

# FRODO: Ein Agentenframework für verteilte Unternehmensgedächtnisse

Ansgar Bernardi, Andreas Dengel, Ludger van Elst,  
Andreas Lauer, Heiko Maus, Sven Schwarz

Agenten, die in definierten Sozialgefügen verlässlich kooperieren, sind ein ideales Paradigma zur Realisierung verteilter Unternehmensgedächtnisse. Im Projekt FRODO (Framework for Distributed Organizational Memories) wurde dieser Ansatz durch die Entwicklung einer umfassenden Systemplattform und durch die Formulierung der für Einführung und Nutzung verteilter Unternehmensgedächtnisse notwendigen Methoden ausgearbeitet. Der Einsatz der Agententechnologie erlaubt dabei die individuelle Spezialisierung und die flexible Abbildung von Verhandlungsszenarien und dynamischen Informations- und Prozessstrukturen.

## 1 Motivation

Informationssysteme für Unternehmensgedächtnisse (oder *Organizational Memories*, *OMs*) unterstützen das Wissensmanagement (WM), indem sie Techniken für die effektive Handhabung, Bewahrung und Nutzung von Wissen, unabhängig von Zeit und Raum sowie – soweit möglich – von den konkreten Personen zur Verfügung stellen.

In [1] haben wir drei Prinzipien statisch strukturierter OMs vorgestellt, die wir im Folgenden knapp umreißen:

**Kopplung von Operativprozess und WM-System:** Operativprozesse bilden den (zeitlichen und inhaltlichen) Kontext sowohl für die Speicherung als auch für die Nutzbarmachung von Informationsobjekten.

**Einführung einer ausdrucksächtigen Wissensbeschreibungsschicht für Zugriff und Verarbeitung von Wissensobjekten:** Die Realisierung eines OM als „Metainformationssystem“, d.h. die Beschreibungen von unterschiedlich stark formalisierten Informationsobjekten mittels Ontologien, erlaubt einen einheitlichen Zugriff auf die Informationsobjekte sowie den Einsatz von Inferenzmechanismen zur Bestimmung von in konkreten Situationen relevanten Objekten.

**Aufbereitung unstrukturierter Wissensquellen durch Techniken der Informationsextraktion und der Dokumentanalyse:** Die im vorherigen Abschnitt propagierten Vorteile formaler Wissensrepräsentation und ontologiebasierter Metabeschreibungen werden um den Preis des zu leistenden Formalisierungsaufwandes erkaufte. Daher sind Verfahren für eine kostengünstige, aktuelle und konsistente Indexierung und semantische Annotation auf der Metaebene notwendig.

Die Realisierung dieser Prinzipien erfolgte bisher typischerweise mit monolithischen Systemen (bspw. [2]), die globale Ontologien und Prozessbeschreibungen voraussetzen. Eine detaillierte Analyse der Charakteristika von WM-Landschaften [3] zeigt aber, dass solche zentralen Ansätze sowohl konzeptionelle als auch Implementierungsnachteile haben, die insbesondere auf zwei Gegebenheiten fußen:

- Sowohl die Erzeugung als auch die Nutzung von Wissen ist natürlicherweise *verteilt*. Abteilungen und

Gruppen entwickeln individuell unterschiedliche Sichtweisen auf ihre Domänen, die durch ihre speziellen Ziele, Expertisen und Arbeitssituationen motiviert sind. Eine globale Konzeptualisierung, die für alle Beteiligten akzeptabel sein soll, ist typischerweise sehr schwierig oder sogar unmöglich zu erstellen.

- WM-Umgebungen ändern sich ständig: Betriebliche Prozesse werden verbessert; neue Themen und Begrifflichkeiten werden wichtig; die Software-Umgebung ist nicht stabil. Zentralistische Ansätze sind schlecht geeignet, mit solchen kontinuierlichen Veränderungen im Unternehmen Schritt zu halten, da lokale Änderung immer sofort auch globale Änderungen darstellen. Darüber hinaus ist es in großen Firmen praktisch unmöglich, eine „Globallösung“ für das gesamte Unternehmen „auf einen Schlag“ einzuführen.

