

# Intelligente Agenten 2 - Multiagentensysteme -

Teil 2 : Reaching Agreements und Communication

Georg Wirth

Universität Hamburg

Fachbereich Informatik – AB NatS

Proseminar „Architekturen von KI-Systemen“

Dr. Christina Vertan

## **Inhalt**

1. Einleitung
2. Reaching Agreements
  - 2.1 Negotiation
    - 2.1.1 Task-Oriented-Domains
    - 2.1.2 Worth-Oriented Domains
  - 2.2 Argumentation
3. Communication
  - 3.1 Speech Acts
  - 3.2 KIF
  - 3.3 KMQL
4. Zusammenfassung
5. Quellenangabe

## **1. Einleitung**

Im zweiten Teil des Referates „Intelligente Agenten 2 – Multiagentensysteme“ wird die eigentliche Zusammenarbeit von einzelnen Agenten in Multiagentensystemen beschrieben. Um komplexe Probleme effizient lösen zu können, müssen Agenten in der Lage sein miteinander zu interagieren, Übereinkünfte zu treffen, zu verhandeln, Standpunkte zu rechtfertigen und zu argumentieren.

Die Kommunikation zwischen den Agenten besteht dabei nicht nur aus bloßem Datenaustausch, sondern wird als Aktion mit einem bestimmten Ziel und Zweck aufgefasst.

## 2. Reaching Agreements

In Gegensatz zu verteilten Systemen gibt es in Multiagentensystemen kein gemeinsames Ziel. Jeder Agent verfolgt sein eigenes Ziel. Daraus ergeben sich zwangsläufig Probleme, denn jeder Agent versucht in erster Linie, seine Umgebung in den für ihn am besten bewerteten Zustand zu bringen.

Im schlimmsten Fall stehen sämtliche Interessen der Agenten im Gegensatz zueinander. Übereinkünfte zu treffen ist daher eine fundamentale Fähigkeit von Agenten. Um das zu bewerkstelligen, müssen Agenten wie Menschen verhandeln und argumentieren können, um ihre Verhandlungspartner zu überzeugen.

Auktionen sind ein typisches und einfaches Beispiel, wo es für Agenten zwingend notwendig ist, diese Fähigkeiten zu besitzen. Dabei versteigert ein Auktionator Waren an mehrere Bieter. Das Ziel des Auktionators ist es, einen möglichst hohen Preis zu erzielen, während die Bieter den Versteigerungsgegenstand möglichst günstig bekommen möchten. Es besteht also ein Interessenkonflikt zwischen Auktionator und Bietern.

Abgesehen von den verschiedenen Typen von Auktionen zeigen sich an diesem Beispiel auch bereits Probleme, die bei Interaktionen zwischen Agenten auftreten können. So besitzt ein zu versteigernder Gegenstand beispielsweise für Agenten sehr unterschiedliche Werte. Neben dem *common value*, also dem allgemeinen Wert, können seltene Stücke für Sammler unabhängig davon einen hohen Wert besitzen, den sog. *private value*. Außerdem ist nicht berücksichtigt, daß Agenten auch lügen könnten oder Absprachen treffen könnten.

### 2.1 Negotiation

Nach Rosenschein und Zlotkin (1994) kann man Verhandlungen in zwei Gebiete unterteilen: *task-oriented domains* und *worth-oriented domains*. Im Allgemeinen besitzt ein Verhandlungsszenario die vier folgenden Komponenten.

- Der Verhandlungsspielraum, der den Raum der möglichen Vorschläge des jeweiligen Agenten bildet.
- Das Verhandlungsprotokoll, welches festlegt, welche Vorschläge ein Agent im Verlauf der Verhandlung machen darf.
- Eine Sammlung von Strategien (eine für jeden Agenten), nach der die Agenten Vorschläge machen (Normalerweise kennen die Agenten die Strategien der anderen Agenten nicht).
- Eine Regel, wann eine Übereinkunft getroffen wurde und wie diese aussieht.

Normalerweise läuft eine Verhandlung rundenbasiert ab, d.h. jeder Agent macht pro Runde einen Vorschlag. Die Vorschläge die ein Agent macht, werden durch seine Strategie bestimmt, dem Verhandlungsspielraum entnommen und müssen mit dem Verhandlungsprotokoll in Einklang sein.

Außerdem unterscheidet man Verhandlungen nach der Anzahl der Verhandlungspunkte, *single-issue negotiations* besitzen nur einen Verhandlungspunkt, während bei *multi-issue negotiations* gleichzeitig über mehrere Themen verhandelt wird. Multi-issue negotiations sind in der Realität wesentlich häufiger anzutreffen als single-issue negotiations, beispielsweise wird beim Kauf eines Autos nicht nur über den Preis verhandelt, sondern auch über Ausstattung und Garantieleistungen.

