

Agentenbasierte Systemarchitekturen für Produktdatenmanagement-Systeme

— Grundlagen und Konzepte —

Vom Fachbereich Maschinenbau
an der Technischen Universität Darmstadt
zur
Erlangung eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

D i s s e r t a t i o n

vorgelegt von

Dipl.-Inform. Martin Arlt

aus Erfurt

Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl
Mitberichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Michael Abramovici
Tag der Einreichung:	19. Mai 2000
Tag der mündlichen Prüfung:	05. Juli 2000

Darmstadt, Juli 2000

D 17

Martin Arlt

**Agentenbasierte Systemarchitekturen
für Produktdatenmanagementsysteme**

Grundlagen und Konzepte

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2000

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Art, Martin:

Agentenbasierte Systemarchitekturen für Produktdatenmanagementsysteme:
Grundlagen und Konzepte / Martin Art.

Aachen : Shaker, 2000

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2000

ISBN 3-8265-7945-3

Copyright Shaker Verlag 2000

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-7945-3

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Vorwort

Diese Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Datenverarbeitung in Konstruktion der Technischen Universität Darmstadt.

Zuerst möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl, dem Leiter des Fachgebietes, danken, der mir die Möglichkeit und den Freiraum zu dieser Dissertation gab und das Gefühl, den aktuellen Stand der Forschung mit zu gestalten. Seine Unterstützung in der Betreuung und die hervorragende Umgebung ließen keine Wünsche offen und haben großen Anteil am Gelingen dieser Dissertation. Dank auch Herrn Prof. Dr.-Ing. Abramovici für die Übernahme des Koreferenten.

Mehr als ein einfacher Dank gilt Christian Pütter, der über all die Jahre des Zusammenwirkens oft endlose Diskussionen und Visionen von mir zu überstehen hatte, mir schlechte Ideen und Lösungen aus dem Kopf redete und mir immer das Gefühl gab, mich nicht bei meiner Arbeit verloren zu fühlen. Ebenso möchte ich mich für Anregungen, Kaffeepausen und Geduld bei meinen alten und neuen Kollegen bedanken. Viele werden wahrscheinlich nicht wissen, wie hilfreich das richtige Wort zur richtigen Zeit für mich gewesen ist. Besonderer Dank gilt Harald Liese für die zahlreichen Diskussionen und orthographischen Korrekturen sowie Frau Meyer für ihre perfekte und schnelle orthographische Zensur. Dank auch an meine alten und neuen Freunde Ronald Grüner, Markus Gallathe, Peter Bastian, Harald Liese und Bernd Tonnecker, die mir oft den Unterschied zwischen einem guten Bier, einem Glas Wein oder einer Tennisstunde und einem Rechner zeigten.

Ich würde lügen, wüsste ich nicht, wem ich meine Ausbildung, Erfahrungen und Existenz im alltäglichen Leben zu verdanken habe – meinen Eltern. Ihnen danke ich für ihre Zuneigung, Fürsorge, Unterstützung und für ihr Verständnis für die unregelmäßigen Besuche, schlechte Laune und Müdigkeit. Auch bei meinem Bruder Michael, Annegrete Herzberger, Annelore Schneider, Brfd Phelan, Doro und Kurt Heurich möchte ich mich für all die Mühen, Liebe und gute Fürsorge bedanken. Mein tiefer Dank gilt Helgard Heurich, der ich gerne diese Dissertation gezeigt hätte.

Ich danke Caterina für ihre Geduld und Liebe – und einfach dafür, dass sie da ist auf dieser Welt.

