

Musterlösungen zur Klausur

Robotik II: Humanoide Robotik

am 08. September 2016

Name:	Vorname:	Matrikelnummer:
Picard	Jean-Luc	1701

Aufgabe 1	7 von 7 Punkten
Aufgabe 2	9 von 9 Punkten
Aufgabe 3	9 von 9 Punkten
Aufgabe 4	7 von 7 Punkten
Aufgabe 5	13 von 13 Punkten

Gesamtpunktzahl:	45 von 45 Punkten
-------------------------	-------------------

	Note: 1,0
--	-------------------------

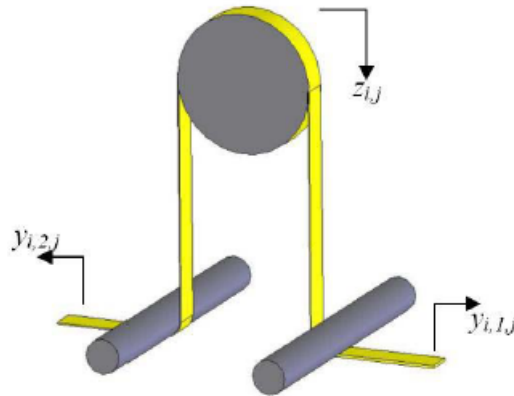
Aufgabe 1

1. Objektklassen:
Bekannte, ähnliche und unbekannte Objekte (known, familiar, unknown)
2. Benötigtes Wissen bei Greifplanung:
Objektgeometrie, Handgeometrie und -kinematik
(zusätzlich Reibung, Gewicht, Massenverteilung, Objekt-Griff-Repräsentation, ...)
3. Hauptaussagen:
Die maximale Öffnung der Hand tritt bei ca. 60 % bis 70 % der Dauer Annäherungsbewegung auf und skaliert/korreliert mit der Objektgröße.

Aufgabe 2

1. Postural Synergies:
 - (a) Experiment:
Probanden wurden bei der Ausführung von Greifbewegungen für unterschiedliche Gegenstände (57 Objekte) beobachtet und die Gelenkwinkel der Hand mit Hilfe eines Daten-Handschuh mit 15 Sensoren aufgenommen. Dabei wurde ein Handmodel mit 15 DoF verwendet. Es wurden keine realen Objekte verwendet. Die Probanden sollten sich im Experimente vorstellen, wie die Objekte gegriffen werden und dabei ihre Hand zur Greifposition mit der entsprechenden Konfiguration bewegen.
 - (b) Rolle der Hauptkomponenten PC_1, PC_2, PC_3 :
Mit den ersten drei Hauptkomponenten PC_1, PC_2 und PC_3 können über 90% der Varianz der aufgenommenen Griffe durch Interpolation repräsentiert werden.
 - (c) Interpretation der Hauptkomponenten höherer Ordnung:
Hauptkomponenten höherer Ordnung sind für Feinadaptation der Griffe an den Objekten. Somit kodieren sie Information über die genaue Form der Objekte und tragen somit zur Unterscheidung zwischen Objekten auf einem feingranulareren Level.
2. Funktionsweise:
Die Seile führen zu den Fingergelenken und ziehen diese zusammen. Je größer das Rad, desto schneller wird der entsprechende Finger geschlossen. Durch eine solche Konstruktion können die unterschiedlichen Faktoren der Synergien mechanisch realisiert werden. Unterschiedliche Vorzeichen können durch entsprechende Auf- bzw. Abwickelrichtungen realisiert werden.

3. Konstruktion zur Realisierung von $z_{12} = 0,5 \cdot (y_1 + y_2)$:



Aufgabe 3

1. Haptik:

Haptics is the sense of touch!

Haptik ist jede Form der nicht verbalen Kommunikation mit Kontakt

Haptik besteht aus der taktilen Wahrnehmung und der Propriozeption. Über die Haut werden Berührungen wahrgenommen und in den Gelenken/Muskeln findet die Tiefewahrnehmung statt.