Ein anderer Punkt ist die Anzahl der Verhandlungsteilnehmer, man unterscheidet dabei zwischen *one-to-one negotiations*, *many-to-one negotiations*, und *many-to-many negotiations*. Neben der Zahl der Verhandlungspunkte ist dies ein weiterer Grund für die Komplexität von Verhandlungen in der realen Welt.

## 2.1.1 Task-Oriented-Domains

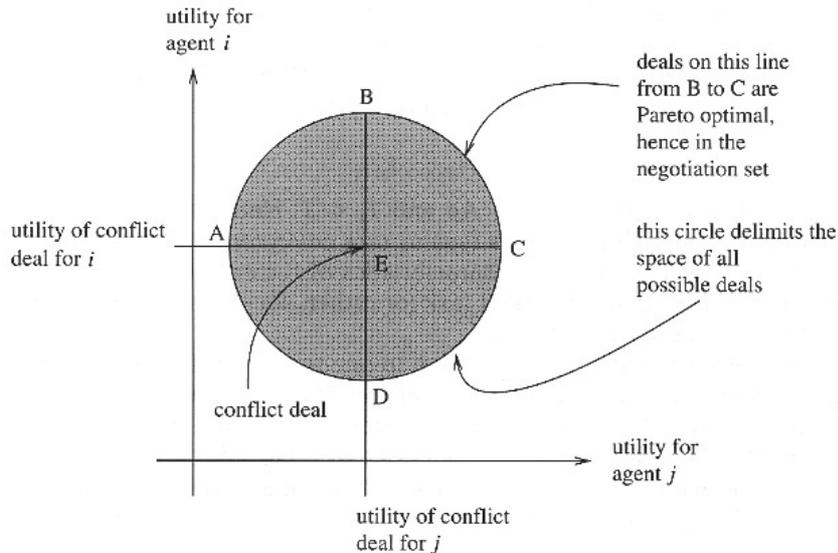


Abb. 1 Verhandlung zwischen zwei Agenten, © Michael Wooldridge, An Introduction to MultiAgent Systems, 2001

In *task-oriented domains* hat jeder Agent eine feste Menge von Aufgaben, die er erfüllen muß. Jede dieser Aufgaben ist mit einem gewissen Aufwand (*cost*) verbunden. In der Verhandlung versucht jeder Agent seinen Aufwand zu minimieren.

Ein Beispiel für das Zusammentreffen von Agenten in *task-oriented domains* ist das Bilden einer Fahrgemeinschaft. Jeder Verhandlungsteilnehmer hat dabei verschiedene Aufgaben, die er erfüllen muss, z.B. seine vier Kinder zu jeweils unterschiedlichen Schulen zu bringen. Die Organisation einer Fahrgemeinschaft zusammen mit anderen Agenten könnte ihm dabei den langen Weg zu den vier einzelnen Schulen, also den Aufwand (*cost*), verringern.

Dies läßt sich gut mit Abb. 1 verdeutlichen, die die Verhandlung zwischen zwei Agenten *i* und *j* graphisch darstellt. Auf den Achsen ist dabei jeweils die *utility function* der jeweiligen Agenten aufgetragen. Die graue Fläche stellt den gesamten Verhandlungsspielraum dar. Für den Agenten *j* ist dabei jede Übereinkunft von Vorteil, die rechts der Geraden BE liegt, für den Agenten *i* entsprechend alles oberhalb der Geraden CE. Daher bildet der Teilkreis BEC den Raum von möglichen Übereinkünften, der für *beide* Agenten vorteilhaft ist.

Außer acht gelassen wurden hierbei wiederum die Möglichkeiten der Agenten, nicht die Wahrheit zu sagen, also zum eigenen Vorteil Aufgaben zu erfinden (in dem Beispiel der Fahrgemeinschaft beispielsweise ein weiteres Kind, das aber gar nicht existiert), oder auch Aufgaben einfach zu verschweigen.

## 2.1.2 Worth-Oriented Domains

Bei *worth-oriented domains* handelt es sich um eine allgemeinere Form von Verhandlungen. Einem Agenten werden dabei nicht konkrete Aufgaben zugewiesen, sondern eine Bewertung für die verschiedenen Zustände der Umgebung. Mit dem Ziel, den bestmöglichen Zustand für sich zu erreichen, sind seine Aufgaben somit nur implizit festgelegt, er kann also selbst entscheiden, auf welchem Weg er sein Ziel am besten erreicht.

