

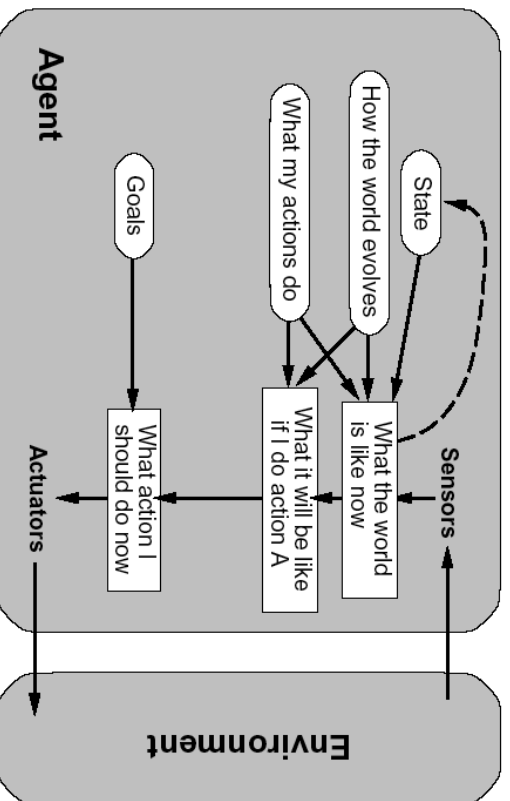
Wissensrepräsentation

–

Christopher Habel, Hedda Schmidtké
Sommersemester 2004

Sitzung 25: Aktionen und Instruktionen

- Situationskalkül
- Grundlagen
- Spezifikationen von Aktionen



Goal-based agent

Literatur

- Levesque, Hector J., Raymond Reiter, Yves Lespérance, Fangzhen Lin & Richard B. Scherl (1997). GOLOG: A logic programming language for dynamic domains. *Journal of Logic Programming* 31. 59–84.
- Brachman, Ronald J. & Hector J. Levesque (to appear). *Knowledge Representation and Reasoning*. Chapter 14.
- Reiter, Raymond (1991). The frame problem in the situation calculus: A simple solution (sometimes) and a completeness result for goal regression. In V. Lifschitz (ed.) *Artificial Intelligence and Mathematical Theory of Computation* (pp. 359–380). Academic Press: Boston.

Interne Repräsentationen des Wissensbasierten Agenten

Zeitunabhängig

- Hintergrundwissen

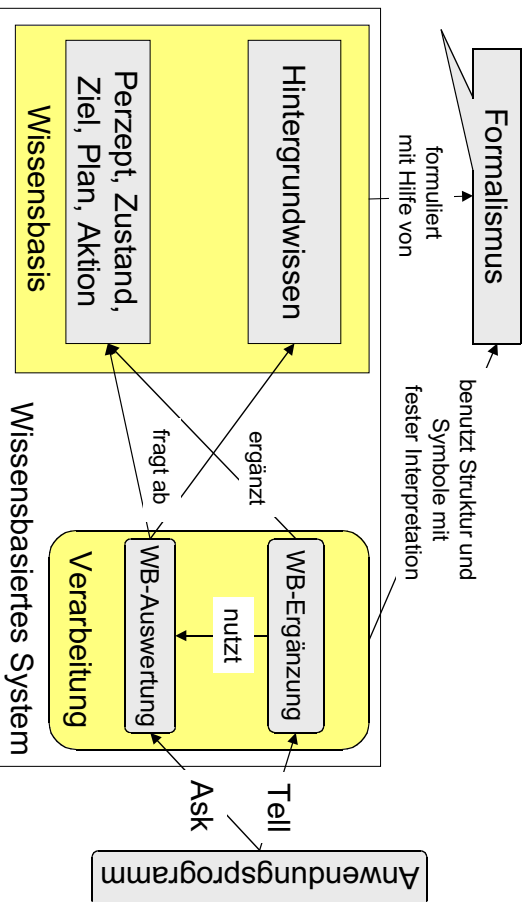
Zeitabhängig

- Perzepte: Rep. den aktuellen Weltzustand (relativ zur Sensorik)
- (int.) Zustand: Rep. der durchlaufenen Historie
- Ziel: Rep. den aktuell angestrebten Weltzustands
- Plan: Rep. der intendierten Handlungsfolge
- Aktion: Rep. der mit der Aktorik (in der Welt) auszuführenden Handlung

Veränderung des Weltzustandes

- aufgrund von Handlungen des Agenten

Wissensbasiertes System



Wissensrepräsentation, SoSe 2004

Ch. Habel / C. Eschenbach / H. Schmidtke

25 - 5

Wissen über Aktionen, Handlungen

Legalitätsfeststellung

- Ist eine Aktion in einer gegebenen Situation ausführbar ?
- Ist eine Aktionsfolge ausführbar ?
(Wenn ja: In welchen Situationen ?)

