

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR INFORMATIK

22. Workshop
Komplexitätstheorie und
effiziente Algorithmen

Edited by Rudolf Fleischer

MPI-I-94-104

8. Februar 1994



Im Stadtwald
66123 Saarbrücken
Germany

22. Workshop
Komplexitätstheorie und
effiziente Algorithmen
Edited by Rudolf Fleischer

MPI-I-94-104

8. Februar 1994

22. Workshop Komplexitätstheorie und effiziente Algorithmen

8. Februar 1994, Saarbrücken

- 8.30 Imbiß
- 9.00 Begrüßung
- 9.05 C. Damm, M. Holzer, *Induktives Zählen mit $o(\log n)$ Speicherplatz*
- 9.25 H.C. Neis, K. Ambos-Spies, S.A. Terwijn, *Genericity and Measure for Exponential Time*
- 9.40 K. Meer, *On Quadratic Programming Problems in real number models of computation*
- 10.00 T. Schwentick, *Über Monadic NP*
- 10.25 Kaffeepause
- 10.40 B. Borchert, *The Complexity of Mind Changes*
- 10.55 I. Schiermeyer, *Schnelle Algorithmen für 3-Satisfiability und k-Colourability*
- 11.20 F. Höfting, E. Wanke, *Polynomial time analysis of toroidal periodic graphs*
- 11.40 D. Alberts, *Über dynamisches bipartites mazimum Matching*
- 12.00 Mittagspause
- 13.30 M. Schäfer, *Anfragekomplexität geometrischer Mengen*
- 13.55 H.L. Bodlaender, K. Jansen, G.J. Woeginger, *Resource constrained scheduling of incompatible jobs*
- 14.10 D. Henrich, *Local Load Balancing for Data-Parallel Branch-and-bound*
- 14.30 S. Albers, H. Koga, *Neue Online-Algorithmen für das Seitenreplikationsproblem*
- 14.50 Kaffeepause
- 15.05 F. Meyer auf der Heide, C. Scheideler, V. Stemann, *Einfache und schnelle Wörterbuch und PRAM-Simulationen auf Distributed Memory Machines; untere und obere Schranken*
- 15.25 H.U. Simon, *Lernen kontextfreier Grammatiken durch strukturierte Beispiele*
- 15.40 W. Stein, *Against all odds – Gegen jede Vernunft*
- 16.00 A. Jakoby, C. Schindelhauer, R. Reischuk, S. Weis, *The Average Case Complexity of the Parallel Prefix Problem*
- 16.20 Kaffeepause
- 16.35 M. Krause, P. Pudlak, *Zur Berechnungskraft von Threshold-Schaltkreisen mit MOD Gattern*
- 17.00 R. Drechsler, M. Theobald, B. Becker, *Fast FDD based Minimization of Generalized Reed-Muller Forms*
- 17.25 J. Bern, J. Gergov, C. Meinel, A. Slobodová, *Boolesche Manipulation mit FBDDs. Erste experimentelle Resultate*
- 17.45 J. Gergov, *Time-Space Tradeoffs for Integer Multiplication on Various Types of Input Oblivious Sequential Machines*
- 18.00 Ende

Tagungsort : MPI für Informatik, Bau 44, SR 117/118

Induktives Zählen mit $o(\log n)$ Speicherplatz

Carsten Damm
FB IV-Informatik
Universität Trier
54286 Trier

Markus Holzer
Institut für Informatik
Technische Universität München
Arcisstr. 21, 80290 München

In [3] und [5] wurde nachgewiesen, daß für Speicherplatzschranken $s(n) \geq \log n$ die Klasse $N\text{Space}(s(n))$ komplementabgeschlossen ist. Die benutzte Beweistechnik wurde unter dem Namen „Induktives Zählen“ bekannt. Eine Folgerung ist das Kollabieren der alternierenden Speicherplatzhierarchie $\Sigma_k\text{-Space}(s(n))$ auf das erste Niveau falls $s(n) \geq \log n$. Außerdem gilt die Komplementabgeschlossenheit sowohl im uniformen als auch im nichtuniformen Fall falls $s(n) \geq \log n$.

Für sublogarithmische Speicherplatzschranken $s(n) \in \Omega(\log n) \cap o(\log n)$ wurde kürzlich bewiesen, daß die entsprechende Alternierungshierarchie nicht kollabiert [1, 2, 4]. Der Beweis beruht auf Crossing-Sequence-Argumenten und ist daher nur auf uniforme Klassen anwendbar. Beide Resultate schließen nicht aus, daß die Komplementabgeschlossenheit für *nichtuniforme* Turingmaschinen auch für Speicherplatzschranken unterhalb von $\log n$ gelten kann.

Wir zeigen, daß nichtuniforme $s(n)$ -speicherbeschränkte Turingmaschinen in ihrer Berechnungskraft äquivalent zu $2^{s(n)}$ -weitebeschränkten Verzweigungsprogrammen sind. Außerdem geben wir eine Implementierung der Technik des induktiven Zählens in Verzweigungsprogrammen an. Es zeigt sich dabei, daß die Weite der Verzweigungsprogramme nur polynomial wächst. Somit folgt:

Theorem: Für jede beliebige Speicherplatzschranke $s(n)$ gilt:

$$N\text{Space}(s(n))[\text{nonuniform}] = \text{co-}N\text{Space}(s(n))[\text{nonuniform}].$$

Literatur

- [1] B. v. Braunmühl, R. Gengler, and R. Rettinger. The alternation hierarchy for sublogarithmic space is infinite. *Computational Complexity*, 3:207–230, 1993.
- [2] V. Geffert. A hierarchy that does not collapse: Alternations in low level space. *RAIRO — Theoretical Informatics and Applications*, to appear.
- [3] N. Immerman. Nondeterministic space is closed under complementation. *SIAM Journal on Computing*, 17:935–938, 1988.
- [4] M. Liśkiewicz and R. Reischuk. The sublogarithmic space hierarchy is infinite. Technical report, Technische Hochschule Darmstadt, Institut für Theoretische Informatik, January 1993.
- [5] R. Szelépcsenyi. The method of forced enumeration for nondeterministic automata. *Acta Informatica*, 26:279–284, 1988.