Für Helgard Heurich.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	2
1.2	Einführendes Beispiel	4
1.3	Ziele der Dissertation	5
1.4	Überblick	8
2	Stand der Technik	11
2.1	Begriffsbestimmung	12
2.1.1	Zeichen, Daten, Information und Wissen	12
2.1.2	Management	18
2.1.3	Modelle	20
2.2	Produkt datenmanagement	24
2.2.1	Produkte	24
2.2.2	Produktlebenszyklus	27
2.2.3	Methoden des Produkt datenmanagements	30
2.2.4	Techniken des Produkt datenmanagements	34
2.3	Produkt datenmanagement-Systeme	40
2.3.1	Begriffsbestimmung	40
2.3.2	Funktionsaspekte	43
2.3.3	Merkmale einer Systemarchitektur	48
2.3.4	Analyse bestehender PDM-Systeme	55
2.4	Diskussion	62
2.4.1	Anforderungen	65

3	Multi-Agentensysteme	67
3.1	Motivation	68
3.2	Agenten	73
3.2.1	Begriffsbestimmung	73
3.2.2	Eigenschaften von Agenten	75
3.2.3	Architekturen von Agenten	79
3.2.4	Kommunikation	90
3.2.5	Kooperation	100
3.2.6	Mobilität	102
3.2.7	Lernen und Planen	106
3.2.8	Klassifikation	110
3.3	Agentensysteme	113
3.3.1	Begriffsbestimmung	113
3.3.2	Organisation in Multi-Agentensystemen	117
3.3.3	Anwendungsgebiete	118
3.3.4	Aktionsmodelle in Multi-Agentensystemen	120
3.3.5	Kommunikationsmodelle	120
3.3.6	Architekturen von Multi-Agentensystemen	122
3.4	Diskussion	127
4	Agentenbasiertes PDM-System	129
4.1	Motivation	129
4.2	Begriffsbestimmung	130
4.2.1	Software-Architekturen	131
4.2.2	Verteilte Systemarchitekturen	132
4.3	Beschreibung der Systemarchitektur	137
4.3.1	Zerlegungsstrategien	137
4.3.2	Grundlegender Aufbau eines Agenten	141
4.3.3	Systemarchitektur	144
4.3.4	Kommunikation	152
4.3.5	Modell	157
4.3.6	Daten	158
4.3.7	Beschreibung der Umgebung	160

4.4	Migrationsstrategien	162
4.4.1	Schwache Migration	162
4.4.2	Starke Migration	162
4.5	Diskussion	164
4.5.1	Bewertung der Zerlegung	164
4.5.2	Kritische Betrachtungen	165
4.5.3	Erweiterungen	166
4.5.4	Vergleich mit CORBA/PDM-Enabler	168
5	Validierung	171
5.1	Analyse- und Entwurfsmethodik	171
5.1.1	Übersicht über die Methodik	172
5.1.2	Analysephase	174
5.1.3	Entwurfsphase	176
5.2	Entwicklungsmethode	179
5.3	Prototypenhafte Implementierung	182
5.3.1	Objektorientierte Abbildung	182
5.3.2	Kommunikation	188
5.4	Implementierungsdetails	192
5.4.1	Philosophie des iPDM-Toolkits	193
5.4.2	Architektur des iPDM-Toolkits	194
5.4.3	Implementierung des Agenten	194
5.4.4	Implementierung der Kommunikation	196
5.5	Szenariobeschreibungen	198
5.5.1	Vorgehensweise	199
5.5.2	Stabilität und Verlässlichkeit	199
5.5.3	Integration externer Anwendungen	204
5.5.4	Funktionen des Produktdatenmanagements	206
6	Diskussion	209
6.1	Ausblick	209
6.2	Zusammenfassung	213

A	KQML-Spezifikation	215
A.1	KQML Syntax	215
A.2	KQML Semantik	216
A.3	Parameter reservierter Performative	216
A.3.1	Reservierte Performative	217
	Literaturverzeichnis	219

