

Informatik-Fachberichte 282

Herausgeber: W. Brauer
im Auftrag der Gesellschaft für Informatik (GI)

Peter Buchholz

Die strukturierte Analyse Markovscher Modelle



Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York London Paris

Tokyo Hong Kong Barcelona Budapest

Autor

Peter Buchholz

Universität Dortmund, Fachbereich Informatik

Postfach 50 05 00, W-4600 Dortmund 50

Diss. Uni. Dortmund

CR Subject Classification (1991): C.4, D.4.8, G.1.3

ISBN-13 : 978-3-540-54540-8

e-ISBN-13 : 978-3-642-76923-8

DOI : 10.1007 / 978-3-642-76923-8

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, bei auch nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1991
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1991

Satz: Reproduktionsfertige Vorlage vom Autor
Druck- u. Bindearbeiten: Weihert-Druck GmbH, Darmstadt
2133/3140-543210 – Gedruckt auf säurefreiem Papier

Vorwort

Das vorliegende Buch behandelt den Problemkreis der Analyse von Systemen mittels Modellen, die sich auf Markov-Prozesse abbilden lassen, insbesondere unter quantitativen Gesichtspunkten. Die wachsende Komplexität von Systemen (Rechensystemen, Materialflußsystemen, Rechnernetzen ...) und die gleichzeitig gestiegenen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit solcher Systeme erfordern in immer stärkerem Maße den Einsatz modellgestützter Techniken zur Leistungsvorhersage und -analyse. Diesen Anforderungen wurde in den letzten Jahren durch die Entwicklung neuer Spezifikations- und Analysetechniken und insbesondere durch die Realisierung von Softwarewerkzeugen zur Leistungsanalyse Rechnung getragen. Durch die Verfügbarkeit von Analysewerkzeugen stieg die Akzeptanz der Leistungsanalyse, speziell auch im industriellen Bereich, deutlich an. Gleichwohl zeigt sich in neuerer Zeit, daß der bisher hauptsächlich verwendete Ansatz einer 'flachen' Modellspezifikation oftmals der Problemstellung nicht mehr angemessen ist. Aus diesem Grund werden Spezifikationstechniken um Konzepte zur Hierarchisierung erweitert, wie sie aus anderen Bereichen der Informatik (z.B. Software Engineering, Hardwareentwurf..) bekannt sind. Die beschriebene Entwicklung zur hierarchischen Modellspezifikation steht erst am Anfang, insbesondere wird die Hierarchisierung bisher primär bei der Spezifikation eingesetzt. Eine Verwendung der dadurch gegebenen Struktur bei der Modellanalyse ist bisher nur in Ausnahmefällen möglich, gleichwohl aber wünschenswert.

Im Rahmen dieses Buches wird ein Konzept entwickelt, welches die hierarchische Spezifikation von Modellen, die sich auf Markov-Prozesse abbilden lassen, erlaubt. Diese sogenannten Markovschen Modelle sind der im Bereich der Leistungsanalyse meistverwendete Modelltyp. Das vorgestellte Spezifikationskonzept ermöglicht neben der hierarchischen Modellbeschreibung die Kombination verschiedener üblicher Spezifikationstechniken (z.B. Warteschlangennetzen, stochastischen Petri-Netzen, stochastischen Automaten..) in einem Modell, wodurch die realen Modellierungsmöglichkeiten deutlich vergrößert werden, ohne ein von Grund auf neues Modellierungsparadigma zu entwickeln. Dieses dürfte zur Akzeptanz der Vorgehensweise beitragen.