Genericity and Measure for Exponential Time

(preliminary report)

Klaus Ambos-Spies, Universität Heidelberg

Hans-Christian Neis, Universität Freiburg

Sebastiaan A. Terwijn ¹, Universiteit van Amsterdam

Abstract. Recently, Lutz introduced a polynomial time bounded version of Lebesgue measure. He and others used this concept to investigate the quantitative structure of Exponential Time ($\mathbf{E} = \text{DTIME}(2^{lin})$). Previously, Ambos-Spies, Fleischhack and Huwig introduced polynomial time bounded genericity concepts and used them for the investigation of structural properties of \mathbf{NP} (under appropriate assumptions) and \mathbf{E} . Here we relate these concepts to each other. We show that, for any $c \geq 1$, the class of n^c -generic sets has p-measure 1. This allows us to simplify and extend many results of Lutz. To illustrate the power of generic sets we take the Small Span Theorem of Juedes and Lutz as an example and prove a generalization for bounded query reductions. Finally we address and negatively answer the question whether generic sets are random.

¹Address: Im Neuenheimer Feld 294, D-69120 Heidelberg, bas@math.uni-heidelberg.de

On Quadratic Programming Problems in real number models of computation

K. Meer , RWTH Aachen

Within the last 10 years beside discrete complexity theory there is also an increasing interest in a unified theory of complexity over continuous structures, f.e. the real numbers.

Blum, Shub, and Smale have redefined the classical P versus NP problem over the reals (and other structures) by introducing a new computational model. We want to compare the discrete and the continuous approach w.r.t. problems which can be formalized in both settings. Special emphasis will be given to mathematical programming problems.

Über Monadic NP

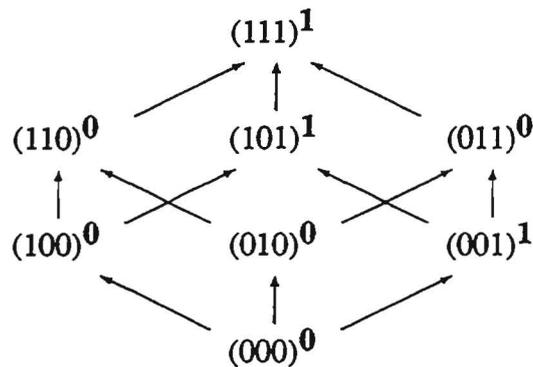
Thomas Schwentick

Es wird eine neue Methode zum Nachweis einer Gewinnstrategie für den Duplicator in Ehrenfeucht-Fraïsse-Spielen vorgestellt. Als Anwendung ergeben sich zwei Trennungsergebnisse für MonadicNP.

The Complexity of Mind Changes

Bernd Borchert ¹

Consider for a Boolean function $f(x_1, \dots, x_n)$ the partial order on the assignments which is defined as the n -fold product of the order $0 < 1$ on $\{0, 1\}$. As an example, the Boolean function f defined by the formula $(x_1 \vee \bar{x}_2) \wedge x_3$ is represented by the following graph (for each assignment the bold digit is the value of f):



The *maximal number of mind changes* of a Boolean function f is the maximal number of changes of the value of f on some ascending sequence of assignments. For example for the function f represented by the graph above the rightmost path shows that the maximal number of mind changes of f is 3.

This invariant for a Boolean function has been defined explicitly (with other names) or implicitly in several papers. To motivate the interest in the notion, consider the result of Wagner and Wechsung (1985) obtained with the help of the maximal number of mind changes invariant: for every non-constant Boolean function f the class $f(\text{NP})$ is not only contained in the Boolean hierarchy but is exactly one of the classes $\text{NP}(n)$ or $\text{co-NP}(n)$ of the Boolean hierarchy.

In this talk some results are given concerning the complexity to determine the maximal number of mind changes of a Boolean function when the function is represented as a Boolean circuit. The following problem will be shown for every constant $n \geq 2$ to be DP-complete: given a circuit f , is n the maximal number of mind changes of the Boolean function computed by f ? (for $n = 0, 1$ the problem is co-NP-complete). Note that (in contrast to most of the well-known DP-complete problems) n is a constant for the problem, not a parameter of the problem input.

¹Address: Im Neuenheimer Feld 294, 69120 Heidelberg, bb@math.uni-heidelberg.de

Schnelle Algorithmen für 3-Satisfiability und k-Colourability

Ingo Schiermeyer
Lehrstuhl C für Mathematik
RWTH Aachen
D-52056 Aachen
e-mail: LN010SC@DACTH11.BITNET

Abstract

Wir beschreiben und analysieren zunächst einen verbesserten Algorithmus zur Lösung des 3-Satisfiability Problems. Für jede boolesche Formel F in KNF mit n Variablen und r Klauseln entscheidet dieser Algorithmus das 3-Satisfiability Problem in weniger als $O(1,579^n)$ Schritten.

Als nächstes stellen wir vier verbesserte Algorithmen zur Entscheidung des 3-, 4-, 5- und 6-Colourability Problems vor. Für einen einfachen Graphen G mit n Knoten testen diese Algorithmen einen Graphen auf 3-, 4-, 5- oder 6-Colourability in weniger als $O(1,398^n)$, $O(1,585^n)$, $O(1,938^n)$ oder $O(2,155^n)$ Schritten.

References

- [1] I. Schiermeyer, *Solving 3-Satisfiability in less than $1,579^n$ Steps*, Lecture Notes in Computer Science 702 (1993) 379 - 394.
- [2] I. Schiermeyer, *Fast exact Colouring Algorithms*, Preprint 1993.

Polynomial time analysis of toroidal periodic graphs

F. Höfting * E. Wanke†

Abstract

A toroidal periodic graph G^α is defined by a positive integer vector α and a directed graph G in which the edges are associated with integer vectors. G^α has a vertex (v, y) for each vertex v of G and each integer vector y , $\vec{0} \leq y < \alpha$. G^α has an edge from (v, y) to (w, z) if and only if G has an edge from v to w associated with t , and $z = y + t \bmod \alpha$.

We show that path problems for toroidal periodic graphs G^α can be solved in polynomial time if G has a constant number of strongly connected components. The general path problem in toroidal periodic graphs is shown to be NP-complete for all $\alpha \geq \vec{2}$. Additionally, we present a procedure for determining the number of strongly connected components in a toroidal periodic graph. This procedure takes polynomial time for all instances G and α .

The introduced methods are very general and can also be used to solve further graph problems in polynomial time on even more general toroidal periodic graphs.

