

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Гацура В.Д.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Матвейчук Н.М. – канд. физ.-мат. наук

В данной работе рассматривается проблема оптимального планирования распределенных задач. Разработана система, позволяющая составлять оптимальное или приближенное к оптимальному расписание выполнения задач, несмотря на неопределенность длительностей выполняемых работ.

Современные вычислительные нагрузки высоко изменчивы, и характеризуются особым распределением: множество небольших задач (или запросов) с малыми ресурсными требованиями и сравнительно небольшое множество крупных задач с непропорционально высокими требованиями к потребляемым ресурсам. При таких характеристиках задач становится актуальным планирование распределения задач по узлам обработки, которое позволит более эффективно использовать ресурсы.

В докладе рассматривается распределенная система решения задач для двух узлов, назовем их узел А и узел В. Имеется список задач, предназначенных к выполнению, среди которых можно выделить четыре группы задач: задачи, которые должны быть выполнены только на узле А; задачи, которые должны быть выполнены на узле В; задачи, которые должны быть выполнены сначала на узле А, а затем на узле В и задачи, которые должны быть выполнены сначала на узле В, а затем на

узле А. Для каждой задачи планируемая длительность ее выполнения на этапе составления расписания может быть известна лишь с определенной погрешностью. Поэтому вместо детерминированных длительностей операций будем рассматривать неопределенные (интервальные) длительности операций, предположив, что верхние и нижние границы будут заданы на этапе составления расписания.

Исходя из постановки задачи, можно сделать вывод что данную задачу можно рассматривать в терминах теории расписаний. Пусть для узлов А и В имеется список из n задач $J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$. Фактическая длительность p_{ij} для каждой из задач не известна, но известны нижняя a_{ij} и верхняя b_{ij} границы: $a_{ij} \leq p_{ij} \leq b_{ij}$. В процессе выполнения возможные длительности задач принимают значения $T = \{p \mid a_{ij} \leq p_{ij} \leq b_{ij}, J_i \in J, j \in \{A, B\}\}$ допустимых $2n$ -мерных векторов $p = (p_{1A}, p_{1B}, p_{2A}, \dots, p_{nB}) \in T$.

Для того, чтобы рассматривать оптимальность или приближенность к оптимальности построенных расписаний, необходимо определить критерий, по которому и будет сделан вывод об оптимальности. Для данной задачи был выбран критерий минимизации общего времени выполнения заданного множества задач $C_{max} = \max\{C_i \mid J_i \in J\}$, где C_i – момент завершения выполнения задачи $J_i \in J$. Этот критерий является регулярным, поскольку целевая функция не убывает ни по одному из своих аргументов. Исходя из этого, оптимальное расписание достаточно искать среди активных расписаний, т.е. расписаний без неоправданных простоев каждого узла. Активное расписание задается перестановкой задач $\pi_i = (J_{i1}, J_{i2}, \dots, J_{in}) \in S$, определяющей порядок их выполнения. Здесь $\{i_1, i_2, \dots, i_n\} = \{1, 2, \dots, n\}$ и $S = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n\}$ – множество $n!$ перестановок n задач множества J . В обозначениях, принятых в теории расписаний, рассматриваемая неопределенная задача планирования времени двух узлов может быть представлена следующим образом: $J2 \mid a_{ij} \leq p_{ij} \leq b_{ij}, n_i \leq 2 \mid C_{max}$.

Оптимальное расписание для задачи $J2 \mid C_{max}$ определяется парой перестановок Джексона (π', π'') , где π' – перестановка выполнения задач множества $J_1 \cup J_{12} \cup J_{21}$ узлом А, а π'' – перестановка выполнения задач множества $J_2 \cup J_{12} \cup J_{21}$ узлом В. Решение задачи $J2 \mid a_{ij} \leq p_{ij} \leq b_{ij}, n_i \leq 2 \mid C_{max}$ достаточно искать среди пар перестановок $\pi' = (\pi'_{12}, \pi'_1, \pi'_{21})$ и $\pi'' = (\pi''_{21}, \pi''_2, \pi''_{12})$, $1 \leq i \leq n_{12}!$, $1 \leq j \leq n_{21}!$ (задача J_j содержится в перестановке π_i , если $J_j \in J_i, i \in \{1, 2, 12, 21\}$).

Поскольку длительность операций не определена, то в общем случае не существует перестановки, оптимальной для задачи $J2 \mid a_{ij} \leq p_{ij} \leq b_{ij} \mid C_{max}$ при традиционном подходе к решению задачи (оптимальной для всех векторов длительностей операций $p \in T$). Задача $J2 \mid a_{ij} \leq p_{ij} \leq b_{ij} \mid C_{max}$ с математической точки зрения некорректна. Поэтому необходимо выполнять построение расписания в два этапа: до начала выполнения задач (этап off-line) и во время выполнения задач (этап on-line). На этапе off-line вначале производится попытка построения пары перестановок, оптимальных для всех векторов длительностей операций $p \in T$, для чего производится проверка достаточных условий. Если эти условия не выполняются, то на множестве требований производится построение графа частичного строгого порядка, что помогает сократить количество рассматриваемых перестановок. После этого, используя достаточные условия можно сделать вывод о возможности построения оптимального расписания на этапе off-line. Если эти достаточные условия не выполняются, то далее построение расписания будет производиться на этапе on-line. На этом этапе проверка достаточных условий производится в процессе обслуживания, когда операции имеют точные значения своих длительностей, выполнение которых уже завершено к этому моменту времени t . Знание точных значений длительностей операций позволяет уменьшить множество T . При проверке достаточных условий используются уже известные фактические значения времени выполнения завершенных задач. В случае невыполнения этих условий производится построение пары перестановок, оптимальных для средних значений времени выполнения задач.

