Ontologien als Werkzeug in der Agententechnologie

Dipl.-Ing. André Schulze

1. Ontologien

Eine Ontologie ist im Sinne der Informatik ein formal definiertes System von Dingen, Konzepten und Relationen, mit dem ein Teil der realen Welt beschreiben werden kann. Ontologien dienen hauptsächlich zum Austausch und zur Verarbeitung von Wissen durch menschliche und maschinelle Akteure [Gru].
Die Ontologie stellt dabei das Vokabular dar, dessen Bedeutung formal spezifiziert ist und das von allen beteiligten Akteuren in der gleichen Art und Weise verstanden wird.
Im Rahmen der Entwicklung des Semantic Web gewinnen Ontologien immer an mehr Bedeutung. Ziel des Semantic Web ist die Ergänzung herkömmlicher Webseiten um maschinenlesbare Informationen über den Inhalt der jeweiligen Seite. Das dabei zur Anwendung kommende Vokabular wird durch Ontologien genau definiert. Damit ist es möglich, automatisiert Schlußfolgerungen über den Inhalt zu ziehen[WikiA, Sem].
Obwohl die Entwicklung des Semantic Web hauptsächlich auf das Management von Wissen zielt, sind die dabei entstehenden Technologien und Werkzeuge auch für die Agententechnologie von großem Nutzen.

2. Agententechnologie

In der Agententechnologie bilden Ontologien die Grundlage für die Kommunikation zwischen autonomen Agenten, die bestimmte Fähigkeiten besitzen. Agenten repräsentieren meist einen Nutzer, in dessen Auftrag sie selbständig handeln oder aber konkrete physisch vorhandene Systeme, wie Maschinen, Fördersysteme usw. Herkömmliche Softwarekomponenten, wie z.B. relationale Datenbanksysteme können ebenfalls durch entsprechende Agenten einem Agentensystem zugänglich gemacht werden [KNW].
Für die Realisierung eines nebenläufigen Informationsmanagements an CNC Maschinen [Sch04] wurde das Agentenframework JADE verwendet. Dieses stellt dem Programmierer geeignete Mittel zur Verfügung, um eigene Ontologien zu erstellen und diese zur Kommunikation zwischen Agenten zu nutzen.
Eine Ontologie besteht in JADE u.a. aus Prädikaten, Ausdrücken und Agentenaktionen. Prädikate treffen eine Aussage, die entweder wahr oder falsch sein kann [Cai04].
Ausdrücke können Konzepte, Aufzählungstypen (Aggregate), sog. „Identifying Referential Expressions“ (IRE) oder primitive Datentypen wie Ganzzahlen, Zeichenketten usw. sein. Konzepte sind komplexe Ausdrücke, die mehrere Ausdrücke zu einem gemeinsamen Typ zusammenfassen können. Die einzelnen Ausdrücke der Konzepte sind jeweils in einem benannten Slot gespeichert. IRE’s bestimmen eine Menge von Ausdrücken, für die ein gegebenes Prädikat wahr ist – diese Ausdrücke sind in gewisser Hinsicht mit der SELECT Anweisung der Abfragesprache SQL vergleichbar.
Agentenaktionen werden bei der Kommunikation zwischen Agenten benutzt, um in anderen Agenten eine genau definierte Wirkung hervorzurufen. In der Agententechnologie wird Sprechen mit Handeln gleichgesetzt, dem entsprechend müssen ausgetauschte Nachrichten immer Agentenaktionen enthalten.
Aktionen werden mit Verben bezeichnet, wohingegen Konzepte i.d.R. Substantive sind, die existierende, jedoch nicht zwingend reale, Dinge bezeichnen.

3. Ontologien und Objektorientierung

Zur Realisierung von Ontologien wird auf Methoden der Objektorientierung zurückgegriffen. Konzepte werden durch Klassen realisiert, die Slots der Konzepte sind dementsprechend Attribute der jeweiligen Klasse. Konzepte können genau wie Klassen hierarchisch aufgebaut sein, d.h. voneinander abgeleitet sein. Eine solche hierarchische Strukturierung wird auch als Taxonomie bezeichnet[WikiB].

Aufzählungstypen sind mit Arrays (Feldern) vergleichbar. IRE's haben keine Entsprechung in der Objektwelt, ähneln jedoch einem SELECT Ausdruck der Datenbankabfragesprache SQL. Mittels solcher SELECT Ausdrücke lassen sich aus der Gesamtheit eines Datenbankinhaltes durch Angabe entsprechender Kriterien Untermengen bestimmen.

Agentenaktionen sind in gewissem Umfang mit Methoden vergleichbar, wobei jedoch die Art und Weise, wie diese ausgelöst werden unterschiedlich. Eine Methode einer Klasse wird ausgeführt, indem sie durch entsprechenden Code mit Argumenten aufgerufen wird. Dabei wird meist ein Rückgabewert an den aufrufenden Code geliefert. Der mit einer Agentenaktion verbundene und in der Ontologie vereinbarte Vorgang wird von einem Agent dann ausgeführt, wenn dieser eine Nachricht mit dieser Agentenaktion empfängt. Es ist jedoch durchaus möglich, daß der Agent die Ausführung ablehnt und eine Fehlermeldung als Antwortnachricht verschickt. Der Rückgabewert des Vorgangs wird als Antwortnachricht dem Absender der ursprünglichen Nachricht gesendet, oft reduziert sich diese Nachricht auf die Bestätigung, daß der Vorgang fehlerfrei durchgeführt worden ist.

