

Vorlesung: Einführung in die Robotik

Prof. J. Zhang

zhang@informatik.uni-hamburg.de

Universität Hamburg

Fachbereich Informatik

AB Technische Aspekte Multimodaler Systeme

03 Februar 2005

Inhaltsverzeichnis

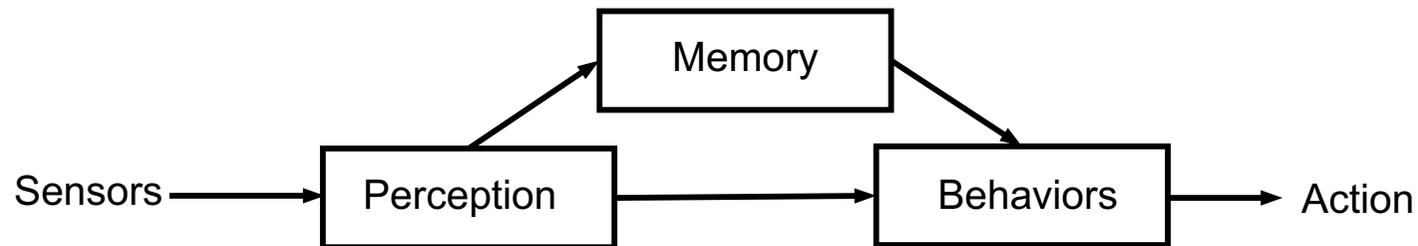
9. Architekturen sensorbasierter intelligenter Systeme	541
Das Perzeption-Aktion-Modell mit Gedächtnis542
Das CMAC-Modell543
Die Subsumtions-Architektur548
Steuerungsarchitektur eines Fisches552
Verhaltensfusion555
Hierarchie557
Eine Architektur für lernende Roboter564
Das AuRA-Modell - Arkin '86565
10. Aus- und Rückblick	567

Architekturen sensorbasierter intelligenter Systeme

Themenübersicht

- Basisverhalten
- Verhaltensfusion
- Subsumtion
- Hierarchische Entwürfe
- Interaktive Architekturen

Das Perzeption-Aktion-Modell mit Gedächtnis



Das CMAC-Modell - I

(Englisch)

CMAC: “Cerebellar Model Articulation Controller”

The input vector **S** is modelled as sensory firing cell patterns. The combination of the cell patterns produces an association vector **A**. This association cell vector multiplied by the weight matrix W produces a response vector **P**.

The CMAC model can be viewed as two mappings:

$$f : \mathbf{S} \rightarrow \mathbf{A}$$

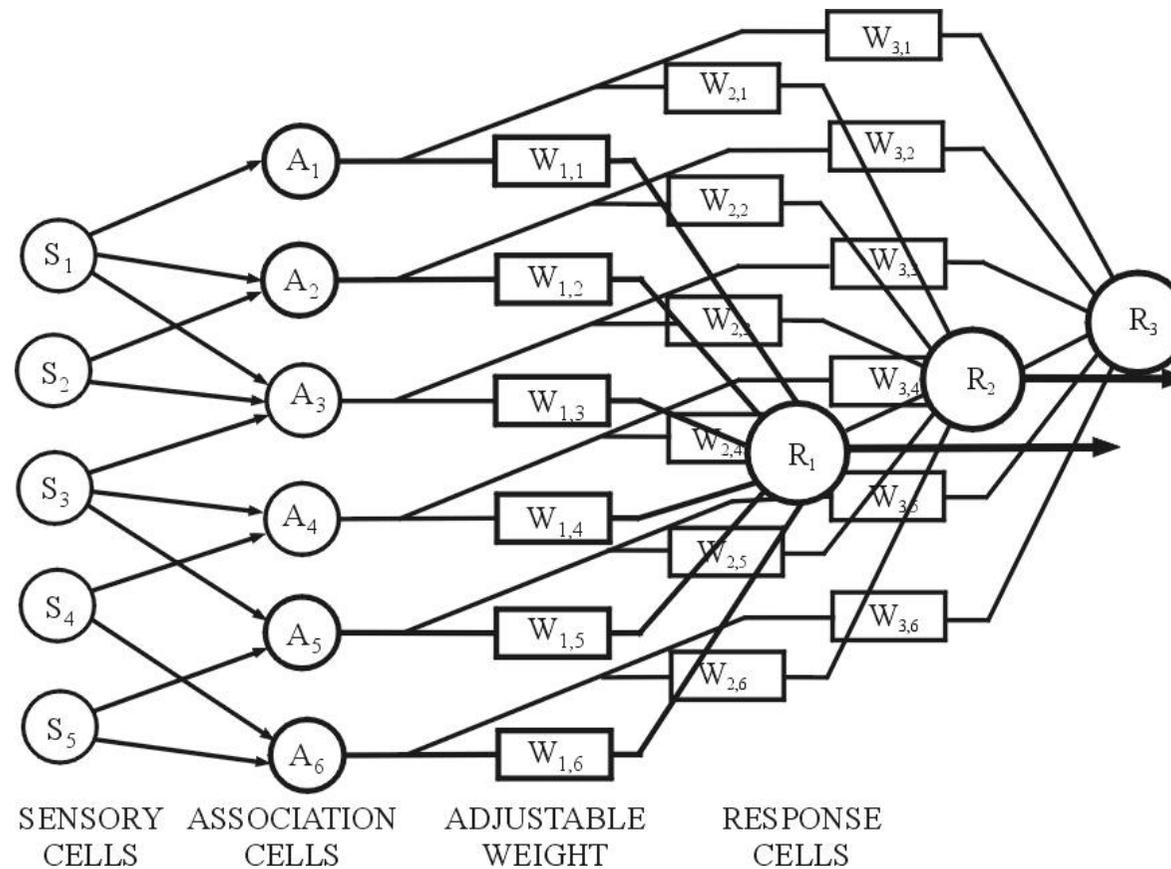
$$g : \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{P}$$

