

Norbert Meyer / Dominik Dunekamp

SimRobot 2

Ein multiagentenfähiger 3D-Robotiksimulator in Java

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 1999 Diplom.de
ISBN: 9783832421175

Norbert Meyer, Dominik Dunekamp

SimRobot 2

Ein multiagentenfähiger 3D-Robotiksimulator in Java

Norbert Meyer
Dominik Dunenkamp

SimRobot 2

Ein multiagentenfähiger 3D-Robotiksimulator in Java

Diplomarbeit
an der Universität Bremen
Fachbereich 3
Prüfer Prof. Dr. Bernd Krieg-Brückner
Mai 1999 Abgabe



Diplomarbeiten Agentur
Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke
und Guido Meyer GbR

Hermannstal 119 k
22119 Hamburg

agentur@diplom.de
www.diplom.de

Meyer, Norbert / Dunenkamp, Dominik: SimRobot 2: Ein multiagentenfähiger 3D-Robotersimulator in Java / Norbert Meyer / Dominik Dunenkamp –
Hamburg: Diplomarbeiten Agentur, 2000
Zugl.: Bremen, Universität, Diplom, 1999

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, auch bei 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 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey, Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke & Guido Meyer GbR
Diplomarbeiten Agentur, <http://www.diplom.de>, Hamburg 1999
Printed in Germany



Diplomarbeiten Agentur

Wissensquellen gewinnbringend nutzen

Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Magisterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

Wettbewerbsvorteile verschaffen – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

<http://www.diplom.de> bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

Individueller Service – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit

Ihr Team der *Diplomarbeiten Agentur*

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey —
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke —
und Guido Meyer GbR —

Hermannstal 119 k —
22119 Hamburg —

Fon: 040 / 655 99 20 —
Fax: 040 / 655 99 222 —

agentur@diplom.de —
www.diplom.de —

Danksagung

Diese Diplomarbeit wäre ohne die vielfältige Unterstützung der im folgenden aufgeführten Personen, bei denen wir uns an dieser Stelle sehr herzlich bedanken möchten, in der vorliegenden Form nicht möglich gewesen.

Für die Betreuung, hilfreiche Anregung und Kritik danken wir Thomas Röfer.

Bei Mattias Werner möchten wir uns für das Bereitstellen eines Testrechners bedanken, der uns zeitweise ein vernünftiges Arbeiten erst ermöglicht hat.

Unser Dank geht auch an Axel Lankenau und Oliver Meyer, dafür daß sie in Sachen L^AT_EX und auch sonst nie um eine schnelle und hilfreiche Antwort verlegen waren.

Dem Java3D-Team von Sun gilt besonderer Dank für ihre hervorragende 3D-Grafik Schnittstelle, durch die uns sehr viel Zeit und Arbeit erspart geblieben ist.

Dominik bedankt sich besonders bei seiner Familie für die unvergleichbare moralische und finanzielle Unterstützung, bei Christoph, Claudia und Stefan für die häufige Akzeptanz der Worte *Keine Zeit!*, bei Arndt für seine einzigartige Motivation und bei Roggi für "interessante" Neuigkeiten zu den unmöglichsten Zeiten.

Norbert möchte sich bei seiner Frau Kerstin für die scheinbar unendliche Geduld bedanken, die sie im Laufe des Studiums und insbesondere während der Diplomarbeit aufgebracht hat.

Erklärung der verwendeten Syntax

Für das Schreiben dieser Diplomarbeit wurden einige Konventionen bezüglich der textuellen Darstellung getroffen, die hier erklärt werden, um das Lesen an entsprechenden Stellen zu erleichtern.

