

# Musterlösungen zur Klausur

## Robotik II: Humanoide Robotik

am 11. September 2017

Name:	Vorname:	Matrikelnummer:
Picard	Jean-Luc	1701

Aufgabe 1	11 von 11 Punkten
Aufgabe 2	9 von 9 Punkten
Aufgabe 3	10 von 10 Punkten
Aufgabe 4	8 von 8 Punkten
Aufgabe 5	7 von 7 Punkten

<b>Gesamtpunktzahl:</b>	45 von 45 Punkten
-------------------------	-------------------

	<b>Note:</b> 1,0
--	------------------

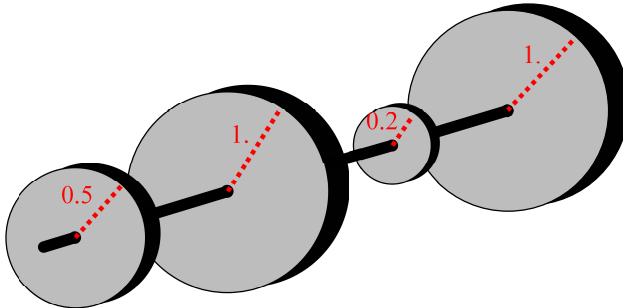
## Aufgabe 1 Grasping

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. 1 P.
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. 1 P.
3. Zwei Probleme beim Greifen unbekannter Objekte: 2 P.
  - 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. Sechs Aspekte bei Erzeugung von Griffhypothesen: 3 P.
  - Vorwissen über das Objekt (bekannt, ähnlich oder unbekannt)
  - Repräsentation von Objekt-Griff-Beziehungen
  - Art der verwendeten Objektmerkmale
  - Art der Griffsynthese
  - Handkinematik
  - Aufgabe
5. Drei Schritte beim Offline-Lernen: 2 P.
  - Segmentierung der Objektteile (Object Shape Segmentation)
  - Labeling mit aufgabenbezogener Information (Labeling with task-based information)
  - Greifplanung auf den Objektteilen (Part-based grasp planning)
6. Zwei Schritte bei der Online-Planung/Ausführung: 2 P.
  - Lokalisierung und Annäherung der Objektteile
  - Transfer des gelernten Griffs auf das neue Objekt

## Aufgabe 2 Grasp Synergies

1. Zeichnung des Seilzugmechanismus:

2 P.



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

2. Längen der Seile:

2 P.

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:

2 P.

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:

1 P.

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:

2 P.

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 Active Perception

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

1 P.

- 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 Perceiver beantwortet die vier Fragen Was, wie, wann und wo:

4 P.

- Was wird wahrgenommen? Der Roboter wählt autonom aus, welchen Ausschnitt der Szene er wahrnimmt.
- Wie wird die Wahrnehmung erreicht? Der Roboter wählt Ausrichtung von Sensoren, des Körpers oder die Art der Wahrnehmung und Interpretation aus.
- Wann wird etwas wahrgenommen? Der Roboter wählt Zeitpunkt (jetzt, in der Zukunft) und die Dauer der Wahrnehmung.
- Wo wird etwas wahrgenommen? Der Roboter wählt seine Pose im Raum (Agentenpose) als auch die Pose der verwendeten Sensoren, um den Ort der Wahrnehmung zu bestimmen.

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

3 P.

- 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. Vier Probleme mit ICP:

2 P.

- 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

## Aufgabe 4 Imitation Learning

1. Spiegelneuronen:

1 P.

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:

2 P.

Das dynamische Modell spezifiziert dynamische Eigenschaften der menschlichen Körpersegmente.

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

(b) Berücksichtigung der Körpergröße beim MMM:

1 P.

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:

3 P.

- 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

1 P.

## Aufgabe 5 Hierarchical Segmentation

1. Ebenen der hierarchischen Segmentierung: 1 P.
  - (a) Semantische Segmentierung (Semantic)
  - (b) Segmentierung basierend auf Bewegungscharakteristik (Motion)
2. Prinzip der oberen Ebene: Segmentierung anhand von Änderungen der Kontaktrelationen zwischen Objekt und Hand bzw. zwischen Objekten 1 P.
3. (a) Heuristik der unteren Ebene: Die Heuristik bewertet die Länge der Beschleunigungskurve. 1 P.
  - (b) Algorithmus zum Finden der Segmente: 2 P.
    - 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: 1 P.
  - (a) Obere Ebene: 6D-Trajektorien der Objektmodelle (auch Hand)
  - (b) Untere Ebene: Trajektorien, Beschleunigungsprofil
5. Evaluationsmetrik: Quadratischer Abstand der gefundenen Keyframes zu Keyframes einer Referenzsegmentierung mit Bestrafung bei fehlenden und zusätzlichen Keyframes. 1 P.