



M ws 16 - Musterlösung - Klausur WS16/17, Professor: Tamin Asfour

Robotik II Humanoide Robotik (Karlsruher Institut für Technologie)

Musterlösungen zur Klausur

Robotik II: Humanoide Robotik

am 28. Februar 2017

Name:	Vorname:	Matrikelnummer:
Picard	Jean-Luc	1701

Aufgabe 1	7 von 7 Punkten
Aufgabe 2	9 von 9 Punkten
Aufgabe 3	4 von 4 Punkten
Aufgabe 4	10 von 10 Punkten
Aufgabe 5	8 von 8 Punkten
Aufgabe 5	7 von 7 Punkten

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

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

Aufgabe 1

1. Bekannte Objekte vs. ähnliche Objekte: Bekannte Objekte haben im Gegensatz zu ähnlichen Objekten eine vollständig bekannte Objektgeometrie, was die Anwendung von Methoden der klassischen Greifplanung ermöglicht.
2. Objektähnlichkeit beim Greifen: Wenn Ähnlichkeit zu einem bekannten Objekt besteht (oder angenommen wird), können Griffe für das bekannte Objekt erzeugt und auf das ähnliche Objekt, z.B. mit Methoden des maschinellen Lernens, transferiert werden.
3. Probleme beim Greifen unbekannter Objekte:
 - Unvollständige und verrauschte Sensordaten bei der Wahrnehmung des Objekts
 - Visuelle Segmentierung unbekannter Objekte vom Hintergrund bzw. von anderen nicht relevanten Objekten
 - Erzeugen eines (teilweisen) Objektmodells aus den vorhandenen Sensordaten
4. Erzeugung von Griffhypothesen:
 - Vorwissen über das Objekt (bekannt, ähnlich oder unbekannt)
 - Repräsentation von Objekt-Griff-Beziehungen
 - Art der verwendeten Objektmerkmale
 - Art der Griffsynthese
 - Handkinematik
 - Aufgabe
5. Warum reaktives Greifen?

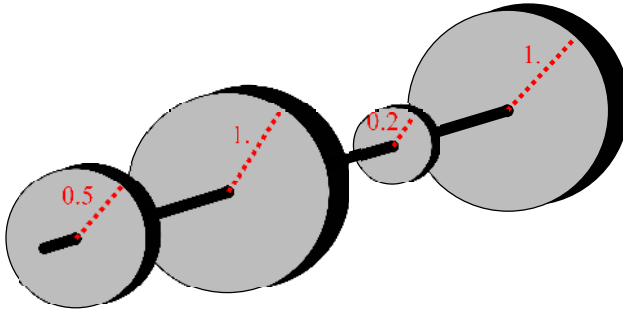
Bei unbekannten Objekten können keine Greifplanungsmethoden eingesetzt werden, da diese ein vollständiges Objektmodell voraussetzen. Deshalb werden zum Greifen unbekannter Objekte Hypothesen über die Existenz und Ausdehnung eines Objekts generiert, deren Validierung nur durch physikalische Interaktion, d.h. reaktive Greifbewegungen möglich ist.
6. Verwendete Sensoren:

Mit Bildsensoren wird eine Punktwolke des Objekts erfasst. Haptische Sensoren (Kraftmomentensensoren, Drucksensoren, propriozeptive Sensoren) werden zur Realisierung von reaktiven Handbewegungen eingesetzt.
7. Beschreibung der Vorgehensweise:

Zunächst wird mit Hilfe von Bildsensoren eine Hypothese zur Lage des Objekts bestimmt. Diese Position wird zur Bestimmung einer Näherungsrichtung an das Objekt verwendet. Basierend auf der Kontaktinformation mit dem zu greifenden Objekt wird die Stabilität des Griffes bewertet. Liegt ein stabiler Griff vor, wird das Objekt angehoben, sonst müssen mit Hilfe von Korrekturbewegungen weitere Alternativen getestet werden.

Aufgabe 2

1. Zeichnung des Seilzugmechanismus:



Wichtig ist die Korrelation zwischen den Radien und den Koordinaten der Hauptkomponente.

2. Längen der Seile:

Die Seillängen ergeben sich aus:

$$\begin{aligned}\mathbf{p} &= 0.5 \cdot \mathbf{PC}_1 + 1 \cdot \mathbf{PC}_2 \\ &= (0.25 + 1, 0.5 + 0.5, 0.1 + 0.4, 0.5 + 1) \\ &= (1.25, 1, 0.5, 1.5)\end{aligned}$$

3. (a) Erklärung des Rechenwegs:

Die Koordinaten können als Lösung eines Optimierungsproblems bestimmt werden, indem der folgende Ausdruck minimiert wird:

$$\mathbf{p}_{\text{desired}} - (q_1 \cdot \mathbf{PC}_1 + q_2 \cdot \mathbf{PC}_2).$$

- (b) Begründung:

Aus der vorherigen Teilaufgabe folgt, dass

$$\begin{aligned}\mathbf{p} &= 0.5 \cdot \mathbf{PC}_1 + 1 \cdot \mathbf{PC}_2 \\ &= (1.25, 1.0, 0.5, 1.5) \\ &= \mathbf{p}_{\text{desired}} + (0, 0, 0, 0.1)\end{aligned}$$

Da der Fehler $(0, 0, 0, 0.1)$ nicht als Linearkombination von \mathbf{PC}_1 und \mathbf{PC}_2 dargestellt werden kann, kann die Handkonfiguration $\mathbf{p}_{\text{desired}}$ nicht exakt eingestellt werden.

