Kleine Büning, H. (Hrsg.): Workshop SiWiS '98 - Simulation in Wissensbasierten Systemen. Universität-GH Paderborn, Bericht tr-ri-98-194, Reihe Informatik, 1998.

Ein Multiagentensystem zur simulationsbasierten Optimierung

Dipl.-Inf. Sven Hader
Fakultät für Informatik, TU Chemnitz
D-09107 Chemnitz, Deutschland
E-Mail: sha@informatik.tu-chemnitz.de

Schlagworte: simulationsbasierte Optimierung, hybride Optimierung, Verteilte Künstliche Intelligenz (VKI), Multiagentensysteme, Contract-Net-Protokoll

In der Industrie kann seit Jahren ein stark zunehmender Komplexitätsgrad der verwendeten Systeme verzeichnet werden. Der Entwurf derartig komplexer Systeme stellt hohe Anforderungen an die Fähigkeiten des Ingenieurs, da das zu entwerfende System i.allg. bezüglich bestimmter Zielvorgaben (finanzieller oder operationeller Art) optimal sein soll.

Viele der in der Praxis zu lösenden Optimierungsprobleme besitzen eine Reihe besonderer Eigenschaften wie

- die zu optimierende Zielfunktion und ggf. die Nebenbedingungen liegen nicht als explizite mathematische Formeln vor, sondern in Form von (Simulations-) Programmen
- es existiert eine große Anzahl Optimierungsparameter und linearer bzw. nichtlinearer Nebenbedingungen
- es existiert eine Vielzahl lokaler Optima

die das Finden einer „annehmbaren" Lösung erschweren. Verschärfend kommt hinzu, daß zur Optimierung nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung steht. Aus diesen Gründen kommt der Auswahl eines geeigneten Optimierungsverfahrens eine große Bedeutung zu, so daß der Ingenieur vor der Lösung des eigentlichen Problems ein *Meta-Optimierungsproblem* der Form

> *„finde ein Optimierungsverfahren (sowie geeignete Verfahrensparameter), dessen Anwendung auf das konkrete Optimierungsproblem unter Berücksichtigung der begrenzten Zeit und Ressourcen eine annehmbare Lösung liefert"*

lösen muß. Damit ist er wegen der Vielzahl existierender Optimierungsverfahren und dem nur unzureichenden Wissen zu deren Eignung meist überfordert.

Zur Unterstützung des Ingenieurs bei der Optimierung wurde das Multiagentensystem[1] **MASCOT** (**M**ulti-**A**gent **S**ystem for the **C**ombination of **O**ptimization **T**echniques) entwickelt (siehe [Had97]). Basierend auf einem vorliegenden Optimierungsproblem und der zur Lösung maximal zur Verfügung stehenden Zeit übernimmt es sowohl die Auswahl und Parametrierung geeigneter Optimierungsverfahren als auch die eigentliche Optimierung.

MASCOT besteht aus einer Menge von miteinander kommunizierenden *Agenten*[2], die in der Lage sind, abgegrenzte Problembereiche zu bearbeiten und die sich anhand ihrer Fähigkeiten in verschiedene Typen unterteilen (u.a. Nutzerschnittstellen-Agent, Datenbank-Agent, Optimierungs-Agent). Jeder Agent kann für eine vorgegebene Aufgabe anhand lokalen Wissens (statischer und dynamischer Natur) abschätzen, ob und wie gut er sie in der vorgegebenen Zeit lösen kann.

[1] Ein *Multiagentensystem* (MAS) besteht aus einer Ansammlung autonomer Systeme, sogenannter *Agenten.* Jeder Agent besitzt spezielle Fähigkeiten sowie eigenes Wissen, Pläne und Ziele. Die Lösung von Problemen in MAS wird nicht zentral gesteuert, sondern ergibt sich dezentral durch die Prinzipien von Kooperation und Konkurrenz.

[2] Die Agenten werden durch separat lauffähige Programme realisiert, die parallel und ggf. verteilt auf verschiedenen Rechnern laufen (unter Verwendung des PVM-Systems, siehe [PVM94]).

