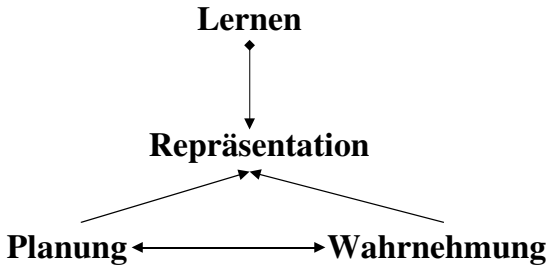
Lernen operationaler Begriffe zur Roboternavigation

Katharina Morik, Univ. Dortmund

- Repräsentation
- Lernen
- Planung und Planausführung
- Experimente

Repräsentation



Relationale Repräsentation

- Nähe zu menschlicher Kommunikation
- Zeitrelationen
- Kombination verschiedener Sensoren
- Integration von Hintergrundwissen
- Integration von Wahrnehmung und Handlung
- Hierarchie von Repräsentationen

Zeitrelationen

- Zeitpunkt: Eintreffen eines Sensorwertes
- Zeitintervall: Gültigkeit des Sensormerkmals
- Relationen *zwischen, direkt nach, während...*
- abstrakte Zeitpunkte -- Flexibilität
- keine zusätzliche Kontrollschleife bei der Planausführung (gilt Wahrnehmung noch?)

```
along_door( T1, T4, SClass, PDir):-
   stable( Orient,S, T1, T2, Gradient1),
   no_measurement( Orient,S,T2, T3, Gradient2),
   stable( Orient,S,T3, T4, Gradient3).
```

Kombination verschiedener Sensoren

- Sensorarten (Ultraschall, Kamera, Laserscanner) verknüpfen

```
along_door( T1, T2, PDir):-
   sonar_along_door( T1, T2, SClass, PDir),
   vision_ along_door( T1, T2, PDir).

towards_stairs(T1, Ts,ahead):-
   sonar_towards_stairs(T1,T2, ahead).
towards_stairs(T1, Ts,ahead):-
   vision_towards_stairs(T1,T2, ahead).
```

Hintergrundwissen

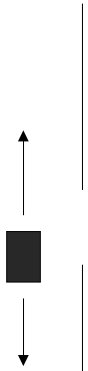
- Anordnung der Sensoren an PRIAMOS bildet Klassen von Sensoren
- Berechnung der Wahrnehmungsrichtung der Sensoren gemäß der Bewegungsrichtung
- Mehrheitsentscheidung von Sensoren derselben Klasse

```
along_door( T1, T4, side, PDir):-
   stable( Orient,S, T1, T2, Gradient1),
   no_measurement( Orient,S,T2, T3, Gradient2),
   stable( Orient,S,T3, T4, Gradient3),
   sclass(S, T1, T4, side).
```

Richtungsrelationen

- Gleiche Richtung -- gleiche Variable
- Prädikate zu räumlichen Relationen

```
along_door( T1, T2, PDir),
move(T2, T3, backwards),
opposite(PDir, OppDir),
along_door(T3,T4,OppDir).
```



Integration von Handlung und Wahrnehmung

- Wahrnehmung stets auf Handlung bezogen
- Wahrnehmungsregeln in Merkmale transformieren

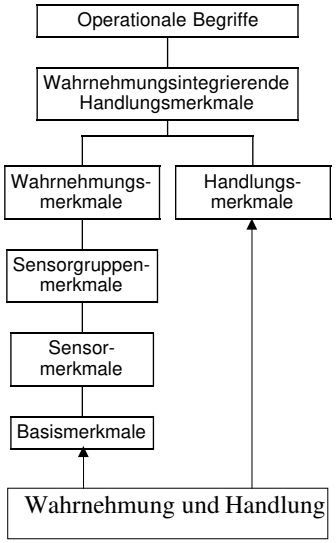
```
moving( T1, T2, along_door):-
   move(T1, T2),
   along_door( T3, T4),
   T1 ≤ T3 < T4 ≤ T2.
time_interval_perception( T1, T2, along_door):-
   along_door(T1,T2).
time_point_perception( T1, T2, beside_wall):-
   beside_wall(T1, T2).
```