Ziel des vom BMBF geförderten Projektes FRODO<sup>1</sup> (*Framework for Distributed Organizational Memories*) war es daher, ein Konzept für eine informationstechnische Unterstützung von Wissensmanagement zu entwickeln, bei dem sich OM-artige Strukturen lokal in verschiedenen Gruppen und Abteilungen entwickeln, die aber gleichzeitig miteinander interagieren können, um globale Wissensnutzung zu ermöglichen. Ein solcher Ansatz für verteilte Unternehmensgedächtnisse sollte eine Balance herstellen zwischen a) lokaler Expertise mit Wissensanteilen, die nicht leicht global teilbar sind, und b) eher übergeordneten Sichtweisen und Strukturen, die eine unternehmensweit umfassende Wissensnutzung ermöglichen.

**Der FRODO-Ansatz: Verteilte Unternehmensgedächtnisse auf der Basis von Agenten-Technologien** In FRODO wird ein Unternehmensgedächtnis als Verband kleinerer, verteilter, insgesamt durchaus heterogener Organizational Memories konzipiert. Jedes einzelne OM besteht aus vier Ebenen: i) Der *Knowledge Object Level* enthält die verschiedenen Informationselemente und -quellen, die das System

<sup>1</sup><http://www.dfki.de/frodo>, FKZ ITW-01 IW 901

zur Verfügung stellen kann. ii) Diese, möglicherweise unterschiedlich stark formalisierten Informationselemente werden auf dem *Knowledge Description Level* mittels expliziter Modelle und Ontologien beschrieben. iii) Der *Knowledge Brokering Level* stellt Dienste für Informationslieferung und -speicherung zur Verfügung. iv) Der *Application Level* definiert in Form von expliziten und operationalisierten Prozessmodellen den Kontext der aktuell relevanten Information, triggert die aktive Informationsbereitstellung (die durch den *Knowledge Brokering Level* ausgeführt wird) und stellt so den expliziten Anwendungsbezug her.

Ein solches OM ist innerhalb jeder Ebene erweiterbar (bspw. durch Hinzufügen von Informationsobjekten, Wartung der Ontologie, neue Informationslieferungsdienste oder zusätzliche Workflows) und kann darüber hinaus mit den übrigen OMs kommunizieren und kooperieren. Beispiele für eine solche Kooperation sind *cooperative information gathering* auf der Ebene der *Knowledge Broker* und *cross-organizational workflows* als Kooperation auf dem *Application Level*.

Für viele einzelne Aspekte eines solchen verteilten OMs existieren agentenbasierte Lösungen [4] (agentenbasierter Workflow für den *Application Level*, Informationsagenten für Suche und Ergebnispräsentation, etc., für einen Überblick siehe [3]). Schwerpunkt in FRODO war aber, neben der Weiterentwicklung von Teilfunktionalitäten, gerade die Untersuchung der Ebenen übergreifenden Aspekte.

Im Folgenden geben wir eine zusammenfassende Übersicht über die FRODO-Agentenplattform sowie über spezielle Agentenklassen für verteilte Unternehmensgedächtnisse, die wir in FRODO näher untersucht haben. Die Darstellung weiterer Fragestellungen des FRODO-Projektes, etwa bezüglich der Methodik und zur experimentellen Evaluation dieser Art von Unterstützung für Wissensarbeit (siehe dazu [5]), würde den Rahmen dieses Beitrags allerdings sprengen.

## 2 Die FRODO-Agentenplattform

In FRODO wurde ein 5-Schichten-Modell für Agenten umgesetzt. Die beiden untersten Ebenen beinhalten eine native Agentenplattform (FRODO nutzt JADE<sup>2</sup>) für elementare Funktionalitäten (z. B. Basisdienste der Agentenkommunikation gemäß FIPA) und eine Abstraktionsebene, die von der spezifischen Plattform abstrahiert.

In der dritten Ebene wird das reaktive Verhalten von Agenten spezifiziert. Darauf aufbauend ermöglicht die soziale Ebene den Agenten soziale Kompetenz zu verleihen. Schließlich werden die für das OM benötigten Agenten in der Spezialistenebene implementiert. Im Folgenden werden einige interessante Aspekte der höheren Ebenen detailliert:

**Reaktive Verhaltensebene** Diese Ebene erlaubt die deklarative Definition von Agentenkompetenzen und realisiert die Abbildung auf konkretes Agentenverhalten, das dann sowohl in Java als auch in höheren Logiksprachen wie etwa SiL-Ri (Simple Logic-based RDF Interpreter), JESS (Java Expert System Shell, einer Java-basierten CLIPS Implementierung)

<sup>2</sup><http://sharon.cselt.it/projects/jade/>

oder TRIPLE<sup>3</sup> – einer Inferenzsprache für das Semantic Web, realisiert sein kann.