S = {sensory input vectors}

A = { association cell vectors}

P = { response output vectors }

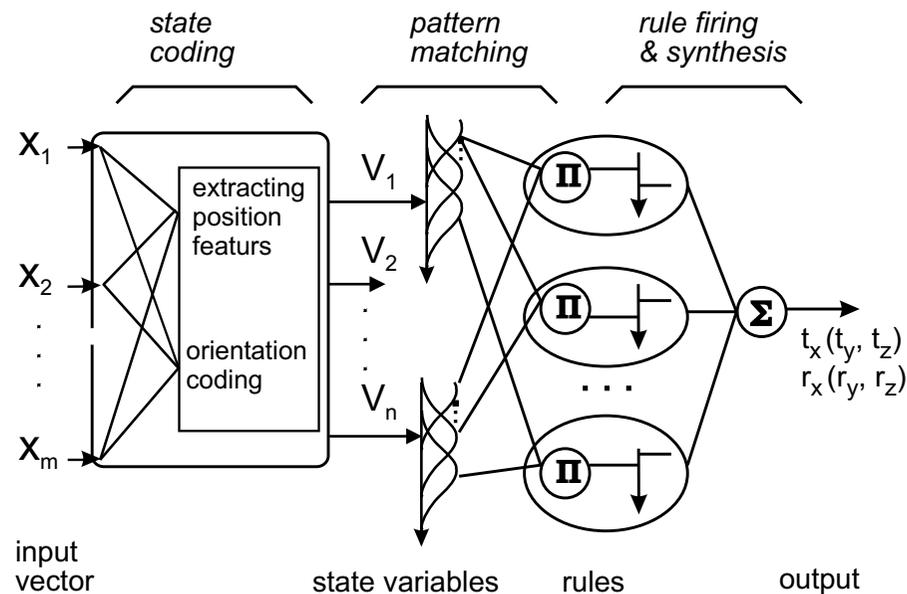
CMAC - II



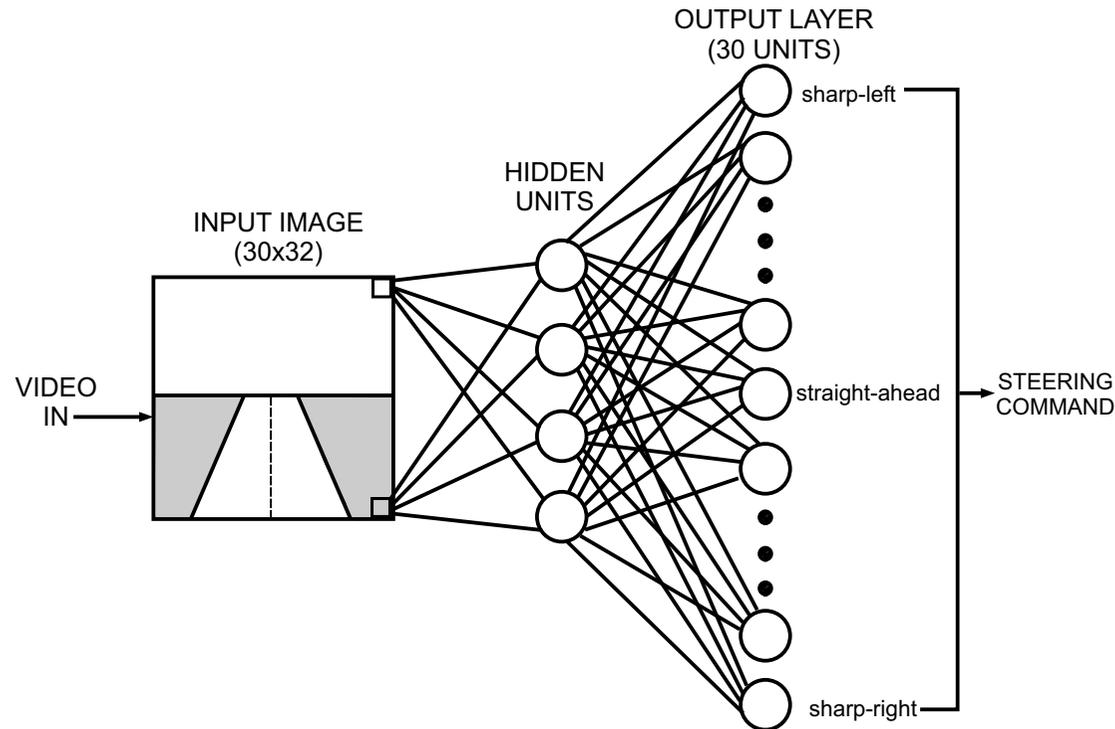
B-Spline-Modell

The B-Spline model is an ideal implementation of the CMAC-Model.

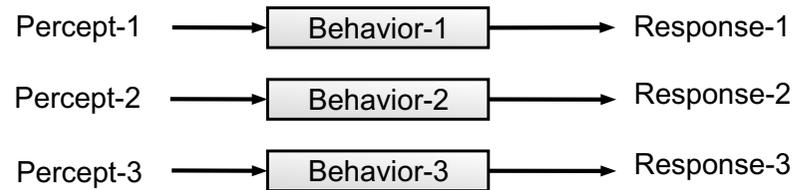
The CMAC model provides an neurophysiological interpretation of the B-Spline model.



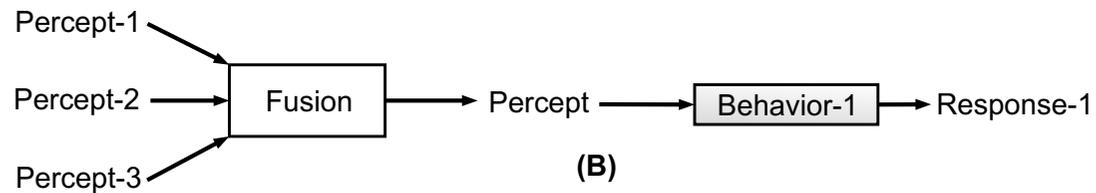
Alvinn - Visuelle Navigation CMU



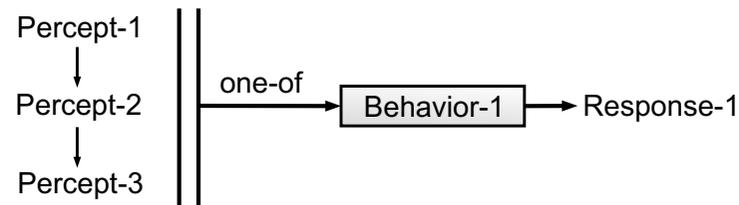
Handlungsorientierte Perzeption



(A)



(B)



(C)

Die Subsumtions-Architektur

(Englisch, R. Brooks)

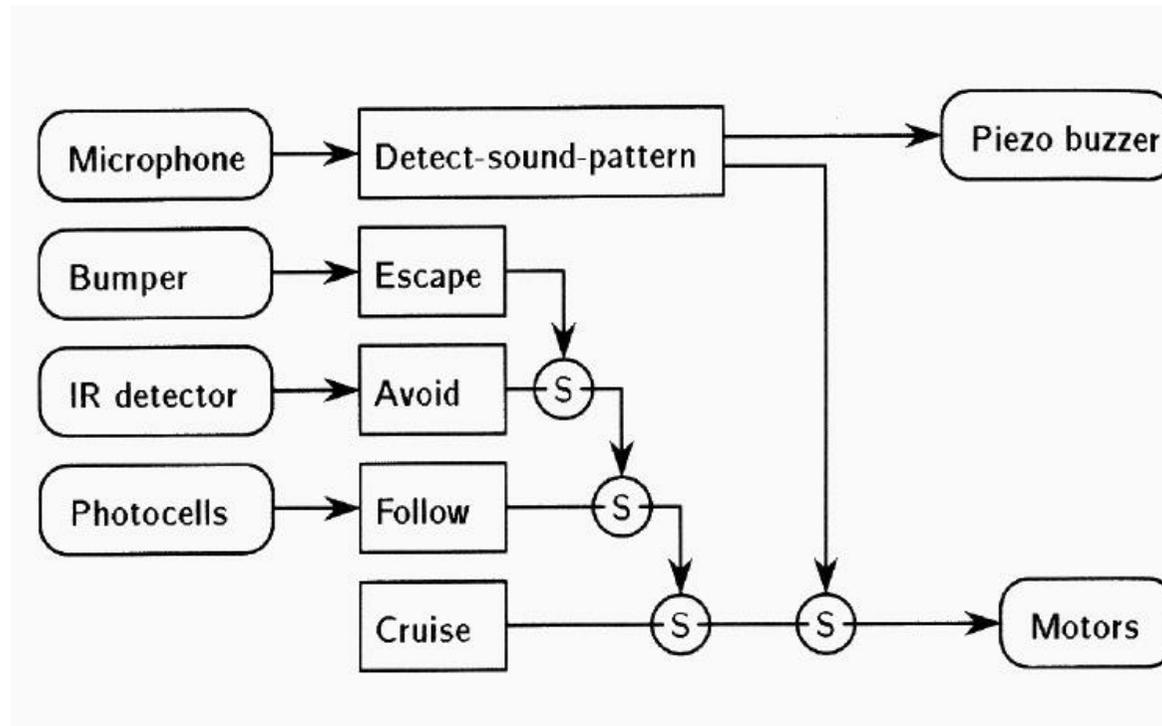
A robot program employing the modelling/planning paradigm is composed of a sequence of steps. These functional units transform a snapshot of sensory data into a series of actions intended to achieve a specified goal.

