

Matthias von Bechtolsheim

Agentensysteme

Aus dem Programm
Angewandte Informatik

herausgegeben von Paul Schmitz und Norbert Szyperski

Introduction to PEARL

von W. Werum und H. Windauer

Petri-Netze, Eine anwendungsorientierte Einführung

von B. Rosenstengel und U. Winand

Komplexitätstheorie

von S. Zelewski

Agentensysteme

Verteiltes Problemlösen mit Expertensystemen

von Matthias von Bechtolsheim

Informationsmanagement in Wissenschaft und Forschung

von B. Cronin und S. Klein (Hrsg.)

Wissensbasiertes CASE

Theoretische Analyse - Empirische Untersuchung -

Entwicklung eines Prototyps

von G. Herzwurm

Matthias von Bechtolsheim

Agentensysteme

Verteiltes Problemlösen mit
Expertensystemen



Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Bechtolsheim, Matthias von:

Agentensysteme : verteiltes Problemlösen mit
Expertensystemen / Matthias von Bechtolsheim.-
Braunschweig ; Wiesbaden : Vieweg, 1993
(Programm Angewandte Informatik)

Das in diesem Buch enthaltene Programm-Material ist mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Der Autor und der Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieses Programm-Materials oder Teilen davon entsteht.

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1993
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1993

Der Verlag Vieweg ist ein Unternehmen der Verlagsgruppe Bertelsmann International.



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN-13: 978-3-528-05297-3 e-ISBN-13: 978-3-322-85348-6

DOI: 10.1007/ 978-3-322-85348-6

Vorwort

Problemlösungen im Unternehmen erfolgen arbeitsteilig. Ein Tatbestand, der von vorherrschenden computergestützten Informationssystemen, speziell Expertensystemen, heute nur unzureichend abgedeckt wird. Dort steht das Individuum als problemlösender Experte und Expertiseanwender im Vordergrund.

Die Notwendigkeit, verteiltes Problemlösen mit Expertensystemen informationstechnisch zu realisieren, hat in der Künstlichen Intelligenz zum Konzept der "Agentensysteme" geführt. Diesen noch jungen Ansatz greift der Verfasser auf und stellt ihn in einem Bezugsrahmen dar, so daß sein Gestaltungspotential erkennbar wird. Bezogen auf die Hoffnungen, es könne eine "Selbstorganisation" von Agentensystemen geben, müssen bei kritischer Betrachtung jedoch Einschränkungen gemacht werden. Nutzt man die realistischen Möglichkeiten der Agentensysteme, so lassen sich damit komplexe Interaktionsprozesse zwischen Experten bzw. Expertensystemen rekonstruieren.

Anhand der neuesten objektorientierten Softwaretechnologie wird in dieser Schrift gezeigt, wie sich Agentensysteme erstellen lassen. Hierzu dient ein Beispiel aus dem Wertpapiermanagement, in dem die Struktur von Agenten im Zusammenspiel verdeutlicht wird. Bislang noch wenig verstanden ist die Integration verschiedener Expertensysteme in einem Agentensystem. Hierzu findet sich ein Vorschlag für ein semantisches Referenzmodell, das die Problemlösungsprozesse der einzelnen Agenten kompatibel machen kann.

Diese Schrift fordert nicht nur dazu heraus, Informationssysteme aus einer mehr alltagsweltlichen und damit allgemeinverständlichen Sicht zu behandeln. Sie gibt darüber hinaus auch sehr bedeutsame Anregungen für eigene Entwicklungen und einen Einblick in die Realisierungstechnologie für Agentensysteme. Dabei wendet sie sich an Anwender und Forscher, die sich auf einer neuen Basis mit Agentensystemen beschäftigen wollen oder bereits selbst Expertensysteme und verteilte Anwendungssysteme erprobt haben.

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| 1. Die Bedeutung verteilten Problemlösens mit Expertensystemen..... | 1 |
| 2. Konzepte für verteilte Expertensysteme..... | 5 |
| 2.1. Einleitung | 5 |
| 2.2. Individuelles Problemlösen als Ausgangspunkt..... | 6 |
| 2.2.1. Der Informationsverarbeitungsansatz | 7 |
| 2.2.2. Das Konzept des General Problem Solver..... | 10 |
| 2.2.3. Problemlösen im Expertensystem-Ansatz | 13 |
| 2.2.4. Begriff, Struktur und Funktionsweise von ES | 17 |
| 2.3. Verteiltes Problemlösen mit Expertensystemen | 26 |
| 2.3.1. Historie..... | 26 |
| 2.3.2. Der Begriff des verteilten Problemlösens mit Expertensystemen | 28 |
| 2.3.3. Der Untersuchungsansatz..... | 29 |
| 2.3.4. Grundformen der Verteilung von Problemlösungsprozessen | 30 |
| 2.3.5. Verteilte Inferenzprozesse in Produktionssystemen | 32 |
| 2.3.6. Beurteilung verteilter Problemlösungsprozesse in ES | 36 |
| 3. Agentensysteme: Ein Bezugsrahmen für verteiltes Problemlösen..... | 39 |
| 3.1. Das Schichtenkonzept von Agentensystemen..... | 42 |
| 3.1.1. Einleitung..... | 42 |
| 3.1.2. Die Interaktionsschicht | 44 |
| 3.1.3. Die Aufgabenschicht..... | 48 |
| 3.1.4. Organisationsstrukturen für Agentensysteme | 53 |
| 3.1.5. Organisatorische Gestaltungsalternativen..... | 55 |
| 3.1.6. Agentensysteme auf der Problemschicht | 60 |
| 3.1.7. Zusammenfassung: Die methodologischen Positionen des Agentensystemansatzes..... | 69 |
| 3.2. Agentensysteme als Integrationsmodell für Expertensysteme | 70 |
| 3.2.1. Vertikale Integration mit dem Entwicklungsprozeß | 71 |
| 3.2.2. Horizontale Integration mit den Komponenten des Informationssystems..... | 76 |
| 4. Möglichkeiten und Grenzen der Realisierbarkeit von Agentensystemen | 81 |