Vorhersage

- In welchen Weltzustand führt die Aktion / Aktionsfolge von einer gegebenen Situation?

Aktionswahl

- Welche Aktion bringt mich meinem Ziel näher?

Planung

- Welche Aktionsfolge führt in einen Weltzustand, der meiner Zielbeschreibung entspricht ?

25 - 7

Wissensrepräsentation, SoSe 2004
Ch. Habel / C. Eschenbach / H. Schmidtke

Hintergrundwissen über Handlungen

für Aktionsauswahl, Planung

Erforderlich

- Voraussetzungen der Handlung
- Effekte der Handlung

Nützlich

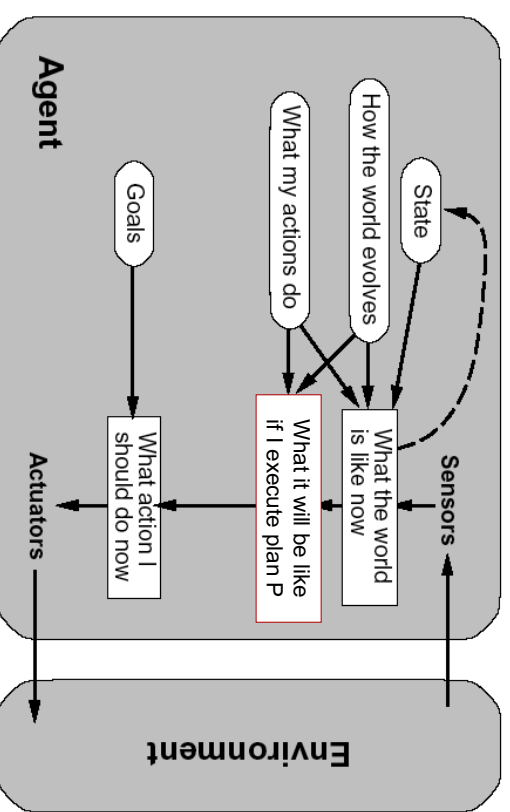
- Kosten (Zeit, ...)
- Verlässlichkeit

Wissensrepräsentation, SoSe 2004

Ch. Habel / C. Eschenbach / H. Schmidtke

25 - 6

Planning Goal-based agent



25 - 8

Wissensrepräsentation, SoSe 2004
Ch. Habel / C. Eschenbach / H. Schmidtke

Zeitabhängigkeit

Repräsentationen von Wissen enthalten

- zeitunabhängige und
- zeitabhängige Anteile

Unterscheidungsmöglichkeiten

- Trennung in der ‚Architektur‘ (STRIPS)
- Zeitbezug in den Formeln explizit machen

Aktionen / Handlungen

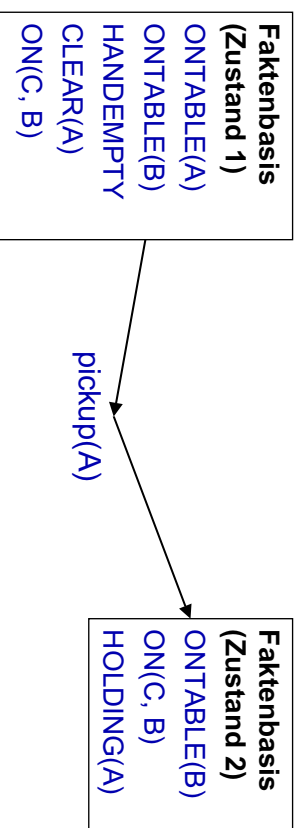
- ‚treiben die Zeit voran‘
- ‚bewirken, welcher Zustand einem vorherigen folgt‘

Handlungsbeschreibung in STRIPS (1971)

Aktionen als Produktionen

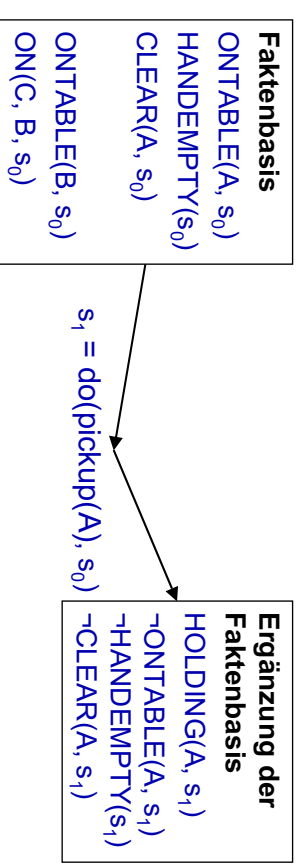
- Name: **pickup(x)**
- LHS: **preconditions**: Konjunktion von atomaren Formeln
 - **ONTABLE(x) \wedge HANDEEMPTY \wedge CLEAR(x)**
- RHS: **Delete** list: atomare Formeln:
 - **ONTABLE(x), HANDEEMPTY, CLEAR(x)**
- RHS: **Add** formula: atomare Formel: **HOLDING(x)**

Beispiel: Produktionsausführung in STRIPS



- Die Zustände 1 und 2 der Faktenbasis repräsentieren verschiedene Weltzustände
- Es besteht keine (einfache) logische Folgerungsbeziehung.

