

Seminar Methoden der KI

Multiagentensysteme:

Entscheidungsfindung für den individuellen Vorteil

Onno Bergob

02.06.10

1.Eigenschaften Welt

2.Eigenschaften Agent

3.Eigenschaften Szenarien/Spiele

4.Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

5.Umsetzung Multiagenten Szenarien

1.Eigenschaften Welt

- Besteht aus Zuständen
 - Menge der Zustände: $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4\}$
- Zustand mathematisch: eine Menge an Variablen mit bestimmten Werten
- Zustände ändern sich in Abhängigkeit von den Aktionen der Agenten
 - Funktion mit n (#Agenten) Parametern, die einem Aktionentupel einen Zustand zuordnet;
Beispiel mit Agenten i und j:

$$\tau(Ac_i, Ac_j) = \omega, \omega \in \Omega$$

2.Eigenschaften Agent

- Kann aus einer endlichen Menge von Aktionen wählen
- Rational:
 - Kennt Alternativen (mögliche andere Aktionen/Zustände)
 - Sucht sich sein Handeln (Aktion) eigenmächtig aus
- Interessiert am größten Nutzen für sich (self-interested, individueller Vorteil)

2.Eigenschaften Agent

- Nutzen

(Nutzentheorie nach von Neumann und Morgenstern):

- Jedem Agenten ist Funktion zugeordnet, die Nutzen jedes Zustandes definiert
- Nutzenfunktion (utility function):

$$u_i(\omega_1) \rightarrow \mathbb{R}$$

- Zustand ω_1 wird reelle Zahl zugeordnet, die Nutzen für Agent i entspricht

2.Eigenschaften Agent

- Präferenzen:
 - Ordnung der Zustände nach Präferenz durch Relation der Funktionswerte der Nutzenfunktion
 - Ein Zustand hat mindestens so viel Nutzen wie der andere: Beispiel
 - Mathematisch gesehen entsteht eine Präferenzordnung, auch totale Quasiordnung
 - Definiert durch die Eigenschaften Reflexivität, Transitivität und Vergleichbarkeit

3.Eigenschaften Szenarien/Spiele

- Payoff-Matrix (Nutzen-Matrix):

	j cooperates	j defects
i cooperates	4,4	4,1
i defects	1,4	1,1

- Jede Zelle repräsentiert einen Zustand
- Inhalt der Zelle: Nutzen Agent i, Nutzen Agent j

3.Eigenschaften Szenarien/Spiele

- Spiele in Normalform:
 - Zwei oder mehr Spieler, für die für jeden Zustand der Nutzen definiert ist
 - Aktionen werden ohne Kenntnis der Aktion anderer Spieler durchgeführt (gleichzeitig)
 - Speziell für Normalform: Alle Zustände sind nur abhängig von den kombinierten Aktionen der Spieler

3.Eigenschaften Szenarien/Spiele

- Spiele in Normalform:
 - Alle anderen Spielformen, wie:
 - Bayessche Spiele (Zufälligkeit in der Aktionsumgebung) oder
 - Extensive Spiele (Abhängigkeit von der Zeit, z.B. mehrere Spielzüge oder Spieler hintereinander)

lassen sich zu (größeren) Normalformspielen reduzieren

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Konzept der besten Antwort (best response):
 - Strategie, die den größten Nutzen erbringt, wenn ein anderer Spieler eine bestimmte Strategie einsetzt

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Dominante Strategie:
 - Beste Antwort auf alle Strategien des anderen Spielers
 - Dominante Strategie des Agenten i im Beispiel:

	j cooperates	j defects
i cooperates	4,4	4,1
i defects	1,4	1,1

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Nash-Gleichgewicht (reine Strategie):
 - Aktionenkombination (Zustand) bildet ein Gleichgewicht
 - Kein größerer Nutzen durch Änderung **einer** Aktion
 - Kein Agent hat einen Vorteil durch Änderung seiner Aktion
 - Aktionen sind gegenseitig die besten Antworten

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Nash-Gleichgewicht (reine Strategie):
 - Beispiel Auto fahren: Entscheidung auf welcher Seite der Straße („traffic game“):

	j links	j rechts
i links	1,1	0,0
i rechts	0,0	1,1

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Nash-Gleichgewicht (reine Strategie):
 - Berechnung:
 - Für jede Kombination von Aktionen (jeden Zustand) prüfen, ob es die beste Antwort für jeden Agenten ist

	j cooperates	j defects
i cooperates	4,4	4,1
i defects	1,4	1,1

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Nash-Gleichgewicht (reine Strategie):
 - Nicht jedes Szenario hat ein Nash-Gleichgewicht
 - Beispiel „matching pennies“:
 - Beide Spieler wählen gleichzeitig Münzseite
 - Wenn Seiten gleich gewinnt Spieler i, sonst j:

	j Kopf	j Zahl
i Kopf	1,-1	-1,1
i Zahl	-1,1	1,-1

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Erweiterung der Normalform:
 - Zufälligkeit
 - Wahrscheinlichkeitsverteilung in Abhängigkeit der Aktionen
 - Beispiel: „Stein, Schere, Papier“
 - Spielt der Gegner zufällig, ist die beste Strategie ebenfalls zufällig zu spielen
 - Gemischte Strategien (mixed strategies) bilden ein Nash-Gleichgewicht

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Nash-Theorem (1950, John Forbes Nash Jr.):
 - „Jedes Spiel in dem jeder Spieler endlich viele mögliche Strategien hat, hat ein Nash-Gleichgewicht in gemischten Strategien“
 - Nobelpreis 1994
 - Beweis für Komplexitätsklasse für finden eines Nash-Gleichgewichts (für vier-Spieler Spiele) erst 2006: PPAD-complete (totales Suchproblem)