4. Veränderung der Seillängen:

Die Veränderung ergibt sich zu $-\frac{\pi}{6} \cdot (1.0, 0.5, 0.4, 1.0)$.

Nach der Bewegung ergeben sich die Seillängen also zu $z_{11} - \frac{\pi}{6}$, $z_{12} - \frac{\pi}{12}$, $z_{21} - \frac{\pi}{15}$ und $z_{22} - \frac{\pi}{6}$.

Aufgabe 3

1. Visuelle Wahrnehmung: ist u.a. notwendig für:

- das Erkennen und Lokalisieren von bekannten Objekten
- das Entdecken, Explorieren und Erlernen von unbekannten Objekten
- die Beobachtung von Bewegungen, Aktionen und Relationen über die Zeit
- ...

2. Active Perception: Beschreibt die Unterstützung der (visuellen, haptischen und akustischen) Wahrnehmung durch die physische Interaktion mit der Welt.

Beispiel: Bewegen von Objekten, um sie visuell zu segmentieren; Objekte berühren, um sie zu explorieren, Drehen des Kopfes eines Roboters, um die Qualität eines akustischen Signals zu verbessern.

3. ICP-Algorithmus: Wird verwendet, um zwei Punktwolken A und B zur Deckung zu bringen. Der Algorithmus besteht aus den folgenden wesentlichen Schritten:

- Für jedes $a_i \in A$, finde den nächsten Nachbarn $b_i \in B$.
- Bestimme die Transformation $T \in SE(3)$, die den mittleren quadratischen Fehler der Korrespondenzen (a_i, b_i) minimiert.
- Wende T auf alle $a \in A$ an.
- Wiederhole bis ein Schwellwert unterschritten wird oder die maximale Anzahl der Iterationen erreicht ist.

4. Probleme mit ICP:

- Kleine Objekte verschwinden in großen, komplexen Szenen mit vielen Features
- Keine perfekten Ergebnisse: Objekte können über- oder untersegmentiert werden.
- 3D-Formen wie Ebenen, Kanten, Ecken oder Krümmungen, sind oft mehrdeutig und kommen an vielen Stellen einer komplexen Szene vor.
- ICP findet nur ein lokales Optimum

5. Unsicherheit beim realen Greifen:

- Unbekannte Objekte: Es steht kein 3D-Modell zur Verfügung
- Ungenauigkeiten in der Wahrnehmung
- Ungenauigkeiten in der Ausführung
- Fehler im kinematischen Modell des Roboters

Aufgabe 4

1. Spiegelneuronen:

Spiegelneuronen sind Nervenzellen, welche im Gehirn von Menschen (und anderen Primaten) identifiziert wurden. Sie sind sowohl während der Beobachtung als auch während der Ausführung einer bestimmten Aktivität gleichermaßen aktiv. Spiegelneuronen verbinden somit die Wahrnehmung einer Aktion mit ihrer Ausführung und sind während der gesamten Beobachtung/Ausführung aktiv.

2. (a) Dynamisches Modell des MMM:

Das dynamische Modell spezifiziert dynamische Eigenschaften der menschlichen Körpersegment.

Parameter für jedes Körpersegment (!): Masse relativ zur Gesamtkörpermasse, Massenschwerpunkt, Trägheitstensor

(b) Berücksichtigung der Körpergröße beim MMM:

Das Referenzmodell ist in einer normalisierten Körpergröße gegeben und alle Segmentlängen des kinematischen Modells werden linear mit der gemessenen Körpergröße des Probanden skaliert.

3. (a) Parameter eines HMMs:

- Menge der versteckten Zustände: $S = \{s_1, \dots, s_K\}$
- Zustandsübergangswahrscheinlichkeiten: $A = (a_{ij}) \in [0, 1]^{K \times K}$
- Initiale Wahrscheinlichkeitsverteilung: $\vec{\pi} = (\pi_1, \dots, \pi_K) \in [0, 1]^K$
- Menge der diskreten Beobachtungen: $V = \{v_1, \dots, v_N\}$
- Ausgabewahrscheinlichkeiten für Beobachtungen: $B = (b_{ij}) \in [0, 1]^{K \times N}$

(b) Algorithmus zum HMM-Training:

Baum-Welch-Algorithmus

Aufgabe 5

1. Ebenen der hierarchischen Segmentierung:

- (a) Semantische Segmentierung
- (b) Segmentierung basierend auf Bewegungscharakteristik

2. Prinzip der oberen Ebene:

Segmentierung anhand von Änderungen der Kontaktrelationen zwischen Objekt und Hand bzw. zwischen Objekten

3. (a) Heuristik der unteren Ebene:

Die Heuristik bewertet die Länge der Beschleunigungskurve.

(b) Algorithmus zum Finden der Segmente:

- Iterative Suche nach dem besten Keyframe mit einem Sliding Window
- Vergleich der Qualität der Heuristik links und rechts von Keyframe-Kandidaten
- Rekursive Suche links und rechts vom gefundenen Keyframe bis entweder das Segment zu klein oder der Heuristikwert zu klein ist.

4. Eingabedaten der Ebenen:

- (a) Obere Ebene: 6D Trajektorien der Objektmodelle (auch Hand)
- (b) Untere Ebene: Trajektorien

5. Evaluationsmetrik:

Quadratischer Abstand der gefundenen Keyframes zu Keyframes einer Referenzsegmentierung mit Bestrafung bei fehlenden und zusätzlichen Keyframes.