*Department of Computer Science, University of Paderborn, D-33097 Paderborn, Germany

†Institute of Methodical Foundations – Discrete Algorithms, German National Research Center for Computer Science, D-53757 Sankt Augustin, Germany

Über dynamisches bipartites maximum Matching

David Alberts*
Freie Universität Berlin

21. Januar 1994

Zusammenfassung

Das Problem, ein Matching maximaler Größe (maximum Matching) in einem Graph zu finden, ist unter den bekanntesten Problemen in der Graphentheorie und theoretischen Informatik. Es ist jedoch sogar im Fall eines bipartiten Graphen nichts über die *Aufrechterhaltung* eines maximum Matchings bei einer sich ändernden Kantenmenge bekannt. Diese Arbeit präsentiert einen Algorithmus für den bipartiten Fall, dessen durchschnittliche Laufzeit gut ist. Er ist einfach und benutzt Breitensuche (BFS) sowie alternierende Wälder.

Sei $G = (V, E)$ ein bipartiter Graph, $|V| = n$ und $V = L \dot{\cup} R$ die Partition der Eckenmenge. Zunächst zeigen wir, daß der Algorithmus pro Kanteneinfügung amortisiert $O(n)$ Zeit im semidynamischen Fall erreicht. In diesem Fall werden nur Kanten einzeln eingefügt und am Anfang gilt $E = \emptyset$.

Im volldynamischen Fall – Einfügen und Entfernen von Kanten – erreicht der Algorithmus eine erwartete Laufzeit von $O(n)$ pro eingefügte oder entfernte Kante. Sei die erlaubte Kantenmenge \bar{E} eine Teilmenge aller Kanten zwischen L und R und sei E die gerade aktuelle Kantenmenge. Jede Operationen ist beliebig entweder eine Einfüge- oder Entferneoperation, eine einzufügende Kante ist jedoch zufällig aus $\bar{E} \setminus E$, eine zu entfernende Kante zufällig aus E gewählt. E selbst ist eine zufällige Teilmenge von \bar{E} .

Der Algorithmus hält einen ungarischen Wald¹ F aufrecht. Wenn eine eingefügte Kante F ändert, benutzen wir BFS, um neu hinzukommende Kanten und Ecken zu finden. Dabei kann es sein, daß wir einen augmentierenden Weg² finden. In dem Fall wird das Matching vergrößert und F durch nochmaliges BFS neu berechnet. Kantenentfernungen werden ähnlich behandelt.

Für die Analyse des semidynamischen Falles benutzen wir die Tatsache, daß jede Kante in allen Breitensuchen nur $O(n)$ -mal durchlaufen wird. Im volldynamischen Fall läßt sich eine Entfernung leicht analysieren. Durch Rückwärtsanalyse wird der Fall des Einfügens auf den des Entfernens zurückgeführt. Dies ist komplizierter, da im Allgemeinen ein maximum Matching nicht eindeutig ist und unser Algorithmus kein bestimmtes Matching im Fall von Zweideutigkeiten bevorzugt.

*Graduiertenkolleg "Algorithmische Diskrete Mathematik", finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, We 1265/2-1;

¹Ein ungarischer Wald ist ein Unterwald maximaler Größe in G , dessen Wurzeln freie Ecken im aktuellen maximum Matching sind und dessen Wege jeweils zwischen Matching- und Nichtmatchingkanten alternieren.

²Das ist ein alternierender Weg, dessen erste und letzte Ecke frei sind.

Anfragekomplexität geometrischer Mengen

Marcus Schäfer

Fakultät für Informatik der Universität Karlsruhe (TH)
Institut für Logik, Komplexität und Deduktionssysteme
76128 Karlsruhe

Email: marcus@ira.uka.de

Eine interessante Möglichkeit, die Entscheidbarkeit einer Menge abzuschwächen, bietet der folgende Ansatz: man nennt eine Menge A *strongly* (m, n) -*verbose*, falls es eine berechenbare Funktion f gibt, so daß für alle a_1, \dots, a_n

$$(\chi_A(a_1), \dots, \chi_A(a_n)) \in D_{f(a_1, \dots, a_n)} \wedge |D_{f(a_1, \dots, a_n)}| \leq m ,$$

wobei $(D_i)_{i \in \mathbb{N}}$ die kanonische Indizierung der endlichen Mengen ist. Das heißt zu n Punkten kann man (höchstens) m Vektoren berechnen unter denen der richtige charakteristische Vektor der n Punkte ist. Da jede Menge *strongly* $(2^n, n)$ -*verbose* ist, beschränkt man sich auf den Rest:

$$\Omega := \{A : A \text{ ist strongly } (m, n)\text{-verbose mit } m < 2^n\}$$

Außer den entscheidbaren und semirekursiven Mengen lassen sich im Rahmen der Berechenbarkeitstheorie nur schwer natürliche Beispiele für Mengen aus Ω finden. Dies ändert sich, wenn man geometrische Beispiele betrachtet (die semirekursiven Mengen entsprechen dann den Intervallen). Insbesondere die Verwandtschaft der (m, n) -*Verboseness* zu dem kombinatorischen Begriff der Vapnik-Červonenkis-Dimension erweist sich als fruchtbar. So sind zum Beispiel alle Kreise (deren Vapnik-Červonenkis-Dimension 3 ist) *strongly* $(15, 4)$ -*verbose*, aber es gibt Kreise, die nicht *strongly* $(7, 3)$ -*verbose* sind.

Eine weitere Möglichkeit wird untersucht, sich der Geometrie mit den Hilfsmitteln der Berechenbarkeitstheorie zu nähern. Dafür betrachtet man zu einer festen Menge $A \subset \mathbb{Q}^2$ zwei geometrische Operationen:

OP_g : schneidet eine beliebige Gerade (mit rationalen Parametern) die Menge A ?

OP_k : schneidet ein beliebiger Kreis (mit rationalen Parametern) die Menge A ?

Es wird versucht rekursionstheoretische Beziehungen zwischen diesen Operationen und der charakteristischen Funktion von A herzustellen. Ein erstes Ergebnis ist zum Beispiel, daß für einen Kreis $A := \{x \in \mathbb{Q}^2 : |x - m| < r\}$, mit $m \in \mathbb{R}^2$ und $r \in \mathbb{R}$ beliebig, gilt:

$$A \text{ entscheidbar} \Leftrightarrow OP_g \text{ berechenbar} \Leftrightarrow OP_k \text{ berechenbar}$$

Dieses Ergebnis läßt sich (mit Einschränkungen) auf konvexe Mengen verallgemeinern.

Resource constrained scheduling of incompatible jobs

Hans L. Bodlaender (Utrecht) Klaus Jansen (Trier)
Gerhard J. Woeginger

Abstract

We consider scheduling problems in a multiprocessor system with incompatible jobs (two incompatible jobs cannot be processed by the same machine). We consider the problem to minimize the maximum job completion time, the makespan. This problem is NP-complete.