**Soziale Ebene** Diese Ebene erlaubt es Agenten, soziale Verträge einzugehen und sich, darauf aufbauend, in *societies* zu organisieren [7]. Innerhalb einer *society* kann ein Agent bestimmte Rollen innehaben, die seine Rechte und Pflichten festlegen. D.h., ein Agent *kann* unter bestimmten Bedingungen von seinen Kompetenzen Gebrauch machen (*Rights*) und *muss* unter bestimmten Bedingungen seine Kompetenzen der Gruppe zur Verfügung stellen (*Obligations*). Die soziale Ebene regelt zum einen die Verwaltung von Rollenmodellen und den Aufbau von *societies*, andererseits definiert sie aber auch, wie diese Rechte und Pflichten von jedem Agenten abgearbeitet werden. Somit können über die soziale Ebene gegebenenfalls auch globale Eigenschaften eines FRODO-Agentensystems festgelegt werden.

## 3 Spezialisten

Während die unteren vier Ebenen der FRODO-Plattform recht generisch sind, werden auf der Spezialisten-Ebene die für das verteilte Unternehmensgedächtnis spezifischen Funktionalitäten bereitgestellt:

- Informationsagenten, die mit Hilfe verteilter Inferenz (wir nutzen TRIPLE) Informationen aus unterschiedlichen Quellen zusammenführen und aufbereiten,
- Ontologieagenten für Aufbau, Wartung und Nutzung von Ontologien auf Basis von Protégé<sup>4</sup>, organisiert in *agent societies* [7],
- Agenten, die als Mediator zwischen unterschiedlichen Ontologieagenten deren Abgleich organisieren, dabei etwa bei Anfragen mit Konzepten aus einer OM-Domäne in andere OMs vermitteln [7],
- ein agentenbasiertes Workflow-System für schwach strukturierte und wissensintensive Prozesse [5].

Der Demonstrator *TaskMan*<sup>5</sup> bildet das „Herzstück“ des *Weak Workflow*-Systems zur Prozess- und Informationsunterstützung der Wissensarbeit in FRODO. Da hierfür eine Reihe von Spezialisten umgesetzt wurden, stellen wir dieses Teilsystem im Folgenden etwas ausführlicher vor:

**Agentenbasiertes Workflow-System** *Weak Workflows* unterstützen wissensintensive und schwach strukturierte Prozesse [8]. Der Benutzer erhält die Möglichkeit solche Prozesse zu modellieren und auszuführen, behält aber immer die Kontrolle. So kann er den Prozess zur Laufzeit abändern und damit den Gegebenheiten seiner Arbeit anpassen. Er kann etwa neue Aufgaben löschen, hinzunehmen oder den Kontrollfluss ändern. Weiterhin können Aufgaben in Teilaufgaben zerlegt und unter Beachtung dieser hierarchischen Strukturierung ausgeführt werden. Der *TaskMan* ist dabei die Schnittstelle des Wissensarbeiters zum *Workflow-System*, wo er seine Aufgaben – unter Einbeziehung von Kollegen – organisieren, Dokumente und Ergebnisse prozessorientiert ablegen und aufgabenspezifisch Informationsunterstützung vom

<sup>3</sup><http://triple.semanticweb.org/> und [6]