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Pareto Effizienz:
 - Eigenschaft eines Zustands
 - Ein Zustand ist Pareto-effizient, wenn es keinen anderen Zustand gibt, durch den ein Spieler mehr Nutzen hat und gleichzeitig kein anderer Spieler weniger Nutzen

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Maximierung des Gemeinwohls (social welfare):
 - Grundlage: summierter Nutzen für alle Agenten eines Zustands
 - Maximierung diesen Wertes
 - Zustand mit größtem Gesamtnutzen wird gesucht
 - Sinnvoll, wenn alle Agenten gleichen Besitzer haben

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Konkurrenzsituation (strictly competitive):
 - Genau entgegengesetzte Verteilung der Nutzenanteile
 - Wenn ein Spieler mehr Nutzen durch einen Zustand erhält, erhält der andere Spieler die gleiche Menge weniger an Nutzen

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Nullsummenspiele:
 - Spiele, in denen für jeden Zustand die Summe der Nutzen Null ergibt
 - Erlauben keine Zusammenarbeit der Spieler
 - Spiele, in denen es nur einen Gewinner gibt
 - Beispiel: Spiel mit Zuständen (Ausgängen):
Sieg, Unentschieden, Niederlage
 - Keine Nullsummenspiele in realen Szenarien

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Nicht-Nullsummenspiele (common payoff game):
 - Auch Team-Spiele genannt
 - Beispiel das „Traffic game“

	j links	j rechts
i links	1,1	0,0
i rechts	0,0	1,1

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- Oft zitiertes Beispiel „Prisoner's Dilemma“:

	j cooperates	j defects
i cooperates	-1,-1	-3,0
i defects	0,-3	-2,-2

- Aktion cooperate: zusammenarbeiten (nichts sagen)
- Aktion defect: abspalten, Verrat begehen
- → rationale Aktion DEFECT
- (D,D) einziger Zustand, der nicht Pareto-effizient ist; Nutzen wird „verschwendet“ → Dilemma

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

▪ „Prisoner's Dilemma“:

	j cooperates	j defects
i cooperates	-1,-1	-3,0
i defects	0,-3	-2,-2

- Maximierung des Gemeinwohls durch (C,C)
- Beispiel reales Szenario Atomwaffen-Abrüstung

- „Prisoner's Dilemma“:
 - Kritik: Extrem wenige Faktoren im „Prisoner's Dilemma“, nicht komplex und nicht allgemeingültig für reale Szenarien:
 - Kein Anreiz zur Zusammenarbeit, nur rationale Entscheidung

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- „Prisoner's Dilemma“:
 - Ansatz: Spiel öfter als einmal spielen
 - Konsequenz: „the shadow of the future“
 - Spieler kennen die Ergebnisse der vorigen Runden
 - Reaktion in der nächsten Runde
 - Wenn unendlich oft oder unbekannt oft gespielt: rationale Aktion COOPERATE
 - Wenn endlich oft: DEFECT

4. Lösungskonzepte und Lösungseigenschaften

- „Prisoner's Dilemma“:
 - Axelrod's tournament:
 - Experiment, bei dem mehrere Computerprogramme mit unterschiedlichen Strategien gegeneinander ein Turnier spielten
 - Strategien
 - RANDOM
 - ALL-D(EFECT)
 - TIT-FOR-TAT (Wie du mir so ich dir)
 - TESTER

- „Prisoner's Dilemma“:
 - Programm-Gleichgewicht:
 - „Wenn du zusammenarbeitest mache ich das auch“
 - Test auf Zusammenarbeit über Algorithmen-Vergleich durch einen Vermittler
 - Im einfachsten Fall: Quelltextvergleich

5. Umsetzung Multiagenten Szenarien

- Regeln des Spiels und Auswirkungen der Aktionen für Agenten verständlich machen:
 - Zur Entwurfszeit fest verdrahtet:
 - Nicht veränderbar, kann nicht lernen, nur endlich viele Spiele spielbar
 - In Format, dass für Computer verarbeitet werden kann:
 - GDL (game description language)

5. Umsetzung Multiagenten Szenarien

- GDL (game description language):
 - Spieleigenschaften: endlich, diskret, deterministisch, Multi-player, komplette Informationen
 - Computerprogramme bekommen Anleitung, wie das Spiel funktioniert
 - Notation basiert auf Datalog, Ableger von Prolog

5. Umsetzung Multiagenten Szenarien

- GDL (game description language):
 - Zustand der Spielwelt wird repräsentiert durch eine Menge an wahren Aussagen
 - Regeln des Spiels (Zustandsübergangsfunktion) sind durch logische Regeln (Implikationen) umgesetzt, die die Menge der wahren Aussagen für den nächsten Zustand definieren
 - Auch die Beschreibung welche Aktionen legal sind und welche Bedingungen das Spielziel hat, wird durch logische Regeln definiert

5. Umsetzung Multiagenten Szenarien

- GDL Beispiel XXO-Spiel:

//Spieler definiert durch role-Relation

(role x)

(role o)

//Spielzustand: Spieler x ist am Zug;

(true (control x))

//Zelle (1,2) ist leer (blank)

(true (cell 1 2 b))

5.Umsetzung Multiagenten Szenarien

//Anfangszustand

(init (cell 0 0 b))...

//legale Züge; „<=“ steht für Implikation

(<= (legal ?player (mark ?x ?y))

(true (cell ?x ?y b))

(true (control ?player)))

//Zustandsübergang

(<= (next (cell ?x ?y ?player))

(does ?player (mark ?x ?y)))

5.Umsetzung Multiagenten Szenarien

//Endzustände

(<= terminal

(role ?player)

(line ?player))

(<= terminal

(not open))