We present a number of polynomial time approximation algorithms for this problem where the job incompatibilities possess a special structure. As the incompatibilities form a graph on the set of jobs, our algorithms strongly rely on graph theoretic methods. We also solve an open problem by Biró, Hujter and Tuza on coloring precolored bipartite graphs.

Local Load Balancing for Data-Parallel Branch-and-bound

Dominik Henrich (Karlsruhe)

Branch-and-bound (B&B) is a well-known and general combinatorial optimization technique which is used especially for NP-complete problems. Because of the extremely high complexity of the problem, massively parallel implementations are required to speed up the computations. The data-parallel B&B on SIMD computers works quite similarly to the serial algorithm except that the main data structure, the OPEN set, is distributed over the processor elements (PEs). All PEs execute the main loop of the B&B synchronously.

After a couple of iterations, some PEs become idle because their OPEN sets are empty or their memory space is exhausted. In both cases, load balancing has to redistribute the nodes of OPEN such that a maximum number of PEs can continue processing. The general drawback of global load balancing approaches is that with an increasing number of PEs, the global communication of nodes will slow down the algorithm. Thus, in the future, only local approaches seem applicable for massive parallel computers.

Here, we propose a local load balancing method which implements a "Liquid Model". We investigate this approach for a two-dimensional cyclic grid (torus). Other PE topologies could be handled too. In each B&B iteration, a trigger mechanism tells whether load balancing is necessary. Different methods for measuring the current load are possible.

As a NP-complete application of B&B, we solve a typical scheduling problem. The optimization problem is to find the sequence of jobs on each machine which minimizes the total processing time (makespan) of the system. For the experiments we used a MasPar-1 with 16384 PEs arranged in a two-dimensional torus.

Neue Online-Algorithmen für das Seitenreplikationsproblem

Susanne Albers
Max-Planck-Institut für Informatik
Saarbrücken

Hisashi Koga
The University of Tokyo
Tokyo

Das *Seitenreplikationsproblem* tritt bei der Verwaltung von Daten in großen Multiprozessorsystemen auf. Solche Systeme bestehen im allgemeinen aus einem Prozessornetzwerk, wobei jeder Prozessor seinen eigenen lokalen Speicher besitzt. Ein globaler Speicher wird dadurch simuliert, daß man die physikalischen Seiten auf die lokalen Speicher verteilt. Benötigt nun Prozessor p eine Information einer Seite, die nicht in seinem lokalen Speicher enthalten ist, so muß eine Anfrage an den nächsten Prozessor q mit der Seite geschickt werden. Dabei entstehen Kosten, die der Distanz zwischen p und q entsprechen. Im Replikationsproblem nimmt man an, daß die Seiten nur lesbar sind und Prozessor p eine nicht vorhandene Seite von q in seinen Speicher replizieren darf. Dadurch werden zukünftige Seitenzugriffe billiger. Andererseits erzeugt das Kopieren einer Seite hohe Kosten, die von der Seitengröße und der Distanz zwischen p und q abhängen. Ein Seitenreplikationsalgorithmus berechnet, in welche lokalen Speicher eine Seite kopiert werden soll, so daß eine Folge von Speicherzugriffen kostengünstig erfüllt werden kann.

Wir entwickeln eine Reihe neuer deterministischer und randomisierter Online-Replikationsalgorithmen. Wir bewerten die Qualität der Algorithmen mit Hilfe *kompetitiver Analyse*. Bisher ist ein optimaler $O(\log n)$ -kompetitiver Online-Algorithmus für allgemeine Netzwerke vorgestellt worden, wobei n die Anzahl der Prozessoren in dem Netzwerk ist. Für viele in der Praxis vorkommenden Netzwerktopologien ist diese Schranke jedoch nicht sehr aussagekräftig. Für Bäume sind ein optimaler 2-kompetitiver deterministischer Algorithmus sowie ein 1,71-kompetitiver randomisierter Algorithmus bekannt. Für Ringe von Prozessoren gibt es randomisierte Algorithmen mit kompetitiven Faktoren von $2(2 + \sqrt{3}) \approx 7,5$ und 4. Aus diesen Algorithmen läßt sich ein $8(2 + \sqrt{3}) \approx 29,87$ -kompetitiver deterministischer Algorithmus, der jedoch sehr kompliziert und unpraktisch ist, konstruieren.

Wir stellen einen neuen randomisierten Online-Replikationsalgorithmus für Bäume vor und beweisen, daß er optimal ist. Der kompetitive Faktor unseres Algorithmus beträgt $c = (\frac{\rho^r}{\rho^r - 1})$, wobei $\rho = \frac{r+1}{r}$ und r der Seitengrößenfaktor ist. Für große Werte von r ist c etwa $\frac{e}{e-1} \approx 1,58$. Interessanterweise benötigt unser Algorithmus nur eine Zufallszahl während einer Initialisierungsphase und läuft dann vollständig deterministisch. Für den Optimalitätsbeweis entwickeln wir die erste bekannte untere Schranke für randomisierte Replikationsalgorithmen. Weiterhin stellen wir eine deterministische Technik vor, mit deren Hilfe man aus c -kompetitiven Algorithmen für Bäume $2c$ -kompetitive Algorithmen für Ringe konstruieren kann. Auf diese Weise erhalten wir einen $(\frac{2\rho^r}{\rho^r - 1})$ -kompetitiven randomisierten Algorithmus für Ringe. Der Faktor $\frac{2\rho^r}{\rho^r - 1}$ ist etwa 3,16 für große r . Ferner können wir zwei 4-kompetitive Algorithmen ableiten, die entweder deterministisch oder "speicherlos" sind. Der deterministische Algorithmus verbessert erheblich die oben erwähnte Schranke von 29,87 und ist gleichzeitig sehr einfach.

