



Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Fachbereich Mathematik und Informatik
Lehrstuhl für Informatik
Prof. Dr. Lippe

Theoretische Probleme des Zusammenspiels

Roboterfußball

Stephan Dlugosz

SS 2003

Gliederungsübersicht

- | |
|------------------------------------|
| 1. Einleitung |
| 2. Koordinationsprinzipien für MAS |
| 3. Anwendung beim Roboterfußball |
| 4. Zusammenfassung |

Gliederung Einleitung

1. Einleitung

- 1.1 Multi-Agenten Systeme
- 1.2 Aufgaben der Koordination in MAS
- 1.3 Koordinationsansätze für MAS

- 2. Koordinationsprinzipien für MAS
- 3. Anwendung beim Roboterfußball
- 4. Zusammenfassung

Definitionen

1. MAS

- 2. Koordination
- 3. Ansätze

- Agent
 - autonom
 - Fähigkeiten beschränkt
 - reaktiv
 - pro-aktiv
 - sozial

- Multi-Agenten-System
 - min. 2 Agenten
 - gemeinsames Ziel
 - Kooperation zur Zielerreichung

Kooperationsrahmen

1. MAS
2. Koordination
3. Ansätze

- Umwelt
 - komplex
 - extrem dynamisch => unvorhersehbar
- Aufgaben der Koordination
 - Zerlegung der Hauptaufgabe in Teilaufgaben
 - Zuteilung der Teilaufgaben zu den einzelnen Agenten
 - Bestimmung und Behandlung von Interdependenzen
- Kommunikationsaufwand
 - Sei n die Anzahl der Kommunikationspartner
 - $n(n-1)/2$ Kommunikationsverbindungen!!

Charakterisierung: Kooperatives Problemlösen

1. MAS
2. Koordination
3. Ansätze

- Agenten besitzen gemeinsames Ziel
- Einigung der Agenten, dieses Ziel gemeinsam zu erreichen
- Einigung der Agenten über die Vorgehensweise zum Erreichen des gemeinsamen Ziels
- Aktionen der einzelnen Agenten sind voneinander abhängig
- Konventionen, um Realisierbarkeit der gegenseitigen Zusagen zu prüfen

Ansätze

- Schwarmverhalten
 - Gleichartige Agenten notwendig
 - Keine Kommunikation auf Koordinationsebene
 - Koordination implizit einprogrammiert
 - Intendiertes Verhalten
 - Heterogene Agenten möglich
 - Explizite Kommunikation für Koordinationsabsprachen
 - Gemeinsames vereinfachtes Modell der Umwelt für die Kommunikation und zur Koordination
- ⇒ Intendiertes Verhalten scheint für Roboterfußball geeigneter!

Gliederung Koordinationsprinzipien

1. Einleitung

2. Koordinationsprinzipien in MAS

2.1 Joint Intentions

2.2 Shared Plans

2.3 Generalized Partial Global Planning

2.4 Flexible teamwork

2.5 Joint Responsibility

3. Anwendung beim Roboterfußball

4. Zusammenfassung

Koordinationsprinzipien in MAS

- Blackboard Systeme
 - Gemeinsame Datenstruktur mit Problem und Lösungsansätzen
 - Heterogene(!) Agenten
 - Abwechselnder Zugriff
 - Contract Net Protocol
 - Agent kann Problem in Teilprobleme aufteilen
 - Agent kommuniziert Teilprobleme an grundsätzlich geeignete Agenten
 - Andere Agenten erstellen Angebote
 - Aufteilender Agent nimmt bestes Angebot an und delegiert Teilproblem
 - Bazaar Negotiation Model
 - Verhandlungen mit Austausch von Angebot und Gegenangebot bis Einigung erreicht
- ⇒ Nur Blackboard Systeme sind für Roboterfußball sinnvoll!

