

Wissensrepräsentation

—
Christopher Habel, Özgür Özçep
Sommersemester 2005

Sitzung 26: Aktionen und Instruktionen

- Situationskalkül
 - Grundlagen
 - Spezifikationen von Aktionen

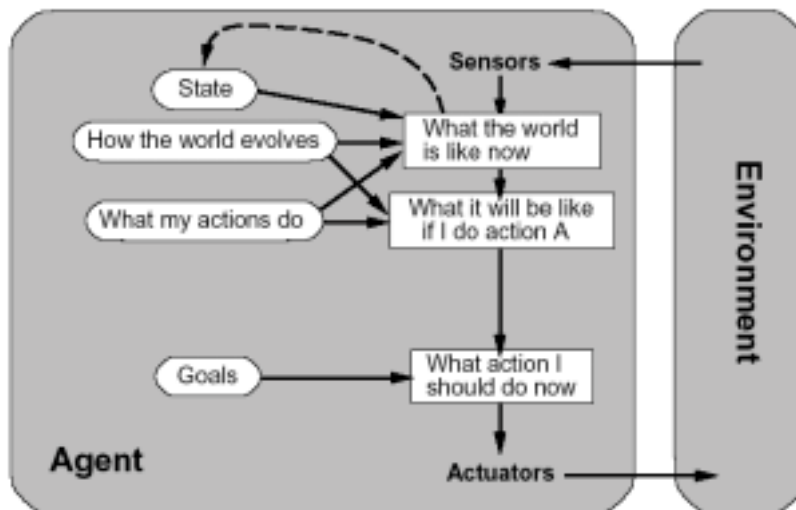
Literatur

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 (2004). *Knowledge Representation and Reasoning. Chapter 14: Actions.*

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.

Goal-based agent



Interne Repräsentationen des Wissensbasierten Agenten

Zeitunabhängige Repräsentationen

- Hintergrundwissen

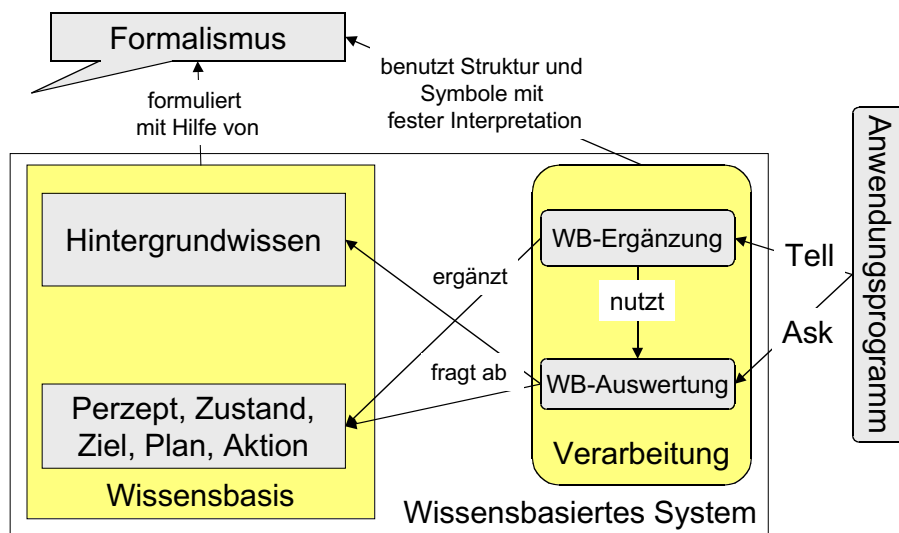
Zeitabhängige Repräsentationen

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

Veränderung des Weltzustandes

- aufgrund von Handlungen des Agenten

Wissensbasiertes System



Hintergrundwissen über Handlungen

für Aktionsauswahl, Planung

Erforderlich

- Voraussetzungen der Handlung
- Effekte der Handlung

Nützlich

- Kosten (Zeit, ...)
- Verlässlichkeit

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?

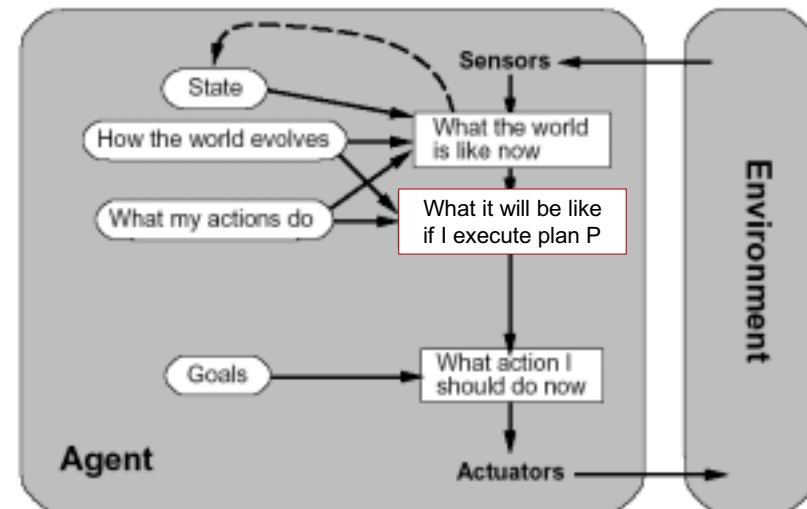
Aktionswahl

- Welche Aktion bringt mich meinem Ziel näher?

