

Ein evolutionsbasiertes Lernkonzept für Contract-Net-Agenten

Dipl.-Inf. Jens Arnold
Fakultät für Informatik, TU Chemnitz
D-09107 Chemnitz, Deutschland
E-Mail: jarn@informatik.tu-chemnitz.de

Schlüsselwörter:

Evolutionäre Optimierung (EO), Multiagentensysteme (MAS), Verteilte Künstliche Intelligenz (VKI), Contract-Net-Protokoll, Fertigungssysteme

Die Analyse von komplexen Systemen, hier speziell Fertigungssystemen¹, führt regelmäßig zu einer Menge mehr oder weniger autonom arbeitender Subsysteme. Es liegt daher nahe, diese relativ unabhängig voneinander agierenden Komponenten in einem Simulationsmodell als parallel wirkende Agenten mit in Umfang und Zeit begrenzter Kommunikation aufzufassen. Die im Bereich der Verteilten Künstlichen Intelligenz (VKI) untersuchten Multiagentensysteme (MAS) bieten einen guten Ansatz zur Modellierung von selbstorganisierenden (resp. selbstoptimierenden) Systemen. Insbesondere die zunehmende Verfügbarkeit von massiv parallelen Rechnerarchitekturen und heterogenen Rechenclustern auf PC- oder Workstationbasis ermöglicht eine effiziente Implementierung der den MAS inhärenten Parallelität.

Der Artikel ist wie folgt gegliedert:

Im ersten Abschnitt wird ein kurzer Überblick der gegenwärtig genutzten Multiagen-

tenmodelle für Fertigungssysteme gegeben. Dabei wird kritisiert, daß die meisten Ansätze nach wie vor von einer zentralen Steuerungskomponente ausgehen (Blackboard-Modell /ALBA-92/ oder Markt-Modell mit Brokeragent /BROT-94/, /KASS-98/).

Der zweite Abschnitt motiviert die Verwendung des Contract-Net-Modells zur Repräsentation von Fertigungssystemen und stellt eine konkrete Implementation auf Basis von PVM² vor. Es existieren keine zentrale Kontrollinstanz und keine globale Wissensbasis. Ein Problem ist nur durch die Kooperation der Agenten lösbar und wird in einer Folge von Verhandlungen zwischen Agentenpaaren verteilt. Das Ziel der Planung und Simulation ist dabei die Ermittlung von optimalen Fertigungsabläufen mit minimalen Durchlaufzeiten der einzelnen Fertigungsaufträge /KRÖB-97/.

Aus der Synergetik stammt das im Mittelpunkt des Abschnittes drei stehende Prinzip der *Selbstorganisation*. Es kann zur Erklärung für das spontane Entstehen von Ordnungsstrukturen innerhalb einer größeren Anzahl von einzelnen Individuen (Agenten) herangezogen werden. Probleme, an denen ein einzelner Agent scheitern würde, können nur durch das koordinierte Zusammenwirken mehrerer Agenten gelöst werden. Die Selbstorganisation findet im wesentlichen in der *Lernphase* der Agentengesellschaft statt. Während der Lernphase (Wissensakquisition) sammeln die Agenten

¹ Fertigungssysteme bestehen i.allg. aus einer relativ großen Anzahl von sich wechselseitig beeinflussenden Subsystemen, wie z.B. Fertigungsplätzen, Werkern, Transportsystemen, Puffern usw. Aufgrund dieser hohen Komplexität können reale Fertigungssysteme meist nur unzureichend mit Methoden der mathematischen Optimierung geplant und gesteuert werden /KASS-98/. Dieser Artikel beschränkt sich auf Fertigungssysteme, prinzipiell ist das vorgestellte Konzept aber für beliebige Multiagentenmodelle anwendbar.

² Parallel Virtual Machine (PVM) ist ein Softwarepaket zur Verbindung von verschiedenen Computern zu einem heterogenen Rechencluster, welches für den Anwender wie ein einzelner großer Parallelrechner nutzbar ist /GBD⁺-94/.

Informationen über das Verhalten ihrer Umgebung (unmittelbar benachbarte Agenten und Systemumwelt), optimieren damit ihre eigenen Strategien und korrigieren ihre Pläne³.

Mit den Evolutionären Algorithmen /ARNO-95/ wird im Abschnitt vier ein stochastisch-heuristisches Optimierungsverfahren unter der Zielsetzung vorgestellt, damit den Lernprozeß der Agentengesellschaft zu beschleunigen und qualitativ zu verbessern. Aufbauend auf einem Populationskonzept, in dem jede Agentengesellschaft ein Individuum repräsentiert, werden ein möglicher Chromosomensatz und dementsprechende genetische Operatoren definiert. Die evolutionsinhärente Parallelität wird genutzt, um die Individuen via PVM auf parallele Hardware zu verteilen. Aufgrund der mittels Genetischer Algorithmen erzielten Optimierungsergebnisse für das Problem der Fertigungsstrukturierung /ARNE-96/ sind ähnlich positive Effekte in der Fertigungsplanung mit Multiagentenmodellen denkbar.

Der letzte Abschnitt gibt eine kurze Zusammenfassung. Dabei werden die besonderen Vorteile des vorgestellten Konzeptes aber auch mögliche Probleme einer praktischen Implementierung und Anwendung aufgezeigt.

Literatur

/ALBA-92/ Albayrak, S.: Kooperative Lösung der Aufgabe Auftragsdurchsetzung in der Fertigung durch ein Mehr-Agenten-System auf Basis des Blackboard-Modells. Dissertation, Fachbereich Informatik der TU Berlin, 1992.

/ARNO-95/ Arnold, J.: Die Verwendung von Evolutionären Algorithmen bei der Optimierung von Fertigungssystemen. Diplomarbeit, Fakultät für Informatik der TU Chemnitz-Zwickau, 1995.

/ARNE-96/ Arnold, J. und Nestler, A.: Strukturierung von Fertigungssystemen mittels Genetischer Algorithmen. in Krug, W. (Hrsg.): Simulationstechnik – 10. Symposium in Dresden, Tagungsband, Vieweg-Verlag, 1996.

/BROT-94/ Brotkorb, S.: Entwurf und Implementierung einer Simulationsumgebung für ein Multiagentensystem zur Fertigungssteuerung. Diplomarbeit, Fakultät für Informatik der TU Chemnitz-Zwickau, 1995.

/KASS-98/ Kassel, S.: Implementierung und Design von Multiagentensystemen. Dissertation, Fakultät für Informatik der TU Chemnitz, 1998.

/KRÖB-97/ Kröber, H.: Entwicklung und Test eines objektorientierten Fertigungssimulators für parallele Rechnerarchitekturen. Diplomarbeit, Fakultät für Informatik der TU Chemnitz-Zwickau, 1997.

/GBD⁺-94/ Geist, A., Beguelin, A., Dongarra, J.J., Jiang, W., Manchek, R. und Sunderam, V.: PVM: Parallel Virtual Machine – A User's Guide and Tutorial for Networked Parallel Computing. MIT Press, 1994.

³ Dabei handelt es sich um sogenannte *deliberative* Agenten, d.h. jeder Agent hat eine Intention. Produktionsagenten haben die Intention, möglichst viele Aufträge in kürzester Zeit zu erledigen. Lageragenten die Intention, möglichst wenig zu lagern, aber trotzdem immer liefern zu können usw.