- Zur Definition oder Einführung von Begriffen und zur Betonung einzelner Worte oder Satzfragmente sind diese *kursiv* gesetzt.
- Umgangssprachliche Begriffe und Formulierungen, die an einigen Stellen zum leichteren Verständnis verwendet werden, sind durch “hochgestellte” Anführungszeichen kenntlich gemacht.
- Auszüge aus Quelltext oder anderen Dateien sind in **Schreibmaschi-
nenschrift** gesetzt.
- Worte, die sich auf Elemente eines Bildes beziehen, erscheinen seriefenlos.
- Zur besseren Unterscheidung zwischen umlaufendem Text und Bildunterschriften erscheinen letztere in *geneigter Schrift*.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Konzept	3
1.2.1	Eigenschaften von SimRobot	3
1.2.2	Änderungen gegenüber SimRobot	6
1.3	Gliederung der Arbeit	9
2	Robotik	11
2.1	Überblick	11
2.2	Sensorik	16
2.2.1	Kontaktsensoren	16
2.2.2	Infrarotsensoren	17
2.2.3	Ultraschallsensoren	18
2.2.4	Kameras	19
3	Simulationen	21
3.1	Überblick	21
3.2	Vergleichende Betrachtung	23
3.2.1	Zusammenfassung	29
3.2.2	Fazit	30
4	Die Programmiersprache Java	31
4.1	Entwicklungsgeschichte	31
4.2	Eigenschaften von Java	32
4.3	JDK 1.2	33
4.3.1	Swing	34
4.3.2	RMI	35
4.3.3	Corba	36
4.3.4	Java3D	36

5	Der Simulationsserver	39
5.1	Die Architektur	39
5.2	Der Parser	40
5.3	Der Objektbaum	42
5.4	Aufbau einer Szene	44
5.4.1	Grafische Primitive	44
5.4.2	Modellierung	47
5.4.3	Koordinatensystem	47
5.4.4	Szenenprojektion	49
5.4.5	Darstellungsattribute	49
5.5	Die Aktoren	52
5.5.1	Rotations- und Translationsgelenke	52
5.5.2	Universelle Fahrzeuge	52
5.5.3	Spezielle Aktoren	53
5.6	Die Sensoren	53
5.6.1	Bumper	53
5.6.2	Infrarotsensor	54
5.6.3	Ultraschall	54
5.6.4	Kamera	54
5.7	Die Zugriffsverwaltung	55
5.8	Der Simulationsprozeß	57
5.9	Die Klassenhierarchie	57
5.10	Erweiterbarkeit	58
6	Die Oberfläche	62
6.1	Starten der Oberfläche	62
6.2	Verbindung zum Server	63
6.3	Auswahl einer Szene	64
6.4	Starten einer Simulation	64
6.5	Interaktive Steuerung	66
6.5.1	Das Szenenfenster	67
6.5.2	Der Objektbaum	68
6.5.3	Die Aktorpanels	70
6.5.4	Die Sensorpanels	75
6.5.5	Kamerabilder	78
6.6	Trace-Informationen	78
6.7	Konfigurationsdateien	79
6.7.1	Zwingende Datenobjekte	81
6.7.2	Optionale Datenobjekte	82
6.8	Look and Feel	87
6.9	Das Hauptmenü	88

6.9.1	Connect	88
6.9.2	View	89
6.9.3	Simulation	90
6.9.4	Options	91
6.9.5	Die Toolbar	92
7	Die Programmsteuerung	95
7.1	Die Controller-Schnittstelle	95
7.1.1	Starten einer Simulation	97
7.1.2	Zugriff über Ports	98
7.1.3	Direkter Zugriff auf Szenenobjekte	99
7.1.4	Einfügen neuer Objekte	100
7.2	Die Szenendefinition	100
7.2.1	Allgemeine Attribute	101
7.2.2	Szenenobjekte	102
7.2.3	Makros	103
7.2.4	Gruppenobjekte	104
7.2.5	Aktoren	105
7.2.6	Sensoren	108
7.2.7	Grafische Objekte	112
7.2.8	Lichtquellen	115
8	Unerfüllte Anforderungen	117
9	Zusammenfassung	119
10	Ausblick	122
10.1	Sinnvolle Erweiterungen	122
10.2	Mögliche Einsatzbereiche	124
	Literaturverzeichnis	128
A	Booch-Referenz für Klassendiagramme	129
B	Installation	131
B.1	Systemanforderungen	131
B.2	Installation	132
B.3	Beispiele	132
C	Aufteilung der Arbeit	133

