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 Domänentypen:

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 $c(\varnothing) = 0$

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.)

<u>Beispiel:</u>

1. <u>Logistik-Domäne</u>: 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. <u>Postboten-Domäne</u>: identisch mit Logistik-Domäne, außer, dass die Agenten am Ende zurückfahren müssen.
3. <u>Datenbank-(Anfrage-)Domäne</u>: 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

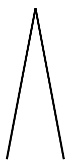
Vereinbarungen und Verhandlungsmenge (Deals and Negotiation Set)

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

$(\varnothing, \{a, b\}), (\{a\}, \{b\}), (\{a, b\}, \varnothing), (\{a, b\}, \{a, b\}), \ldots$
$\rightarrow$ 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 δ 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:

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