Разработанная система позволяет составлять расписания выполнения задач узлами в два этапа, которые называются off-line и on-line. Также система во время своей работы собирает различные статистические данные построенных расписаний, которые в дальнейшем доступны для анализа. В случае, когда полученное расписание приближено к оптимальному, система дополнительно определяет оптимальное расписание с учетом фактических длительностей завершенных задач. На основании этого, в дальнейшем, рассчитывается разница во времени выполнения для того, чтобы оценить точность построенного расписания ввиду неопределенных длительностей. Для дальнейшего анализа в статистические данные также вносится информация о том, на каком этапе было составлено оптимальное расписание, количество времени, занимаемое программой для проведения подсчетов, количество простоев каждым из узлов. Время, занимаемое программой для проведения подсчетов, рассчитывается для того, чтобы узнать, насколько быстрым будет отклик программы в процессе составления расписания. На рисунке 1 представлена архитектура разработанной системы.

Компонент построения расписания на этапе off-line предназначен для построения первичного расписания выполнения задач. Если в результате работы данного компонента, расписание получилось оптимальным по достаточным условиям, то координатор отправляет задачи на выполнение без дальнейшего вмешательства в ход выполнения данных задач. В случае не

оптимальности расписания, координатор отправляет задачи на выполнение, но при этом отправляет команду компоненту построения расписания на этапе on-line отслеживать состояние выполнения задач и корректировать их ход по мере необходимости. Отслеживание состояния выполнения задач, а также их фактического времени выполнения производится компонентом мониторинга задач.

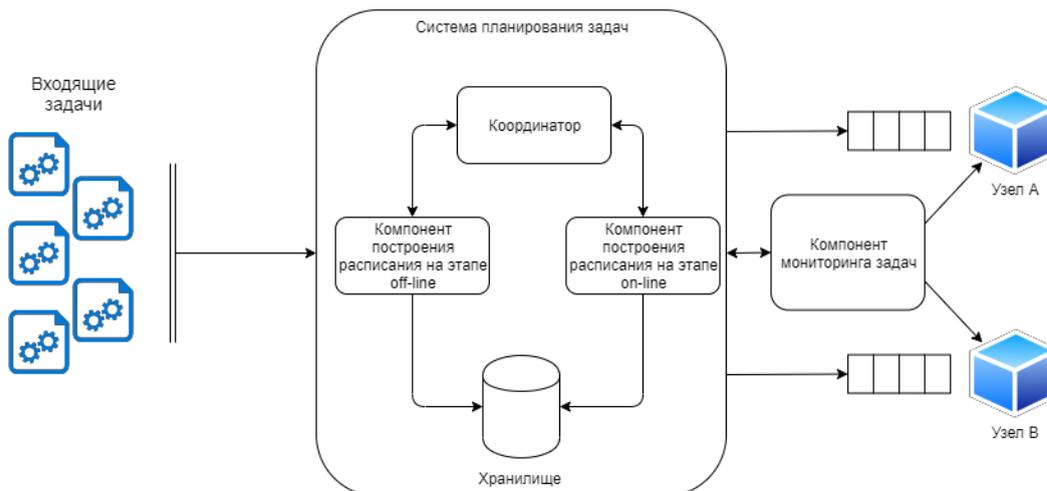


Рисунок 1 – Архитектура системы построения расписаний выполнения задач

К каждой задаче в списке входящих накладывается ограничение наличия следующей информации: границы длительности задачи, указание узла обработки данной задачи или последовательности узлов при необходимости выполнения задачи двумя узлами, вид разрешения конфликтов на этапе on-line. В результате выполнения входящих задач получаем построенное расписание вместе со статистическими данными по нему.

Основная архитектурная особенность разработки системы для построения расписания выполнения задач заключается в распределенности компонентов данной системы, что в свою очередь приводит к необходимости синхронизации работы компонентов для их слаженной работы. Механизмы синхронизации распределенных компонентов не является основной темой данного и доклада и по этой причине не рассматриваются нами.

Список использованных источников:

1. Sotskov, Yu.N. Two-machine job-shop scheduling problem to minimize the makespan with uncertain job durations / Yu.N. Sotskov, N.M. Matsveichuk, V.D. Hatura // Algorithms. – 2020. – Vol. 13. №4. – P. 1-42.
2. Шафранский Я.М. О существовании глобально оптимальных расписаний для задачи Беллмана-Джонсона для двух приборов в условиях неопределенности / Я.М. Шафранский .. Информатика. – 2009. - №3. – С. 100-110.