



Doctoral Thesis

ZRAM: a library of parallel search algorithms and its use in enumeration and combinatorial optimization

Author(s):

Marzetta, Ambros

Publication Date:

1998

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001948321> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 12699

ZRAM:
A LIBRARY OF PARALLEL SEARCH ALGORITHMS
AND ITS USE IN ENUMERATION AND
COMBINATORIAL OPTIMIZATION

DISSERTATION

submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES

presented by
AMBROS MARZETTA
Dipl. Informatik-Ing. ETH
born on April 8th, 1968
citizen of Basel BS

Accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Jürg Nievergelt, examiner
Prof. Dr. Komei Fukuda, coexaminer

1998

Abstract

ZRAM is a software library which renders the power of parallel computers usable for combinatorial optimization and enumeration. It provides a set of parallel search engines for branch-and-bound, reverse search, backtracking and tree-size estimation. These search engines hide the complexity of parallelism from the application programmer.

ZRAM contains the first parallel implementation of the reverse-search algorithm and the first parallel branch-and-bound engine that can be restarted at checkpoints. It is the first search library containing a tree-size estimation tool, which proved to be valuable in allocating the limited CPU resources to the most promising problem instances. The combination of these elements, together with the efficiency of the implementation, allowed us to solve large enumeration and combinatorial optimization problems. These benchmarks include quadratic assignment instances which were previously unsolved and the enumeration of the vertices of complex high-dimensional polytopes.

ZRAM has proved its flexibility during the development of a wide range of applications (e.g., quadratic assignment problem, vertex and facet enumeration, hyperplane arrangements, 15-puzzle, Euclidean spanning trees, connected induced subgraphs). Some of its users had little or no experience in parallel programming and got access to parallel computers only through ZRAM.

The work on ZRAM has clarified what properties we require of a parallel search library and demonstrates that a four-layered structure (applications, search engines, common services, host systems) is a suitable architecture.

Kurzfassung

ZRAM ist eine Programmbibliothek, welche die Leistung paralleler Rechner dem Gebiet der kombinatorischen Optimierungs- und Aufzählungsalgorithmen zugänglich macht. Es enthält eine Sammlung paralleler Suchmaschinen für Branch-and-Bound, Reverse-Search und Backtracking sowie ein Werkzeug zur Grössenabschätzung von Suchbäumen. Die Schnittstelle der Bibliothek verbirgt die Komplexität der Parallelisierung vor dem Programmierer.

ZRAM enthält die erste parallele Implementierung des Reverse-Search-Algorithmus und die erste parallele Branch-and-Bound-Maschine, die man unterbrechen und neu starten kann. Es enthält auch als erste Bibliothek paralleler Suchalgorithmen ein Werkzeug, das die Grösse von Suchbäumen abschätzt. Dieses Werkzeug dient dazu, die beschränkten Ressourcen an Rechenzeit den erfolgversprechendsten Berechnungen zuzuteilen. Die Kombination dieser Elemente und deren effiziente Implementierung ermöglichten es uns, grosse kombinatorische Optimierungs- und Aufzählungsprobleme zu lösen. Darunter sind bisher ungelöste Instanzen des quadratischen Zuordnungsproblems und die Aufzählung der Ecken hochdimensionaler Polyeder.

Die Flexibilität von ZRAM zeigt sich im breiten Spektrum der Anwendungen (u.a. quadratisches Zuordnungsproblem, Aufzählung von Ecken und Facetten eines Polyeders, Arrangements von Hyperebenen, 15-Puzzle, euklidische Spannbäume, zusammenhängende Teilgraphen). Einige seiner Anwender hatten wenig oder gar keine Erfahrung mit parallelem Programmieren und bekamen erst dank ZRAM Zugang zu Parallelrechnern.

Anhand von ZRAM haben wir gezeigt, was für Anforderungen an eine Bibliothek paralleler Suchalgorithmen zu stellen sind und dass eine Strukturierung in die vier Schichten Anwendung, Suchmaschinen, virtuelle Maschine und Systemanpassung sinnvoll ist.