Intention

1. Joint Intentions
2. Shared Plans
3. GPGP

- Vorhaben eines einzelnen Agenten
- bedeutet Problem für den Agenten, welches er lösen muss
- schränkt Existenz weiterer Intentionen ein
- Aufzeichnung des Erfolges auf dem Weg zur Zielerreichung, ggf. wird ein anderer Weg benutzt
- Agent hält Ziel für erreichbar
- Agent glaubt, dass ER das Ziel erreichen kann
- Es gibt Bedingungen, unter denen er das Ziel erreichen kann
- Seiteneffekte der Zielerreichung müssen nicht intendiert sein

Joint Intention

1. Joint Intentions
2. Shared Plans
3. GPGP

- Erweiterung von Intentions auf MAS
- Gewinnungsprozess einer Joint Intention
 - Gemeinsames Ziel p
 - Akzeptanz von p als Joint Intention
 - Alle Teammitglieder glauben gleichzeitig, das p noch nicht erreicht ist
 - Alle besitzen p als gemeinsames Ziel
 - Alle glauben, dass die anderen p als schwaches Ziel verfolgen bis p
 - erfüllt
 - unerfüllbar
 - irrelevant
- Teammitglied hat p zu verfolgen, bis p als erfüllt, unerfüllbar oder irrelevant erkannt und dieses mitgeteilt worden ist.
- Ausrichtung eigener Intentions nach den Joint Intentions

Shared Plans

1. Joint Intentions
2. Shared Plans
3. GPGP

- Basiert auf intending-that (Erwartung)
- Gegensatz zu Intentions:
 - Intention konzentriert auf eigenes Verhalten
 - intending-that konzentriert auf fremdes Verhalten
- Unterscheidung
 - Full Shared Plans (FSP)
 - Partial Shared Plans (PSP)

Full Shared Plans

1. Joint Intentions
2. Shared Plans
3. GPGP

- Alle Mitglieder einer Gruppe GR glauben, dass sie die gemeinsame Operation a innerhalb von T_a durchführen
- Alle glauben, dass R_a das Rezept für die Durchführung von a ist.
- Für jeden Schritt b_i von R_a gilt:
 - Eine Untergruppe GR_k von GR hat einen FSP für b_i mit dem Rezept R_{b_i}
 - Andere Mitglieder von GR glauben, dass es für die Aufgabe b_i einen FSP gibt, ohne ihn zu kennen
 - Andere Mitglieder von GR glauben, dass GR_k die Aufgabe b_i erfüllen wird

Partial Shared Plans

1. Joint Intentions
2. Shared Plans
3. GPGP

- FSP treten in der Realität nicht auf, da
 - Rezepte nur teilweise spezifiziert
 - Aufgabenverteilung unabgestimmt
 - Individuen und Untergruppen haben sich noch nicht auf ein gemeinsames Vorgehen geeinigt
- ⇒ PSP
- Momentaufnahme eines Systems
 - System koordiniert sich mit dem Ziel eines FSP
 - Umwelteinflüsse erfordern permanente Planänderungen

Grundidee: Generalized Partial Global Planning

2. Shared Plans

3. GPGP

4. Teamwork

- Jeder Agent plant für sich und kommuniziert mögliche Interdependenzen
- Voraussetzungen:
 - Kleine Gruppen von Agenten
 - Gemeinsames Ziel
 - Individuelles planen der Aktionen
- Vereinbarungen zwischen Agenten für Fertigstellung von Aufgaben
 - Deadline
 - Earliest start time
 - Do

Daten und Ablauf

2. Shared Plans

3. GPGP

4. Teamwork

- Individuelle Datenstruktur
 - Liste eigener Aufgaben mit Interdependenzen
 - Untereinander
 - Mit Aufgaben anderer Agenten
 - Baumstruktur mit möglichen Aufteilungen der Aufgaben in Unteraufgaben bis hin zu direkt ausführbaren Aktionen (Methoden) mit Wahrscheinlichkeitsverteilung hinsichtlich Erfolgsqualität, -kosten, -zeit
 - Präzise quantitative Bewertung jeder Aufgabe hinsichtlich Beitrag zum übergeordneten Ziel basierend auf
 - Lösungsqualität
 - Lösungskosten
 - Lösungszeit

Flexible Teamwork

- Kombination aus
 - Joint Intentions
 - Shared Plans
- Hierarchische Struktur aus Intentions
 - Rezepte aus den Shared Plans
 - Intention statt intending-that
- Umgesetzt: STEAM
- Erweiterung für langfristig zusammenarbeitende Teams: STEAM-L
 - Erweiterung der Planung um Einbeziehung langfristiger Restriktionen wie Ressourcenverbrauch etc.