A subsumption architecture for a mobile robot “Rug Warrior” begins with a behaviour called “Cruise” (moving forward).

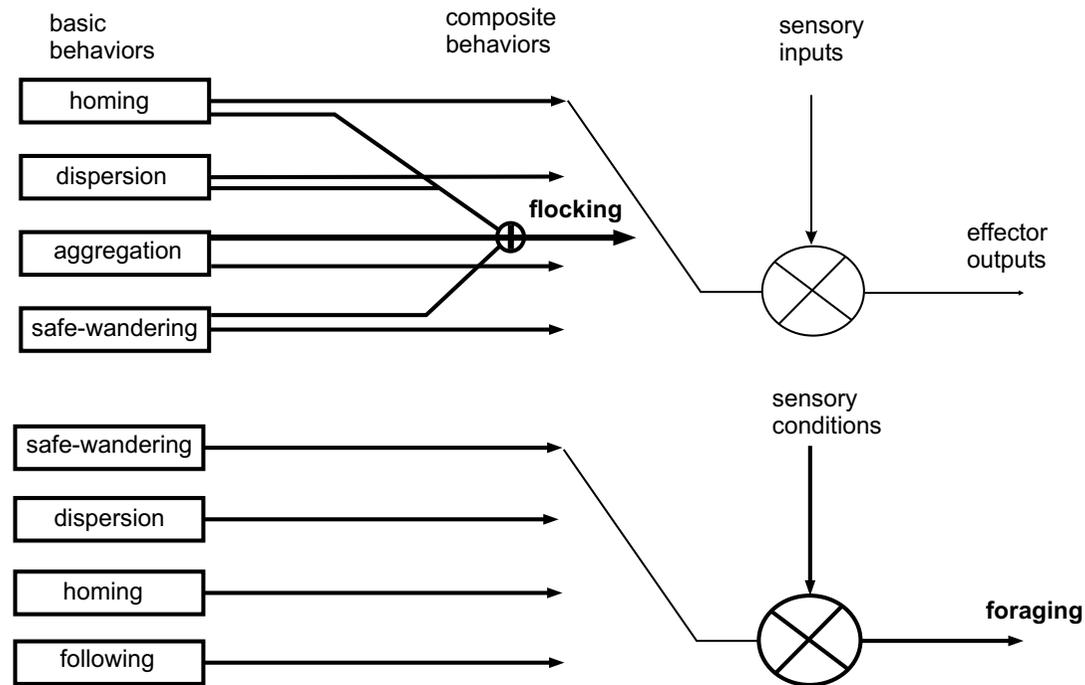
“Follow” is triggered by photo-cells to move toward right.

“Avoid” suppresses “Follow” and “Cruise” when the near-infrared sensors detect an imminent collision and “Escape” also helps to avoid obstacles.

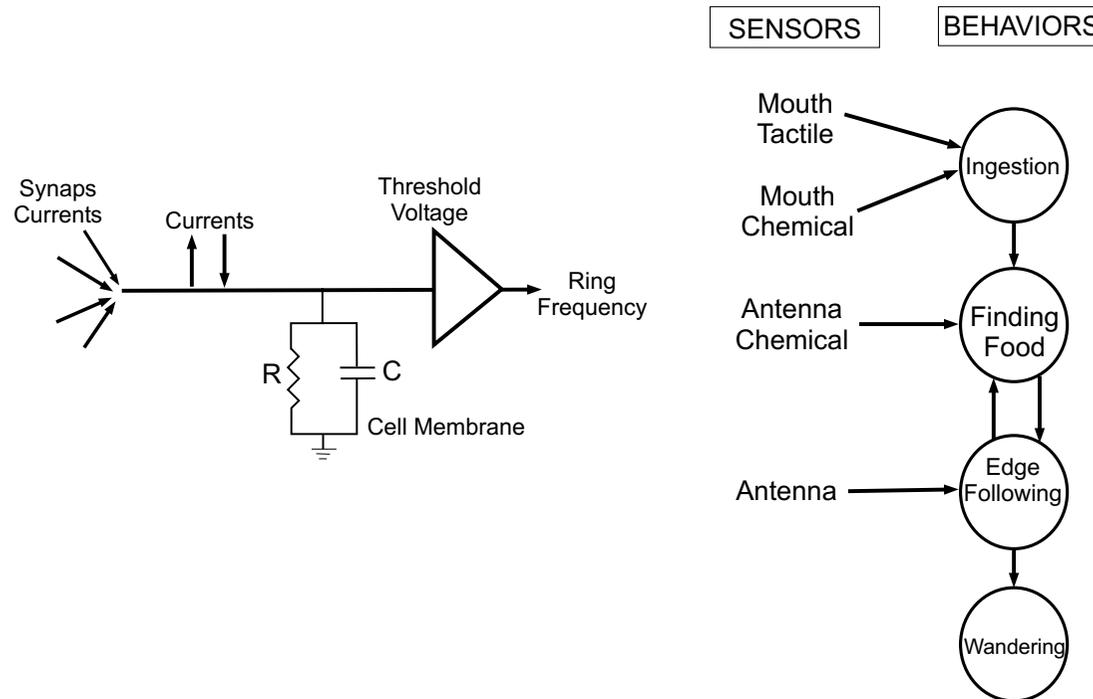
The highest-level behaviour, “Detect-Sound-Pattern” caused the robot to play a tune.



Foraging and Flocking



Cockroach Neuron / Behaviors



Steuerungsarchitektur eines Fisches

(E.)

Control and information flow in artificial fish:

