

22.06.2004

# Kapitel 5

## Spieltheorie in Multiagentensystemen

Grundlage ist das Buch „Rules of Encounter“ von Jeffrey S. Rosenschein und Gilad Zlotkin.

Motivation: Wie können *unabhängig entwickelte, eigennützige* Agenten kooperieren?

→ Verhandlungen über mögliche Zusammenarbeit.

Beispiel:

Kinder zur Schule zu bringen, wobei auch Nachbarkinder mitgenommen werden können.  
Wer fährt wann welche Kinder?  
Wie handelt man aus, wer fährt?

Verhandlungsmechanismen können beschrieben werden durch:

- potentielle Verhandlungsergebnisse
- Verhandlungsprotokoll
- Strategie: Wie soll der Agent handeln.  
(Anm: Es kann von Vorteil sein, seine Strategie öffentlich zu machen. Dadurch kann man z.B. erreichen, dass ein bestimmtes Gleichgewicht erreicht wird. )

Eigenschaften von Verhandlungsmechanismen:

1. Effizienz: Das Verhandlungsergebnis sollte Pareto-optimal oder global optimal sein.  
(Anm: Ein Ergebnis ist Pareto-optimal, wenn es kein Ergebnis gibt, für das ein Spieler mehr bekommen kann und alle anderen nicht weniger erhalten. )
2. Stabilität: Es sollte keine Belohnung für Abweichung von der publizierten Strategie geben.
3. Einfachheit: Möglichst wenig Berechnung und Kommunikation sollte nötig sein.  
(Anm: Dadurch kann die Stabilität erhöht werden, da man ansonsten evtl. einen Weg findet, den anderen herein zu legen. )
4. Verteiltheit: keine zentrale Steuerungsinstanz aber evtl. Kontrollinstanz
5. Symmetrie: Agenten sollen alle gleich behandelt werden ... sofern es um irrelevante Unterschiede geht.  
(Anm: z.B. Abstammung, Religion, ...)

Unterschiedliche Domärentypen:

**TOD: Task-orientierte Domäne** (Anm: Aufgaben-orientierte)

Es existiert eine Menge von zugewiesenen Aufgaben, die neu verteilt werden können.

Es gibt keine Konflikte zwischen den Aufgaben.

→ Alle können nur gewinnen.

Entspricht monotonen Planungsproblemen mit mehreren Agenten.

**ZOD: Zustands-orientierte Domäne**

Jeder Agent möchte Zielzustände erreichen.

Es kann Konflikte geben.

→ Agenten müssen Konflikte auflösen.

Entspricht normaler Handlungsplanung.

**WOD: Werte-orientierte Domäne**

Zustände haben Bewertungen.

Agenten können zu Kompromissen kommen.

Entspricht entscheidungstheoretischem Planen.

wichtige (vereinfachende) Annahmen

1. Agenten sind Maximierer des erwarteten Nutzens.
2. Isolierte Verhandlungen: keine Rückwirkung auf zukünftige Verhandlungen.
3. Vergleichbare Nutzen: Es gibt eine gemeinsame „Währung“.
4. Symmetrische Fähigkeiten: Alle Agenten können das gleiche.
5. Öffentlich abgegebene Verpflichtungen werden eingehalten.
6. Kein *expliziter* Transfer von Nutzen.

## 5.1. TOD Formalisierung

**Definition 1 (Task-orientierte Domäne (TOD)):**

Eine **Task-orientierte Domäne (TOD)** ist ein Tupel  $\langle T, N, c \rangle$ , wobei

- $T$  die Menge aller möglichen Aufgaben ist,
- $N$  die (endliche, nicht-leere) Menge aller Agenten ist und
- $c$  die Kostenfunktion ist mit  $c : [2^X] \mapsto \mathbb{R}^X$ .

(Anm:  $[2^X]$ : **endliche** Teilmengen von  $X$ )

$c$  ist monoton, d.h.  $X \subseteq Y \Rightarrow c(X) \leq c(Y)$ , und  $c(\emptyset) = 0$

**Definition 2 (Begegnung):**

Eine **Begegnung** in einer TOD  $\langle T, N, c \rangle$  ist ein Profil von endlichen Teilmengen von  $T$ .

( $T_i$  sind die von Agent  $i$  zu erledigenden Aufgaben.)

Beispiel:

1. Logistik-Domäne: Agenten müssen Container zu Lagerhäusern transportieren, deren Lage durch einen gewichteten Graphen  $G = (V, E)$  beschrieben ist.  
Alle Agenten starten an einem zentralen Depot. Sie können dort Container ohne Kosten tauschen. Die Task-Menge ist die Menge der Knoten  $V$ .  
**Kostenfunktion:** Für  $X \subseteq V$  ist  $c(X)$  die Länge eines minimal langen Pfades vom Depot, der alle Knoten aus  $X$  enthält.
2. Postboten-Domäne: identisch mit Logistik-Domäne, außer, dass die Agenten am Ende zurückfahren müssen.
3. Datenbank-(Anfrage-)Domäne: Agenten greifen mit SQL-Anfragen auf eine Datenbank zu.  
Agenten können Resultate von Anfragen und Teilanfragen ohne Kosten austauschen.  
*Taskmenge* ist die Menge aller SQL-Anfragen.  
*Kostenfunktion* ist die Anzahl aller elementaren Datenbank-Operationen, die ausgeführt werden müssen.

### 5.1.1 Verhandlungsmechanismen für TODs

#### Vereinbarungen und Verhandlungsmenge (Deals and Negotiation Set)

Im weiteren:  $N = \{1, 2\}$  (Anm: damit Absprachen vermieden werden)

#### Definition 3:

Gegeben eine Begegnung  $(T_1, T_2)$  in der TOD  $\langle T, \{1, 2\}, c \rangle$ , dann ist ein Profil  $(D_1, D_2)$  von Taskmengen eine **reine Vereinbarung**, falls  $D_1 \cup D_2 = T_1 \cup T_2$ . Die Kosten der Vereinbarung für Spieler  $k$  sind  $C_k(D_1, D_2) = c(D_k)$ , für  $k = 1, 2$ .

Beispiel:

Logistik-Domäne

$$T_1 = \{a, b\}$$

$$T_2 = \{a\}$$

Mögliche Verteilungen mit  $D_1 \cup D_2 = \{a, b\}$ .

$$(\emptyset, \{a, b\}), (\{a\}, \{b\}), (\{a, b\}, \emptyset), (\{a, b\}, \{a, b\}), \dots$$

→ 9 mögliche Vereinbarungen

#### Definition 4:

Gegeben eine Begegnung  $(T_1, T_2)$  in TOD  $\langle T, \{1, 2\}, c \rangle$ , dann haben wir:

1. Der Nutzen der reinen Vereinbarung  $\delta$  für Spieler  $k$  ist  $U_k(\delta) = c(T_k) - C_k(\delta)$
2. Die reine Vereinbarung  $K = (T_1, T_2)$  heißt Konfliktvereinbarung.  
(Sie hat den Nutzen 0, da  $U(k) = c(T_k) - C_k(k) = c(T_k) - c(T_k) = 0$ .)

Beispiel:

$$U_1(\{b\}, \{a\}) = c(\{a, b\}) - C_1(\{b\}, \{a\}) = 3 - 1 = 2$$