Einfache und schnelle Wörterbuch und PRAM-Simulationen auf Distributed Memory Machines; untere und obere Schranken

Friedhelm Meyer auf der Heide
Heinz Nixdorf Institut und Informatik Fachbereich

Christian Scheideler
e-mail chrsch@uni-paderborn.de
Heinz Nixdorf Institut und Informatik Fachbereich

Volker Stemann
e-mail vost@hni.uni-paderborn.de
Heinz Nixdorf Institut

Universität Paderborn, 33095 Paderborn

Abstrakt

Eine Menge U von Speicherzellen sei verteilt über n Speichermodule mit Hilfe von a Hashfunktionen h_1, \dots, h_a , die zufällig und unabhängig voneinander aus einer mächtigen Hashfunktionenklasse gewählt wurden. So besitzt jede Zelle a Kopien. Betrachte die Aufgabe, auf mindestens b der a Kopien jedes Schlüssels aus einer Menge $x_1, \dots, x_m \in U$ von Schlüsseln zugreifen zu wollen, $b < a$, $\epsilon \in (0, 1]$. Unser Vortrag wird einen Prozeß vorstellen und analysieren, der obige Aufgabe auf n -Prozessor Distributed Memory Machines (DMMs) durchführt. Effiziente Implementationen werden vorgestellt, die folgende Ergebnisse liefern :

- eine Simulation einer n -Prozessor PRAM auf einer n -Prozessor collision DMM mit Zeitverlust $O(\log \log n)$ (bei einer collision DMM empfängt ein Speichermodul nur genau dann eine Botschaft, wenn höchstens eine gleichzeitig dort ankam),
- eine Simulation wie oben auf einer arbitrary DMM mit Zeitverlust $O(\frac{\log \log n}{\log \log \log n})$, die schnellste bisher bekannte PRAM Simulation (bei einer arbitrary DMM wählt jedes Modul zufällig eine der ankommenden Botschaften zum Lesen aus),
- ein statisches Wörterbuch mit paralleler Zugriffszeit $O(\log^* n + \frac{\log \log n}{\log a})$, falls a Hashfunktionen verwendet werden. Insbesondere kann eine Zugriffszeit von $O(\log^* n)$ für $(\log n)^{1/\log^* n}$ Hashfunktionen erreicht werden.

Weiterhin werden wir eine untere Schranke für die Laufzeit des oben erwähnten Prozesses vorstellen um zu zeigen, daß unsere Implementationen optimal sind.

Lernen kontextfreier Grammatiken durch strukturierte Beispiele

Hans Ulrich Simon
Universität Dortmund
Fachbereich Informatik
WD-44221 Dortmund
simon@nereus.informatik.uni-dortmund.de

Zusammenfassung

Ein strukturiertes Beispiel ist ein Baum, dessen Blätter mit Buchstaben aus einem gegebenen Alphabet A markiert sind. Die inneren Knoten sind unmarkiert. Wir nennen einen Baum t ein positives Beispiel für eine kontextfreie Grammatik G , wenn t Projektion eines Ableitungsbaums bezüglich G ist. Alle anderen Bäume heißen negative Beispiele für G . Wir zeigen, daß die kleinste kontextfreie Grammatik G_0 , die strukturell eindeutig und strukturell äquivalent zu G ist, mit Hilfe von ‘membership’- und ‘equivalence’-Anfragen exakt und effizient gelernt werden kann. Der Beweis basiert auf einem neuen Lernalgorithmus für ‘Frontier-to-Root’ Baumautomaten und einer Transformation solcher Automaten in kontextfreie Grammatiken. Er benutzt und verallgemeinert Ideen der entsprechenden Konstruktion von Dana Angluin für deterministische endliche Automaten. Aus diesem Hauptresultat wird ein Algorithmus abgeleitet, der symmetrisch lineare Sprachen aus konventionellen (unstrukturierten) Beispielen lernt. Symmetrisch lineare Sprachen sind allgemeiner als reguläre, aber spezieller als lineare Sprachen.

Against all odds – Gegen jede Vernunft

Werner Stein
Universität Kaiserslautern
stein@informatik.uni-kl.de

21. Januar 1994

Zusammenfassung

In dieser Arbeit stellen wir ein komplexitätstheoretisches Ergebnis aus dem Gebiet der induktiven Inferenz vor. Dieses Ergebnis ist ein weiterer Beweis dafür, daß vernünftige Bedingungen an lernende Systeme nicht immer zur schnellen Lösung eines Problem es führen. Es lohnt sich bisweilen, bei der Lösung von Problemen “gegen jede Vernunft” zu handeln, um schnell ans Ziel zu gelangen.

Wir beschäftigen uns mit einem Modell für lernende Systeme, in dem globale Beschreibungen für ein Objekt anhand von Beispielen erlernt werden. Eine Lernstrategie S ist genau dann imstande eine totale, rekursive Funktion f im Limes zu lernen, wenn sie, versorgt mit Beispielen der Funktion $f(0), f(1), \dots, f(n), \dots$, nach und nach eine Reihe von Hypothesen $h(0), h(1), \dots, h(n), \dots$ produziert, die schließlich alle gleich und eine Beschreibung der Funktion sind. Eine naheliegende und vernünftige Bedingung für solche Strategien ist, daß nur solche Hypothesen $h(n)$ ausgegeben werden, die eine Beschreibung einer Funktion g sind, die zumindest an den bisherigen Stellen $x \leq n$ die “richtigen” (gleichen) Funktionswerte $f(x) = g(x)$ hat. Die Ausgabe einer anderen Hypothese ist zwingend falsch und muß später wieder verworfen werden. Strategien heißen *konsistent*, wenn sie diese Bedingung für alle Funktionen, die sie erlernen können, erfüllen.

Es zeigt sich nun, daß die Klasse der Funktionsmengen, die durch konsistente Strategien erlernt werden können (CONS), weniger mächtig ist, als die Klasse der Funktionsmengen, die überhaupt (also auch nicht-konsistent) gelernt werden können (LIM). Das heißt, es gibt eine Menge von Funktionen, die sich *nur* mit nicht-konsistenten (*inkonsistenten*) Strategien lernen läßt. Unter dem Begriff der *Inkonsistenz-Phänomene* sammelt man Aussagen darüber, wann Strategien, die ein bestimmtes Lernproblem lösen, notwendigerweise inkonsistent (oder dual dazu konsistent) sein müssen.

Das erste bekannte Inkonsistenz-Phänomen sichert die Existenz von Lernproblemen, die sich nur inkonsistent lösen lassen, für die es also keine konsistente Strategien gibt. Ein weiteres Inkonsistenz-Phänomen besagt, daß jede Strategie S , die optimal eine Funktionsklasse U im Limes erlernt, notwendigerweise konsistent sein muß. Das hier verwendete Optimalitätskriterium besagt, daß es keine andere Strategie gibt, die für jede erlernbare Funktion, zum Erlernen höchstens so viele Beispiele braucht wie S und mindestens für eine der erlernbaren Funktionen weniger Beispiele braucht. Zur Lösung solcher Probleme genügt es offenbar, nur konsistente Strategien zu betrachten.