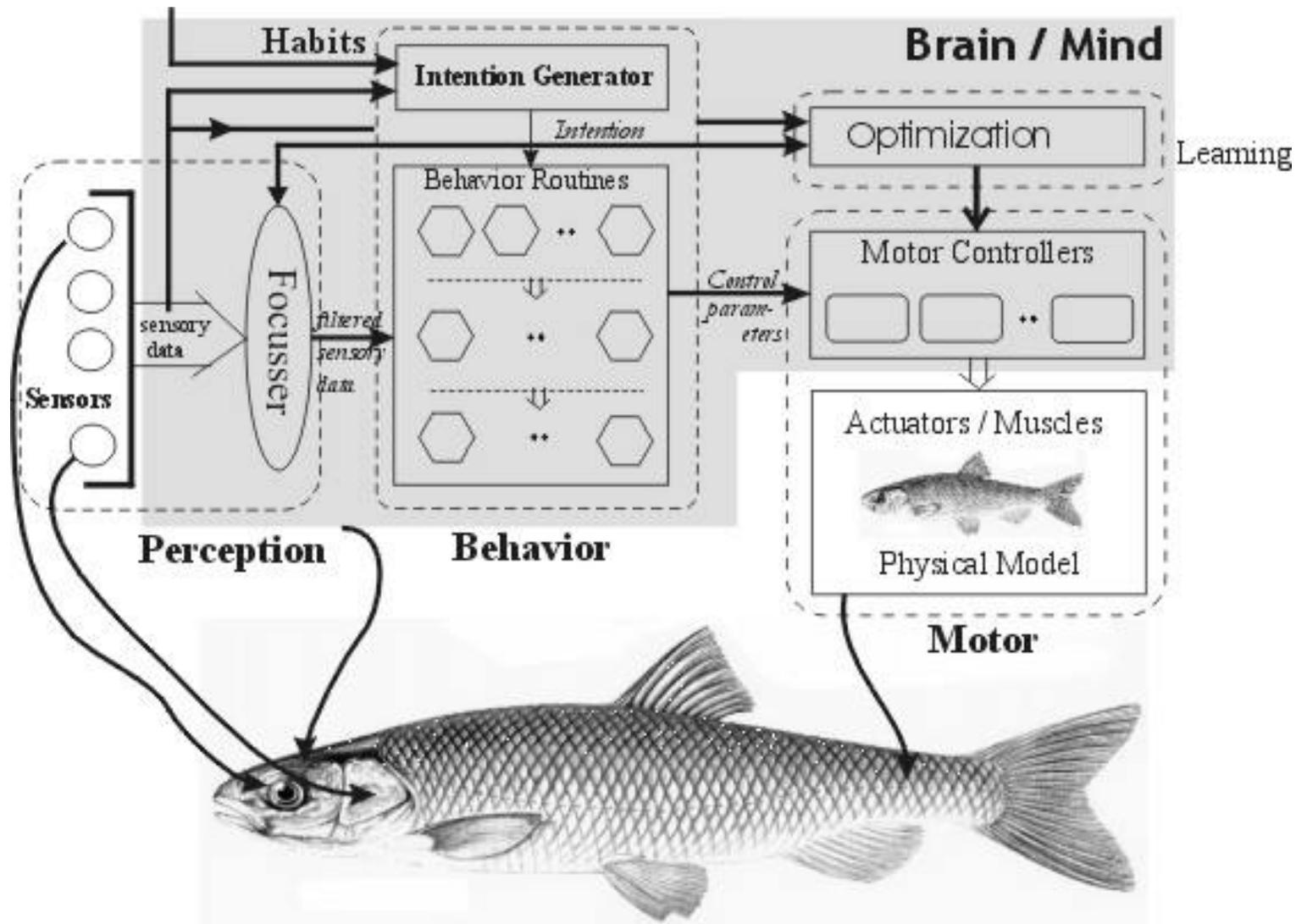
Perception: sensors, focusser, filter

Behaviours: behaviour routines

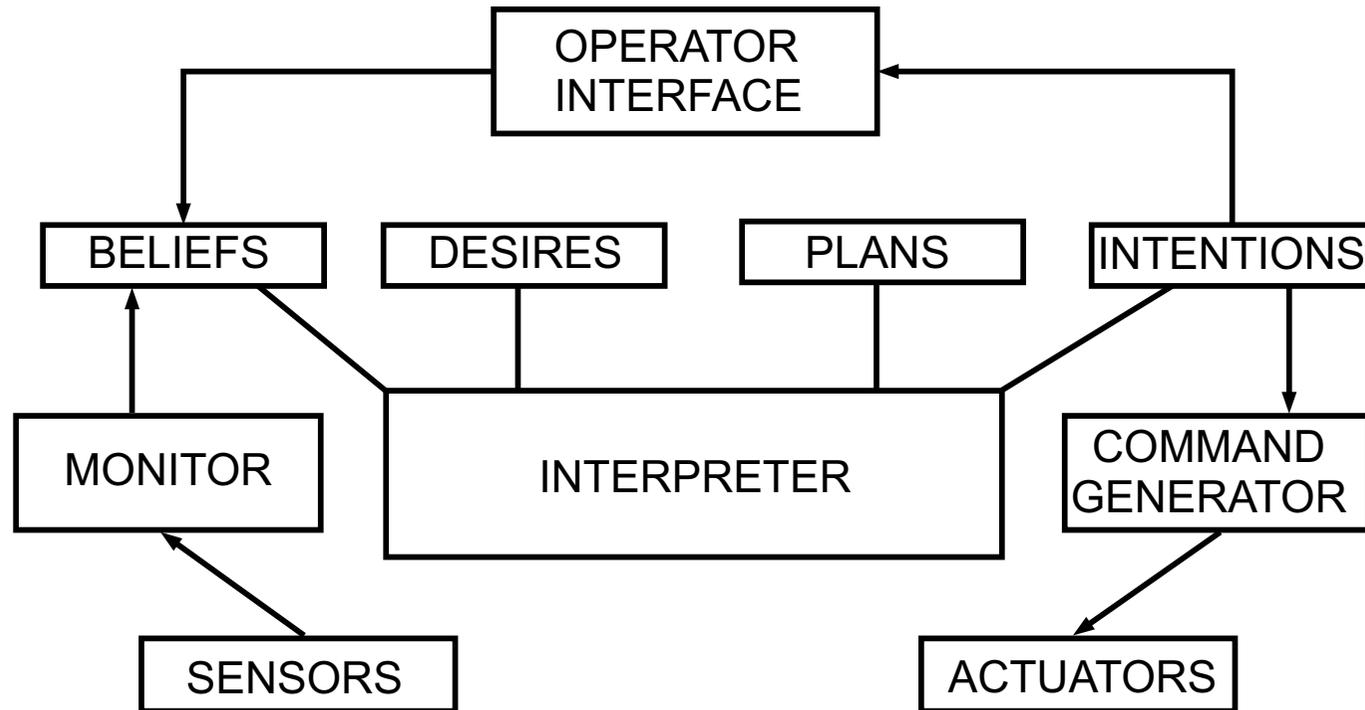
Brain/mind: habits, intention generator

Learning: optimization

Motor: motor controllers, actuators/muscles

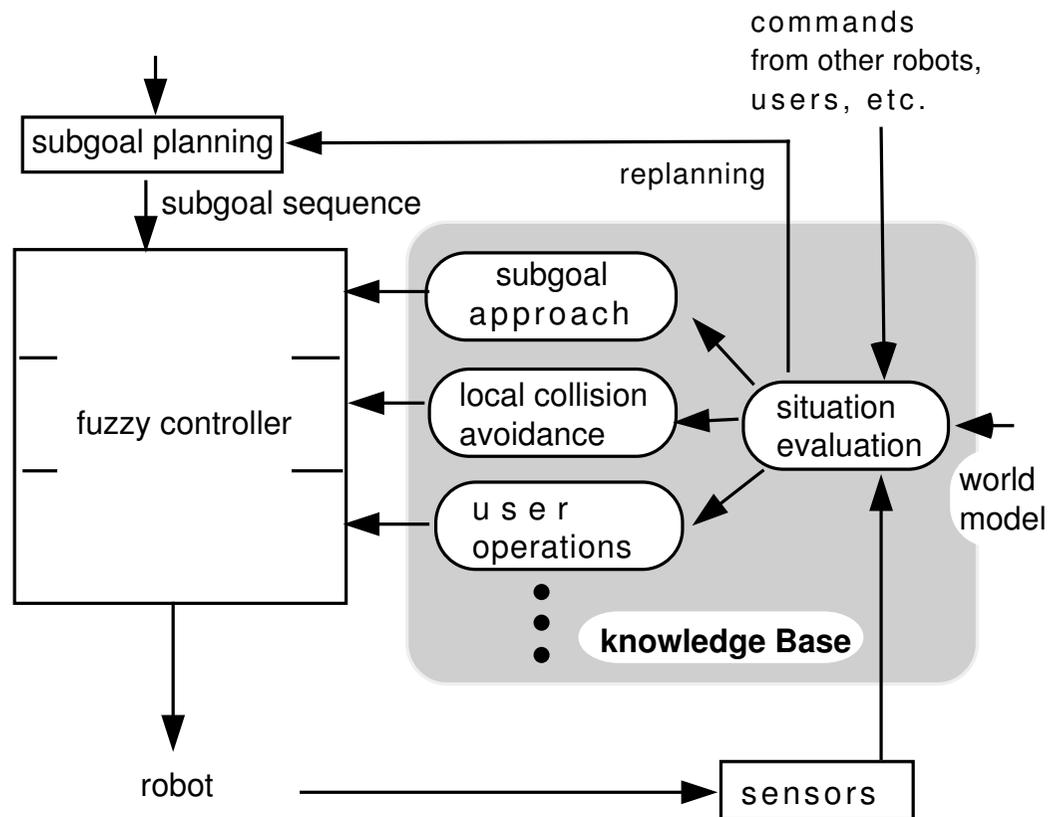


Procedural Reasoning System - SRI 1987



Verhaltensfusion

Hierarchische Fuzzy-Regelung eines Roboters



Für die Situationsbewertung werden Fuzzy-Regeln benutzt.

