

# 7 Spieltheorie in Multiagentensystemen

## 7.1 Überblick

In diesem Kapitel wollen wir der Frage nachgehen, wie unabhängig entwickelte, eigennützige Agenten kooperieren können. Das wichtigste Konzept sind wie im letzten Kapitel Verhandlungen, genauer: Verhandlungen über eine mögliche Zusammenarbeit der Agenten.

**Beispiel 75.** Zwei benachbarte Familien müssen ihre Kinder zur Schule zu bringen, wobei auch Kinder der anderen Familie mitgenommen werden können. Dann stellt sich die Frage, wer wann welche Kinder fährt und wie ein entsprechender Plan ausgehandelt wird.

Die Verhandlungsergebnisse können durch das *Verhandlungsprotokoll*, die *erlaubten Verhandlungsergebnisse* und die *Verhandlungsstrategien* der Agenten beeinflusst werden.

Zu den besonders wünschenswerten Eigenschaften von Verhandlungsmechanismen gehören

1. Effizienz, d.h. das Verhandlungsergebnis sollte Pareto-optimal oder global optimal sein. Ein Ergebnis ist Pareto-optimal, wenn es kein anderes Ergebnis gibt, für das ein Spieler mehr bekommen kann und bei dem alle anderen nicht weniger erhalten, und es ist global optimal, wenn es die Summe der Nutzenwerte der beteiligten Spieler maximiert,
2. Stabilität, d.h. es sollte keine Belohnung für eine Abweichung von der Konvention geben,
3. Einfachheit, d.h. es sollte möglichst wenig Berechnungs- und Kommunikationsaufwand nötig sein,
4. Verteiltheit, d.h. es sollte keine zentrale Steuerungsinstanz geben (eine zentrale Kontrollinstanz ist jedoch evtl. sinnvoll), sowie
5. Symmetrie, d.h. gleichartige Agenten sollten gleich behandelt werden.

Verhandlungen können in unterschiedlichen Domänen stattfinden, die sich grob in drei Typen unterteilen lassen, nämlich

**Task-orientierte Domänen (TOD):** Es gibt eine Menge von zugewiesenen Aufgaben, die neu verteilt werden können. Jeder Agent kann jede Aufgabe erfüllen. Es gibt keine Konflikte zwischen den Aufgaben und alle Verhandlungspartner können nur gewinnen. Verhandlungen in Task-orientierten Domänen entsprechen dem monotonen Planungsproblem mit mehreren Agenten.

**Zustands-orientierte Domänen (ZOD):** Jeder Agent möchte einen Zielzustand erreichen und es kann Konflikte geben zwischen den Zielen verschiedener Agenten geben, die aufgelöst werden müssen. Verhandlungen in Zustands-orientierten Domänen entsprechen normaler Handlungsplanung.

**Wert-orientierte Domänen (WOD):** Wie Zustands-orientierte Domänen, jedoch haben hier die Zustände Bewertungen durch die Agenten, die dadurch zu Kompromissen kommen

können. Verhandlungen in Wert-orientierten Domänen entsprechen entscheidungstheoretischem Planen (MDPs).

Im Folgenden werden einige wichtige vereinfachende Annahmen getroffen:

1. die Agenten maximieren ihren *erwarteten* Nutzen,
2. Verhandlungen finden isoliert statt, haben also keine Auswirkungen auf zukünftige Verhandlungen,
3. die Nutzenwerte der verschiedenen Agenten sind vergleichbar, d.h. es gibt eine gemeinsame „Währung“,
4. die Fähigkeiten der Agenten sind symmetrisch, d.h. alle Agenten können das gleiche,
5. öffentlich abgegebene Verpflichtungen werden eingehalten und
6. es findet kein *expliziter* Transfer von Nutzen statt.

## 7.2 Task-orientierte Domänen

**Definition 76 (Task-orientierte Domäne).** Eine **Task-orientierte Domäne (TOD)** ist ein Tupel  $\langle T, N, c \rangle$ . Dabei ist

- $T$  die Menge aller möglichen **Aufgaben**,
- $N$  die endliche, nicht-leere Menge von **Agenten** und
- $c : [\text{Pot}(T)] \mapsto \mathbb{R}^+$  die **Kostenfunktion**.  $[\text{Pot}(T)]$  ist dabei die Menge aller *endlichen* Teilmengen von  $T$ .  $c$  ist monoton, d.h. für  $X \subseteq Y$  ist  $c(X) \leq c(Y)$  und  $c(\emptyset) = 0$ .

**Definition 77 (Begegnung).** Eine **Begegnung** in einer TOD  $\langle T, N, c \rangle$  ist ein Profil  $(T_1, \dots, T_{|N|})$  von endlichen Teilmengen von  $T$ . Dabei sind die Elemente von  $T_i$  die von Agent  $i$  zu erledigenden Aufgaben.

**Beispiel 78 (Logistik-Domäne).** Agenten müssen Container von einem zentralen Depot zu Lagerhäusern transportieren, deren Lage durch einen gewichteten Graphen  $G = (V, E)$  beschrieben ist. Sie können vor dem Start im zentralen Depot ohne Kosten Container tauschen. Die Task-Menge ist die Menge der Knoten  $V$ . Für  $X \subseteq V$  sind die Kosten  $c(X)$  die Länge eines minimal langen am Depot beginnenden Pfades, der alle Knoten aus  $X$  enthält.

**Beispiel 79 (Postboten-Domäne).** Die Postboten-Domäne ist identisch mit der Logistik-Domäne, mit der Ausnahme, dass die Agenten am Ende zum Depot zurückkehren müssen.

**Beispiel 80 (Datenbankanfrage-Domäne).** Agenten greifen mit SQL-Anfragen auf eine Datenbank zu. Sie können Resultate von Anfragen und Teilanfragen ohne Kosten untereinander austauschen. Die Taskmenge ist die Menge aller SQL-Anfragen, die Kostenfunktion ordnet einer Menge von Anfragen die Anzahl aller elementaren Datenbank-Operationen zu, die zur Beantwortung der Anfragen durchgeführt werden müssen.

### 7.2.1 Verhandlungsmechanismen für Task-orientierte Domänen

Im weiteren sei immer  $N = \{1, 2\}$ , da in diesem Fall mögliche Absprachen zwischen Agenten nicht berücksichtigt werden müssen.