

Interoperabilität im Mobile SCEM mit ontologiebasierten MAS

Denny Schreber, Ilja Krybus

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Europa-Universität Viadrina
August-Bebel-Strasse 12
15234 Frankfurt (Oder)
{schreber|krybus}@uni-ffo.de

Abstract: Im Supply Chain Event Management (SCEM) müssen permanent Daten aus den verschiedenen betrieblichen Informationssystemen der in Lieferketten-Netzwerken beteiligten Partner zusammengeführt und ausgewertet werden. Auf Grundlage dieser Daten werden durch SCEM-Systeme Lieferkettenereignisse wie Störungen erkannt und Lösungen (Therapien) zu deren Behebung ermittelt. Die Volatilität der Netzwerke und die Heterogenität der in diesen Netzwerken vereinigten Informationssysteme bergen Herausforderungen in Bezug auf die fallbezogene Interpretation und Nutzung der Daten. Dieser Beitrag beschreibt am Beispiel eines Multiagentensystems (MAS) für das Mobile SCEM, wie die Daten- und Dienst-Interoperabilität mit dem MAS durch dynamisch generierte Ontologien unterstützt werden kann.

1 Einführung in die Problemstellung

Zu den Aufgaben des SCEM gehören die Erfassung, Überwachung, Bewertung und Behandlung von Störereignissen in Liefernetzwerken [Ni02]. Um diese Aufgaben zu erfüllen, müssen permanent anfallende Daten aus häufig nicht aufeinander abgestimmten Informationssystemen der Netzwerkpartner zusammengeführt und integriert verarbeitet werden. Auf Grundlage konsolidierter Daten sollen SCEM-Systeme das Auftreten von Störungen, Abweichungen und anderen außerplanmäßigen Ereignissen erkennen, Prozessverantwortliche (Nutzer) informieren und in Bezug auf die zu treffenden Entscheidungen durch Erläuterung der ereignis-verursachenden Bedingungen, die möglichst durch Lösungsvorschläge und Handlungsalternativen ergänzt werden sollten, unterstützen.

Mobile SCEM ist durch die Mobilität der Erfassung und der Benutzer gekennzeichnet. Unterstützt durch mobile Auto-ID-Systeme (Auto-ID = Automatisches Identifizieren) auf der Erfassungsseite sowie mobilen Endgeräten auf der Nutzerseite sollen Ortsunabhängigkeit und Allgegenwärtigkeit des Managements in der Ausführungsphase der Liefernetzwerke erreicht werden. Neben zusätzlichen Möglichkeiten werden durch diese Technologien jedoch auch spezifische Beschränkungen eingeführt, die bspw. in limitier-

ten Speichervolumina und Rechenkapazitäten in den mobilen Endsystemen bestehen. Eine weitere Herausforderung der SCEM-Unterstützung besteht darin, dass den Akteuren das Management in heutigen dynamischen und globalisierten Liefernetzwerken durch divergente Datenmodelle, Differenzen oder Missverständnisse während der Ausführung erschwert wird. Ein Ziel des SCEM liegt daher in der Überwindung der Heterogenität sowie in der Vermittlung von Daten über verschiedene Systeme.

Für Informationssysteme im Bereich der Logistik existieren verschiedene Ansätze, die der Herstellung von netzwerkübergreifender, vereinheitlichter Daten-Interoperabilität dienen. Beispiele dafür sind Standards wie EDIFACT oder XML-basierte Ansätze wie ebXML. In letzter Zeit werden zudem verstärkt Ontologien eingesetzt. Die Vorteile von Ontologien liegen (u. a.) in der Flexibilität und Offenheit der Datenmodelle bei gleichzeitig erweiterten Beschreibungsmöglichkeiten sowie der inhärenten Möglichkeit, logische Inferenz auf die abgebildeten Daten anzuwenden [KP+06], um damit alternative Sichten auf dieselben Daten abzubilden und zwischen den Sichten zu vermitteln. Die Verwendung von Ontologien wird durch die wachsende Anzahl verfügbarer Werkzeuge zur Ontologieerzeugung, -verwaltung und -nutzung zusätzlich gefördert.

