

# Musterlösungen zur Klausur

## Robotik II: Humanoide Robotik

am 27. Februar 2018, 11:00 – 12:00 Uhr

Name:	Vorname:	Matrikelnummer:
Picard	Jean-Luc	1701

Aufgabe 1	12 von 12 Punkten
Aufgabe 2	9 von 9 Punkten
Aufgabe 3	9 von 9 Punkten
Aufgabe 4	7 von 7 Punkten
Aufgabe 5	8 von 8 Punkten

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

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

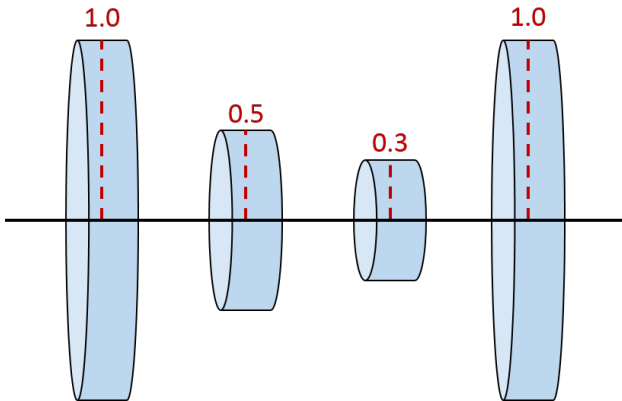
## Aufgabe 1 Grasping

1. Ein kraftgeschlossener Griff erlaubt es, beliebige Kräfte und Drehmomente auf das gegriffene Objekt auszuüben. Damit kann der Griff beliebigen externen Kräften und Drehmomenten widerstehen. 2 P.
2. Vier voneinander unabhängige Eigenschaften kraftgeschlossener Griffe: 2 P.
  - (a) Dexterity (Geschick, Fertigkeit): Konfiguration der Finger
  - (b) Equilibrium (Gleichgewicht): Wie stark wird zugegriffen?
  - (c) Stability (Stabilität): Wie wirken sich externe Störungen aus?
  - (d) Dynamic behavior (Dynamisches Verhalten): Wie nachgiebig (soft) ist der Griff für die Aufgabe?
3. Klassifizierung und Ordnung von Objekten nach Vorwissen: 3 P.
  - (1) Bekannte Objekte (known objects)
  - (2) Ähnliche Objekte (familiar objects)
  - (3) Unbekannte Objekte (unknown objects)
4. Freiheitsgrade der menschlichen Hand: 27. 1 P.
5. Konfigurationsraum einer  $n$ -DoF Hand:  $n + 6$  (eigene Freiheitsgrade + Position/Orientierung der Hand). 1 P.
6. Sechs Aspekte bei Erzeugung von Grifffypothesen: 3 P.
  - Vorwissen über das Objekt (bekannt, ähnlich oder unbekannt)
  - Repräsentation von Objekt-Griff-Beziehungen
  - Art der verwendeten Objektmerkmale
  - Art der Griffsynthese
  - Handkinematik
  - Aufgabe

## Aufgabe 2 Grasp Synergies

1. Zeichnung des Seilzugmechanismus, Rollen haben einen Radius proportional zum Element in  $\mathbf{PC}_1 = (1.0, 0.5, 0.3, 1.0)$ :

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:

$$\begin{aligned}\mathbf{p} &= 0.5 \cdot \mathbf{PC}_1 + 1 \cdot \mathbf{PC}_2 \\ &= (0.5 + 0.5, 0.25 + 1.0, 0.15 + 0.6, 0.5 + 1) \\ &= (1.0, 1.25, 0.75, 1.5)\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\mathbf{p} &= 0.5 \cdot \mathbf{PC}_1 + 1 \cdot \mathbf{PC}_2 \\ &= (1.0, 1.25, 0.75, 1.5) \\ &= \mathbf{p}_{\text{desired}} + (0, 0, 0, 0.1)\end{aligned}$$

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  $-\frac{\pi}{6} \cdot (0.5, 1.0, 0.6, 1.0)$ .

Nach der Bewegung ergeben sich die Seillängen also zu  $z_{11} - \frac{\pi}{12}$ ,  $z_{12} - \frac{\pi}{6}$ ,  $z_{21} - \frac{\pi}{10}$  und  $z_{22} - \frac{\pi}{6}$ .

## Aufgabe 3 Active Perception

1. Hauptidee der Methode:

1 P.

Einbindung von Aktionen des Roboters um die visuelle Perzeption (hier Segmentierung unbekannter Objekte) durch Interaktion mit Objekten zu verbessern.

2. Schritte der Methode:

2 P.

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

3. Heuristiken zur Generierung von Objekthypothesen:

2 P.

- 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.

4. ICP-Algorithmus:

1 P.

Bestimmung der Transformation zwischen zwei überlappenden Punktwolken. Die Transformation zwischen beiden Punktwolken sollte schätzungsweise vorliegen.

5. Modifikation des ICP-Algorithmus:

1 P.

Es wurde zusätzlich die Farbinformation miteinbezogen und mit der kartesischen Distanz als Qualitätskriterium verwendet. Weiterhin wurde die initiale Transformation variiert.

6. Zwei Probleme mit ICP:

1 P.

- Kleine Objekte verschwinden in großen, komplexen Szenen mit vielen Features
- Teilweise Verdeckung von Objekten (partially covered/occluded objects). Kann zur Über/Untersegmentierung führen.
- 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

7. Zu erfüllende Eigenschaft eines Objekts:

1 P.

Das Objekt muss starr sein (Starrkörper).

## Aufgabe 4 Haptics

1. Haptik:

1 P.

*Haptics is the sense of touch!*

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:

2 P.

Hint: We only consider the first four answers (additional answers do not count)

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

3. Beschreibung der Methode zur haptischen Exploration:

2 P.

- Aufbau eines dynamischen Potentialfelds
- Unbekannte Regionen bekommen ein negatives Potential (anziehend)
- Bekannte Regionen bekommen ein positives Potential (abstoßend)
- Es wirkt eine Kraft entlang des Gradienten des Potentialfelds. Die Hand bewegt sich entlang dieser Kraft.

4. Definition des Potentialfelds:

1 P.

Potentialfeld:

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

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

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

5. Initialisierung:

1 P.

Geometrie- und Posenschätzung des Objekts durch z. B. visuelle Wahrnehmung (computer vision).

## Aufgabe 5 Imitation Learning

1. Vier Kernfragen von Imitationslernen:

2 P.

- Was soll imitiert werden?
- Wie wird die Imitation realisiert?
- Wer soll imitiert werden?
- Wann soll imitiert werden?

2. Unterschied aktive und passive Imitation:

1 P.

- Passiv: Motorsystem nur während der Reproduktion der Bewegung aktiv
- Aktiv: Motorsystem auch während des Lernens aktiv

3. Idee der MMM:

1 P.

Die MMM 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.

4. Kinematisches und dynamisches Modell:

3 P.

- Kinematisch: Gelenke und Segmentlängen
- Dynamisch: Segmentmasse, Schwerpunkt, Inertialmoment/Trägheitstensor

5. 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.