Abbildungsverzeichnis

1.1	Kopplung eines DMU-Systems an ein agentenbasiertes PDM-System	6
2.1	Hierarchie zwischen Zeichen, Daten, Information und Wissen	14
2.2	Wissensgebiete und Detailinformationen	18
2.3	Kreislauf des Wissensmanagements	28
2.4	PDM-Systeme als Integrationsplattform	43
2.5	Aufbau eines Datenbanksystems	51
2.6	Allgemeine Systemarchitekturebene eines PDM-Systems	52
2.7	Klassifikation von Systemarchitekturen von PDM-Systemen	56
2.8	Systemarchitektur von CADIM/EDB	57
2.9	Systemarchitektur von IMAN	59
2.10	Systemarchitektur von Metaphase	60
2.11	Systemarchitektur von Windchill	62
3.1	Kommunikationsverfahren und ihre Abstraktionsfähigkeit	70
3.2	Eigenschaften von Agenten	76
3.3	Komponenten und deren Beziehungen eines Agenten	80
3.4	Aufbau eines reaktiven Agenten	83
3.5	<i>Subsumption</i> -Architektur nach Brooks am Beispiel	85
3.6	Aufbau eines deliberativen Agenten	87
3.7	Aufbau eines regelbasierten, hybriden Agenten	90
3.8	Komponenten der Kommunikationstheorie	91
3.9	Kommunikation mit Hilfe des RPC-Verfahrens	93
3.10	Kommunikation mit Hilfe eines Vermittlers	94
3.11	Aufbau eines blackboard-orientierten Agenten	95
3.12	Formen der Vermittlung in der Kommunikation	99

3.13	Typologie für Kooperationsformen	101
3.14	Aufbau eines Kontrakt netzknotens	102
3.15	Taxonomie mobiler Migration	104
3.16	Komponenten der Infrastruktur mobiler Agenten	105
3.17	Taxonomie für Plan-Architekturen	110
3.18	Agenten-Klassifikation nach Nwana	111
3.19	Agenten-Klassifikation nach Gilbert	112
3.20	Struktur eines Multi-Agentensystems	114
3.21	<i>Blackboard</i> -orientiertes Multi-Agentensystem	121
3.22	Systemarchitektur des Agentensystems ARA	124
3.23	Systemarchitektur des Multi-Agentensystems April	126
3.24	Systemarchitektur des Multi-Agentensystems AgentTCL	127
3.25	Problemlöserkreis nach Meyer	128
4.1	Komponenten- und agentenbasierte Struktur anordnung	131
4.2	Objektorientiertes Architekturmodell	133
4.3	Organisationsstrukturen	136
4.4	Funktionszerlegung entlang des Produktlebenszyklus	139
4.5	Zerlegung entlang der Funktionskomponenten	141
4.6	Allgemeine Architektur eines Agenten im PDM-System	142
4.7	Architektur eines agentenbasierten Produktdatenmanagements	145
4.8	Architektur des Produktstruktur-Agenten	146
4.9	Architektur des Agenten zur Dateiverwaltung	149
4.10	Architektur des Vermittleragenten	151
4.11	Architektur des Umgebungsagenten	152
4.12	Beispiel für das Kommunikationsmodell	153
4.13	Verteiltes agentenbasiertes PDM-System	169
5.1	Entwicklungsmethodik für Agentensysteme	173
5.2	Entwicklungsmethode für Agenten und Agentensysteme	179
5.3	Objektorientiertes Modell eines Agenten	184
5.4	Objektorientiertes Modell eines Agentensystems	185
5.5	Anwendungsfälle für einen Agenten	187

5.6	Kommunikation zwischen zwei Agenten als Sequenzdiagramm . . .	189
5.7	Objektorientiertes Modell eines <i>speech act</i>	190
5.8	Objektorientiertes Modell einer KQML-Nachricht	191
5.9	Objektorientiertes Modell der Inhaltssprache	192
5.10	Interner Aufbau des generischen iPDM-Toolkit-Agenten	196
5.11	Zeitlinien der aktiven Kommunikationsprozesse	198
5.12	Vorgehensweise in der Szenariobeschreibung	200
6.1	Agenten angereicherte Systemarchitektur	211