

# Aufmerksamkeit bei mobilen Robotern

Philipp Werner

Seminar: Mobile Robotik

11. Juni 2008

# Aufmerksamkeit

- 1 Begriff
- 2 Top-down-Mechanismen
  - Laufroboter in bekannter Umgebung
- 3 Bottom-up-Mechanismen
  - Saliency maps
  - Identifikation
- 4 Überblick

# Aufmerksamkeit in der Robotik

## Was ist Aufmerksamkeit?

Selektion von Sensordaten nach anwendungsspezifischen Kriterien

## Wozu Aufmerksamkeit?

- Reduzierung der Datenmenge
- Datenfilterung für jeweilige Aufgabe
- Roboter und Sensoren ansteuern und ausrichten
- Nachbildung von menschlichem Verhalten

# Aufmerksamkeit in der Robotik

## Herausforderungen

### Selektion nach anwendungsspezifischen Kriterien

- Welche Kriterien?
  - Wie selektieren?
- } Zuverlässigkeit!

# Strategien

## Top-down

Selektionskriterien: Vorwissen, Kontext, Aufgabe

## Bottom-up

Selektionskriterien: Merkmale der Sensordaten

# Top-down: Laufroboter in bekannter Umgebung

- entwickelt an University of Texas für RoboCup (legged league)
- implementiert auf Sony Aibo ERS-7



**Status** Selbstlokalisierung und Navigation anhand bekannter fester Landmarken

**Ziel** Beschleunigung der Landmarkenerkennung über Kamera ohne Einbußen bei der Trefferrate

# Top-down: Laufroboter in bekannter Umgebung

- entwickelt an University of Texas für RoboCup (legged league)
- implementiert auf Sony Aibo ERS-7



**Status** Selbstlokalisierung und Navigation anhand bekannter fester Landmarken

**Ziel** Beschleunigung der Landmarkenerkennung über Kamera ohne Einbußen bei der Trefferrate

# Top-down: Laufroboter in bekannter Umgebung

## Idee

Umgebung und Schätzung der Position bekannt → lenke Aufmerksamkeit des Roboters bei Objektsuche (Landmarken) auf erwartete Position der Objekte

## Problem

Kamera des Laufroboters bewegt sich ruckartig → Objektpositionen verändern sich stark (feature tracking nicht anwendbar)

Video aus Sicht des Roboters...



# Top-down: Laufroboter in bekannter Umgebung

## Idee

Umgebung und Schätzung der Position bekannt → lenke Aufmerksamkeit des Roboters bei Objektsuche (Landmarken) auf erwartete Position der Objekte

## Problem

Kamera des Laufroboters bewegt sich ruckartig → Objektpositionen verändern sich stark (feature tracking nicht anwendbar)

Video aus Sicht des Roboters...

# Top-down: Laufroboter in bekannter Umgebung

## Algorithmus

- Schätze Kameraposition und -ausrichtung
- Für jedes Objekt, das in Sichtfeld erwartet:
  - 1 Überprüfe, ob Objekt an erwartetem Ort
  - 2 Wenn nicht gefunden und noch nicht ganzes Bild abgesucht: verändere erwartete Position systematisch und gehe zu (1)
  - 3 Wenn Objekt gefunden: beziehe die gewonnene Positionsinformation später in Positionsschätzungskorrektur ein

# Top-down: Laufroboter in bekannter Umgebung

## Algorithmus

- Schätze Kameraposition und -ausrichtung
- Für jedes Objekt, das in Sichtfeld erwartet:
  - 1 Überprüfe, ob Objekt an erwartetem Ort
  - 2 Wenn nicht gefunden und noch nicht ganzes Bild abgesucht: verändere erwartete Position systematisch und gehe zu (1)
  - 3 Wenn Objekt gefunden: beziehe die gewonnene Positionsinformation später in Positionsschätzungskorrektur ein

# Top-down: Laufroboter in bekannter Umgebung

## Algorithmus

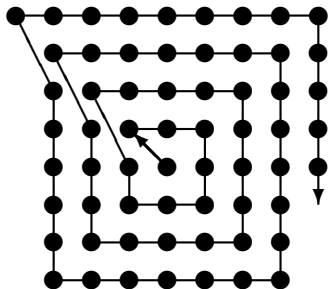
- Schätze Kameraposition und -ausrichtung
- Für jedes Objekt, das in Sichtfeld erwartet:
  - 1 Überprüfe, ob Objekt an erwartetem Ort
  - 2 Wenn nicht gefunden und noch nicht ganzes Bild abgesucht: verändere erwartete Position systematisch und gehe zu (1)
  - 3 Wenn Objekt gefunden: beziehe die gewonnene Positionsinformation später in Positionsschätzungskorrektur ein