Abbildungsverzeichnis

2.1	Blockschema eines Roboters	13
2.2	Schema von SimRobot 2	15
2.3	Ein Infrarotsensor	17
2.4	Ein Ultraschallsensor	18
4.1	Der Java3D Szenengraph	37
5.1	Die Architektur von SimRobot 2	40
5.2	Interne Objektstruktur	43
5.3	Unterschiedliche Polygonarten	45
5.4	Die Vorderseite eines Polygons	45
5.5	Ein Rotationskörper um die Z-Achse	46
5.6	Ein Translationskörper	46
5.7	Transformationen im metrischen Koordinatensystem	48
5.8	Steuerung über einen Lenkradius	53
5.9	Ultraschallreflexionen	55
5.10	Klassenhierarchie des Simulationsservers	61
6.1	Dialog zur Eingabe eines Servers	63
6.2	Dialog zur Eingabe eines begrenzten Zeitintervalls	66
6.3	Das Hauptfenster	67
6.4	Eine Szene	68
6.5	Eine Szene als Drahtgittermodell	69
6.6	Ein Objektbaum	70
6.7	Das Aktorfenster mit 2 Aktorpanels	71
6.8	Menüauswahl Remove	71
6.9	Dialog zum Entfernen von Aktorpanels aus dem Aktorfenster	72
6.10	Aktorpanel mit Schieberegler	72
6.11	Aktorpanel mit Textfeld	73
6.12	Kombinierter Aktorpanel	73
6.13	Das Sensorfenster mit 3 Sensorpanels	76

6.14	Dialog zum Setzen der Zeitabstände für die Updates der Sensorpanels	77
6.15	Ein Kamerabild	78
6.16	Das Trace-Fenster	79
6.17	Das Koordinatensystem des Hauptfensters	83
6.18	Menüauswahl Connect	88
6.19	Menüauswahl View	89
6.20	Menüauswahl Simulation	91
6.21	Menüauswahl Options	91
6.22	Die Toolbar	93
7.1	Verwendung der Controller-API im Schichtenmodell	95
A.1	Klassendiagramm-Referenz	130

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation

Die Verwendung von Computer-Simulationen ist heutzutage in vielen Forschungs- und Entwicklungsbereichen unverzichtbar geworden. Die Möglichkeiten, die sich aus ihrer Anwendung ergeben, sind so vielfältig, daß ihr Einsatz sich auf kein Themengebiet oder wissenschaftlichen Bereich festlegen läßt. So gibt es bereits unzählige Anwendungsgebiete, sei es in den Naturwissenschaften, in der Wirtschaft, der Medizin oder in der Robotik. Besonders auf diesem Gebiet basiert die Entwicklung und der Einsatz vieler Roboter auf der Verwendung und Vorarbeit durch Simulationen.

So zum Beispiel auch im studentischen Projekt *SAUS (Sensomotorik Autonomer Systeme*, siehe [KB97]), wo ein teilautonomer Rollstuhl entwickelt wurde, der, ausgestattet mit unterschiedlicher Sensorik und einem Rechner, selbständig in einer vorgegebenen Umwelt navigieren sollte. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Algorithmen und Lernverfahren entwickelt und benutzt, die zum Teil lange Laufzeiten des Rollstuhls voraussetzten, um mindestens einen Teilerfolg erzielen zu können.

Die begrenzte Laufzeit des Rollstuhls¹ und die große Anzahl von Projektmitgliedern forcierten jedoch die Suche nach einer alternativen Möglichkeit, die geforderten Fähigkeiten zu entwickeln. Eine Lösung für dieses Problem fand sich mit *SimRobot*², einem Programm zur Simulation sensorbestückter Agenten (siehe [SHR94]), durch dessen Einsatz es möglich wurde, von der

¹Bei intensiven Versuchen mit dem Rollstuhl waren die Batterien nach spätestens vier Stunden leergefahren und mußten zeitaufwendig wieder aufgeladen werden.

²Das Programm SimRobot ist 1993 im Rahmen einer Diplomarbeit entstanden (siehe [Sie93]).