Operationale Begriffe

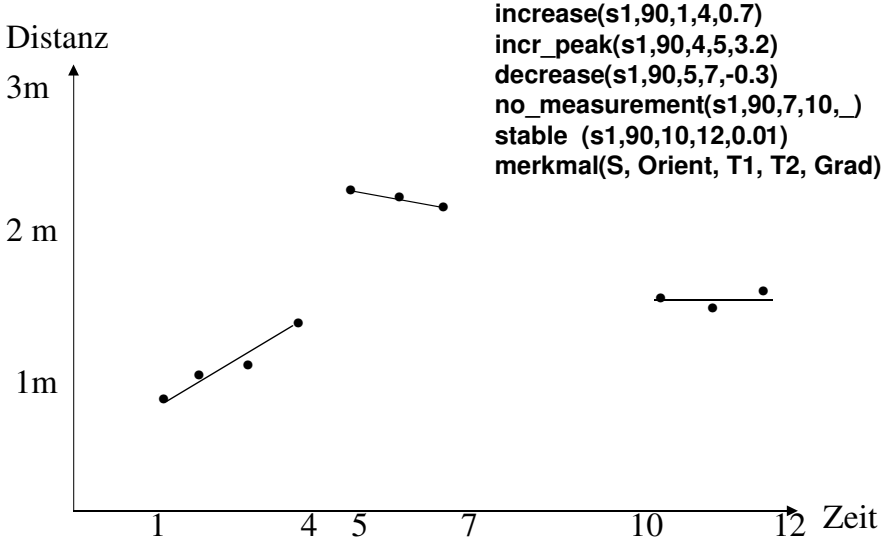
- *durch die Tür fahren,*
  neben die Tür stellen,
  entlang der Tür (Wand) fahren

crossing_door(T1, T4):-
standing(T1, T2, to_door, PDir). %Vorbedingung
moving(T2, T3, through_door, PDir), %Handlung
standing(T3, T4, to_door, rear). %Nachbedingung

Hierarchie



Basiswahrnehmungsmerkmale



increase(s1,90,1,4,0.7)
incr_peak(s1,90,4,5,3.2)
decrease(s1,90,5,7,-0.3)
no_measurement(s1,90,7,10,_)
stable (s1,90,10,12,0.01)
merkmal(S, Orient, T1, T2, Grad)

Hierarchische Programme

- Jede Ebene des Programms kann einzeln gelernt werden.
- Inferenz kann auf sequentielle Inferenzen der Tiefe 1 reduziert werden.
- Wurden alle Inferenzen einer Ebene abgearbeitet, brauchen sie nicht revidiert zu werden.

Lernen in Logik

- Sensormerkmale,
- Sensorgruppenmerkmale
- Wahrnehmungsmerkmale

wurden aus 20 Fahrten in 2 Räumen gelernt.

13746 Basiswahrnehmungsmerkmale

3360 Sensormerkmale

480 Sensorgruppenmerkmale

100 Wahrnehmungsmerkmale

Lernergebnisse

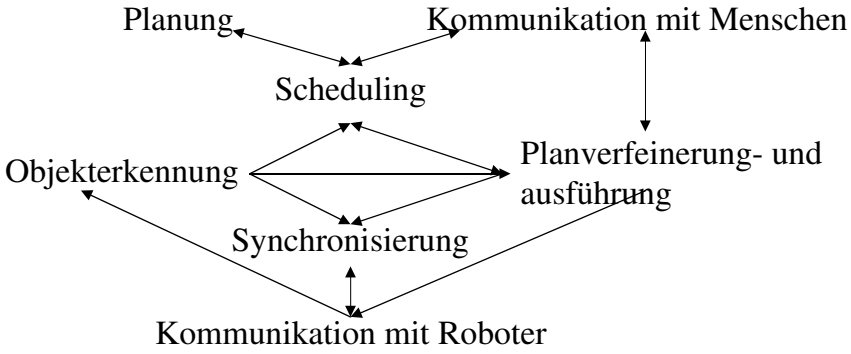
- 5 Fahrten zum Lernen, 15 zum Testen
- unterste Ebene hand-klassifiziert: Zeitinter-valle, in denen entlang d.Wand (Tür), durch d.Tür gefahren wurde
- obere Ebene durch Lern-ergebnisse d. unteren Ebene klassifiziert!