Wir wollen hier ein scheinbar widersprüchliches Phänomen vorstellen, das folgende polarisierende Aussage macht: Es gibt Lernprobleme, die sich optimal nur inkonsistent lösen lassen. Es gilt sogar: Der Unterschied zwischen optimalen konsistenten und optimalen inkonsistenten Strategien kann beliebig groß sein. Der Widerspruch löst sich bei Betrachtung der gewählten Komplexitätsmaße. Im zweiten Fall heißt eine Strategie nämlich optimal, wenn sie für alle Funktionen, die sie erlernen kann, fast immer weniger Schritte bis zur Ausgabe einer Hypothese braucht, als jede andere Strategie. Eine geringe Veränderung der Voraussetzung führt zu einer polarisierenden Aussage. Insbesondere lohnt es sich also unter Umständen, das Gütekriterium der Konsistenz bei der Suche nach optimalen Strategien fallen zu lassen. Das neue Inkonsistenz-Phänomen hat außerdem ein berühmtes Pendant in der Komplexitätstheorie, wo die Existenz von Teilmengen aus \mathbb{N} gezeigt wird, deren Schrittzahl zur Berechnung schließlich jede vorgegebene Schranke übersteigt.

Wir werden in diesem Vortrag die beiden polarisierenden Aussagen untersuchen und auf die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden zeit-komplexitätstheoretischen Ergebnisse eingehen.

The Average Case Complexity of the Parallel Prefix Problem

(abstract)

Andreas Jakoby¹

Christian Schindelhauer

Rüdiger Reischuk

Stephan Weis

Technische Hochschule Darmstadt²

We analyse the average case complexity of computing all prefixes of a string with respect to a given semigroup. The computational model are circuits over the semigroup. For this purpose, we introduce a complexity measure for the average delay of circuits, called *time*. Based on this notion, average case complexity classes are defined with respect to arbitrary distributions. For highly nonuniform distributions the average case complexity turns out to be as large as the worst case complexity. Thus in order to make the average case analysis meaningful we also develop a complexity measure for distributions.

Based on these notions we show that two n -bit numbers can be added with an average delay of order $\log \log n$ for a large class of distributions. We then give a characterization of the average case complexity of the parallel prefix problem for arbitrary semigroups. It is shown that the complexity only depends on algebraic properties of the semigroup. The results are obtained by considering a related reachability problem for finite automata.

Our analysis yields that only two different cases are possible for the reachability problem. This implies that the parallel prefix problem either can be solved in the circuit model with an average delay of order $\log \log n$, that means an exponential speedup with respect to the worst case, or that no speedup is possible. As in the worst case we can achieve optimal delay with linear circuit size.

¹ supported by DFG Research Grant Re 672-2

² Institut für Theoretische Informatik, Alexanderstraße 10, 64283 Darmstadt, Germany
email: jakoby / reischuk / schindel / weis @ iti.informatik.th-darmstadt.de

Zur Berechnungskraft von Threshold-Schaltkreisen mit MOD Gattern

Matthias Krause und Pavel Pudlak
Lehrstuhl Informatik II
Universität Dortmund
D 44221 Dortmund

21. Januar 1994

Threshold-Schaltkreise spielen sowohl im Rahmen der Komplexitätstheorie, als auch als grundlegendes Modell für neuronale Berechnungen eine wichtige Rolle. Sie werden deswegen seit einigen Jahren sehr intensiv studiert. Auffallend ist dabei zunächst die erstaunliche Berechnungskraft von Threshold-Schaltkreisen der Tiefe 3. In diesem Modell haben sowohl die grundlegenden arithmetischen Operationen (binäre Addition, Multiplikation, Division, Potenzbildung) als auch sämtliche ACC-Funktionen effiziente Realisierungen. Andererseits kann die Berechnungskraft von Threshold-Schaltkreisen bislang nur für sehr eingeschränkte Architekturen befriedigend analysiert werden. So sind Techniken zum Nachweis exponentieller unterer Schranken nur für bestimmte Typen von Tiefe-2 Threshold-Schaltkreisen bekannt.

Wir untersuchen die Berechnungskraft von Tiefe-2 Schaltkreisen bestehend aus MOD^r -Gattern auf Stufe 1 und einem Threshold-Gatter als Ausgabeknoten (kurz: Threshold- MOD^r -Schaltkreise). Es werden folgende Resultate gezeigt:

- (i) Für alle Primzahlen p und alle ganzen Zahlen q, r gilt, daß falls p teilt r aber nicht q , so haben Threshold- MOD^q -Schaltkreise für MOD^r exponentiell viele Knoten.

- (ii) Alle $AC_{0,2}$ -Funktionen haben Realisierungen durch Threshold- \oplus Schaltkreise mit polynomiell vielen Kanten.
- (iii) Es gibt $AC_{0,3}$ -Funktionen, deren Threshold- MOD^r Realisierungen für alle ganzen Zahlen r exponentielle Knotenanzahl aufweisen.

Die obere Schranke in (ii) ist nicht konstruktiv. Die Schranken in (i) und (iii) gelten auch dann, wenn unbeschränkte Kantengewichte zugelassen werden. Sie stellen damit exponentielle untere Schranken für den bislang allgemeinsten Typ von Threshold-Schaltkreisen dar. Entsprechende Schranken konnten bislang nur für den Fall orthogonaler Gatteroperationen auf Stufe 1 (*Bruck, Smolensky 1990*) nachgewiesen werden. Diese Bedingung erfüllen Threshold- \oplus -Schaltkreise, ein intensiv untersuchtes Modell, das in enger Beziehung zur Approximation Boolescher Funktionen durch reelle Polynome steht. Die spezielle Bedeutung von (iii) liegt nun zudem darin, daß sich die auf Spektralanalyse beruhende Untere-Schranken Methode von *Bruck und Smolensky* für Threshold- \oplus -Schaltkreise nachweislich nicht auf AC_0 -Funktionen anwenden läßt, denn diese weisen stets "zu große" Spektalkoeffizienten auf. Man erhält somit eine teilweise (negative) Antwort auf die Frage, ob für AC_0 -Schaltkreise eventuell Simulationen durch Threshold-Schaltkreise existieren, die noch effizienter sind als die bekannte Simulation von ACC in Tiefe 3 (*Yao 1990*).

Unser Untere-Schranken Argument umgeht im Gegensatz zu vorangegangenen Arbeiten eine geometrische Modellierung der Threshold-Operation, ist vielmehr probabilistischer Natur. Bestimmte Symmetrien der Threshold- und MOD -Operationen ausnutzend läßt sich zeigen, daß falls eine Threshold- MOD -Realisierungen für vorgebenes f als "klein" angenommen wird, so existieren "große" Unterfunktionen, deren induzierte Realisierungen "kleinen bottom fan-in" aufweisen. Das wiederum kann für bestimmte Funktionen ausgeschlossen werden ...