# Top-down: Laufroboter in bekannter Umgebung

## Algorithmus

- Schätze Kameraposition und -ausrichtung
- Für jedes Objekt, das in Sichtfeld erwartet:
  - 1 Überprüfe, ob Objekt an erwartetem Ort
  - 2 Wenn nicht gefunden und noch nicht ganzes Bild abgesucht: verändere erwartete Position systematisch und gehe zu (1)
  - 3 Wenn Objekt gefunden: beziehe die gewonnene Positionsinformation später in Positionsschätzungskorrektur ein

# Top-down: Laufroboter in bekannter Umgebung



Strategie bei der Objektsuche

# Bottom-up: Roboter in unbekannter Umgebung

- Roboter auf Rädern
- unbekannte Umgebung (indoor)
- Ziel: landmarkenbasierte Navigation

## Probleme: Landmarken

- ... wählen → Aufmerksamkeit erregende Orte im Bild
- ... wieder erkennen → erfordert Speicherung der LM in perspektiv-, transformations- und skalierungsunabhängiger Form

# Bottom-up: Roboter in unbekannter Umgebung

- Roboter auf Rädern
- unbekannte Umgebung (indoor)
- Ziel: landmarkenbasierte Navigation

## Probleme: Landmarken

- ... wählen → Aufmerksamkeit erregende Orte im Bild
- ... wieder erkennen → erfordert Speicherung der LM in perspektiv-, transformations- und skalierungsunabhängiger Form



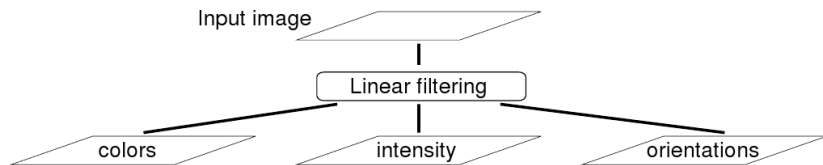
# Bottom-up: Saliency maps

## Saliency map (dt. Aufmerksamkeitskarte)

... ordnet Bildpunkten ein Maß für die Erregung von Aufmerksamkeit zu

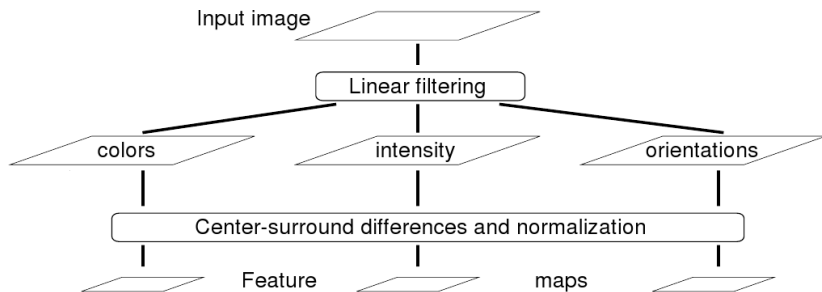
- basiert auf einfachen Bildmerkmalen wie Farbe, Intensität und Gradientenrichtung
- Wahrnehmung beim Menschen: Merkmalskontrast zu Umgebung erregt Aufmerksamkeit → Adaption zu Maschine

# Bottom-up: Saliency maps



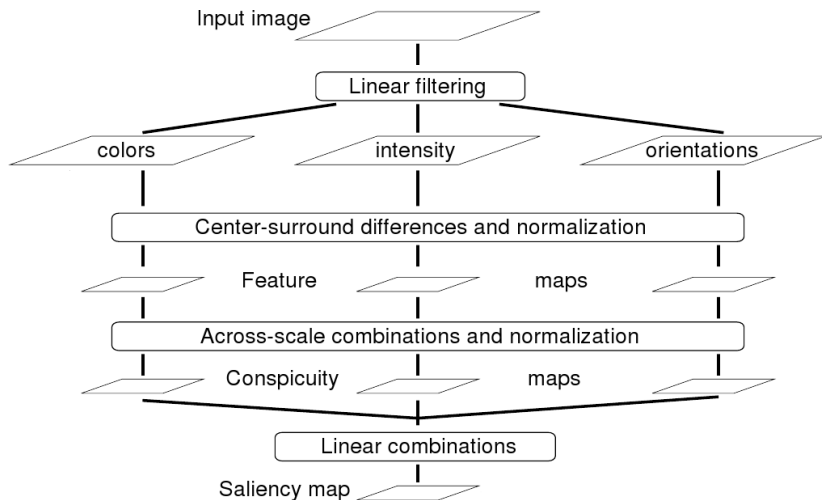
Modell zur Erstellung einer Aufmerksamkeitskarte nach Itti (1998)

# Bottom-up: Saliency maps



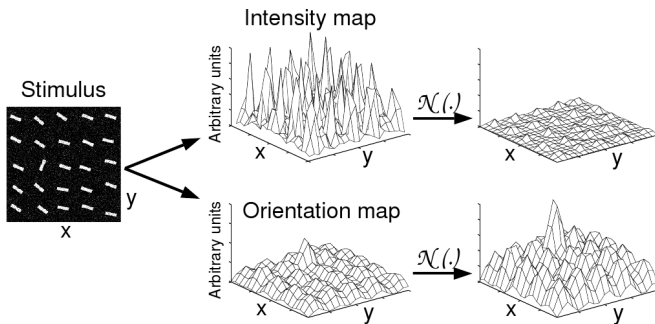
Modell zur Erstellung einer Aufmerksamkeitskarte nach Itti (1998)