- Sensormerkmale:
  coverage:
  25.7 %(along-wall)
  - 93.5% (beside_door)
  accuracy:
  27.1% (along_door)
  74.7% (through_door)
- Sensorgruppenmerkmale:
  29.6%-100% coverage
  48.9% - 100% accuracy

Pareto-Optimum beim Lernen der Wahrnehmungsmerkmale

- along_wall
  coverage: 95 %, accuracy: 54.3 %
- along_door
  coverage: 91.7 %, accuracy: 50.5 %
- beside_door
  coverage: 80 %, accuracy: 67.4 %
- through_door
  coverage: 100 %, accuracy: 93.8 %

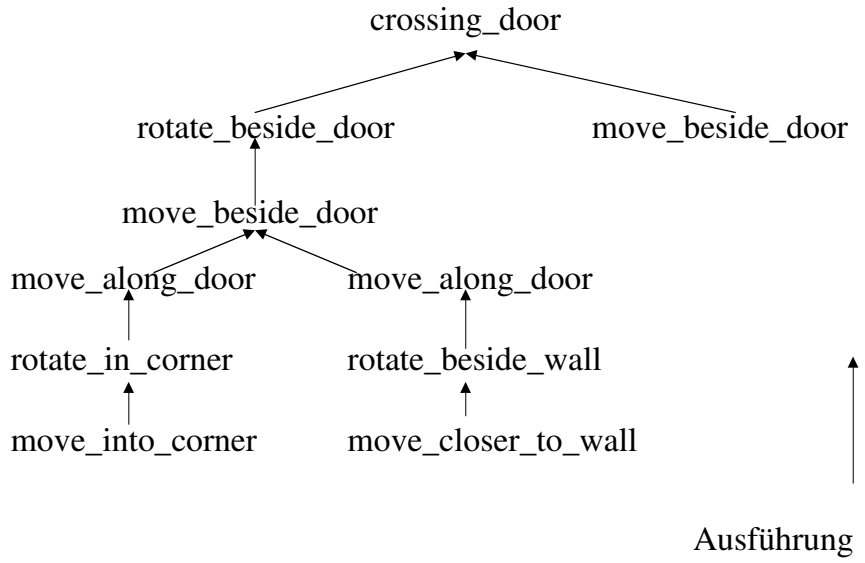
SHARC (Volker Klingspor 1998)



Planung

- Ziel: Nachbedingung eines operationalen Begriffs
- Start: Menge aktuell ermittelter wahrnehmungsintegrierender Handlungsmerkmale
- Planung: alternative Folgen operationaler Begriffe, die zum Ziel führen

Abstrakter Planbaum



Planverfeinerung und -ausführung

- Konkretisierung des abstrakten Planbaums durch die (gelernten) Regeln

standing(T3, T4, to_door, rear). %Nachbedingung
moving(T2, T3, through_door, right_left), %Handlung
standing(T1, T2, to_door, small_side). %Vorbedingung

Ausführungslisten

- Rückwärtsverkettung gemäß der Regel für ein Wahrnehmungsmerkmal über alle Ebenen bis zur niedrigsten Ebene

[move(med_speed, front),
time_interval_perception(T2, T3, through_door, right, large_side)]

vorwärts fahren und dann **through_door** wahrnehmen

Reaktive Steuerung

Beim Eintreffen eines wahrnehmungsintegrierenden Handlungsmerkmals:

- Notfall? -- speziellsten mit aktueller Wahrnehmung unifizierbaren Plan ausführen!
- sonst: Liste der Wahrnehmungen erweitern

Beim Eintreffen eines Merkmals der niedrigsten Ebene:

- im Planbaum weiterrücken, Ausführungsliste verschicken

Experimente

- 25 Fahrten, davon 18 Fahrten in Räumen, die nicht zum Lernen verwendet wurden
- Ziel: Durchfahren der Tür
- 23 Fahrten erfolgreich
- 21 Fahrten: alle Wahrnehmungsmerkmale korrekt erkannt
- 2 Fahrten: Hindernis nicht erkannt!
- along_door einmal nicht und einmal fälschlich erkannt.

Performanz

- Realzeit (Millisekunden vergangener Zeit) von Übertragung der Sensorwerte bis zur endgültigen Verarbeitung (inclusive Handlung)
  ≤ 500 msec,
  ≤ 4500 msec. bei 9 Senorwerten
- Rechenzeit der Planverfeinerung und -ausführung: ≤ 10 msec. bei 96.8 % Eingaben,
  ≤ 20 msec. bei 3.2 % Eingaben.

Zusammenfassung

Logikbasiertes Vorgehen in der Robotik

- keine Karten notwendig
- keine konkreten Abmessungen, Zeitpunkte
- Handlung, solange oder bis ein Wahrnehmungsmerkmal gilt
- lernbare Repräsentation auf allen Abstraktionsebenen
- leichte Kommunikation mit Menschen