

Spezifikation von Handlungen von Agenten

dargestellt am Beispiel der Sprache *LORA*
aus M. Wooldridge: *Reasoning about
Rational Agents*

Vortrag im Projektseminar *Logiken für Multiagentensysteme*
Im WS 2003/04
Von Nils Bittkowski
10.11.2003

Übersicht

- Einleitung: *LORA* und deren Konzepte
- Modellierung mentaler Zustände: das BDI-Modell
- Modellierung der Zeit: CTL
- Modellierung der Handlungen: actions
- Kommunikation als Handlung: Sprechakte
- Beispiel einer Kommunikationssequenz zweier Agenten aus dem Siedlerspiel
- Zusammenfassung

10.11.2003

Nils Bittkowski

2

Übersicht

- **Einleitung: *LORA* und deren Konzepte**
- Modellierung mentaler Zustände: das BDI-Modell
- Modellierung der Zeit: CTL
- Modellierung der Handlungen: actions
- Kommunikation als Handlung: Sprechakte
- Beispiel einer Kommunikationssequenz zweier Agenten aus dem Siedlerspiel
- Zusammenfassung

10.11.2003

Nils Bittkowski

3

Einleitung: *LORA* und deren Konzepte

- Ziel: Beschreibung des Verhaltens von Agenten
 - Kommunikation von Agenten
 - Formulierung gemeinsamer Ziele
 - Teamwork / Kooperation
- Hybride Logik mit den Komponenten
 - Prädikatenlogik 1.Stufe für die Repräsentation von Sachverhalten
 - BDI-Komponente für die Repräsentation des mentalen Zustands von Agenten
 - CTL-Komponente für die Modellierung der Zeit
 - Action-Komponente für die Beschreibung der Handlungen von Agenten

10.11.2003

Nils Bittkowski

4

Übersicht

- Einleitung: *LORA* und deren Konzepte
- **Modellierung mentaler Zustände: das BDI-Modell**
- Modellierung der Zeit: CTL
- Modellierung der Handlungen: actions
- Kommunikation als Handlung: Sprechakte
- Beispiel einer Kommunikationssequenz zweier Agenten aus dem Siedlerspiel

10.11.2003

Nils Bittkowski

5

Das BDI-Modell

- Ein deliberativer Agent stellt Überlegungen an, bevor er handelt
- Intentional stance erfordert „rationales Verhalten“
- M. Bratman 1982: BDI-Modell für menschliches rationales Handeln
 - Zwei Phasen bei der Entscheidungsfindung: deliberation (was?) und means-end reasoning (auf welche Weise?)
 - Drei Komponente sind bei diesem Prozeß beteiligt: Beliefs (Annahmen), Desires (Wünsche / Ziele) und Intentions (Intentionen)

10.11.2003

Nils Bittkowski

6

Das BDI-Modell

Zustand eines künstlichen Agenten:

(B, D, I) mit $B \subseteq Bel$, $D \subseteq Des$ und $I \subseteq Int$

- B (Beliefs): Informationen des Agenten über die Umwelt und ggf. über sich selbst
- D (Desires): Wünsche, Ziele eines Agenten; z.B. durch einen bekannten Mangel erzeugt
- I (Intentions): Elemente aus D, für die der Agent eine Strategie / einen Plan zur Erfüllung des Ziels entwickelt

10.11.2003

Nils Bittkowski

7

Das BDI-Modell

- Notation in LORA:

- $(Bel\ i\ \varphi)$
- $(Des\ i\ \varphi)$
- $(Int\ i\ \varphi)$

- Eigenschaften bzgl. Modallogik

- Beliefs: KD45
- Desires / Intentions: KD

10.11.2003

Nils Bittkowski

8

Das BDI-Modell

Beliefs - brf:

$\mathcal{P}(Bel) \times Per \rightarrow \mathcal{P}(Bel)$

Desires - options:

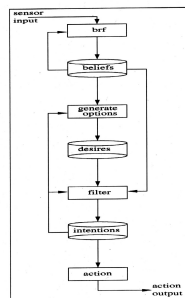
$\mathcal{P}(Bel) \times \mathcal{P}(Int) \rightarrow \mathcal{P}(Des)$

Intentions – filter:

$\mathcal{P}(Bel) \times \mathcal{P}(Des) \times \mathcal{P}(Int) \rightarrow \mathcal{P}(Int)$

Plan - action:

$\mathcal{P}(Bel) \times \mathcal{P}(Int) \rightarrow Plan$



10.11.2003

Nils Bittkowski

9

Das BDI-Modell

- Collective mental states:

- General Belief (Everyone):

$(E-Bel\ g\ \varphi) := (Bel\ i\ \varphi) \wedge (Bel\ j\ \varphi) \wedge (Bel\ k\ \varphi) \dots$

- Common Belief (Mutual):

$(M-Bel\ g\ \varphi) := (Bel\ i\ \varphi) \wedge (Bel\ j\ \varphi) \wedge (Bel\ k\ \varphi) \dots \wedge$
 $(Bel\ i\ (Bel\ i\ \varphi)) \wedge (Bel\ i\ (Bel\ j\ \varphi)) \wedge \dots \wedge$
 $(Bel\ j\ (Bel\ i\ \varphi)) \wedge (Bel\ j\ (Bel\ j\ \varphi)) \wedge \dots \wedge$
 $(Bel\ i\ (Bel\ i\ (Bel\ i\ \varphi))) \wedge \dots$

mit $i, j, k, \dots \in g$

Analog für Desires und intentions

10.11.2003

Nils Bittkowski

10

Übersicht

- Einleitung: LORA und deren Konzepte
- Modellierung mentaler Zustände: das BDI-Modell
- **Modellierung der Zeit: CTL**
- Modellierung der Handlungen: actions
- Kommunikation als Handlung: Sprechakte
- Beispiel einer Kommunikationssequenz zweier Agenten aus dem Siedlerspiel
- Zusammenfassung

10.11.2003

Nils Bittkowski

11

Branching Time / CTL

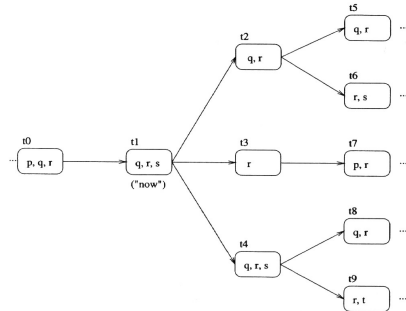
- Vergangenheit: lineare Abfolge von Situationen
- Jetzt
- Zukunft: branching time als Repräsentation aller möglichen zukünftigen Zustände / Situationen (*possible futures*)
- Timepoint: t
- Situation: (w, t)

10.11.2003

Nils Bittkowski

12

Branching Time / CTL



10.11.2003

Nils Bittkowski

13

Branching Time / CTL

Operatoren

- $\circ$: next
- $\diamond$: sometime
- $\square$: always
- U : until
- W : weak until

- A : universal path quantifier
- E : existential path quantifier

10.11.2003

Nils Bittkowski

14

Übersicht

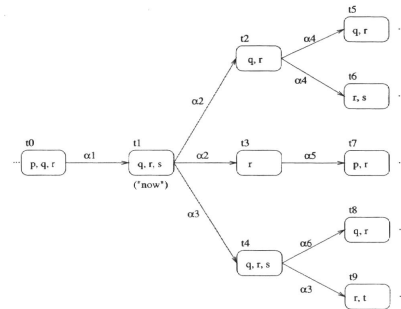
- Einleitung: LORA und deren Konzepte
- Modellierung mentaler Zustände: das BDI-Modell
- Modellierung der Zeit: CTL
- **Modellierung der Handlungen: actions**
- Kommunikation als Handlung: Sprechakte
- Beispiel einer Kommunikationssequenz zweier Agenten aus dem Siedlerspiel
- Zusammenfassung

10.11.2003

Nils Bittkowski

15

Handlungen / actions



10.11.2003

Nils Bittkowski

16

Handlungen / actions

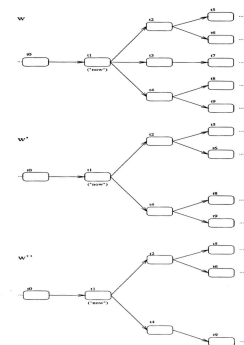
Notation in LORA:

- α : Atomare Handlung / Aktion
- Operatoren:
 - (Happens α): α passiert als nächstes
 - (Achvs $\alpha \varphi$): α ist möglich und danach gilt φ
 - (Agt's αg): die Gruppe g kann α ausführen
- Konstruktoren für komplexe Aktionen:
 - $\alpha 1 ; \alpha 2$: $\alpha 2$ folgt auf $\alpha 1$
 - $\alpha 1 \mid \alpha 2$: $\alpha 1$ oder $\alpha 2$ wird ausgeführt
 - $\alpha 1^*$: $\alpha 1$ wird mehrmals (oder keinmal) ausgeführt
 - $\varphi?$: φ ist erfüllt

10.11.2003

Nils Bittkowski

17



10.11.2003

Nils Bittkowski

18

Übersicht

- Einleitung: *LORA* und deren Konzepte
- Modellierung mentaler Zustände: das BDI-Modell
- Modellierung der Zeit: CTL
- Modellierung der Handlungen: actions
- **Kommunikation als Handlung: Sprechakte**
- Beispiel einer Kommunikationssequenz zweier Agenten aus dem Siedlerspiel
- Zusammenfassung

10.11.2003

Nils Bittkowski

19

Sprechakte

- Kommunikation ist die wesentliche Handlung von Agenten in einer virtuellen Umgebung (MAS)
- Speech-Act-Theorie (ab 1962 John Austin, John Searle):
 - Bezogen auf die Kommunikation von Menschen
 - Pragmatischer Aspekt von Äußerungen: Sprechakte verändern die Welt
 - Performative als Sprechakttypen
 - Klassifizierung von Sprechakten
- Anwendung auf die Kommunikation in technischen Systemen: z.B. der Standard FIPA ACL

10.11.2003

Nils Bittkowski

20

Sprechakte

- FIPA ACL - Beispiel:

```
(inform
 sender      agent1
 receiver    agent2
 content      (price car 20000)
 language     sl
 ontology     hpl-auction
)
```

10.11.2003

Nils Bittkowski

21

Sprechakte

Spezifikation von Kommunikationshandlungen in *LORA*

Attempt (Versuch):

$$\{ \text{Attempt } i \ \alpha \ \varphi \} := [\begin{array}{l} (\text{Bel } i \neg \varphi) \wedge \\ (\text{Agt } \alpha \ i) \wedge \\ (\text{Des } i \ (\text{Achvs } \alpha \ \varphi)) \wedge \\ (\text{Int } i \ (\text{Achvs } \alpha \ \psi)) \end{array}] ? ; \alpha$$

10.11.2003

Nils Bittkowski

22

Sprechakte

```
{Inform } i g α φ := {Attempt } i α ψ χ
mit
ψ := (M-Bel g φ) und χ := (M-Bel g (Int i (M-Bel g φ)))

{RequestTh } i g α φ := {Attempt } i α ψ χ
mit
ψ := (M-Int g φ) und χ := (M-Bel g (Int i (M-Int g φ)))

{RequestTo } i g α α' :=
    {RequestTh } i g α A<>(Happens α')
```

10.11.2003

Nils Bittkowski

23

Übersicht

- Einleitung: *LORA* und deren Konzepte
- Modellierung mentaler Zustände: das BDI-Modell
- Modellierung der Zeit: CTL
- Modellierung der Handlungen: actions
- Kommunikation als Handlung: Sprechakte
- **Beispiel einer Kommunikationssequenz zweier Agenten aus dem Siedlerspiel**
- Zusammenfassung

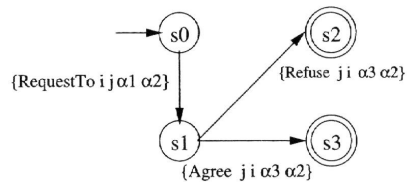
10.11.2003

Nils Bittkowski

24

Beispiel einer Kommunikationssequenz

Beispiel 1: RequestTo – Agree / Refuse



10.11.2003

Nils Bittkowski

25

Beispiel einer Kommunikationssequenz

Beispiel 1: RequestTo – Agree / Refuse

$\{\text{RequestTo } i \ j \ \alpha1 \ \alpha2\} := \{\text{RequestTh } i \ g \ \alpha1 \ A \ \langle \rangle (\text{Happens } \alpha2)\}$
 $\{\text{Agree } j \ i \ \alpha3 \ \alpha2\} := \{\text{Inform } j \ i \ \alpha3 \ (\text{Agt } \alpha2 \ j) \wedge (\text{Int } j \ A \ \langle \rangle (\text{Happens } \alpha2))\}$
 $\{\text{Refuse } j \ i \ \alpha4 \ \alpha2\} := \{\text{Inform } j \ i \ \alpha4 \ \neg(\text{Int } j \ A \ \langle \rangle (\text{Happens } \alpha2))\}$