Bestehende ontologie-basierte SCEM-Systeme werden (u. a.) bei [VW+02], [Zi06] und [JK+07] beschrieben. Insbesondere [Zi06] leistet einen signifikanten Beitrag zur Schaffung einer ausführlichen Ontologie für das SCEM. Dieser zeichnet sich durch eine weitläufige Integration von Daten unterschiedlicher vorgelagerter Systeme mit Diagnoseergebnissen aus SCEM-Anwendungen und damit einer präzisen Ereignisbeschreibung aus. Um ein effizientes Management auftretender Ereignisse sicherzustellen, ist die weitergehende Berücksichtigung zusätzlicher Informationen wie z. B. Handlungsanweisungen, Therapiehinweise oder der Zugang zu vertiefenden bzw. erläuternden Ausführungen in der Ontologie sinnvoll. Ein in einem frühen Stadium befindlicher Ansatz dafür ist in [SP+06] beschrieben. Dort werden zu bestehenden Problemen Ontologien instanziiert, um bei der Problembekämpfung die Verantwortlichen durch Ermittlung und Bereitstellung relevanter Daten und Handlungsanweisungen zu unterstützen. Bei [SP+06] wird eine umfangreiche Ontologie über die kompletten Vorgänge erst nach erfolgter Diagnose instanziiert, durchweg vorgehalten sowie in Gänze aktualisiert. Da im Mobile SCEM Restriktionen wie beschränkte Bandbreite und verhältnismäßig geringe Ressourcen mobiler Endsysteme bestehen, ist dieser Ansatz nur bedingt geeignet. Daher wird im Folgenden ein Vorgehen vorgestellt, mit dem sowohl der Anforderung der Integration heterogener Systeme als auch dem SCEM-Vorgehen unter den genannten Restriktionen aktueller mobiler Technologien Rechnung getragen werden soll.

2 Ontologie für ein Mobile SCEM-MAS

Die Ontologie wird im Rahmen eines multi-agenten-basierten Mobile SCEM-Systems entwickelt und erprobt. MAS sind aufgrund der Agenten-Eigenschaften wie Proaktivität, Autonomie und Adaptivität besonders geeignet, um die heterogenen Daten in den Unternehmen sowie auf Netzwerkebene zu erfassen, zu analysieren und zu bewerten ([Zi06], [JK+07]). Das MAS ist durch die einzelnen Agentenrollen charakterisiert. Die wichtigsten Rollen sind Agenten für den Zugriff auf bestehende Systeme (Gateway-Agent), für

die Ereigniserkennung und Diagnose (Monitoring-Agent), Agenten für die Interaktion mit dem Nutzer (User-Agent) sowie Agenten, die für die Therapie eingesetzt werden (Resource-Agent). Diese Agentenrollen benötigen der Nennreihenfolge entsprechend eine jeweils umfangreicher instanziierte Ontologie, um ihre Aufgaben zu erfüllen, welche aufeinander aufbauen. Die Agenten arbeiten verteilt auf stationären Servern und mobilen Endgeräten. Die detaillierte Architektur und Funktionsweise des MAS sind in [JK+07] beschrieben. Im Weiteren werden primär das Datenmodell (Ontologie) und dessen Generierung, von der Erfassung über Symptomerkennung bis zur Diagnose und der anschließenden Therapie, erläutert.

2.1 Konzept zur Generierung und Nutzung auftragsbezogener SCEM-Ontologien

Im MAS ist eine verteilt modellierte Konzeptontologie hinterlegt, welche Ereignis- und Datenklassen, zulässige Eigenschaften, Wertebereiche, Zusammenhänge zwischen den Objekten und Axiome in einer für alle beteiligten Agenten verständlichen Notation definiert. Diese Konzeptontologie wird in Abhängigkeit von der Auftragsart dynamisch instanziiert, d.h. durch Agenten sukzessive mit konkreten Werten aus den für die Auftragsbearbeitung relevanten angeschlossenen Systemen und dem MAS befüllt. Die Ontologie und ihre Generierung gliedern sich in fünf Stufen, die eine ressourcenschonende fortlaufende Instanzierung/Befüllung und Verarbeitung ermöglicht. Auf diese Art kann das Gros aller Aufträge mit nur minimalem Bedarf an für mobile Endgeräte kritischen Ressourcen wie Bandbreite und Speicher bedient und arbeitsintensive Analysen vor dem Versand an die mobilen Systeme stationär durchgeführt werden.