Beispiel: Situationskalkül



- Die s_0 und s_1 repräsentieren verschiedene Weltzustände
- Die Handlungsbeschreibungen können nicht explizit machen, was die Handlung alles unverändert lässt

Handlungsbeschreibung im Situationskalkül

Spezifikationen von Aktionen

- Name: $\text{pickup}(x)$
- **preconditions**
 $\text{Poss}(a, s)$: a kann in s ausgeführt werden
 - $\forall x, s [\text{Poss}(\text{pickup}(x), s) \Leftrightarrow \text{ONTABLE}(x, s) \wedge \text{HANDEMPY}(s) \wedge \text{CLEAR}(x, s)]$
- **effects**
 $\text{do}(a, s)$: Bezeichnung der Situation, die das Ausführen von a in s herbeiführt
 - $\forall x, s [\neg \text{ONTABLE}(x, \text{do}(\text{pickup}(x), s)) \wedge \neg \text{HANDEMPY}(\text{do}(\text{pickup}(x), s)) \wedge \neg \text{CLEAR}(x, \text{do}(\text{pickup}(x), s)) \wedge \text{HOLDING}(x, \text{do}(\text{pickup}(x), s))]$

Situationskalkül

Basissannahmen

- Nur der Agent verändert durch seine Aktionen die Welt
- keine Berücksichtigung der Wahrnehmung
- Zeit: nur implizit über Aktionsfolgen
 - keine Dauer
 - keine kontinuierlichen Prozesse
 - keine Parallelität

Ziel

- Aktionsauswahl
- Planung
- Vorhersage

Aufhebung der Annahmen

- durch übergeordnete Mechanismen: z.B. Golog

Situationskalkül: Prädikatenlogik mit

neuen Sorten von Objekten

- (primitive) **Aktionen**: Anwendungsabhängig
- **Situationen**: mögliche Historien (Initialzustand der Welt und Sequenzen von Aktionen davon ausgehend)

Prädikaten und Relationssymbolen

- ohne Situationsargument
 - unveränderliche Eigenschaften, Beziehungen $\text{heavy}(x)$
 - mit Situationsargument (Konvention: an letzter Position)
 - veränderliche Eigenschaften Beziehungen $\text{ontable}(x, s)$
 - **Fluents**
- Ausgezeichneter Fluent
 - $\text{Poss}(a, s)$: In Situation s kann a ausgeführt werden
 - zur Spezifikation von Vorbedingungen von Aktionen

Situationskalkül: (syntaktische) Varianten

Expliziter oder impliziter Agent

- Aktionsterme können den Agenten explizit benennen
 $\text{Poss}(\text{pickup}(r, x), s) \Leftrightarrow \forall z [\neg \text{heavy}(x) \wedge \text{nextTo}(r, x, s)]$
- Aktionsterme können den Agenten implizit lassen (wenn es nur einen gibt)
 $\text{Poss}(\text{pickup}(x), s) \Leftrightarrow \forall z [\neg \text{heavy}(x) \wedge \text{nextTo}(x, s)]$

Fluents als Terme

- werden mit ausgezeichnete Relation Holds zu Situationen in Beziehung gesetzt
 $\text{Poss}(\text{pickup}(x), s) \Leftrightarrow \forall z [\neg \text{heavy}(x) \wedge \text{Holds}(\text{nextTo}(x), s)]$
- erfordern die Duplizierung logischer Symbole für die Bildung komplexer Fluents
 $\text{Holds}(\Phi \ \& \ \Psi, s) \Leftrightarrow \text{Holds}(\Phi, s) \wedge \text{Holds}(\Psi, s)$

Wissen über Aktionen im Situationskalkül

Legalitätsfeststellung

- Ist Aktion a in Situation s ausführbar ?
- $$\mathcal{KB} \models \text{Poss}(a, s)$$

Vorhersage

- Gilt Fluente Φ nach Ausführung von Aktion a in Situation s ?
- $$\mathcal{KB} \models \Phi(\text{do}(a, s))$$