Joint Responsibility

- Erweiterung der Joint Intention um ausführbare Rezepte
- Rezepte können sein
 - individuell
 - gemeinsam
- Sicherstellung der Eigenschaften einer Intention für jedes Rezept:
 - nicht erfüllt
 - durchführbar
 - zielgerichtet
- Verwerfen einer Intention bedeutet auch Verwerfen des Rezepts, umgekehrt allerdings nicht!
- Umgesetzt: GRADE*

Gliederung Anwendung beim Roboterfußball

1. Einleitung

2. Koordinationsprinzipien in MAS

3. Anwendung beim Roboterfußball

3.1 Simulation League

3.2 Small-sized League

3.3 Middle-sized League

4. Zusammenfassung

Rollen

- Ziele
 - Verringerung des Aktionsraums für schnellere Entscheidungen der Agenten
 - Verbesserung der Kooperation durch implizite Koordination
 - Reduktion des Kommunikationsaufwands

- Arten der Rollenzuweisung
 - fest
 - dynamisch

Kommunikationsregeln der Simulation League

1. Simulation

2. Small-sized

3. Middle-sized

- Vorgegeben durch den SoccerServer

- Kommunikation beschränkt
 - 512 Bytes Maximalgröße
 - 50 Meter Umkreis (bei einem Feld von 105 x 70 m)
 - Fehlerbehaftet (Rauschen)
 - ⇒ Koordination über Kommunikation schwierig!

- Agenten strikt getrennt
 - Keine gemeinsame, gleiche Wahrnehmung der Umwelt
 - ⇒ Explizite Koordination notwendig!

Mannschaft „TsinghuaAeolus“ der Tsinghua Universität, Peking I/II

1. Simulation

2. Small-sized

3. Middle-sized

- rollenbasiert

- Ansatz basierend auf GPGP
 - ⇒ Global Planning from Local Eyeshot

- Planungsprozess in 5 Schritten
 1. Aufgabe zerlegen
 2. Aufgabenverteilung auf alle geeigneten Agenten (ggf. mehrfach)
 3. Globale Bewertung der Aufgabenzuordnungen
 4. Bestimmung der Aufgabenzuordnung mit dem größten Nutzen
 5. Entgültige Aufgabenverteilung und –ausführung

- Wahrnehmungsabgleich
 - Agenten haben gemeinsames Wissen über die Umgebung
 - a) Zwei Agenten A und B glauben an Vorliegen von Situation p
 - b) A und B glauben an (a)
 - Jeder Agent kennt das Verhaltensmuster sämtlicher Mitspieler und kann Vorhersagen über dessen Verhalten treffen
 - Öffentliche Regeln für alle Spieler

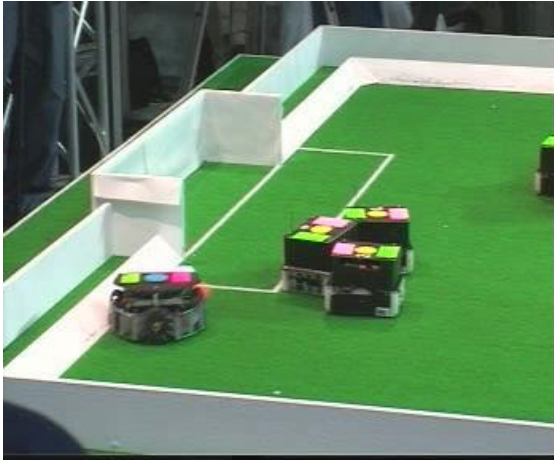
⇒ Einflüsse auch aus den Shared Plans!

- Kommunikation nicht beschränkt (nur durch technische Möglichkeiten)
- Zentral verfügbares Bild der Welt (Weltmodell)
 - ⇒ Wahrnehmung und Weltmodell für alle Roboter gleich!
- Falls Roboter „identisch“, identische Entscheidungen
 - ⇒ Implizite Koordination verlässlich möglich!