Dazu gibt es eine Menge von sog. *joint plans*, die die Fähigkeit der Agenten darstellen, gemeinsam den Zustand der Umgebung zu verändern. Der Verhandlungsgegenstand ist in diesem Fall nicht die Verteilung der Aufgaben auf die verschiedenen Agenten (wie in *task-oriented domains*), sondern die Menge der *joint plans*.

Das Verhandlungsziel des jeweiligen Agenten liegt darin, sich auf den *joint plan* zu einigen, der das System in den für ihn am besten bewerteten Zustand überführt.

## 2.2 Argumentation

Um Übereinkünfte zu treffen, reichen bloße Verhandlungen nicht aus, denn Agenten können ihre Standpunkte nicht rechtfertigen, oder ändern. Dies ist in der realen Welt jedoch häufig der Fall, bei einem Autokauf kann dem Käufer während des Verhandlungsgesprächs beispielsweise die Sparsamkeit eines Autos wichtiger werden als etwa ein starker Motor.

Im Zusammenhang mit Multiagenten-Systemen ist Argumentation ein Prozess, bei dem ein Agent einen anderen Agenten von der Richtigkeit oder Falschheit einer Sachlage zu überzeugen versucht. Die Agenten bringen dabei Argumente für oder gegen Vorschläge einer Verhandlung vor, und rechtfertigen diese.

Nach Michael Gilbert (Philosoph, 1994) gibt es bei Menschen vier Arten von Argumenten:

1. logical mode (mathematisch oder logisch begründet)
2. emotional mode (Gefühle, Ansichten, Wünsche)
3. visceral mode (Gestik, Mimik, soziale Aspekte)
4. kisceral mode (religiöse, mystische oder intuitive Aspekte)

Logische Argumente sind dabei mathematisch beweisbar. Emotionale Argumente sprechen Gefühle, Empfindungen und Ängste des Verhandlungspartners an. Argumente des dritten Typs sind beispielsweise das Aufstampfen mit dem Fuß, Gesichtsausdrücke, Handbewegungen oder ähnliches. Die letzte Art geht auf Glauben oder auf intuitive Verhaltensweisen des Gegenübers ein.

Agenten können mit sich selbst oder mit anderen Agenten argumentieren. Eine Folge von solchen Argumenten heißt dann *Dialog*, in dem die Agenten dann abwechselnd Argumente vorbringen und versuchen, Argumente des Gegners zu übertrumpfen oder zu entkräften. Ein solcher Dialog endet, wenn einem Agenten die Argumente ausgehen. Der Agent, der das letzte Argument vorgebracht hat, ist dann der Gewinner des Dialogs.

Type	Initial Situation	Main goal	Participants aim
Persuasion	conflict of opinions	resolve the issue	persuade the other
Negotiation	conflict of interests	make a deal	get the best for oneself
Inquiry	general ignorance	growth of knowledge	find a "proof"
Deliberation	need for action	reach a decision	influence outcome
Information seeking	personal ignorance	spread knowledge	gain or pass on personal knowledge
Eristics	conflict / antagonism	reach an accommodation	strike the other party
Mixed	various	various	various

Tab. 1 verschiedene Typen von Dialogen, © Michael Wooldridge, An Introduction to MultiAgent Systems, 2001

In Tab. 1 sind einige Typen von Dialogen aufgelistet, wie sie nach Walton und Krabbe (1995) unterschieden werden. Angegeben ist dabei für jeden Typ jeweils die Ausgangssituation, das generelle Ziel und das Ziel jedes einzelnen Agenten. Die Überzeugung beispielsweise setzt einen Interessenkonflikt voraus, der gelöst werden soll. Dies ist das übergeordnete Ziel, das Ziel jedes einzelnen Agenten ist jedoch, die anderen vom eigenen Standpunkt zu überzeugen.

### 3. Communication

In Multiagenten-Systemen ist Kommunikation komplex. In der OO-Programmierung beispielsweise kann ein Objekt eine öffentliche Methode eines anderen Objektes aufrufen. Das gerufene Objekt führt die Methode immer aus, während Agenten autonom entscheiden können, wie sie handeln. Agenten können andere Agenten nicht zu einer Handlung zwingen, oder den Zustand eines anderen Agenten ohne seine Einwilligung verändern. Vielmehr kommunizieren Agenten, um gegenseitig zu beeinflussen, ihre Kommunikation verfolgt also immer einen bestimmten Zweck.

#### 3.1 Speech Acts

John Searle (1969, Speech Acts) entwarf fünf Klassen, die Kommunikation in Multiagenten-Systemen als Aktion ansehen und diese hinsichtlich ihres Zieles bzw. Zwecks unterscheiden.