Der für eine gegebene Aufgabe am besten geeignete Agent wird nach dem Konzept der Vertragsverhandlung (basierend auf dem *Contract-Net-Protokoll* nach Smith, siehe [Smi80]) ermittelt. Dabei schickt der für die Aufgabenlösung verantwortliche Agent (Auftraggeber) eine Ausschreibung der Aufgabe an alle potentiell in Frage kommenden Agenten. Jeder dieser Agenten, der die Aufgabe (wahrscheinlich) lösen kann, bewirbt sich beim Auftraggeber mit einem Angebot. Der Auftraggeber sammelt die Angebote und erteilt dem besten Bewerber den Zuschlag. Dieser Agent (Auftragnehmer) beginnt mit der Lösung der Aufgabe. Wenn er die Lösung ermittelt hat, schickt er diese dem Auftraggeber; kann er die Aufgabe aus irgendwelchen Gründen nicht lösen, teilt er das dem Auftraggeber mit, der daraufhin einen anderen Bewerber beauftragt.

MASCOT beinhaltet eine leicht erweiterbare Menge von Optimierungsagenten, die jeweils ein konkretes Optimierungsverfahren realisieren (z.B. Hillclimbing, Zufallssuche, wissensbasierte Optimierung[1], Genetische Algorithmen). Im Rahmen der Lösung eines Optimierungsproblems werden unter diesen Agenten sukzessive Aufgaben der Art

- „*finde eine gültige Anfangslösung für dieses Optimierungsproblem*“ bzw.
- „*finde eine bessere Lösung für dieses Optimierungsproblem*“

ausgeschrieben, wobei zu deren Lösung jeweils nur ein Teil der insgesamt verfügbaren Zeit bereitgestellt wird. Ein Optimierungsagent, der den Zuschlag für eine dieser Aufgaben erhalten hat, kann diese bei Bedarf zerlegen und alle oder ausgewählte Teilaufgaben seinerseits ausschreiben. Insbesondere kann er das Optimierungsproblem (temporär) modifizieren, indem er z.B. den Suchraum aufteilt oder die Anzahl Parameter bzw. Nebenbedingungen verringert. Das so „verkleinerte“ Problem kann nun von anderen Optimierungsagenten gelöst werden, die u.U. zur Lösung des Originalproblems nicht fähig waren.

Durch die beschriebenen Prinzipien von Kooperation (Zusammenarbeit bei der Lösung des Gesamtproblems) und Konkurrenz (Wettbewerb bei der Lösung von Teilproblemen) zwischen den Optimierungsagenten bildet sich in MASCOT ein *hybrides Optimierungsverfahren* heraus, das sich zum größten Teil während der Optimierung „selbst“ konfiguriert und somit den Nutzer spürbar entlastet.

Wesentliches Einsatzgebiet von MASCOT ist die Parameteroptimierung technischer Systeme, bei der die Zielfunktion durch ein Simulationsprogramm repräsentiert wird. Es wurde bisher vorrangig zur Optimierung von Lagerhaltungsmodellen verwendet (siehe [Had97]).

[1] basierend auf dem wissensbasierten Optimierungssystem DIM_EXPERTE (siehe [Had95] und [Had98])

Literatur

[Had95] Hader, S.: *A Knowledge-based Approach to the Optimization of Technical Systems and Its Application to Inventory Systems*. Second ISIR Summer School on Inventory Research, Portoroz, Slovenia, 1995.

[Had97] Hader, S.: *MASCOT: A Multiagent System for Hybrid Optimization*. Third ISIR Summer School on Inventory Modelling in Production and Supply Chains, Ioannina, Greece, 1997.

[Had98] Hader, S.: *Das wissensbasierte Optimierungssystem DIM_EXPERTE*. Forschungsbericht des Innovationskollegs „Bildung eines vernetzten Logistik- und Simulationszentrums“, TU Chemnitz, 1998.

[PVM94] *PVM Users' Guide and Reference Manual*. Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA, 1994.

[Smi80] Smith, R.G.: *The Contract Net Protocol: High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver*. IEEE Transactions on Computers, 29(1980)12, pp. 1104-1113.