# Bottom-up: Saliency maps



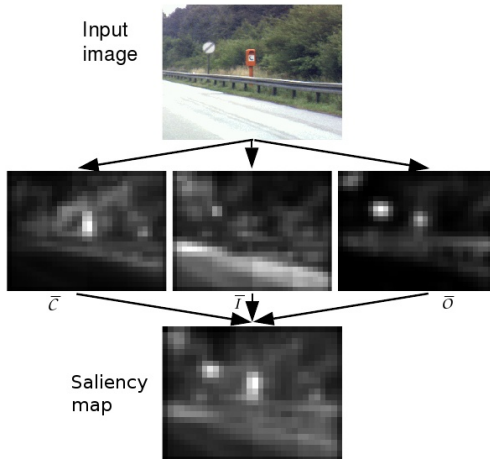
Modell zur Erstellung einer Aufmerksamkeitskarte nach Itti (1998)

## Bottom-up: Saliency maps



Normalisierung nach Itti (1998)

# Bottom-up: Saliency maps

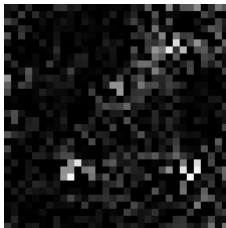


# Bottom-up: Identifikation

**Problem** Landmarken speichern und wiedererkennen

**Idee** Speicherung als Pfad auffälliger Punkte

**Ergebnis** Objekte mit ausreichend komplexem Pfad können identifiziert werden (auch bei Rauschen, anderer Skalierung & Rotation)

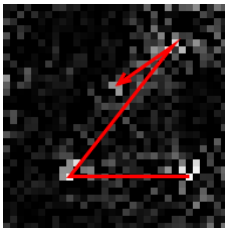


# Bottom-up: Identifikation

**Problem** Landmarken speichern und wiedererkennen

**Idee** Speicherung als Pfad auffälliger Punkte

**Ergebnis** Objekte mit ausreichend komplexem Pfad können identifiziert werden (auch bei Rauschen, anderer Skalierung & Rotation)



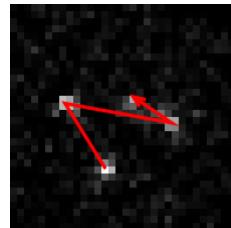
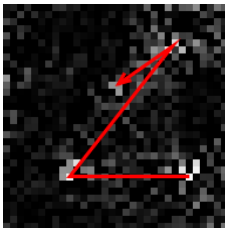


# Bottom-up: Identifikation

**Problem** Landmarken speichern und wiedererkennen

**Idee** Speicherung als Pfad auffälliger Punkte

**Ergebnis** Objekte mit ausreichend komplexem Pfad können identifiziert werden (auch bei Rauschen, anderer Skalierung & Rotation)



# Weitere Aufmerksamkeitsmechanismen

top-down vs. bottom-up

oft Verschmelzung beider Ansätze

ortsbasiert vs. **objektbasiert**

- 1 Objekte extrahiert
- 2 Relevanzbewertung auf Objekten

# Weitere Aufmerksamkeitsmechanismen

## unimodal vs. **multimodal**

- Verwendung mehrerer Sensoren
- auch mit unterschiedlichen Sensortypen (Kamera, Mikrofonarrays, Laserscanner...)

# Zusammenfassung

**Aufmerksamkeit** Auswahl von Sensordaten für weitere Verwendung

- top-down (nach Vorwissen / Kontext / Aufgabe / "von innen" gesteuert)
- bottom-up (nach Sensordaten / "von außen" gesteuert)
- oft Vereinigung beider Prinzipien
- ortsbasiert vs. objekt- / personenbasiert

# Quellen

- D. Stronger and P. Stone, "Selective visual attention for object detection on a legged robot", RoboCup 2006: Robot Soccer World Cup X, pp. 158–170, 2007  
<http://www.springerlink.com/content/g75712207247t465/fulltext.pdf>
- A. Chella, I. Macaluso, and L. Riano, "Attention-based environment perception in autonomous robotics", AI\*IA 2007: Artificial Intelligence and Human-Oriented Computing, pp. 579–590, 2007  
<http://www.springerlink.com/content/v158533180273434/fulltext.pdf>
- L. Itti, C. Koch, and E. Niebur, "A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 11, pp. 1254–1259, 1998  
<http://citeseer.ist.psu.edu/itti98model.html>
- S. Lang, "Multimodale Aufmerksamkeitssteuerung für einen mobilen Roboter", Dissertation, Universität Bielefeld, Technische Fakultät, 2005  
<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:hbz:361-6792>

Danke für die Aufmerksamkeit!

Fragen?