| | |
|---|------------|
| 4.1. Selbstorganisation: Bewährungskriterium für Agentensysteme..... | 81 |
| 4.2. Die Realisierbarkeit der Autonomie von Agenten..... | 82 |
| 4.2.1. Einordnung von Autonomie in das Agentenkonzept | 82 |
| 4.2.2. Eine entscheidungstheoretische Rekonstruktion von Agentenautonomie | 83 |
| 4.2.3. Autonomes Verhalten unter unvollständiger Information | 85 |
| 4.2.4. Agenteninteraktion als Spiel | 88 |
| 4.2.5. Agenteninteraktion ohne Kommunikation..... | 90 |
| 4.2.6. Agenteninteraktion als Verhandlungsprozeß | 95 |
| 4.3. Semantik in Agentensystemen | 99 |
| 4.3.1. Einleitung | 99 |
| 4.3.2. Natürlichsprachliche vs. formale Semantik | 99 |
| 4.3.3. Formale Semantik in Agentensystemen..... | 102 |
| 4.3.4. Semantische Referenzen in Agentensystemen..... | 107 |
| 4.4. Metawissen als Voraussetzung für erfolgreiche Koordination | 111 |
| 4.4.1. Folgen der Verteiltheit des Wissens | 111 |
| 4.4.2. Metawissen als Kontrollwissen in ES | 115 |
| 4.4.3. Metawissen als Selbst- und Fremdwissen..... | 117 |
| 4.4.4. Implikationen von Metawissen für den Problemlösungsprozeß..... | 119 |
| 4.4.5. Grenzen der Modellierung von Metawissen | 126 |
| 4.5. Koordination in Agentensystemen | 127 |
| 4.5.1. Grundprobleme der Koordination | 127 |
| 4.5.2. Betrachtung der Koordinationsfähigkeit anhand von Petri-Netzen | 130 |
| 4.5.3. Grenzen der Koordinierbarkeit von Agentensystemen..... | 135 |
| 4.6. Agentensysteme und marktwirtschaftliche Strukturen..... | 136 |
| 4.6.1. Agorische Systeme..... | 136 |
| 4.6.2. Agenten als Wirtschaftssubjekte | 141 |
| 4.6.3. Märkte für Agenten..... | 151 |
| 4.7. Ergebnis..... | 153 |
| 5. Eine Architektur für Agentensysteme | 155 |
| 5.1. Einleitung | 155 |
| 5.2. Dimensionen einer Agentensystemarchitektur | 155 |

| | |
|---|------------|
| 5.3. Der objektorientierte Ansatz zur Implementierung von Agentensystemen | 163 |
| 5.3.1. Die Notwendigkeit eines neuen Implementierungskonzeptes für verteilte ES | 163 |
| 5.3.2. Die Wurzeln des objektorientierten Ansatzes | 164 |
| 5.3.3. Schlüsselkonzepte des objektorientierten Ansatzes | 166 |
| 5.3.4. Anwendbarkeit des objektorientierten Ansatzes für das Agentensystemkonzept | 182 |
| 5.4. Vorschlag für eine objektorientierte Agentensystemarchitektur | 186 |
| 6. Ein exemplarisches Agentensystem für das Wertpapiermanagement | 193 |
| 6.1. Der Erfahrungsstand bei Agentensystemen | 193 |
| 6.2. Fallbeispiel Wertpapiermanagement | 194 |
| 6.2.1. Einleitung | 194 |
| 6.2.2. Begriff des Wertpapiermanagements | 194 |
| 6.2.3. Organisation des Wertpapiermanagements | 197 |
| 6.2.4. Informationstechnische Strukturen des Wertpapiermanagements | 198 |
| 6.3. Konzeption eines Agentensystems für das Wertpapiermanagement | 204 |
| 6.3.1. Komponenten des Agentensystems | 204 |
| 6.3.2. Exemplarische funktionale Strukturen im Agentensystem | 205 |
| 6.3.3. Strukturen auf der Interaktionsschicht | 215 |
| 6.3.4. Strukturen auf der Aufgabenschicht | 217 |
| 6.3.5. Strukturen auf der Problemschicht | 217 |
| 7. Methodische Probleme der Entwicklung von Agentensystemen | 227 |
| 7.1. Der Entwicklungsprozeß von Agentensystemen | 227 |
| 7.2. Grundzüge eines semantischen Referenzmodells für ein Agentensystem | 232 |
| 7.2.1. Der objektorientierte Ansatz als Grundlage für semantische Referenzmodelle | 232 |
| 7.2.2. Zur Problematik der Organisation semantischer Referenzmodelle in Agentensystemen | 237 |