2. Vier Rezeptoren bzw. Modalitäten:

- (a) Thermoreceptors, nociceptors, mechanoreceptors and chemoreceptors
- (b) Tactile: Temperature, Textur, Druck, Vibration, Rutschen, Schmerz, ...
- (c) Propriozeption: Position, Bewegung, Kräfte und Drehmomente in Segmenten. end organs in den Muskeln, Bändern und Gelenken

3. Haptische Exploration mit dynamischen Potentialfeldern:

- (a) Beschreibung der Methode:

Es wird ein dynamisches Potentialfeld definiert, der aus anziehenden und abstoßenden Potentialen besteht, die für für alle sogenannten *Robot Control Points (RCP)* definiert werden.

Der zu explorierenden Zielregion (Objekt) wird ein negatives Potenzial zugeordnet, das die RCPs der Hand in Richtung des Objekts anzieht. Bereits explorierte Regionen bzw. bekannte Objekte oder Hindernisse werden abstoßende Potentiale zugeordnet.

Auf jedem RCP wirkt eine Kraft entlang des Gradienten des Potentialfelds. Die Bewegung der Hand ergibt sich aus der Summe der Kräfte. Das gesamte Feld ist zu Beginn mit anziehenden Potentiale initialisiert ($\phi_{a,i}(x)$). Wird ein leerer Bereich exploriert werden diese anziehenden Potentiale entfernt. Sobald Kontakt mit dem Objekt auftritt werden an den Kontaktpunkten abstoßende Potentiale eingefügt ($\phi_{r,j}(x)$). Gelangt die Hand in ein lokales Minimum des gesamten Potentialfeld, so muss eine Rekonfigurationsstrategie angewendet werden.

(b) Definition und Initialisierung des Potentialfelds:

Potentialfeld:

$$\phi(x) = \sum_i \phi_{a,i}(x) + \sum_j \phi_{r,j}(x) .$$

$\phi_{r,i}$: **repulsive**: Abstoßende Potentiale der RCPs

$\phi_{a,j}$: **attractive**: Anziehend Potentiale der RCPs

Initialisierung: $\phi_{r,i} = 0$, $\phi_{a,i} = \text{const}$

(c) Generierung von Bewegungen der Finger:

Durch Gradientenbildung lassen sich Trajektorien für die RCPs berechnen, auf denen die RCPs von der Ausgangs- in die Zielkonfiguration bewegt wird.

$$f(x) = -\nabla\phi(x)$$

Die Finger werden mithilfe des Potentialfelds entlang der Oberfläche des Objekts bewegt. Durch das Einfügen der abstoßenden Potentiale ergibt sich in Summe mit den anziehenden Potentiale eine Seitwärtsbewegung an der Objektoberfläche, wobei die Finger wiederholt Kontakt mit dem Objekt haben und somit neue abstoßende Ladungen eingefügt werden.

4. Deformierbare vs. nicht-deformierbare Objekte bei ARMAR-IIIb:

Die Hand wird mit geringem Luftdruck um das zu untersuchende Objekt geschlossen. Anhand der taktilen Sensoren kann festgestellt werden ob sich ein Objekt in der Hand befindet (Kontaktinformation). Mit Hilfe der Information aus den Positionssensoren in den Fingergelenken und der Vorwärtskinematik der einzelnen Finger wird der Durchmesser des Objekts berechnet. Nun wird der Druck auf das Objekt erhöht durch Erhöhung des Drehmoments in den Fingergelenken (Erhöhung des Luftdrucks der Fluidaktoren). Ändert sich dabei der Abstand zwischen den Fingerspitzen, so handelt es sich um ein deformierbares Objekt. Ist dies nicht der Fall, dann handelt es sich um ein nicht deformierbares Objekt.

Aufgabe 4

1. Methode zur Entdeckung und Segmentierung unbekannter Objekte:

(a) Hauptidee und Schritte der Methode:

Hauptidee:

- Einbindung von Aktionen des Roboters um die visuelle Perzeption (hier Segmentierung unbekannter Objekte) zu verbessern.
- Segmentierung von Objekten durch Interaktion (Active Visual Perception)
Erstellen von Hypothesen und Validierung bzw. Verfeinerung dieser Hypothesen durch manuelle Interaktion mit der Szene.