Fast FDD based Minimization of Generalized Reed-Muller Forms *

Rolf Drechsler

Michael Theobald

Bernd Becker

Computer Science Department
Johann Wolfgang Goethe-University
D-60054 Frankfurt am Main, Germany
email: <name>@kea.informatik.uni-frankfurt.de

We present methods to minimize generalized Reed Muller forms (GRMs) using ordered functional decision diagrams (OFDDs).

A GRM is an exclusive-OR of AND product terms, where each variable only appears in complemented or uncomplemented form, but not both. GRMs are a canonical representation of Boolean functions, if the polarity for each variable is fixed. Depending on the chosen polarities for the variables, the number of terms of the GRM can vary from constant to exponential in the number of variables.

OFDDs are a graph-based representation of GRMs, that allow a more compact representation. Furthermore, there exist efficient algorithms on OFDDs [BD93]. For example, it is possible to change the polarity of one variable in time and space $O(|G|^2)$, where $|G|$ denotes the number of nodes in the OFDD.

Based on OFDDs, we present a conceptually simple algorithm for exact minimization of GRMs. For real-world examples this algorithm requires less time and space than previously published methods. Additionally, heuristics for larger problems that cannot be solved with the exact algorithm are introduced.

We carried out experimental results with the package presented in [BDT93]. The full paper [DTB93] including all experiments can be obtained from the authors.

References

- [BD93] B. Becker and R. Drechsler. On the computational power of functional decision diagrams. *20. Workshop über Komplexitätstheorie, Datenstrukturen und effiziente Algorithmen, Berlin, 1993.*
- [BDT93] B. Becker, R. Drechsler, and M. Theobald. On the implementation of a package for efficient representation and manipulation of functional decision diagrams. *IFIP WG 10.5 Workshop on Applications of the Reed-Muller Expansion in Circuit Design, Hamburg, 1993.*
- [DTB93] R. Drechsler, M. Theobald, and B. Becker. Fast fdd based minimization of generalized reed-muller forms. Technical report, J.W.Goethe-University, Frankfurt 15/93, December, 1993.

*This work was supported in part by DFG grant Be 1176/4-1. Part of this research was done while B. Becker was on leave at the International Computer Science Institute, Berkeley, California.

Boolesche Manipulation mit FBDDs. Erste experimentelle Resultate.

Jochen Bern, Jordan Gergov,
Christoph Meinel, Anna Slobodová

FB IV – Informatik,
Universität Trier, 54 286 Trier

8. Februar 1994

Abstract

FBDDs, also read-once-only Branching Programme, die auf einen *Typ* bezogen werden,

- liefern kanonische Darstellungen für Boolesche Funktionen und
- erlauben die effiziente Ausführung der Grundoperationen Boolescher Manipulation

ähnlich wie die bekannten OBDDs. Dabei sind FBDD-Darstellungen kleiner, im Fall einiger Funktionen sogar exponentiell kleiner, als OBDDs. Um die praktische Verwertbarkeit dieser neu eingeführten Datenstruktur im computerunterstützten Schaltkreisentwurf nachzuweisen, haben wir ein FBDD-Paket erstellt und Typ-Heuristiken entwickelt, die auf der Basis einer vorgegebenen Schaltkreistopologie Typen erzeugen, die zu „guten“ FBDD-Darstellungen führen. In den ausgeführten Experimenten wurde für ISCAS-Benchmark-Schaltkreise die OBDD-Größe mit der FBDD-Größe verglichen.

Time–Space Tradeoffs for Integer Multiplication on Various Types of Input Oblivious Sequential Machines

Jordan Gergov
Fachbereich IV – Informatik,
University of Trier, 54 286 Trier,

Abstract

The importance of the branching programs in Computer Science is based on the fact that this model captures in a natural way the space limitations of a computation. However, the success in proving lower bounds for general branching programs is only slightly better than for general circuits. The best known bound for NP -functions $\Omega\left(\frac{n^2}{(\log n)^2}\right)$ was proven by Nečiporuk in 1966.

The branching program model has also turned out to be useful in proving time–space tradeoffs. However, there are no such tradeoffs presently known for decision problems. Tradeoff results for single output Boolean functions of this type have been established only for restricted classes of branching programs. We mention here the two least restricted branching program models for which the above problem could be solved: namely, oblivious branching programs and syntactic read- k -times branching programs.

One Boolean function used in almost any computer computation is integer multiplication. It is well known that the product of two integers in binary notation can be computed in NC^1 . We prove that the integer multiplication can not be computed by deterministic, nondeterministic, co-nondeterministic, or MOD_p oblivious Turing machines simultaneously in linear time and logarithmic space (a MOD_p Turing machine is a nondeterministic TM which accepts the input iff the number of accepting computations is unequal to zero modulo p).

Recently, a restricted type of oblivious branching programs, the so called ordered binary decision diagrams (OBDD's) has proven to be of great importance in VLSI CAD (Bryant, 1986). However, there exists a number of important Boolean functions (e.g. integer multiplication) whose OBDD's are definitively of exponential size (Bryant, 1991). That is why it is an important open problem to extend the OBDD concept to more general branching programs suitable for efficient solutions of the computational tasks arising in circuit verification, testing, logic synthesis etc. We show that any deterministic, nondeterministic, co-nondeterministic and MOD_p oblivious (ordered) branching program (BDD) of linear length for integer multiplication is of exponential size. This implies that linear length ordered BDD's which may read the input variables more than once are not powerful enough to allow polynomial size representation of integer multiplication.