7.3. Ein Interaktionsmodell für das Wertpapiermanagement..... 240

7.4. Ergebnis..... 247

8. Schlußüberlegungen249

Abbildungen

| | | |
|----------|---|-----|
| Abb. 1: | Das Grundmodell des IV-Ansatzes | 8 |
| Abb. 2: | Suchbaum eines GPS-Problemlösungsprozesses | 11 |
| Abb. 3: | Funktionale Struktur eines ES | 21 |
| Abb. 4: | Regelbasis eines Produktionssystems | 23 |
| Abb. 5: | Vorwärtsverkettung in einem Produktionssystem | 24 |
| Abb. 6: | Rückwärtsverkettung in einem Produktionssystem | 25 |
| Abb. 7: | Grundformen der Verteilung von Expertensystemen | 31 |
| Abb. 8: | Verteilung eines vorwärtsverkettenden Suchbaums auf mehrere Problemlöser | 33 |
| Abb. 9: | Verteilte Problemlöser mit ihren verteilten Wissensbasen und einer gemeinsamen Faktenbasis | 34 |
| Abb. 10: | Schichtenmodell eines Agenten | 42 |
| Abb. 11: | Interaktionsschicht eines Agentensystems | 44 |
| Abb. 12: | Aufgabenschicht eines Agentensystems | 49 |
| Abb. 13: | Client-Server vs. Producer-Consumer-Beziehungen | 49 |
| Abb. 14: | Organisatorische Strukturmerkmale von Agentensystemen | 54 |
| Abb. 15: | Alternative Abstimmungsmechanismen | 57 |
| Abb. 16: | Problemschicht eines Agentensystems | 61 |
| Abb. 17: | Funktionale Idealstruktur eines Agenten in Anlehnung an die ES-Grundstruktur | 67 |
| Abb. 18: | Konventioneller Software-Lebenszyklus | 71 |
| Abb. 19: | Expertensystemlebenszyklus | 72 |
| Abb. 20: | "Zwei-Welten-Modell" der ES-Entwicklung | 73 |
| Abb. 21: | Gefangenendilemma | 91 |
| Abb. 22: | Verhandlungsfall | 95 |
| Abb. 23: | Beispiel für Regeln mit Metaregeln und einer Faktenbasis | 115 |
| Abb. 24: | Metawissen als Selbst- und Fremdwissen | 117 |
| Abb. 25: | Metawissen zwischen zwei Agenten | 120 |

| | |
|---|-----|
| Abb. 26: Petri-Netz einer Aufgabenkommunikation zwischen zwei Agenten | 131 |
| Abb. 27: Regelnetz für eine Auftragskoordination | 133 |
| Abb. 28: Implementierungsschichten eines Agenten | 156 |
| Abb. 29: Implementierungsarchitektur eines Agenten | 158 |
| Abb. 30: Benutzerbezogenes Kommunikationsmodell eines Agenten | 160 |
| Abb. 31: Interagenten-Kommunikationsschichten im OSI-Modell | 162 |
| Abb. 32: Verkapselung und Nachrichtenkommunikation zwischen Objekten | 168 |
| Abb. 33: Beispiel für das Klassenkonzept | 172 |
| Abb. 34: Beispiel für das Prototypenkonzept | 174 |
| Abb. 35: Beispiel für eine Vererbungshierarchie | 178 |
| Abb. 36: Aspekte der Objektorientierung in einem Agenten | 187 |
| Abb. 37: Verbindungen im Objektmodell eines Agenten | 188 |
| Abb. 38: Objektmodell eines Agenten | 190 |
| Abb. 39: Funktionenmodell eines Agenten | 192 |
| Abb. 40: Interaktionsmodell des Wertpapiermanagements | 199 |
| Abb. 41: Vereinfachtes Datenflußmodell des Wertpapiermanagements | 203 |
| Abb. 42: Agenten eines Wertpapiermanagementsystems | 205 |
| Abb. 43: acquaintances des Agenten DEB | 215 |
| Abb. 44: interactions des Agenten DEB | 216 |
| Abb. 45: orders des Agenten DEB | 217 |
| Abb. 46: tasks des Agenten RES | 218 |
| Abb. 47: Modellierungsprozeß eines Agentensystems | 228 |
| Abb. 48: Vererbungshierarchie eines semantischen Referenzmodells | 235 |
| Abb. 49: Exemplarischer semantischer Vererbungsgraph eines Wertpapiermanagementsystems | 239 |
| Abb. 50: Interaktionsgraph einer Auftragsvergabe | 242 |
| Abb. 51: Exemplarischer Prozeß/Interaktionsgraph eines Wertpapiermanagementsystems | 245 |