<sup>4</sup><http://protege.stanford.edu/>

<sup>5</sup><http://www.dfki.uni-kl.de/frodo/taskman>

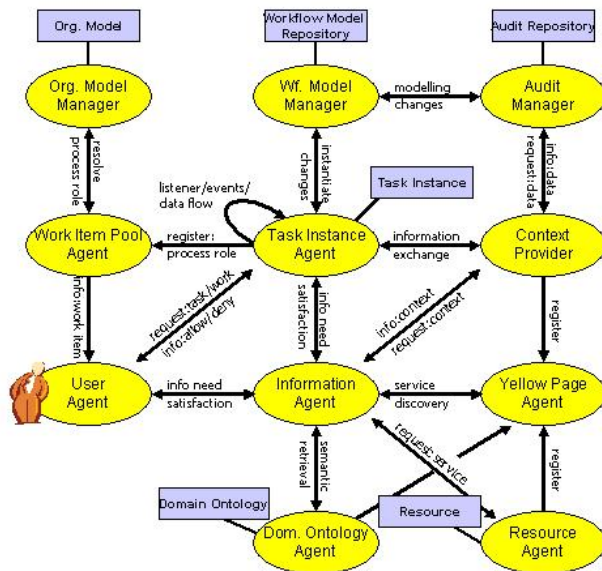


Abbildung 1: Workflow Agent Society

System erhält. Die damit gewonnenen Workflows bilden wiederum eine wertvolle Ressource für das Wissensmanagement, etwa zum Aufdecken verborgener Prozesse und Know-hows.

Reaktivität und Proaktivität der Agenten bieten die für diese „wicked problems“ der Wissensarbeit dringend benötigte Flexibilität. Die Realisierung des Weak Workflow-Systems mittels Agenten erlaubt eine verzahnte, unabhängige und natürliche Entwicklung der einzelnen Komponenten und ermöglicht ein reibungsloses Zusammenspiel bei beliebiger Konfiguration und Auswahl von gewünschten Komponenten (Agenten). Das System kann somit auf beliebige Unternehmensanforderungen angepasst (skaliert) werden.

Die (wissensintensiven) Tätigkeiten in den Workflows werden durch Task-Instanzen repräsentiert. Da nun jede dieser Task-Instanzen eine Reihe von mehr oder weniger spezifizierten Abarbeitungsschritten erfordert, die teilweise zudem noch gleichzeitig erledigt werden sollen, verschiedene Informationsquellen einbeziehen und kooperativ mit Informationsagenten den Informationsbedarf der Aufgabe befriedigen sollen, liegt es nahe, die Abarbeitung jeder Task-Instanz jeweils in die Hände eines *Task-Instance Agenten* (TIA) zu legen. Dabei besteht das „Ziel“ eines TIAs darin, seine zugehörige Task erfolgreich abzuschließen. So muss z.B. der jeweilige TIA dafür sorgen, dass alle benötigten Informationen für die Aufgabe bereitstehen oder auch Deadlines eingehalten werden. Er muss sich weiterhin mit anderen TIAs in Verbindung setzen zu denen Abhängigkeiten bestehen (z.B. Vorgänger, TIA der übergeordneten Aufgabe oder zu Aufgaben, die benötigte Dokumente liefern). Eingebunden in die *agent society* des jeweiligen OMs, „lösen“ die TIAs das Abarbeitungsproblem der Workflows nun kooperativ (vgl. Abb. 1).

Weitere Agenten, die gemeinsam das Workflow-System realisieren, sind bspw. der *WorkItem-Pool Agent* (WIPA), welcher anstehende Aufgaben der einzelnen Mitarbeiter

gemäß der Prozessrollen in den Workflows koordiniert, und die *User Agents* der Mitarbeiter, die durch den WIPA entsprechend benachrichtigt werden und sich dann mit den TIAs in Verbindung setzen. Ein *TaskConcept-Ontology Agent* (TaCOA) verwaltet eine Ontologie von generischen Aufgaben. Das Anreichern der Task-/Workflowmodelle mit entsprechenden „Task-Konzepten“ ermöglicht ein semantisches Beschreiben dieser Tasks bzw. Workflows [9]. Der TaCOA bietet Services zur semantischen Suche und Indexierung von Tasks. Beziehungen der Task-Konzepte untereinander ermöglichen einen Ähnlichkeitsbegriff zwischen Aufgaben, was eine unscharfe Suche nach passenden Tasks erlaubt.

Weiterhin erlaubt ein *WorkflowContext Agent* das Sammeln und Bereitstellen von Kontext aus dem Workflow-System [10] und bietet einen Inferenzservice für Informationsagenten. Eine Reihe von Domänen-Ontologie-, Informations- und Repository-Agenten reichern den Workflowbetrieb mit Strukturen, Informationen und Dokumenten an.