- Ausschließlich Schwarmverhalten
- Rollenbasierte Koordination
 - 1 Stürmer
 - 1 Verteidiger
 - 2 Flügelspieler
 - 1 Torwart
- Jeder Spieler nimmt die Rolle ein, deren Position er am nächsten ist!

- Regeln zur Positionierung
 - Verteidiger: Manndeckung
 - Stürmer: gegnerisches Tor
 - Flügelspieler: jeweilige Seite auf der Höhe des Balls mit (möglichst) freier Schussbahn auf das Tor
- Verhaltensregeln
 - Jeder hat dem aktiven Spieler (Spieler mit Ball) den Weg zum Tor freizuhalten
 - Falls der Weg zum Tor blockiert ist, ist der Ball abzugeben

Zufall oder Passspiel?



- Keine strategische Kommunikation
- ⇒ Kein Passspiel!
- Geschickte Positionierung
- ⇒ Kein Zufall!

Kommunikation oder Intention?



- Keine Kommunikation zwischen den Spielern
- Regel, dass der Weg zum Tor für den Spieler mit Ball freizuhalten ist
- ⇒ Intention!

Kommunikationsregeln der Middle-sized League

1. Simulation
2. Small-sized
3. Middle-sized

- Kommunikation unbeschränkt möglich
 - ⇒ Explizite Koordination leicht umsetzbar!
- Wahrnehmung der Umwelt auf einzelnen Roboter beschränkt
 - Kein gemeinsames Bild der Umwelt
 - ⇒ Koordination über Kommunikation notwendig!

Mannschaft „SCFreiburg“ der Universität Freiburg I/II

1. Simulation
2. Small-sized
3. Middle-sized

- Rollenbasiertes Verhaltensnetzwerk
- Rollen
 - Aktiver Spieler (Stürmer)
 - Unterstützender Spieler (Verteidiger/Mittelfeld)
 - Strategischer Spieler (Verteidiger)
 - Torwart
- Rollenzuweisung
 - Torwart: fest
 - Feldspieler: variabel
 - kommunikationsbasiert
 - „träge“

Rollentausch



Kommunikation??



- Spielsituation
 - Angriff: Ball befindet sich im vorderen Drittel des Spielfeldes
 - Verteidigung: Ball im hinteren Drittel
- Kooperative Spielzüge
 - Fest einprogrammiert
 - Mittelfeldspieler signalisiert dem Stürmer Bereitschaft zu einer Aktion (Pass)
 - Stürmer entscheidet, ob Angebot genutzt wird

⇒ Ansätze von GPGP

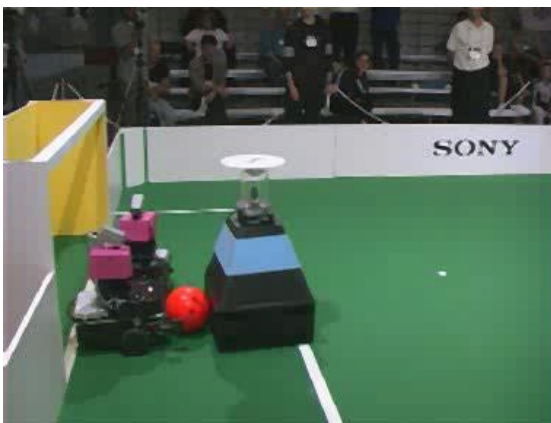
Positionsspiel



Positionsspiel mit Rollentausch



Passspiel oder glücklicher Zufall?



- Rollen:
 - Stürmer
 - Mittelfeldspieler

- Passempfänger signalisiert Bereitschaft für bestimmte Position

⇒ Passspiel!!

Gliederung Zusammenfassung

1. Einleitung

2. Koordinationsprinzipien in MAS

3. Anwendung beim Roboterfußball

4. Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Koordination vielfältig erfolgreich umgesetzt
 - Kommunikation auf taktischer Ebene bei unvollständiger Information wichtig
 - Rollenabstimmung
 - Taktikauswahl
 - Passspiel?
 - Rollen zur Koordination
 - Verkleinerung des Aktionsraums
 - Bildung von kleineren Gruppen, die sich koordinieren müssen
- ⇒ Mischung aus Schwarmverhalten und intendiertem Verhalten erfolgversprechend