

Е. А. Аксёнова, А. В. Соколов (Петрозаводск, ИПМИ КарНЦ РАН). **Минимизация средних затрат на перераспределение при работе с двумя work-stealing деками в двухуровневой памяти.**

УДК 004.942

Резюме: В работе рассмотрена задача оптимального разделения общей быстрой памяти для двух деков и определения оптимального состояния для каждого дека после перераспределения памяти. Анализируется метод управления деками в двухуровневой памяти, в котором вершины и концы деков находятся в быстрой памяти, а средние части деков хранятся в медленной памяти.

Ключевые слова: work-stealing планировщики, work-stealing дека, кэширование деков, случайные блуждания, имитационные модели.

Деки с ограниченным входом [1] (work-stealing дека) используются в work-stealing планировщиках параллельных задач [2]. Каждый поток имеет свой дек (англ. deque), на одном конце которого он добавляет и извлекает задачи, а на втором конце задачи перехватываются другими потоками, дека которых стала пустыми. Можно перехватывать один элемент или несколько элементов. «Work-stealing» планирование используется в таких системах как Cilk, Cilk++, TPL, TBB, X10, JSR166 (пакет java.util.concurrent), Erlang, OpenMP в реализации ICC.

В докладе рассмотрена модель оптимального управления двумя work-stealing деками в двухуровневой памяти. Решается задача оптимального разделения общей быстрой памяти для двух деков и определения оптимального состояния для каждого дека после перераспределения памяти. Анализируется метод управления деками в двухуровневой памяти, в котором вершины и концы деков находятся в быстрой памяти, а средние части деков хранятся в медленной памяти. Построены математическая и имитационная модели процесса в виде случайного блуждания. В качестве критерия оптимальности рассматривалась минимизация суммы средних затрат на перераспределение памяти для двух деков и минимизация наибольших средних затрат на перераспределение памяти для двух деков.

Как показал наш опыт программной реализации, большое значение имеет оптимизация работы с кэш-памятью в параллельных планировщиках задач, работающих по стратегии «work-stealing». Например, в реализации [3] за счет того, что в дека записывались объекты задач вместо указателей на задачи, удалось уменьшить время выполнения тестовых задач в 2.5 раза и кэш-промахи до 30% по сравнению с work-stealing Intel TBB и Intel/MIT Cilk.

В работе [4] рассматривалась модель управления одним деком в двухуровневой памяти. Задача состояла в том, чтобы определить количество элементов из вершины и конца дека, которое при перераспределении памяти остается в быстрой памяти. Рассмотренный критерий оптимальности – максимальное среднее время работы до следующего перераспределения памяти (минимизировалось количество перераспределений памяти). В работе [5] решалась задача управления одним деком в двухуровневой памяти, когда в качестве критерия оптимальности рассматривались минимальные средние

затраты на перераспределение памяти при переполнении или опустошении быстрой памяти. В работе [6] для случая двух деков решалась задача нахождения оптимального разделения общей быстрой памяти для деков и определение для каждого дека оптимального состояния после перераспределения памяти. В качестве критерия оптимальности рассматривалась максимальная сумма средних времен работы каждого дека до следующего перераспределения памяти и максимальное наименьшее среднее время работы каждого дека до следующего перераспределения памяти. Предполагалось, что для каждого дека его концы хранились в его разделе быстрой памяти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Knuth D.* The Art of Computer Programming, v. 1, Addison-Wesley Professional, 1997, 672 p.
2. *Blumofe R.D., Leiserson C.E.* Scheduling Multithreaded Computations by Work Stealing. — Journal of the ACM, 1999, v. 46, № 5, p. 720–748.
3. *Kuchumov Ruslan, Sokolov Andrey, Korkhov Vladimir* Staccato: shared-memory work-stealing task scheduler with cache-aware memory management. — International Journal of Web and Grid Services, 2019, v. 15, № 4, p. 394–407. DOI:10.1504/IJWGS.2019.103233
4. *Лазутина А. А., Соколов А. В.* Об оптимальном управлении Work-stealing деками в двухуровневой памяти. — Вестник компьютерных и информационных технологий, 2020, т. 17, № 4, с. 51–60. DOI:10.14489/vkit.2020.04.pp.051-060. // *Lazutina A. A., Sokolov A. V.* About optimal management of work-stealing dequees in two-level memory. — Herald of computer and information technologies, 2020, v. 17, № 4, p. 51–60. DOI:10.14489/vkit.2020.04.pp.051-060 (In Russian.)
5. *Аксёнова Е. А., Лазутина А. А., Соколов А. В.* Минимизация средних затрат на перераспределение при работе с work-stealing dequeом в двухуровневой памяти. — Программные системы: теория и приложения, 2021, т. 12, № 2(49), с. 53–71. DOI:10.25209/2079-3316-2021-12-2-53-71. // *Aksenova E. A., Lazutina A. A., Sokolov A. V.* About optimal management of work-stealing dequees in two-level memory. — Program Systems: Theory and Applications, 2021, v. 12, № 2(49), p. 53–71. DOI:10.25209/2079-3316-2021-12-2-53-71 (In Russian.)
6. *Aksenova E. A., Lazutina A. A., Sokolov A. V.* About Optimal Management of Work-Stealing Deques in Two-Level Memory. — Lobachevskii Journal of Mathematics, 2021, Pleiades Publishing, Ltd., v. 42, № 7, p. 1475–1482.

UDC 004.942

***Aksenova E. A., Sokolov A. V.* (Petrozavodsk, IAMR KarRC RAS). Minimization of average reallocation costs for working with two work-stealing dequees in two-level memory.**

Abstract: The paper considers the problem of optimal division of shared memory for two dequees and determination of the optimal state for each after memory reallocation. A method of managing dequees in two-level memory is analyzed, in which the vertices and ends of the dequees are in fast memory, and the middle parts of the dequees are stored in slow memory.

Keywords: work-stealing schedulers, work-stealing dequees, Monte-Carlo method, random walks.