Auf der ersten Stufe werden auftragsbezogene Daten aus angeschlossenen ERP-Systemen (ERP = Enterprise Resource Planning) ausgelesen und in zugehörige Ontologieinstanzen übertragen. Diese werden in vorbestimmten Zeitabständen überprüft und gegebenenfalls aktualisiert.

Auf der zweiten Stufe werden Tracking-Objekte zur Auftragsüberwachung initialisiert, deren Werte fortan permanenten Aktualisierungen unterliegen. Transportbezogene Trackingdaten werden durch verbundene Tracking&Tracing-Systeme, produktionsbezogene Daten durch betriebsinterne Monitoringsysteme (Betriebs-/Maschinendatenerfassung) erhoben und jeweils durch Agenten dem Instanzmodell hinzugefügt und ausgewertet.

Nach diesen beiden Stufen ist die Kommunikation zwischen den Agenten sowie zwischen Agenten und betrieblichen Informationssystemen durch den Einsatz der Ontologie vereinfacht, weil sämtliche fallbezogenen Daten in einem geteilten Modell konsolidiert sind. Nach Inferenz dieses Modells, können implizite Beziehungen zwischen den Daten herausgestellt und Differenzen in lokalen Vokabularen (bspw. unterschiedlicher Agentenimplementierungen) überbrückt werden. Für die auf nachfolgenden Modellstufen agierenden Systeme liegt im Resultat ein vereinheitlichtes Datenmodell vor. In Vorbereitung der Diagnose bietet die Inferenz die Möglichkeit, die Erfüllung logischer Modellrestriktionen als Voraussetzung für eine erfolgreiche Diagnose (s. u.) zu überprüfen.

Auf der dritten Stufe wird das Instanzmodell um Daten von Diagnoseagenten erweitert. Diese werten die bisher erfassten Daten mit Hilfe analytischer und statistischer Verfah-

ren aus und bilden in erkannten Störfällen Symptome und Diagnosen in der Ontologie ab. Daraus resultiert eine auftragsbezogene kontextualisierte Ereignisbeschreibung mit Diagnosen, die dem Nutzer zur Erklärung des Ereignisses und in Vorbereitung der Therapie-Findung präsentiert wird. Der Nutzer kann sich informieren und als Kontrollinstanz die Güte der getroffenen Diagnosen bewerten. In Abhängigkeit der Bewertung des Nutzers können die der Diagnose zugrunde liegenden Daten manuell korrigiert bzw. verfeinert und die Diagnose unter neuen Annahmen wiederholt werden.

Auf Grundlage der Diagnosen werden im Anschluss (Stufe vier) durch Resource-Agents oder agentenvermittelte externe Systeme zulässige Lösungsmuster, so genannte Therapien, ermittelt und in die Ontologie eingepflegt. Die Therapien können durch erläuternde Informationen wie Handlungsanweisungen, Checklisten etc. angereichert werden. Dies kann durch Rückgriff auf in den SCEM-Systemen hinterlegtes Wissen geschehen. Weil das Systemwissen fallbezogen beschränkt sein kann, ist es sinnvoll zusätzliches Wissen in spezialisierten externen Wissensbasen (z. B. in Wissensportalen) vorzuhalten und bei Bedarf automatisch abzufragen. Die zugehörigen Abfragen lassen sich aus dem Instanzmodell mit Ausprägungen von zwischen Wissensbasis und MAS geteilten Konzepten ableiten. Die Therapiemöglichkeiten werden dem Nutzer zur Bestätigung bzw. bei mehreren Alternativen zur Auswahl präsentiert. Wahlweise kann durch Anleiten des Nutzers oder durch automatische Ausführung der Therapie durch Resource-Agents versucht werden, den reibungslosen Ablauf wiederherzustellen.

Bei der Therapieausführung ist die Kontrolle durch menschliche Entscheidungsträger notwendig, um den Systemen konkrete Handlungsanweisung bei der Entstörung zu geben. Um den Erfolg gewählter Maßnahmen zu überwachen, werden auf der fünften Stufe Controlling-Daten integriert, z. B. durch Anbindung von Performance-Measurement-Systemen.

In Abbildung 1 werden die vorgestellten Stufen der Generierung und Verwendung der Ontologie im Zusammenhang wiedergegeben.