Des weiteren läßt sich die Struktur des Modells, welche oftmals die Struktur des modellierten Systems widerspiegelt, auch bei der Analyse einsetzen. Es werden verschiedene Analysetechniken vorgestellt, die unter Ausnutzung der Modellstruktur eine sehr effiziente Modellanalyse erlauben. Im Vergleich zu konventionellen Analysetechniken lassen sich bei gleicher Rechnerkonfiguration deutlich größere Modelle behandeln, und in vielen Fällen wird auch der Analyseaufwand gemindert. Bei Vorliegen spezieller Modelleigenschaften, wie sie insbesondere bei Modellen von Multiprozessorsystemen oder Rechnernetzen gegeben sind, ist eine deutliche Verkleinerung des zu behandelnden Markov-Prozesses

möglich, ohne daß die Exaktheit der zu ermittelnden Resultate beeinflußt wird. Auf Grund der starken Strukturierung der Modelle und damit verbunden der Analysealgorithmen erlauben die Techniken einen effizienten Einsatz auf Multiprozessorsystemen.

Das Buch entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Informatik IV der Universität Dortmund. Der Text wurde vom Fachbereich Informatik der Universität Dortmund als Dissertation im Fachgebiet Informatik anerkannt.

Danken möchte ich insbesondere Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Beilner, der durch zahlreiche Diskussionen und Anregungen sowie durch die Schaffung günstiger Arbeitsbedingungen meine wissenschaftliche Arbeit entscheidend gefördert und geprägt hat. Herrn Prof. Dr. I. Wegener bin ich für die Übernahme des Zweitgutachtens und für seine konstruktive, ausführliche und prompte Kritik sehr dankbar. Herr Prof. Dr. H. Krumm hat mir durch viele Anregungen und durch die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission sehr geholfen. Die Arbeit hätte in der vorliegenden Form nicht entstehen können ohne den Erfahrungsaustausch mit meinen MitarbeiterInnen am Lehrstuhl Informatik IV. Namentlich erwähnen möchte ich hier Herrn Dr. B. Müller-Clostermann, der mir eine große Hilfe in verschiedensten Belangen war, und Herrn M. Sczittnick, der mir unter anderem die Basisversionen der numerischen Algorithmen aus dem Tool Usenum zur Verfügung stellte. Ihnen und allen anderen sei hiermit gedankt.

Schließlich möchte ich meiner Frau für ihr Verständnis und ihre Geduld danken.

Dortmund, im Juni 1991

Peter Buchholz

Inhalt

1.	Einleitung	1
2.	Beschreibung der zu untersuchenden Modelle	9
2.1	Teilmodelle mit homogener Population und einem Ein- und Ausgang	10
2.2	Die Verknüpfung einfacher Teilmodelle	16
2.3	Teilmodelle mit inhomogener Population	23
2.4	Die Verknüpfung komplexer Teilmodelle	27
2.5	Numerische Lösung unter Ausnutzung der Modellstruktur	34
3.	Aggregierungsansätze	54
3.1	NCD-Netze und Aggregierung	54
3.2	Aggregierungsfehler und deren Verkleinerung	57
3.3	Weitere Aggregierungsansätze	60
3.4	Bewertung der vorgestellten Verfahren	63
4.	Aggregierung isolierter Teilmodelle	65
4.1	Grundlagen der Aggregatkonstruktion	66
4.2	Modelleigenschaften zur Reduktion des Aggregierungsfehlers	70
4.3	Ein Ansatz aus der linearen Systemtheorie	87
4.4	Ein neuer Aggregierungsansatz	102
4.5	Schranken für die stationäre Lösung	114
5.	Aggregierung auf höherer Ebene	120
5.1	Die erweiterte Kurzschlußanalyse	122
5.2	Cox-Verteilungen als Basis der Verhaltensanpassung	128
5.3	Ersatzsysteme für Einklassenmodelle	137
5.3.1	Ersatzsysteme mit Produktformeigenschaft	137
5.3.2	Ersatzsysteme für Nichtproduktformteilmodelle	152
5.4	Ein Ausblick auf Mehrklassenmodelle	155
6.	Resümee und Ausblick	158
7.	Literatur	162
	Anhang A Beispielmodelle	167
	Anhang B Notationen	189