Planung

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

Planning Goal-based agent



Zeitabhängigkeit

Repräsentationen von Wissen enthalten

- zeitunabhängige und
- zeitabhängige Anteile

Unterscheidungsmöglichkeiten

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

Aktionen / Handlungen

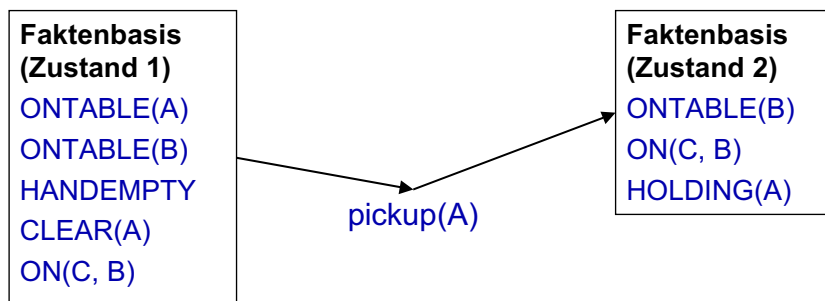
- ‚treiben die Zeit voran‘
- ‚bewirken, welcher Zustand einem vorherigen folgt‘

Handlungsbeschreibung in STRIPS (1971)

Aktionen als Produktionen

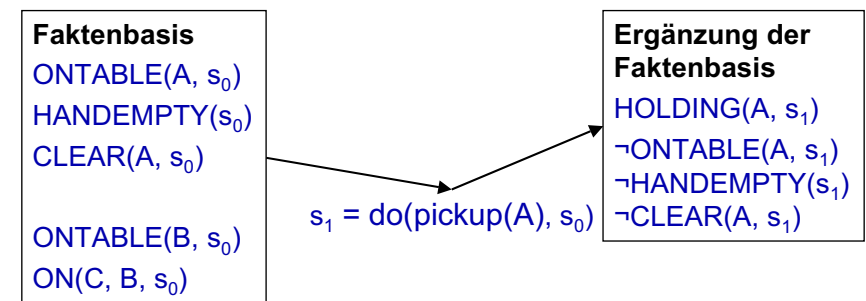
- Name: `pickup(x)`
- LHS: **preconditions**: Konjunktion von atomaren Formeln
 - `ONTABLE(x) ∧ HANDEEMPTY ∧ CLEAR(x)`
- RHS: **Delete** list: atomare Formeln:
 - `ONTABLE(x), HANDEEMPTY, CLEAR(x)`
- RHS: **Add** formula: atomare Formel: `HOLDING(x)`

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

Spezifikationen von Aktionen

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

Basisannahmen

- 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 `heavy(x)`
- mit Situationsargument (Konvention: an letzter Position)
 - veränderliche Eigenschaften Beziehungen `ontable(x, s)`
 - **Fluents**
- Ausgezeichneter Fluent
 - `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
 $\text{Poss}(\text{pickup}(r, x), s) \Leftrightarrow [\neg \text{heavy}(x) \wedge \text{nextTo}(r, x, s)]$
- \rightarrow Aktionsterme können den Agenten implizit lassen (wenn es nur einen gibt)
 $\text{Poss}(\text{pickup}(x), s) \Leftrightarrow [\neg \text{heavy}(x) \wedge \text{nextTo}(x, s)]$

Fluents als Terme

- werden mit ausgezeichnete Relation `Holds` zu Situationen in Beziehung gesetzt
 $\text{Poss}(\text{pickup}(x), s) \Leftrightarrow [\neg \text{heavy}(x) \wedge \text{Holds}(\text{nextTo}(x), s)]$
- 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 Fluent 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 Fluent 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

- $\text{turnoff}(n)$ % Turn off call button n .
- open % Open elevator door.
- close % Close elevator door.
- $\text{up}(n)$ % Move elevator up to floor n .
- $\text{down}(n)$ % Move elevator down to floor n .

Primitive Fluents

- $\text{on}(n, s)$ % unanswered call on floor n
- $\text{currentFloor}(n, s)$ % 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)

• $\forall s, m$ [currentFloor(m, do(up(m), s))] % Positions

$\forall s, m$ [currentFloor(m, do(down(m), s))] % Positions

• Negative Effekte (vgl. STRIPS Delete-List)

• $\forall s, m$ [\neg on(m, do(turnoff(m), s))] % Anforderung

$\forall s, n, m$ [$n \neq m \Rightarrow \neg$ currentFloor(m, do(up(n), s))] % Position

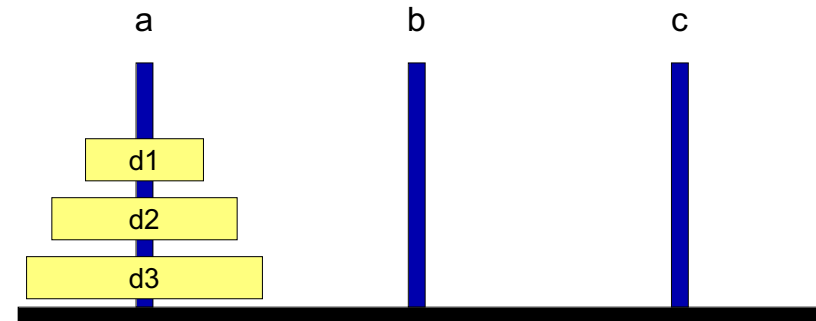
$\forall s, n, m$ [$n \neq m \Rightarrow \neg$ currentFloor(m, do(down(n), s))] % Position

• 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?