Durch die **Situationsbewertung** werden 3 Fuzzy-Parameter bestimmt:

- die Priorität K
- den Replanning-Selector
- und $NextSubgoal$, ob ein Unterziel vorbei ist.

Eine typische Regel:

IF ($SL85$ IS HIGH) AND ($SL45$ IS VL) AND ($SLR0$ IS VL) AND ($SR45$ IS VL) AND ($SR85$ IS VL) THEN K IS HIGH AND
 $Replan$ IS LOW

Koordinierung von mehreren Regelbasen:

$$Speed = Speed_{LCA} \cdot K + Speed_{SA} \cdot (1 - K)$$

$$Steer = Steer_{LCA} \cdot K + Steer_{SA} \cdot (1 - K)$$

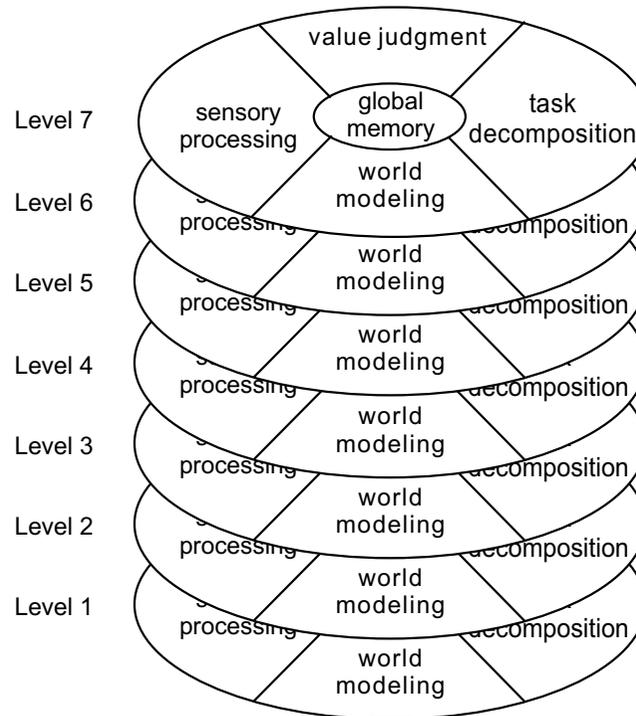
Hierarchie

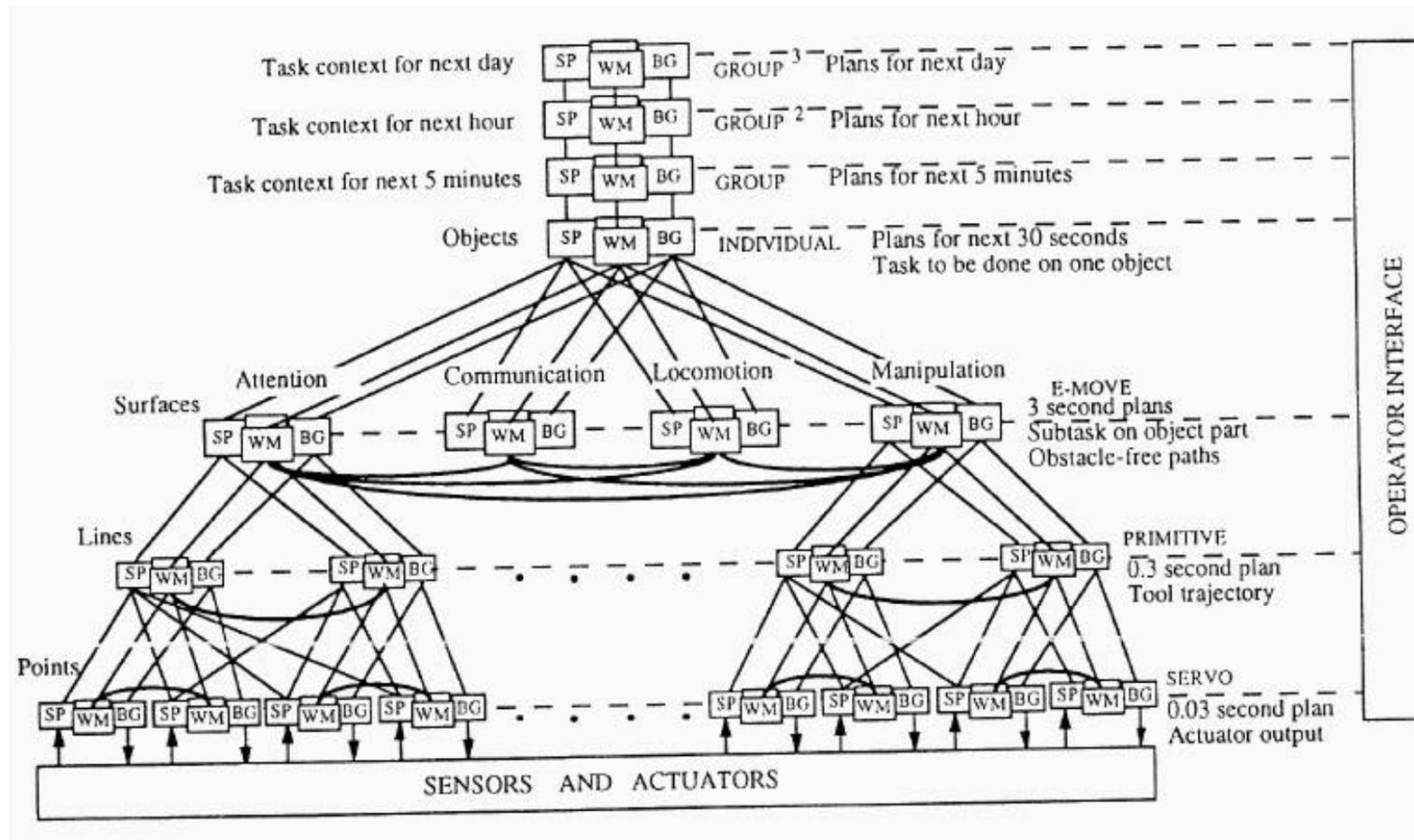
(Englisch, J. Albus)

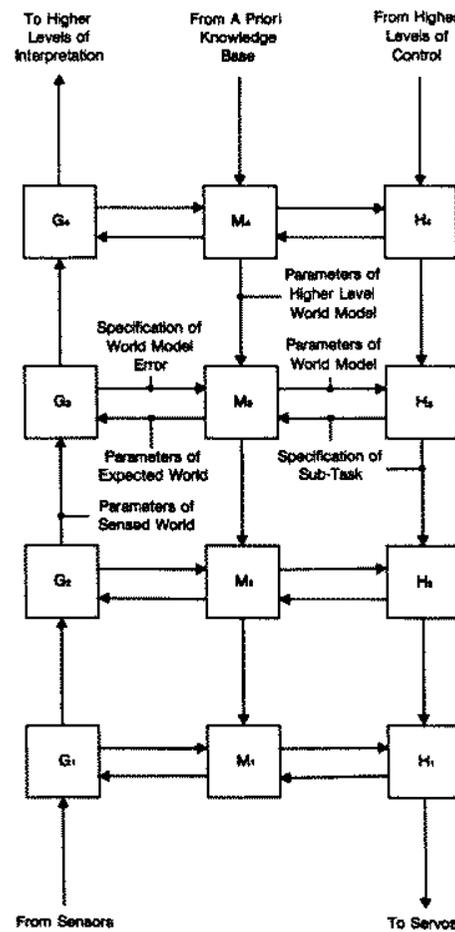
A RCS (real-time Control System) reference model architecture for intelligent system.