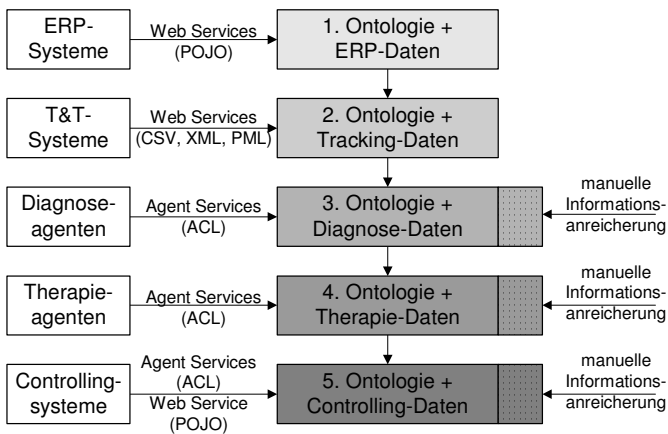


Abbildung 1: Stufen der Ontologieentwicklung

2.2 Resultierende auftragsbezogene SCEM-Ontologie

In der Ausführung des in Abschnitt 2.1 vorgestellten Vorgehens entsteht eine auftragsbezogene Ontologie, die in Abbildung 2 beispielhaft anhand eines Transport-Prozessschritts dargestellt ist. Die verwendeten Konzepte bauen auf der in [Zi06] vorgeschlagenen SCEM-Ontologie auf. (Auf die Eigenschaften der Instanzen wird aus Platzgründen nicht eingegangen.)

Die dargestellte Ontologie repräsentiert die Stufen 1 bis 3 aus Abbildung 1. In der Abbildung stehen weiße Objekte für Instanzen aus Stufe 1, in der ERP-Daten akquiriert werden. Die hellgrauen Objekte bilden Tracking-Instanzen ab, die auf der zweiten Stufe der Ontologiegenerierung eingefügt und permanent aktualisiert werden. Die Objekte der dritten Stufe sind dunkelgrau dargestellt. Um das Resultat des gesamten in Abschnitt 2.1 vorgestellten Vorgehens wiederzugeben, müssen die auf Stufe 4 ermittelte Therapie in Relation zur Diagnose und den Symptomen gestellt sowie Controlling-Instanzen in Relation zu den Therapien und Symptomen abgebildet werden.

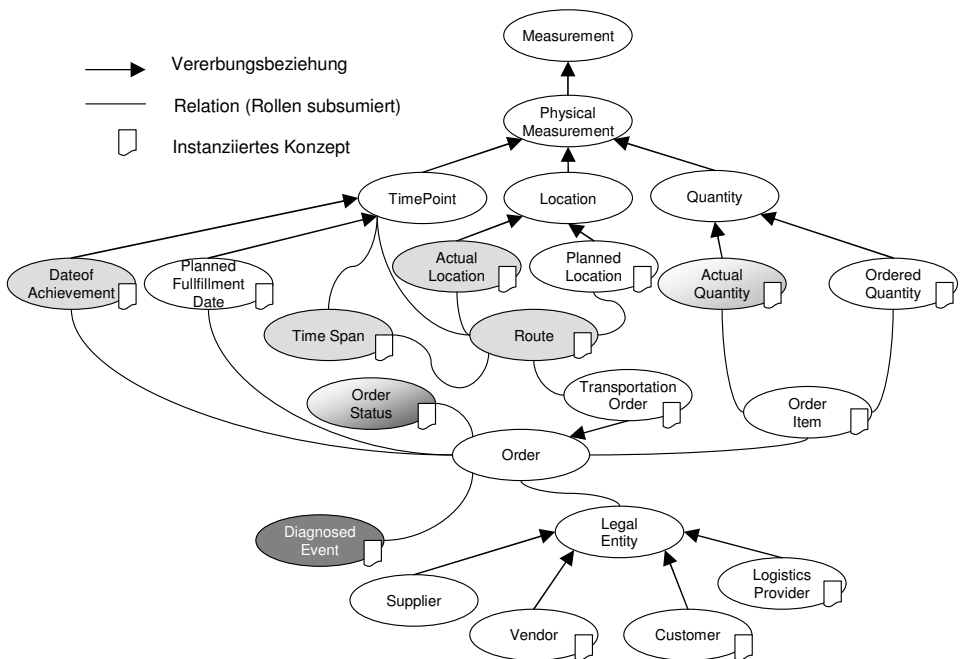


Abbildung 2: Ausschnitt SCEM-Ontologie - Transportschritt (in Anlehnung an [Zi06])