<b>representative acts</b>	Sie stellen den Versuch dar, jemandem den eigenen Standpunkt vermitteln (z.B. <i>informieren</i> ).
<b>directive acts</b>	Hierbei wird versucht, jemanden eine Handlung ausführen zu lassen (z.B. <i>etwas anfordern</i> )
<b>commissive acts</b>	Der Agent versucht, seinen Partner von dem eigenen Vorhaben zu überzeugen (z.B. <i>etwas versprechen</i> ).
<b>expressive acts</b>	Der Versuch, jemandem eine innere Haltung zu vermitteln (z.B. <i>danken</i> )
<b>declarative acts</b>	Der Agent versucht hierbei, eine Situation zu ändern (z.B. <i>Krieg erklären</i> )

Bei der Kommunikation zwischen Agenten unterscheidet man zwischen der Mitteilung an sich und dem Inhalt, ähnlich wie beim Briefverkehr zwischen dem Umschlag oder dem Paket, und dem Brief bzw. dem Inhalt des Paketes.

KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) bildet den Rahmen für Multiagenten Kommunikation. Es handelt sich dabei um ein Format für Nachrichten, mit dem die Intention einer Nachricht festgelegt wird. Das KIF (*Knowledge Interchange Format*) stellt dagegen den Inhalt einer KQML-Nachricht dar. Mit diesen Vorgaben kann nun Wissen über eine Angelegenheit dargestellt werden.

#### 3.2 KIF

KIF basiert auf *first-order logic* und ermöglicht es, spezifische Eigenschaften von Objekten, Beziehungen zwischen Objekten und auch generelle Eigenschaften von Objekten in einer Umgebung auszudrücken. Einige Beispiele dazu sind:

<b>Eigenschaften</b>	„z.B. Im meinem Kühlschrank brennt kein Licht“
<b>Beziehungen</b>	„Der Joghurt ist in meinem Kühlschrank“
<b>generelle Eigenschaften</b>	„Bei geschlossener Tür brennt kein Licht in Kühlschränken“

Um das zu ermöglichen stellt KIF Ausdrücke wie boolean connectives (and, or, not,...), existential quantifiers (forall, exists,...) bereit. Zusätzlich bietet es grundlegende Objekte wie numbers, characters, strings. Die Notation ist dabei LISP ähnlich. Damit ist es unter anderem möglich, Objekte zu definieren, wie etwas im folgenden Beispiel einen Junggesellen:

```
(defrelation bachelor (?x) :=  
  (and (man ?x) (not (married ?x))))
```

Es wird eine Relation definiert, ein Junggeselle ist ein Wesen, das männlich und nicht verheiratet ist.

### 3.3 KQML

KQML ist eine Sprache zur Kommunikation zwischen Agenten, die auf Nachrichten basiert. Eine KQML-Nachricht besteht dabei immer aus der *performative* (legt die Art der Nachricht fest) und einer Anzahl *parameters* (Attribute mit zugehörigem Wert). Das folgende Beispiel macht dies deutlich.

```
(ask-one  
  :content      (PRICE IBM ?price)  
  :reciever    stock-server  
  :language     LPROLOG  
  :ontology     NYSE-TICKS  
)
```

**ask-one** ist dabei die performative, bei der Nachricht handelt es sich um eine Anfrage an einen Empfänger. **content**, **reciever**, **language**, **ontology** bilden hier Parameter. **content** stellt den Inhalt der gesendeten Nachricht dar, in diesem Fall die Frage nach dem Preis eines IBM-Rechners. **reciever** ist der Empfänger der Nachricht, **language** gibt die Sprache an, in der die Nachricht verfasst ist (hier wird davon ausgegangen, daß der Empfänger diese auch versteht). **ontology** gibt schließlich die Terminologie der Nachricht an, umgangssprachlich „das Thema“, hier wird der Empfänger informiert, worüber die Nachricht eigentlich geht (also um Computer, Autos oder Aktien etwa).

## 4. Zusammenfassung

Der zweite Teil des Referates „Intelligente Agenten 2 – Multiagentensysteme“ hat gezeigt, wie Multiagentensysteme interagieren, um zusammen Probleme lösen zu können. Um Übereinkünfte über Sachverhalte treffen zu können, sind sie in der Lage zu verhandeln und während einer Verhandlung ihre Gegner durch verschiedene Argumente zu überzeugen. Die Beispiele von KIF und KQML zeigen ansatzweise, wie dabei die Kommunikation zwischen den verschiedenen Agenten aussehen kann.

## 5. Quellenangabe

Informationen, Bilder und Diagramme sind sämtlich aus dem Buch „An Introduction to MultiAgent Systems“, 2002 von Michael J. Wooldridge entnommen worden.