Processing modes are organised such that the BG (Behaviour Generation) modules form a command tree.

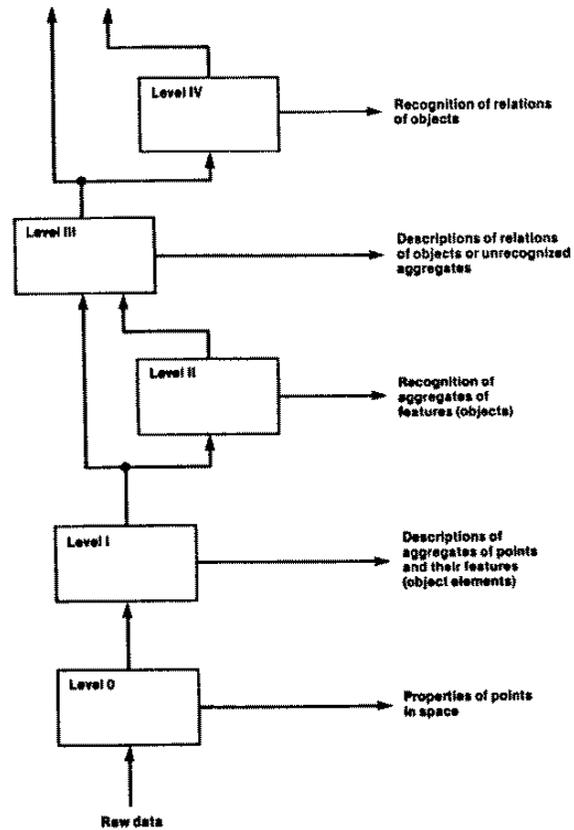
Information in the knowledge database is shared between WM (World Model) modules in nodes within the same subtree. On the right, are examples of functional characteristics of the BG modules and stored by the WM in the knowledge database at each level.