**Ausblick** Das Nachfolgeprojekt EPOS<sup>6</sup> (*Evolving Personal to Organisational Knowledge Spaces*) setzt auf dem FRODO-Framework auf und betrachtet u.a. die folgenden agentenbezogenen Aspekte:

Persönliche Ontologieagenten bauen, ausgehend von einem benutzerspezifischen Informationsmodell und in Kooperation mit der jeweiligen *agent society* (bspw. Arbeitsgruppe), ein gemeinsames Informationsmodell bzw. Ontologien auf.

Weiterhin wird untersucht, inwieweit Peer-to-Peer-Ansätze dazu beitragen, die besonderen Probleme bei Kooperation und Informationsaustausch von dynamischen Arbeitsgruppen zu lösen. Hierbei spielen erweiterte Agentenkonzepte wie das soziale Verhalten und Vertrauen eine zentrale Rolle, und P2P-Technologie soll um diese erweitert werden.

## Kontakt

Prof. Dr. Andreas Dengel  
 Deutsches Forschungszentrum für KI GmbH  
 Forschungsbereich Wissensmanagement  
 Erwin-Schrödinger-Str., 67663 Kaiserslautern  
 Tel.: +49 (0)631 205-3215  
 Fax: +49 (0)631 205-3210  
 Andreas.Dengel@dfki.de  
<http://www.dfki.de/KnowledgeManagement>

## Literatur

- [1] A. Dengel, A. Abecker, A. Bernardi, L. van Elst, H. Maus, S. Schwarz, and M. Sintek. Konzepte zur Gestaltung von Unternehmensgedächtnissen. *Künstliche Intelligenz*, (1):5–11, 2002.
- [2] A. Abecker, A. Bernardi, K. Hinkelmann, O. Kühn, and M. Sintek. Context-Aware, Proactive Delivery of Task-Specific Knowledge: The KnowMore Project. *Int.*

<sup>6</sup><http://www.dfki.de/epos>

*Journal on Information Systems Frontiers (ISF), Special Issue on Knowledge Management and Organizational Memory, Kluwer, 2000.*

- [3] L. van Elst, V. Dignum, and A. Abecker. Towards agent-mediated knowledge management. In [11], pages 1–30.
- [4] A. Abecker, A. Bernardi, and L. van Elst. Agent Technology for Distributed Organizational Memories. In *Proc. of the 5th Int. Conference On Enterprise Information Systems*,, pages 3–10, April 2003.
- [5] L. van Elst, F.-R. Aschoff, A. Bernardi, H. Maus, and S. Schwarz. Weakly-structured workflows for knowledge-intensive tasks: An experimental evaluation. In *12th IEEE Int. Workshops on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises (WETICE-2003)*, pages 340–345. IEEE Press, 2003.
- [6] M. Sintek and S. Decker. TRIPLE – A query, inference, and transformation language for the Semantic Web. In *1st Int. Semantic Web Conference (ISWC2002), Sardinia, Italia, 2002.*
- [7] L. van Elst and A. Abecker. Ontologies for information management: balancing formality, stability, and sharing scope. *Expert Systems with Applications*, 4(23):357–366, 2001.
- [8] S. Schwarz, A. Abecker, H. Maus, and M. Sintek. Anforderungen an die Workflow-Unterstützung für Wissensintensive Geschäftsprozesse. In H.-J. Müller et al., editors, *Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement. Workshop im Rahmen der WM'2001, Baden-Baden. DFKI Document D-01-02*, 2001.
- [9] S. Schwarz. Task-Konzepte: Struktur und Semantik für Workflows. In U. Reimer et al., editors, *WM 2003. Proceedings*, GI LNI P-28. Bonner Köllen Verlag, 2003.
- [10] H. Maus. Workflow Context as a Means for Intelligent Information Support. In V. Akman et al., editors, *Modeling and Using Context. 3rd Int. and Interdisciplinary Conference, CONTEXT'01*, LNAI 2116. Springer, 2001.
- [11] L. van Elst, V. Dignum, and A. Abecker, editors. *Agent-Mediated Knowledge Management, AMKM-2003*, volume 2926 of *LNAI*. Springer, 2003.