

Integration zentraler Prozess-Optimierung und lokaler agentenbasierter Prozess-Anpassung für das Management von Transportprozessen in dynamischen Umgebungen¹

Hagen Langer¹, Jörn Schönberger¹, Herbert Kopfer¹, Ingo J. Timm²

¹Universität Bremen, DFG Sonderforschungsbereich 637
hlangen@tzi.de, jsb@uni-bremen.de, kopfer@uni-bremen.de

²Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Fachbereich 12
timm@informatik.uni-frankfurt.de

1 Einleitung

Aktuell steht das Management von Transportprozessen vor verschiedenen Herausforderungen. Die Prozessplanung wird immer stärker dynamisiert, da planungsrelevante Informationen durch technische Innovationen verstärkt kostengünstig zur Verfügung gestellt werden. Dadurch wird die Geschwindigkeit der Prozess-Aktualisierung erhöht und eine substantielle Verbesserung der Informationsflüsse zwischen allen an der Leistungserbringung Beteiligten notwendig. Dies führt schließlich zu einer signifikanten Steigerung der Komplexität der zu bewältigenden Prozessplanungsaufgaben. Nur durch eine Nutzung hoch entwickelter Planungs-Unterstützungssoftware ist es noch möglich, aus der Vielzahl möglicher Prozessausprägungen die jeweils bestmögliche für jede Transportressource bzw. jeden Auftrag zu identifizieren, ohne Profit- oder Servicemaximierung zu vernachlässigen [CL98]. In der wissenschaftlichen Literatur sind zwei Klassen von Methoden zu finden, die in aktuellen Anwendungen zur Planung von Transportprozessen eingesetzt werden: Soft-Computing und Software-Agentensysteme. Unter dem Begriff *Soft-Computing* [Lip05] sind Methoden zusammengefasst, die im Gegensatz zu vielen klassischen Ansätzen aus der KI keine Repräsentationen auf der Basis einer klassischen Logik voraussetzen, sondern auch „weiche“, d.h. unscharfe oder approximative Repräsentationen einsetzen, um für komplexe Entscheidungsprobleme Lösungen zu finden, wie Evolutionäre Algorithmen, Fuzzy Systeme oder Neuronale Netze. Diese Verfahren werden überwiegend für eine zentralisierte globale Entscheidungsfindung genutzt. Software-Agentensysteme basieren andererseits auf einer starken Dezentralisierung der Problemlösung durch autonome Entscheidungsträger, den *Agenten*, die auf der Basis von Interaktion und Kommunikation mit ihrer Umwelt (insbesondere anderen Agenten) die Handlungsfähigkeit der logistischen Objekte herstellen sollen [KHL06].

¹ Diese Forschung wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 637 "Selbststeuerung logistischer Prozesse – Ein Paradigmenwechsel und seine Grenzen" in den Teilprojekten B4 und B7 unterstützt.

2 Transportprozess-Planung in volatilen Umgebungen

Das Management von Logistikprozessen, die in dynamischen Umgebungen Transportdienstleistungen erbringen, erfordert einerseits eine Koordination aller Komponenten des Logistiksystems (Fahrzeuge, Pakete, Umschlagknoten). Andererseits ist eine schnelle Reaktionsfähigkeit der einzelnen Akteure notwendig, um exogene Störungen, die die Prozessabarbeitung behindern, zu bewältigen. Auf der makrologistischen Ebene (Gesamtsystem) wird dabei die Maximierung der Effizienz der Leistungserbringung angestrebt, während auf der mikrologistischen Ebene (logistische Objekte) eine hohe Servicequalität bzw. Zuverlässigkeit angestrebt wird. Diese beiden Zielsetzungen sind konfliktär. Andererseits ist eine zentrale Prozess-Anpassung als Reaktion auf lokale Störungen mit prohibitiv hohem Dispositions- und Kommunikationsaufwand verbunden. Des Weiteren fehlen bis heute umfassende, flexible und adaptive Problem-Formalisierungen, die die Voraussetzung für eine automatische zentrale Disposition darstellen. Somit ist es sinnvoll, einer zentralen Koordinationseinheit die Einheiten-übergreifende Prozess-Abstimmung zu übertragen, die lokalen Prozessanpassungen durch die jeweils betroffenen logistischen Einheiten jedoch eigenständig durchführen zu lassen.

