимых решений с помощью эффективной процедуры поиска. Применительно к данному классу задач идея метода может быть описана как нахождение минимума или максимума заданной целевой функции $F(\mathbf{p})$ на множестве всех перестановок $\mathbf{P}$, при этом множество всех перестановок представляется в виде дерева и поиск оптимального решения идет по ветвям этого дерева вариантов.

Таким образом, при использовании этого метода важно выбрать:

- процедуру ветвления;
- процедуру нахождения оценки (границ).

Процедура ветвления состоит в разбиении области допустимых решений на подобласти меньших размеров. Для ее реализации

удобно использовать лексикографическое представление [1, 2] множества всех перестановок $\mathbf{P}$. Процедура нахождения оценок («отбраковка» элементов $\mathbf{P}$) заключается в поиске верхних и нижних границ для оптимального значения на подобласти допустимых решений. Поиск происходит с использованием функции $\mathbf{F}(\mathbf{p})$, вид которой определяется конкретной прикладной задачей.

Лексикографическое представление множества всех перестановок удобно представить в виде дерева глубиной $\mathbf{N}$ (количество ярусов), где $\mathbf{N}$ – размерность конкретной прикладной задачи, у которого ветвь – это отдельная перестановка. Количество ветвей у этого дерева – $\mathbf{N}!$. Кроме этого, процедура нахождения оценки (границы) для любой ветви дерева одинаковая и не изменяется.

Описанный способ организации ветвления позволяет успешно реализовать данный метод на многомашинной вычислительной системе, разбив все дерево перестановок на количество машин в системе. При этом на каждой машине в системе решается однотипная задача. Так как области поиска (части дерева перестановок) у машин не пересекаются, все машины могут работать практически в асинхронном режиме. Для увеличения быстродействия всей системы в целом необходимо ввести обмен данными (минимумом или максимумом целевой функции $\mathbf{F}(\mathbf{n})$) между машинами.

Таким образом, на каждой машине вычислительной системы необходимо иметь процедуры:

- нахождения границы;
- отправки минимума (максимума) целевой функции;
- порождения очередной ветви дерева перестановок;
- приема минимума (максимума) целевой функции.

При реализации упомянутых процедур возникают тонкие моменты только при программировании четвертой процедуры (приема минимума (максимума) целевой функции) и как следствие – третьей процедуры (порождения очередной ветви дерева перестановок). Так, при приеме минимума (максимума) целевой функции необходимо вводить синхронизацию при доступе к переменной, которая содержит этот минимум (максимум), а при

порождении очередной ветви дерева перестановок – необходимо точно определить ярус дерева, на котором происходит превышение минимума (максимума) целевой функции.

Четкая и правильная реализация перечисленных процедур позволяет добиться высокой производительности многомашинной вычислительной системы.

Приведенные выше положения были реализованы при решении задачи комбинаторной оптимизации – «задачи о назначении» [1, 2]. Суть данной задачи заключается в том, чтобы при известной матрице затрат $C = \|c_{ij}\|$ (c_{ij} – затраты, связанные с назначением i -го ресурса на j -й объект), необходимо найти такую перестановку $(p_1, p_2, \dots, p_N)$, которая минимизирует сумму

$$\sum_{i=1}^N C_{ip_i}. \quad (1)$$

Данная задача была реализована на многомашинной вычислительной системе при помощи которой исследовались вычислительные характеристики метода ветвей и границ. Для этого использовался коэффициент повышения быстродействия σ многомашинной вычислительной системы [3], который определяется как

$$\sigma = \frac{t_1}{t_n}, \quad (2)$$

где t_1 – время вычисления задачи на одной вычислительной машине, t_n – время вычисления задачи на многомашинной вычислительной системе.

Указанный коэффициент позволяет оценить скорость выполнения задачи на многопроцессорной вычислительной системе.

При исследовании быстродействия рассматривалась задача о назначениях размерности $N = 12$. Матрицы стоимости заполнялись случайными числами, подчиненными нормальному закону распределения. Использовалась вычислительная система, состоящая из трех машин. Засекались соответствующие времена выполнений. В результате можно сказать, что коэффициент повышения быстродействия для системы из трех машин в основном варьируется в пределах $\sigma = 1,9 \dots 2,8$. При этом на значение

данного коэффициента сильно влияет дисперсия элементов матрицы стоимости.

Список литературы

1. Рейнгольд Э., Нивергельт Ю., Део Н. Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика. – М.: Мир, 1980.
2. Романовский И.В. Алгоритмы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1977.
3. Головкин Б.А. Расчет характеристик и планирование параллельных вычислительных процессов. – М.: Радио и связь, 1983.

А.В. Сысоев

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ГЛОБАЛЬНОГО ПОИСКА

Специалист-прикладник, ставящий задачу рационального выбора, имеет дело с интересующим его объектом исследований, характеризуемым некоторым выделенным набором параметров и свойствами, которые определенным образом зависят от этих параметров, и целью рационального выбора. Специфицировав характер этих зависимостей в виде набора функциональных характеристик, заданных на пространстве параметров, постановщик получает *модель объекта*, с которой далее и работает специалист по решению задач глобально-оптимального выбора. Задача последнего – формализовать цель рационального выбора, построив на множестве функционалов критерий эффективности и определив, каким ограничениям должны удовлетворять функционалы. При этом типичной является ситуация, когда выбор рационального варианта многокритериален, а значит, критерий эффективности будет векторным. Ситуация усложняется тем, что отнюдь не всегда очевидно, какие функционалы взять в качестве критериев, а сами частные критерии обычно противоречивы. Априорной информации для принятия такого