mit

i: Spieler1, j: Spieler2

α1: Kooperationsanfrage, α2: Bildung der Kooperation, α3: Zustimmung,

α4: Absage

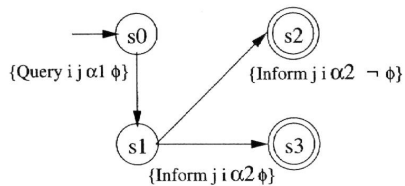
10.11.2003

Nils Bittkowski

26

Beispiel einer Kommunikationssequenz

Beispiel 2: Query - Inform



10.11.2003

Nils Bittkowski

27

Beispiel einer Kommunikationssequenz

Beispiel 2: Query - Inform

$\{\text{Query } i \ j \ \alpha1 \ \phi\} := \{\text{RequestTh } i \ j \ \alpha1 \ (\text{Bel } i \ \phi) \vee (\text{Bel } i \ \neg\phi)\}$
 $\{\text{Inform } j \ i \ \alpha2 \ \phi\}$
 $\{\text{Inform } j \ i \ \alpha2 \ \neg\phi\}$

mit

i: Spieler1, j: Spieler2

α1: Frage nach Rohstoff, α2: Information über Rohstoff,

φ: Holzbesitz

10.11.2003

Nils Bittkowski

28

Übersicht

- Einleitung: LORA und deren Konzepte
- Modellierung mentaler Zustände: das BDI-Modell
- Modellierung der Zeit: CTL
- Modellierung der Handlungen: actions
- Kommunikation als Handlung: Sprechakte
- Beispiel einer Kommunikationssequenz zweier Agenten aus dem Siedlerspiel
- **Zusammenfassung**

10.11.2003

Nils Bittkowski

29

Zusammenfassung

Vorteile:

- Mit LORA lassen sich Eigenschaften von Agenten in Multiagentensystemen spezifizieren:
 - Mentale Zustände durch die BDI-Komponente
 - Zeitstruktur durch CTL
 - Handlungen mit der action-Komponente
 - Kommunikationsverhalten
 - Kollektive mentale Zustände
 - Kooperation

10.11.2003

Nils Bittkowski

30

Zusammenfassung

Probleme:

- Durch die Prädikatenlogik:
 - Nicht entscheidbar
 - Durch die modallogische Komponente:
 - Logical omniscience problem
 - Konsistenzprobleme
 - Common Knowledge praktisch nicht erreichbar
 - Komplexität: schon ab zwei Agenten PSPACE-vollständig
 - Durch CTL:
 - Unendliche Menge von zukünftigen Situationen
- ⇒ LORA ist ungrounded

10.11.2003

Nils Bittkowski

31

Literatur

- [1]M. Wooldridge. *Reasoning about Rational Agents*. MIT Press: Cambridge, Massachusetts, 2000.
- [2]M. Wooldridge. *The Logical Modelling of Computational Multi-Agent Systems*. PhD thesis, Department of Computation, UMIST, Manchester, UK, October 1992.
- [3]M. Wooldridge. Intelligent Agents. In G. Weiss, editor: *Multiagent Systems*, The MIT Press, April 1999.
- [4]J. Ferber. *Multiagentensysteme*. Addison-Wesley: München, Deutschland, 2001
- [5]S. Russell, P. Norvig. *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. Prentice-Hall: Upper Saddle River, N.J., 2003.
- [6]H.J. Levesque. A logic of implicit and explicit belief. In *Proceedings of the fourth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-84)*, S. 198 – 202, Austin, Texas, 1984.
- [7]The Foundation for Intelligent Physical Agents. <http://www.fipa.org>

10.11.2003

Nils Bittkowski

32