Die folgende Tabelle vergleicht die Begriffe aus der Objektorientierung mit denen von Ontologien:

Ontologie	**Objektorientierung**
Konzept	Klasse
Slot	Attribut
Ausdruck	Variable
Aufzählungstyp	Array
Agentenaktion	(stark vereinfacht) mit einer Methode vergleichbar
Identifying Referential Expressions	keine Entsprechung – Ähnlichkeit mit SQL Ausdrücken

4. Kommunikation zwischen Agenten

Zum Kennzeichnen der Art einer Nachricht werden Performative benutzt, die z.B. angeben, ob es sich um eine Anfrage, Antwort, Fehlermeldung, Ablehnung, Bestätigung usw. handelt.

Nachrichten zwischen Agenten werden in einer textlichen Repräsentierung versandt. Folgendes minimalistisches Beispiel zeigt eine Agentenaktion „Ping", die einen als timestamp bezeichneten Slot enthält, der den Zeitpunkt des Absendens festhält. Des weiteren ist der Name und die Adresse des Absenders in der Agentenaktion vermerkt:

```
((action
      (agent-identifier
            :name PingAssistant@foonix:1099/JADE
            :addresses
                  (sequence http://foonix:7778/acc http://foonix:1699/acc)
      )
      (Ping
            :timestamp "1109171563352")
```

))
Die Umwandlung zwischen der textlichen Darstellung einer Nachricht und der Repräsentierung als Objektstruktur wird von einer Komponente des JADE Frameworks übernommen, die dazu die formale Spezifikation der jeweils verwendeten Ontologie benutzt.

5. Werkzeuge und Vorgehensweise zur Erstellung

Bei der Definition einer neuen Ontologie für eine konkrete Anwendung in einem Agentensystem sollte zuerst geklärt werden, welche Akteure, Rollen und Zuständigkeiten vorliegen. Dabei ist festzulegen, über welche Informationen und Fähigkeiten die einzelnen Akteure verfügen müssen. Die zur Verfügung stehenden Informationen müssen formalisiert werden, d.h. es müssen Konzepte definiert werden, welche die ausgetauschten Angaben später enthalten.
Ausgehend von den Fähigkeiten der Akteure können die Agentenaktionen festgelegt werden. Jede Agentenaktion entspricht dabei einer Fähigkeit eines Agenten.
Zur Erstellung von Ontologien kann das grafische Protégé Tool der University of Stanford verwendet werden[Pro]. Von der Firma Acklin wurde für das o.g. Programm das Plug-in „Beangenerator“ entwickelt, mit dem die Ontologie als JADE kompatibler Quellcode ausgegeben werden kann [Bean]. Dadurch wird die Erstellung von Ontologien deutlich vereinfacht und mögliche Fehler vermieden. Abbildung 0-1 zeigt das Protégé Tool mit dem Beangenerator Plug-in.

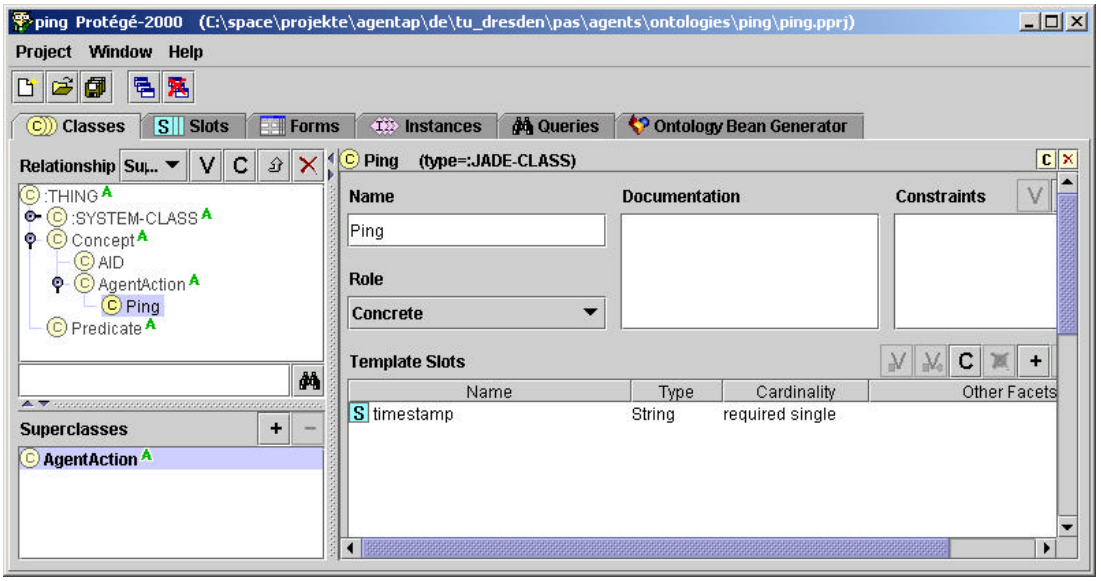

Abbildung 0-1 Protégé Tool mit Bean Generator Plug-in

[Gru] Gruber, Tom: What is an Ontology?, http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html

[WikiA] Wikipedia: Sematic Web, http://de.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web

[Sem] World Wide Web Consortium: Semantic Web, http://www.w3.org/2001/sw/

[KNW] KompetenzNetzwerk Wissensmanagement: Agententechnologie, http://wiman.server.de/servlet/is/555/

[Sch04] Schulze, A: Weiterentwicklung eines nebenläufigen Informationsmanagements an CNC-Maschinen.

Diplomarbeit TU Dresden, 2004

[Cai04] Caire, G: Jade Tutorial – Application-defined Content Languages and Ontologies, TILAB, 2002

[WikiB] Wikipedia: Ontologie (Informatik), http://de.wikipedia.org/wiki/Ontologie_%28Informatik%29

[Pro] Stanford University School of Medicine: Protégé Project, http://protege.stanford.edu/

[Bean] Acklin B.V.: Beangenerator, http://acklin.nl/beangenerator/