TECHNISCHE BERICHTE MPI

	REPORT-NO.
(Report not published)	93-101
Golin, Mordecai; Raman, Rajeev; Schwarz, Christian; Smid, Michiel Randomized data structures for the dynamic closest-pair problem	93-102
Mehlhorn, Kurt; Sharir, Micha; Welzl, Emo Tail estimates for the efficiency of randomized incremental algorithms for line segment intersection	93-103
Bachmair, Leo; Ganzinger, Harald; Waldmann, Uwe Superposition with simplification as a decision problem procedure for the monadic class with equality	93-204
Klein, Rolf; Mehlhorn, Kurt; Meiser, Stefan Randomized incremental construction of abstract Voronoi diagrams	93-105
Kucera, Ludek Broadcasting through a noisy one-dimensional network	93-106
Kucera, Ludek Expected complexity of graph partitioning problems	93-107
Datta, Amitava; Lenhof, Hans-Peter; Schwarz, Christian; Smid, Michiel Static and dynamic algorithms for k -point clustering problems	93-108
Näher, Stefan LEDA manual: version 3.0	93-109
Kucera, Ludek Coloring k -colorable graphs in constant expected parallel time	93-110
Weidenbach, Christoph Unification in sort theories and its applications	93-211
Baader, Franz; Ohlbach, Hans Jürgen A multi-dimensional terminological knowledge representation language : preliminary version	93-212
Basin, David; Hähnle, Reiner; Fronhöfer, Bertram; Posegga, Joachim; Schwind, Camilla Workshop on Theorem Proving with Analytic Tableaux and Related Models, Marseille, France, April 28-30, 1993	93-213

Kraan, Ina; Basin, David; Bundy, Alan Middle-out reasoning for logic program synthesis	93-214
Hanus, Michael Lazy unification with inductive simplification	93-215
Smid, Michiel An $O(n \log n)$ algorithm for finding a k -point subset with minimal L_∞ -diameter	93-116
Socher-Ambrosius, Rolf Unification of terms with exponents	93-217
Chaudhuri, Shiva; Hagerup, Torben; Raman, Rajeev Approximate and exact deterministic parallel selection	93-118
Hagerup, Torben; Maas, Martin Generalized topological sorting in linear time	93-119
Brink, Chris; Gabbay, Dov; Ohlbach, Hans-Jürgen Towards automating duality	93-220
Borchert, Bernd; Ranjan, Desh The circuit subfunction relations are Σ_2^P -complete	93-121
Hanus, Michael; Josephs, Berthold A debugging model for functional logic programs	93-222
Bast, Holger; Hagerup, Torben Fast parallel space allocation, estimation and integer sorting (revised)	93-123
Gupta, Prosenjit; Janardan, Ravi; Smid, Michiel On intersection searching problems involving curved objects	93-124
Ohlbach, Hans Jürgen Translation methods for non-classical logics: an overview	93-225
Dimopoulos, Yannis; Magirou, Vangelis; Papadimitriou, Christos On kernels, defaults and even graphs	93-226
Matthews, Seán A theory and its metatheory in FS_0	93-227

Mehlhorn, Kurt; Sundar, R.; Uhrig, Christian Maintaining dynamic sequences under equality-tests in polylogarithmic time	93-128
Sen, Sandeep Tight bounds for some problems in computational geometry : the complete sub-logarithmic parallel time range	93-129
Gabbay, Dov M. Classical versus non-classical logics: the universality of classical logic	93-230
Basin, David; Bundy, Alan; Kraan, Ina; Matthews, Seán A framework for program development based on schematic proof	93-231
Grolmusz, Vince Multi-party protocols and spectral norms	93-132
Bockmayr, Alexander; Krischer, Stefan; Werner, Andreas Narrowing strategies for arbitrary canonical rewrite systems	93-233
Bockmayr, Alexander; Radermacher, F.J. (Hrsg.) Künstliche Intelligenz und Operations Research : Workshop, Berlin, 13.-14. September 1993; extended abstracts	93-234
Basin, David; Matthews, Seán A conservative extension of first-order logic and its applications to theorem proving	93-235
Bachmair, Leo; Ganzinger, Harald; Lynch, Christopher; Snyder, Wayne Basic paramodulation	93-236
Socher-Ambrosius, Rolf A refined version of general E-unification	93-237
Sibeyn, Jop F. Routing and sorting on circular arrays	93-138
Dobrindt, Katrin; Mehlhorn, Kurt; Yvinec, Mariette A complete and efficient algorithm for the intersection of a general and a convex polyhedron	93-140
Kamakoti, V.; Krithivasan, Kamala; Rangan, C. Pandu Efficient on-line randomized algorithm for closest pair problem using leafary trees (Report not yet published)	93-141

	REPORT-NO.
Gromulsh, Vince Mod m gates do not help on the ground floor	93-142
Antoy, Sergio; Echahed, Rachid; Hanus, Michael A needed narrowing strategy	93-243
Bilardi, Gianfranco; Chaudhuri, Shiva P.; Dubhashi, Devdatt; Mehlhorn, Kurt A lower bound for area-universal graphs	93-144
Chaudhuri, Shiva P. Sensitive functions and approximate problems	93-145
Chaudhuri, Shiva P. A lower bound for linear approximate compaction	93-146
Chaudhuri, Shiva P.; Radhakrishnan, Jaikumar The complexity of parallel prefix problems on small domains	93-147
Rüb, Christine Lower bounds for merging on the hypercube	93-148
Bachmair, Leo; Ganzinger, Harald Rewrite techniques for transitive relations	93-249
Bachmair, Leo; Ganzinger, Harald Ordered chaining for total orderings	93-250
Mehlhorn, Kurt An implementation of the Hopcroft and Tarjan planarity test and embedding algorithm	93-151
Hagerup, Torben Optimal parallel string algorithms: sorting, merging and computing the minimum	93-152
Graf, Peter (Report not yet published)	93-253
Dubhashi, Devdatt; Mehlhorn, Kurt; Ranjan, Desh; Thiel, Christian Searching, sorting and randomised algorithms for central elements and ideal counting in posets	93-154
Dubhashi, Devdatt Quantifier elimination in p -adic fields	93-155

	REPORT-NO.
Johann, Patricia; Socher-Ambrosius, Rolf Solving simplification ordering constraints	93-256
Kapoor, Sanjiv; Smid, Michiel New techniques for exact and approximate dynamic closest-point problems	93-159
Cvetkovic, Dragan The logic of preference and decision supporting systems	93-260
Grolmusz, Vince Harmonic analysis, real approximation, and the communication complexity of Boolean functions	93-161
Grolmusz, Vince On multi-party communication complexity of random functions	93-162
Sibeyn, Jop; Kaufmann, Michael Deterministic 1- k routing on meshes with applications to worm-hole routing	93-163
Dimopoulos, Yannis; Torres, Alberto Graph theoretical structures in logic programs and default theories	93-264
Charatonik, Witold; Pacholski, Leszek Negative set constraints: an easy proof of decidability	93-265
Gupta, Prosenjit; Janardan, Ravi; Smid, Michiel Efficient algorithms for generalized intersection searching on non-iso-oriented objects	93-166
Bachmair, Leo; Ganzinger, Harald Associative-commutative superposition	93-267
Hanus, Michael The integration of functions into logic programming : a survey	94-201
Sibeyn, Jop S. Desnaking of mesh sorting algorithms	94-102
Chari, Suresh; Hartmanis, Juris On the intellectual terrain around NP	94-103