Verallgemeinerbar

- Für Aktionssequenzen

Wissen über Aktionssequenzen im Situationskalkül

Es sei

- $\langle a_1, \dots, a_n \rangle$ eine Sequenz von primitiven Aktionen
- Kurzschreibweisen
 - $\text{do}(\langle \rangle, s) = s$
 - $\text{do}(\langle a_1, \dots, a_n \rangle, s) = \text{do}(\langle a_2, \dots, a_n \rangle, \text{do}(a_1, s))$
 - $\text{Legal}(\langle \rangle, s) = \top$
 - $\text{Legal}(\langle a_1, \dots, a_n \rangle, s) = \text{Legal}(\langle a_1, \dots, a_{n-1} \rangle, s) \wedge \text{Poss}(a_n, \text{do}(\langle a_1, \dots, a_{n-1} \rangle, s))$

Legalitätsfeststellung

- Ist $\langle a_1, \dots, a_n \rangle$ in Situation s ausführbar ?
- $$\mathcal{KB} \models \text{Legal}(\langle a_1, \dots, a_n \rangle, s)$$

Vorhersage

- Gilt Fluente Φ nach Ausführung von $\langle a_1, \dots, a_n \rangle$ in s ?
- $$\mathcal{KB} \models \Phi(\text{do}(\langle a_1, \dots, a_n \rangle, s))$$

Spezifikation primitiver Aktionen: Aufzug

(Levesque et al. 1997)

Primitive actions

- turnoff(n)** % Turn off call button n.
open % Open elevator door.
close % Close elevator door.
up(n) % Move elevator up to floor n.
down(n) % Move elevator down to floor n.

Primitive Fluents

- on(n, s)** % unanswered call on floor n
currentFloor(n, s) % current floor has number n

Preconditions for Primitive Actions

(Levesque et al. 1997)

Pre_{EL}

- $\forall s, n$ [$\text{poss}(\text{turnoff}(n), s) \Leftrightarrow \text{on}(n, s)$] % nur bestehende
 %Anforderungen
 $\forall s$ [$\text{poss}(\text{open}, s)$] % keine Vorbedingungen
 $\forall s$ [$\text{poss}(\text{close}, s)$] % keine Vorbedingungen
 $\forall s, n, m$ [$\text{poss}(\text{up}(n), s) \Leftrightarrow \text{currentFloor}(m, s) \wedge m < n$]
 % up nur in höhere Etagen
 $\forall s, n, m$ [$\text{poss}(\text{down}(n), s) \Leftrightarrow \text{currentFloor}(m, s) \wedge m > n$]
 % down nur niedriger Etagen

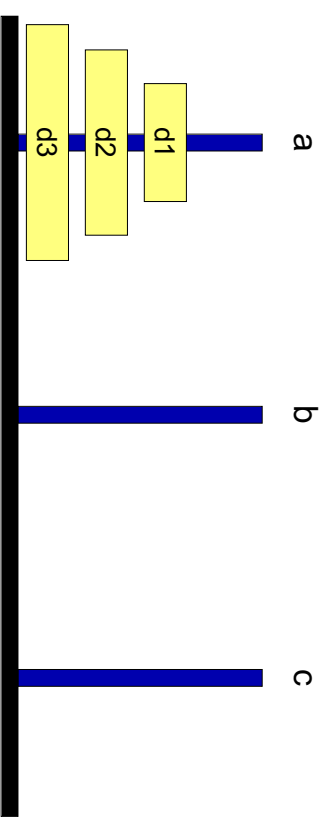
Effect Axioms for Primitive Fluents

• *Eff_{EL}*

- **Positive Effekte (vgl. STRIPS Add-List)**
 - $\forall s, m [\text{currentFloor}(m, \text{do}(\text{up}(m), s))] \quad \% \text{ Positions}$
 - $\forall s, m [\text{currentFloor}(m, \text{do}(\text{down}(m), s))] \quad \% \text{ Positions}$
 - **Negative Effekte (vgl. STRIPS Delete-List)**
 - $\forall s, m [\neg \text{on}(m, \text{do}(\text{turnoff}(m), s))] \quad \% \text{ Anforderung}$
 - $\forall s, n, m [n \neq m \Rightarrow \neg \text{currentFloor}(m, \text{do}(\text{up}(n), s))] \quad \% \text{ Position}$
 - $\forall s, n, m [n \neq m \Rightarrow \neg \text{currentFloor}(m, \text{do}(\text{down}(n), s))] \quad \% \text{ Position}$
- **open und close haben keine Effekte**
- Revision

Aktionen für den Turm von Hanoi

Gruppen-
diskussion



Welche Relationen, Fluents, Aktionen werden benötigt?
Welche Vorbedingungen und Effekte haben die Aktionen?