

ПОСТРОЕНИЕ ОДНОПРОЦЕССОРНОГО РАСПИСАНИЯ С МИНИМИЗАЦИЕЙ ПИКОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСА ПРИ ПОМОЩИ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА

Абрамов Алексей Владимирович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: asquarepro.asquarepro@gmail.com

Научный руководитель — Чупахин Андрей Андреевич

Эффективность использования ресурсов в вычислительных системах (ВС) тесно связана с задачей планирования заданий, выполняющихся в ВС. Результатом решения задачи планирования является построение расписания выполнения заданий в ВС. Расписание определяет распределение заданий по вычислительным узлам вместе с указанием для каждого задания времени начала и конца выполнения. Традиционно при решении задачи планирования минимизируется общее время выполнения заданий (разница между временем завершения последнего задания и временем начала выполнения первого задания), однако, часто в таких задачах возникают дополнительные ограничения на используемые ресурсы. Нередко данные ограничения по разным причинам являются более критичными, чем общее время выполнения заданий: например, из-за конструктивных ограничений ВС или существенных экономических затрат на использование ресурсов. Таким образом, при построении ВС возникает задача определения необходимого для ВС объёма ресурсов, которого точно хватит для организации вычислительного процесса, но также не окажется в избытке.

В данной работе рассматривается проблема построения оптимального расписания не с точки зрения уменьшения времени его выполнения, а с точки зрения уменьшения пикового потребления ресурса (например, памяти). ВС состоит из одного процессора, способного в каждый момент времени обрабатывать лишь одно задание. Входными данными является ориентированный ациклический граф заданий, в котором узлы представляют собой задания, а рёбра — зависимости по данным между ними. Результат выполнения каждого задания хранится в вычислительной среде, то есть занимает определённое количество уникального ресурса, до тех пор, пока не выполнятся все непосредственные потомки данного задания (то есть, вершины в графе, которые связаны ребром с текущей вершиной). Необходимо построить расписание, минимизирующее пиковое

потребление ресурса.

В [1] показано, что в общем случае задача является NP-трудной, но алгоритмы, решающие задачу в общем случае, в литературе не рассматривались. Однако, были рассмотрены различные частные случаи данной задачи, в которых граф предшествования задан определённым образом: деревом [1, 2], множеством параллельных цепей [3, 4], последовательно-параллельным графом [5]. Для каждого из частных случаев были предложены полиномиальные алгоритмы со сложностями $O(n \log_2 n)$, $O(n \log_2 s)$, $O(n^2)$ соответственно (здесь: n — количество вершин в графе, s — количество параллельных цепей).

В данной работе проведён обзор алгоритмов построения расписаний, приведено описание алгоритмов, в числе которых жадный алгоритм, алгоритм имитации отжига, генетический алгоритм и муравьиный алгоритм. Разработан муравьиный алгоритм для решения задачи минимизации пикового использования ресурсов, рассмотрены различные модификации алгоритма, в числе которых локальный поиск и подход Ant-Q, основанный на обучении с подкреплением, а также проведено сравнение реализованного муравьиного алгоритма с другими кандидатами. На рис. 1 изображено сравнение двух разработанных алгоритмов: муравьиного алгоритма и алгоритма имитации отжига. Алгоритмы и исследования расположены в репозитории [6].

Иллюстрации

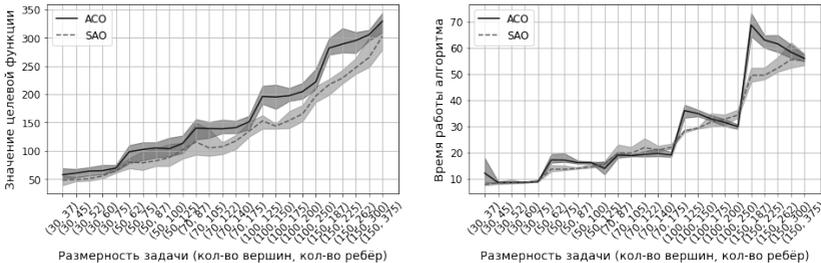


Рис. 1. Слева изображена зависимость целевой функции, а справа зависимость времени работы алгоритма от размерности задачи для алгоритмов имитации отжига (SAO) и муравьиного алгоритма (ACO) [6].

Литература

1. R. Sethi, Complete Register Allocation Problems // SIAM Journal on Computing. 1975. Vol. 4. № 3. P. 226–248.
2. R. R. Redziejowski, On Arithmetic Expressions and Trees // Communications of the ACM. 1969. Vol. 12. № 2. P. 81–84.
3. P. G. Hebalkar, Coordinated Sharing of Resources in Asynchronous Systems // Record of the Project MAC conference on concurrent systems and parallel computation, Massachusetts, USA, 1970, P. 151–168.
4. E.G. Coffman, Jr., and P. J. Denning, Operating Systems Theory, New Jersey, Prentice-Hall, 1973.
5. H. Abdel-wahab and T. Kameda, Scheduling to minimize maximum cumulative cost subject to series-parallel precedence constraints // Operations Research. 1978. Vol. 26. № 1. P. 141–158.
6. <https://github.com/Crotokot/SchedulingProblem>