Für die typischen Planungsszenarien wie dem Problem des Handlungsreisenden und dessen Variationen wurden im Operations Research, aber auch in der KI, Planungsmethoden entwickelt, die über Jahre zufriedene stellende Planungsergebnisse lieferten. Diese Entscheidungslogiken basieren hierbei auf den gleichen Paradigmen: (a) Sie sind global systembezogen, d.h., sie berücksichtigen Wirkungen auf das gesamte Transportsystem bei der Entscheidungsfindung. (b) Sie setzen ein statisches Transportnetzwerk voraus. (c) Sie sind nicht-kommunikativ, d.h., es gibt eine alleinige Entscheidungsentität. (d) Sie sind koordinierend und stimmen die Aktivitäten der beteiligten logistischen Objekte aufeinander ab. (e) Sie nutzen eine spezifische interne Problemrepräsentation. (f) Sie werden in hierarchisch organisierten Entscheidungssystemen eingesetzt. (g) Sie benötigen eine externe Anweisung zur Initiierung einer Planung oder einer Planüberarbeitung.

Aufgrund der globalen Sichtweise wird durch die Soft-Computing-Methoden die Approximation eines globalen Optimums angestrebt, welches im Widerspruch zu der o.g. Tendenz zur Dezentralisierung steht. Softwareagenten sind vielversprechend, um eine dezentrale Planung zu realisieren, denn (a) Agenten entscheiden autonom (b) Sie sind kommunikativ (c) Sie sind kooperativ, d.h., sie können über Zielkonflikte zwischen Agenten verhandeln und Kompromisse bilden (d) Sie sind interoperabel und können Wissen weitergeben bzw. empfangen (e) Sie werden in heterarchisch organisierten Systemen ohne zentrale Entscheidungskompetenz eingesetzt (f) Sie sind pro-aktiv. Durch diese Eigenschaften soll eine besondere Form der Robustheit erzeugt werden, wobei eine Approximation eines globalen monolithischen Ziels nicht angestrebt wird. Vielmehr steht die Verfügbarkeit eines Systems, das sich an neue Situationen anpassen kann, im Vordergrund. Dabei können in einem einzigen Multiagentensystem (MAS) sowohl kooperierende als auch konkurrierende Agenten kombiniert werden. Somit lassen sich durch MAS komplexere Szenarien simulieren, in denen nicht nur eine Organisation (z.B. ein Logistikdienstleister), sondern mehrere Organisationen mit unterschiedlichen Kapazitäten, Fähigkeiten und Interessen modelliert werden.

3 Konzeption des hybriden Planungssystem

Zur Integration des zentralen Koordinations-Systems mit den Planungsagenten der autonomen logistischen Einheiten wird ein aus ineinander greifenden Steuerkreisen bestehendes Planungssystem vorgeschlagen [La06]. Dabei stellt ein Steuerkreis die zentrale Koordination der vorhandenen Einheiten sicher, während jeder Planungsagent einer autonomen logistischen Einheit mit diesem Steuerkreis gekoppelt wird (vgl. Abbildung 1).