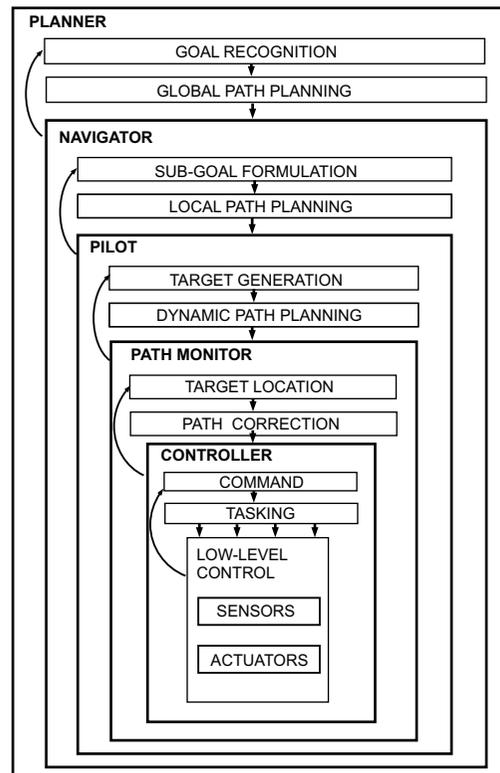




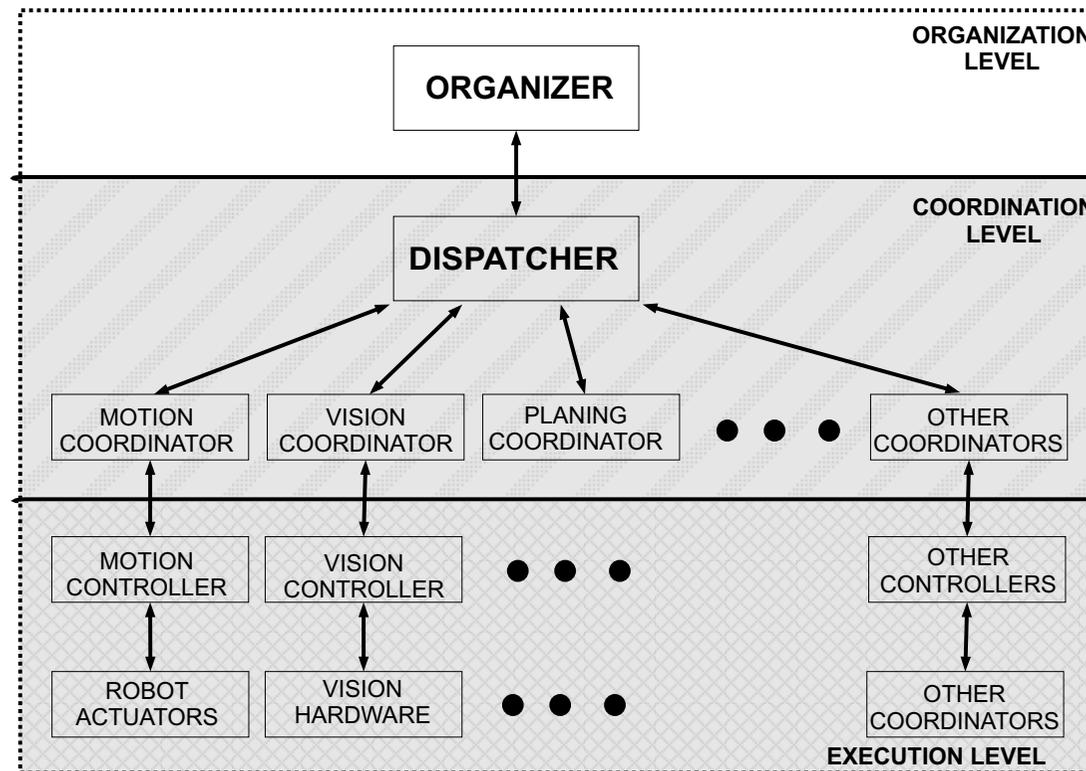
Sensor-Hierarchie



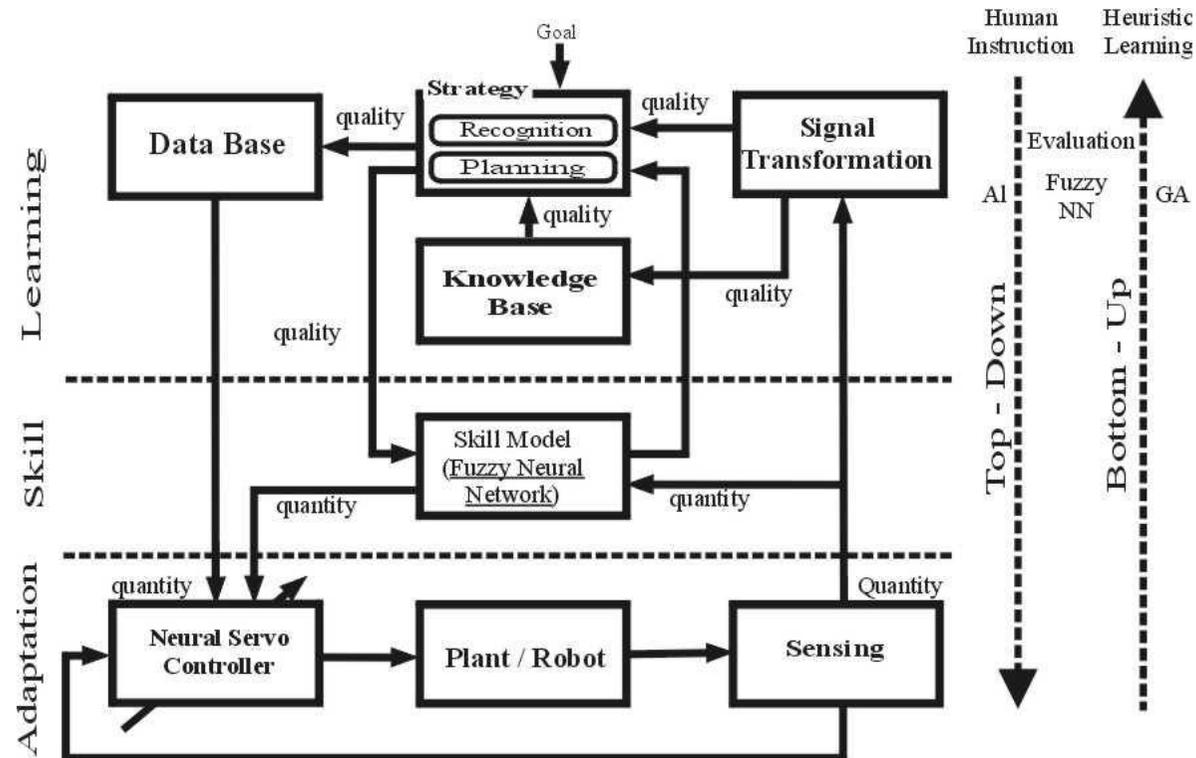
Ein anderes Beispiel - Meystel



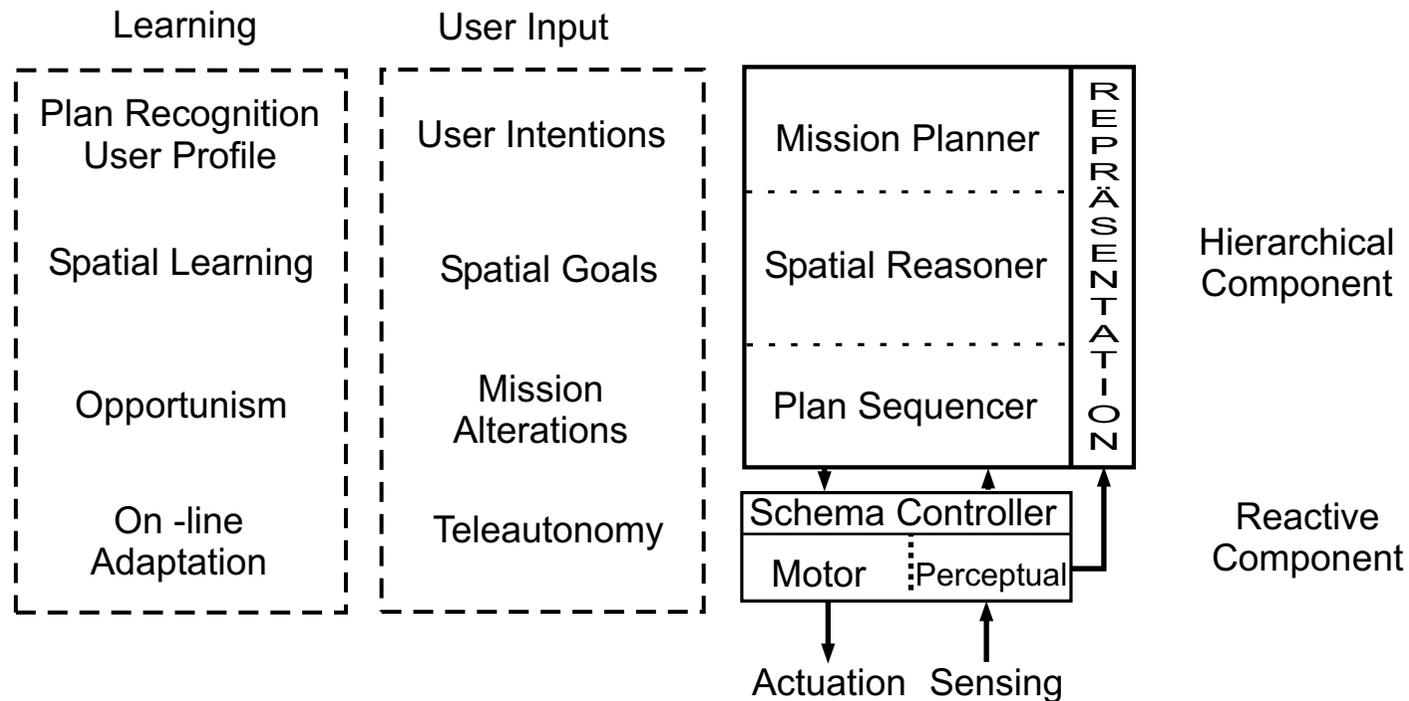
Ein anderes Beispiel - Saridis



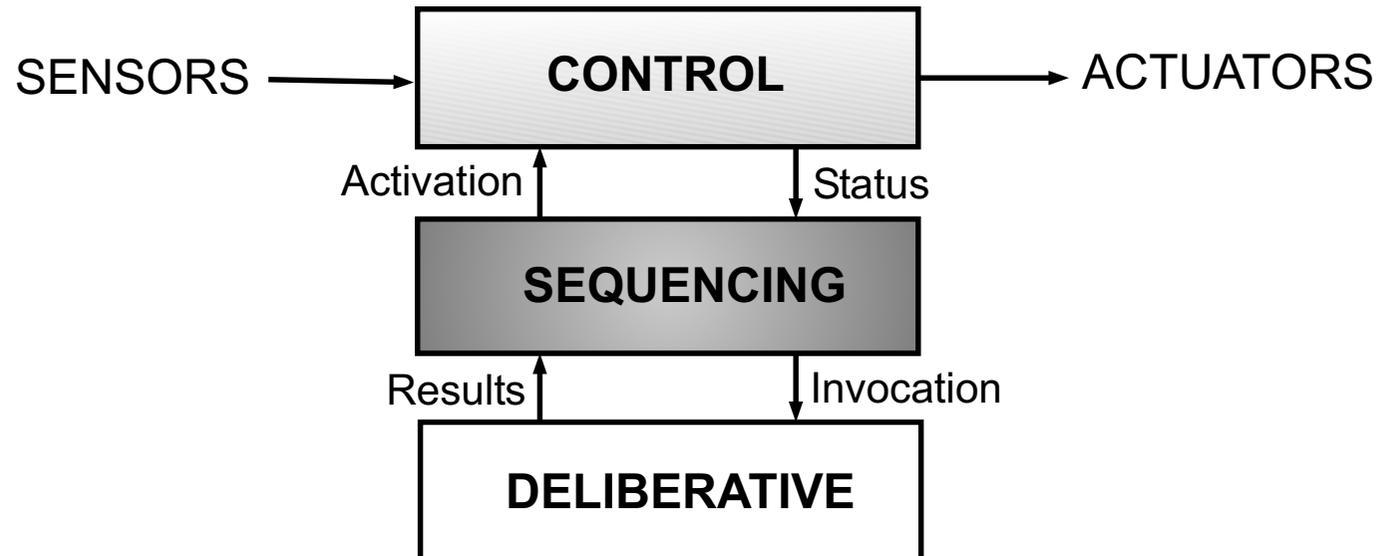
Eine Architektur für lernende Roboter



Das AuRA-Modell - Arkin '86



Atlantis – Nasa Rovers 1991



Thematische Zusammenfassung – Regelung

- Industrieroboter:
 - ◆ Positionregler mit PID-Reglern;
 - ◆ mit Schwerkraftkompensation
- Forschung:
 - ◆ modellbasierte Regelung
 - ◆ hybride Position-Kraft-Regelung
 - ◆ “under-actuated control”
 - ◆ “backwards controllable” (“direct drive”, “artificial muscle”) structure
 - ◆ Externesensorbasierte Regelung