3 Stand der Realisierung

Das vorgestellte Verfahren und die daraus resultierenden Ontologien bilden die Grundlage für die Agentenkommunikation sowie für die Kommunikation mit anderen betrieb-

lichen Informationssystemen. Die prototypische Realisierung der notwendigen Agenten zur Nutzung der vorgestellten Ontologie erfolgte mit Jade, das bereits eine grundlegende Unterstützung der ontologie-basierten Kommunikation bietet. Im Moment sind die Stufen 1 bis 3 der Ontologiegenerierung und -nutzung realisiert. Für die Spezifikation der Konzeptontologie wurde das Werkzeug Protégé verwendet. Durch Einsatz des Ontology Bean Generator [AP+02] werden die Ontologien in Datentransferobjekte (Java Beans) umgewandelt. Diese werden bei Bedarf von den Agenten instanziiert und bilden die Grundlage zur Erstellung der Inhalte von ACL-Nachrichten (ACL = Agent Communication Language). Diese Umwandlung bei der Kommunikation erlaubt die effiziente Verarbeitung der in den Ontologien vorgehaltenen Daten durch Agenten.

4 Fazit und Ausblick

Der Beitrag zeigt auf, wie Ontologien im Mobile SCEM zur Schaffung von Interoperabilität bei heterogenen Daten sinnvoll eingesetzt werden können. Es wurde dargestellt, wie mit diesem Ansatz die im ersten Kapitel dargelegten Anforderungen an die Kommunikation zwischen den Systemen im Hinblick auf die Schaffung semantischer Interoperabilität und die Verringerung von Ambiguität realisiert werden. Aufbauend auf dem vorgestellten Vorgehen zur Entwicklung der Ontologie wurde eine um die Transportabwicklung zentrierte SCEM-Ontologie umgesetzt. Für eine universelle Verwendung im SCEM ist die Generalisierung dieser Ontologie und die Aufnahme zusätzlicher Konzepte notwendig. Zukünftige Arbeiten verfolgen die Einbindung von externen (mensch- und maschinenlesbaren) Wissensbasen zur Unterstützung der Therapie, um die umfassende ereignisbezogene Beratung der Nutzer zu gewährleisten und dem Fernziel eines weitgehend automatisierten Mobile SCEM näher zu kommen.

Literaturverzeichnis

- [AP+02] van Aart, C.J.; Pels, R.F.; Giovanni C.; Bergenti F.: Creating and Using Ontologies in Agent Communication. Workshop on Ontologies in Agent Systems, 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2002.
- [JK+07] Jankowska, A.M.; Kurbel, K.; Schreber, D.: An architecture for agent-based mobile Supply Chain Event Management. Int. J. Mobile Comm., 5 (3), 2007, S. 243-258.
- [KP+06] Kepler, F.; Paz-Trillo, C.; Riani, J.; Ribeiro, M.; Valdivia-Delgado, K.; Nunes de Barros, L.; Wassermann, R.: Classifying Ontologies. In: Proc. of the 2nd Workshop on Ontologies and their Applications, October 23-27, 2006, Ribeirao Preto, SP, Brazil.
- [Ni02] Nissen, V.: Supply Chain Event Management. Wirtschaftsinformatik, 44 (5), 2002, S. 477-480.
- [SP+06] Smirnov, A.; Pashkin, M.; Chilov, N.; Levashova, T.: Context-Based Disaster Management Support. Proceedings of the IEEE Workshop on Distributed Intelligent Systems: Collective Intelligence and Its Applications, Prague, 2006, S. 291-296.
- [VW+02] Vikram, N. K.; Whitman, L.; Malzahn, D.: Ontology-based Product Tracking System. Proc. of the Industrial Engineering Research Conference, Orlando, FL, 2002.
- [Zi06] Zimmermann, R.: Agent-based Supply Network Event Management. Birkhäuser Verlag, Basel, 2006.