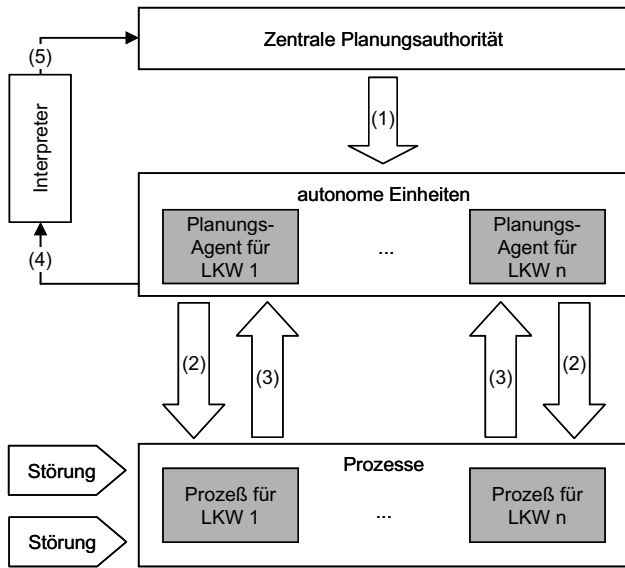


Abbildung 1: Layout des hybriden Planungssystems

Eine zentrale Planungsautorität erstellt koordinierte Prozesse für die zu steuernden Fahrzeuge. Dem ein Fahrzeug repräsentierenden Agenten werden die für dieses Fahrzeug relevanten Prozessdaten zur Verfügung gestellt (1). Aus den Prozessdaten werden Instruktionen für die logistischen Einheiten (Fahrzeuge, Container, Fahrer) extrahiert und als ausführbare Prozesse aufbereitet und an die Einheiten weitergeleitet (2). Diese Prozesse werden solange ausgeführt, bis Störungen des Prozessablaufs festgestellt werden. Diese Störungen werden an den Planungsagenten des betroffenen Fahrzeugs weitergeleitet (3) und der Planungsagent modifiziert den bisher verfolgten Prozess, so dass die Leistungserstellung trotz vorhandener Störung erfolgen kann. Der aus (2) und (3) gebildete Kreislauf stellt den lokalen autonomen Steuerkreis des Fahrzeugs (bzw. allgemein der logistischen Einheit) dar und wird zur Anpassung des Prozesses dieser Einheit verwendet. Für jede autonome Einheit ist die Spezifikation eines Softwareagenten angestrebt, der die betroffene Einheit repräsentiert.

Die Überarbeitung des Prozesses durch den Planungsagenten des betroffenen Fahrzeugs löst eine Mitteilung über die Störung und ggf. die betroffene Prozess-Veränderung aus (4). Diese Mitteilung wird durch einen Interpret analysiert, mit bereits anderen vorliegenden Mitteilungen über Prozess-Änderungen verglichen und archiviert. Sobald der Interpret feststellt, dass die vorliegenden lokalen Störungen zu einer Gefährdung der Erreichung des zentralen Planungszieles führen oder eine zentrale (Teil-)Neuplanung der Prozesse notwendig bzw. sinnvoll ist, wird eine Mitteilung an die zentrale Planungsautorität gesendet (5), in der die aktuellen Informationen über die Störung enthalten sind. Der Empfang dieser Mitteilung löst einen neuen zentralen Planungslauf aus, bei dem die aktuellen in der soeben erhaltenen Mitteilung enthaltenen Planungsinformationen explizit berücksichtigt werden. Der durch (1), (4) und (5) gebildete Kreislauf stellt den globalen Steuerkreis dar und wird zur Initialisierung der verwendeten Prozesse durch die autonomen Einheiten verwendet. Hier bietet sich die Verwendung einer zentralen Planungsmethodik, realisiert durch eine dem Soft-Computing zugehörige Meta-Heuristik an, die auf einem formalen mathematischen Optimierungsproblem bestmögliche Prozesskoordinations-Entscheidungen trifft.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die heterogenen Interessen in logistischen Netzwerken können dazu führen, dass eine zentrale Planung für alle beteiligten Unternehmen nicht mehr realisiert werden kann. Die reine Berücksichtigung individueller Zielsetzungen durch dezentrale Planung erreicht hingegen keine globale Optimierung der Transportprozesse. Daher scheint eine Integration zentraler Planung durch Soft-Computing-Methoden für die zentrale Grobplanung mit Softwareagenten-Systemen zur Planung auf der individuellen Feinplanung sehr vielversprechend. Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 637 „Selbststeuernde logistische Prozesse – Ein Paradigmenwechsel und seine Grenzen“ wird ein solcher Ansatz ausgestaltet und soll in einem agentenbasierten Simulationssystem untersucht werden.

Literaturverzeichnis

- [CL98] Crainic, T.G.; Laporte, G. (Hrsg.): Fleet Management and Logistics. Kluwer, 1998.
- [KHL06] Kirn, S.; Herzog, O.; Lockemann, P. (Hrsg.): Multiagent Engineering. Theory and Applications in Enterprises (International Handbooks on Information Systems). Springer, Berlin, 2006.
- [Lip05] Lippe, W.-M.: Soft-Computing. Springer, Berlin, 2005
- [La06] Langer, H.; Timm, I. J.; Schönberger, J.; Kopfer, H.: Integration von Software-Agenten und Soft-Computing-Methoden für die Transportplanung. In: Nissen, V.; Petsch, M. (Hrsg.): Softwareagenten und Soft Computing im Geschäftsprozessmanagement. Cu-villier Verlag, Göttingen, 2006, S. 39-51.