Adept-Roboter: direct drive



Thematische Zusammenfassung – Mechanische Struktur

behandelt:

- Offene Kette mit rotatorischen Gelenken
- Hybride von rotatorischen und translatorischen Gelenken (SCARA, Stanford)

weitere:

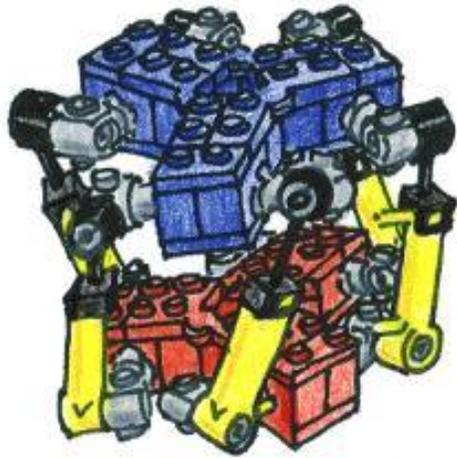
- mobile Roboter, Laufmaschine
- Geschlossene Kette u.a. Steward Mechanismus (Craig 279)
- Antrieb ohne Motoren

Die Stewart-Plattform

eine Plattform, die auf dem Boden steht, und eine, die mit insgesamt 6 variablen Beinen (in der Regel Hydrauliken) mit der unteren verbunden ist.

Die Befestigungen der Beine an beiden Plattformen geschieht mittels Kardangelenken. Mathematisch entspricht das einem sechs-dimensionalen Konfigurationsraum ohne Singularitäten.

Der Vorteil einer parallelen Mechanik ist die große Nutzlast, die diese Systeme tragen können. Ein sequentieller Greifarm kann die auftretenden Drehmomente nicht bewältigen.



Thematische Zusammenfassung – Algorithmen

- Transformation
- Trajektoriengenerierung (z.B. Gerade Kartesische Bahn)
- Approximierte Darstellung von Roboterglidern und Objekten
- Graph-Bildung (V-Graph, T-Graph, ...)
- Suche-Algorithmen
- Andere Bahnplanungsalgorithmen
- Sensorfusion
- Vision: Erkennung (statisch, dynamisch), Rekonstruierung von Position und Lage
- Aktionsplanung
- Sensorgeführte Bewegung

Gesamt-Rückblick - I

- **Einleitung:**
Definition, Klassifikation, Grundkomponenten, DOF
- **Koordinaten-Transformation:**
Manipulator-Koordinaten, homogene Transformationen, Drehmatrizen, ihre Inverse und ihre Verknüpfung, Transformations-Gleichungen (s. Paul81, Craig89, FGL87)
- **Kinematik:**
Problematik der Kinematik und der inversen Kinematik, DH-Konvention und ihre Anwendungen, die algebraische und geometrische Lösung der inversen Kinematik, differentielle homogene Transformationen, Jacobi-Matrizen, Singularitäten (s. Paul81, Craig89, FGL87)
- **Trajektorien-generierung:**

Aufgabe und Randbedingungen, Polynom-Lösungen zwischen zwei Punkten sowie vier Punkten, Faktoren der optimalen Bewegung, Gerade Bewegungen im Kartesischen Raum: Realisierung und Probleme, Konzept der B-Spline-Interpolation, B-Spline Basisfunktionen. (s. Craig89, FGL87, Literatur über B-Splines)

- **Programmierung:**

Aufgabenbeschreibung: Schritte von der Frame-Definition zur Erstellung von Bewegungsprogrammen, Vorteile und Konzepte von RCCL (s. Paul81, RCCL-Guide), Typen der Roboterprogrammierung, Off-line Programmierung (IRIP-Unterlagen, Craig89)

- **Regelung:**

Regelungssysteme des PUMA-Roboters, lineare und Modell-basierte Regelung, PID-Regler, Regelungskonzepte im Kartesischen Raum (s. Craig89, FGL87).

- **Sensoren:**

Klassifikation, Interne Sensoren: Prinzip und Anwendung in der Regelung (s. Craig87, FGL87)

- **Dynamik:**

Probleme, Newton-Euler'sche Gleichungen und Lagrange'sche Gleichungen (Lösung für Arme mit 1-2 Gelenken) Struktur einer dynamischen Gleichung (s. Paul81, FGL87)

- **Kollisionsvermeidung:**

Begriffe um Konfigurationsraum, Konzepte der Transformation zum Konfigurationsraum, Objekt-Repräsentationen, Potentialfeld-Methoden, Probabilistische Einsätze

- **Steuerungsarchitektur:**

Subsumtion, CMAC, Hierarchische,

Ergänzte Literatur

SiBo96 H.-J. Siegert und S. Bocionek. *Robotik: Programmierung intelligenter Roboter*, Springer-Verlag, 1996.

Schilling90 R. J. Schilling. *Fundamentals of Robotics: Analysis and Control*, Printice Hall, 1990.

Yoshikawa90 T. Yoshikawa. *Foundations of Robotics*, The MIT Press, 1990.

SpVi89 M. W. Spong and M. Vidyasagar. *Robot Dynamics and Control*, Wiley, 1989.

Intelligente Robotersysteme

Zugrundliegende Roboter-Technik (wie oben) plus:

- **Externe Wahrnehmung:**
zuverlässige Umweltmessungen, Szenen-Verstehen
- **Wissensbasis:**
über Umwelt, eigene Zustände, alltägliche Wissen wie von einem Mensch
- **Automatische Planung:**
Aktion, Grobbewegung, Greifen und Sensordatenerfassung
- **Menschfreundliche Schnittstelle:**
Verstehen der natürlingsprachlichen Anweisungen, Umsetzung zu Roboteraktionen, Disambiguität in Kontext-abhängigen Situationen
- **Adaptive Steuerung:**
Evolution anstatt Programmierung, Lernfähigkeiten

Interessierte → Veranstaltungen im kommenden Semester:

Projekt – Service Roboter

Vorlesung – Angewandte Sensorik

Vorlesung – Machinelles Lernen

Automatische Planungssysteme

- **Aktionsplanung:**
Aufgaben-Spezifikation, Zustandsdarstellung, Aufgaben-Zerlegung, Aktions-Reihenfolge-Generierung
- **Bewegungsplanung:**
Roboter- und Umwelt-Repräsentation, Konfigurationsraum-Berechnung und -Darstellung, Suche-Verfahren
- **Sensorplanung:**
Welche Sensoren, welche Zeitmomente, wo zu messen; interne sowie externe Parameter des Sensors

- **Arten der Wahrnehmung:**

passiv: basiert auf bestimmter Sensor-Aktor-Konfigurierung;

aktiv: abhängig von der Sensorplanung

Kommerzielle Roboter in der Zukunft

werden:

- geschickter,
- kleiner,
- schneller,
- leichter,
- kräftiger,
- intelligenter,
- leichter zu bedienen,
- und billiger

sein.

Große Herausforderungen an Robotik

Verfahren:

- Symbolisches Verstehen der Umwelt
- Integrierte sensomotorische Koppelung
- Selbst-Lernen

Systeme:

- Synergetische Multisensorik
- Agile Mobilität
- Geschickte Handhabungsfähigkeit

Technik:

- Sensorik ähnlicher Komplexität wie die menschliche
- Neue Antriebsarten
- Nano-Roboter

- Multifinger-Hand
- Anthropomorphischer Roboter
- Fliegender Roboter