Schritte:

- Erstellung von Objekthypothesen
- Interaktion mit den Hypothesen: Ausführung einer *push* Aktion
- Hypothesen re-lokalisieren und Transformation bestimmen
- Verifikation und Verbesserung der Hypothesen

(b) Heuristiken zur Generierung von Objekthypothesen:

- Flächen, Zylinder, Kugeln; SIFT Merkmale (RANSAC) → texturierte Objekte
- Einfarbige Regionen mit einer Mindestgröße (color MSERs) → einfarbige Objekte
- Visuell saliente Regionen (DoG filter) → Objekte, die nicht texturiert und nicht einfarbig sind
- Weitere Kriterien: Bildregion soll zu dem hohen Teil der Szene passen.

(c) ICP-Algorithmus und seine Modifikation:

Verfeinern der Transformation zwischen zwei überlappenden Punktwolken. Die Transformation zwischen beiden Punktwolken sollte schätzungsweise vorliegen. Es wurde zusätzlich die Farbinformation miteinbezogen und mit der kartesischen Distanz als Qualitätskriterium verwendet. Weiterhin wurde die initiale Transformation variiert.

2. Zu erfüllende Eigenschaft eines Objekts:

Das Objekt muss starr sein.

Aufgabe 5

1. Hauptaufgaben:

- Perzeption und Analyse:
 - Wahrnehmung der Demonstration: Motion Capture des Menschen oder Propriozeption bei Teach-in
 - Lösen des Korrespondenzproblems
- Verarbeitung:
 - Segmentierung der Demonstration
 - Generalisierte (parametrierbare) Repräsentation von Aktionen, z.B. als Aktionsprimitiven (DMPs, HMMs, ...)
 - Aufbauen einer Bewegungsdatenbank
- Ausführung:
 - Wahrnehmung der aktuellen Situation
 - Parametrisierung der notwendigen Aktionen bzw. Aktionsprimitiven
 - Anpassung der Aktion an das Zielrobotersystem

2. Master Motor Map (MMM):

(a) Idee der MMM:

Die Master Motor Map umfasst ein Referenzmodell des menschlichen Körpers und die Datenstrukturen, die notwendig sind, um menschliche Bewegungen unabhängig von körperspezifischen Parametern in einem einheitlichen Modell zu repräsentieren und diese Bewegungen dann auf unterschiedliche Roboter abzubilden.

Die MMM definiert ein kinematisches, dynamisches und anthropometrisches Modell des Körpers mit 104 Freiheitsgraden, einschließlich Händen und Füßen.

(b) Modelle und Datenstrukturen der MMM:

Kinematisches Modell, dynamisches Modell, statistisches/anthropomorphes Modell,

(c) Weitere Anwendungen der MMM:

- Design humanoider Roboter
- Aktionserkennung
- Visualisierung von Bewegungen

3. Hierarchische Segmentierung:

(a) Zentrale Idee:

Segmentierung basierend auf *semantischen* Informationen und *Bewegungsinformationen*, da die Information jeweils alleine nicht zur zuverlässigen Segmentierung ausreichen.

Zwei Segmentierungslevel:

- Top-level: Semantische Segmentierung basierend auf Objekt-Relationen
- Bottom-Level: Subsegmentierung auf Bewegungsinformationen

(b) Prinzip und Kriterien zur Segmentierung auf der ersten Ebene (top level):

- Extraktion der *Kontaktrelationsänderungen* zwischen Hand-Objekt und Objekt-Objekt
- Kriterium: Objektabstand zur Bestimmung von Relationen zwischen den Objekten.

(c) Prinzip und Kriterien zur Segmentierung auf zweiten Ebene (bottom level):

- Segmentierung der semantischen Segmente in möglichst unterschiedliche Segmente basierend auf *Bewegungscharakteristik*
- Kriterium: Unterschiedlichkeit der Segmente gegeben durch *Bewegungscharakteristik-Heuristik* basierend auf Beschleunigungsprofil