

# Aufgabenblätter zur Klausur

## Robotik II: Humanoide Robotik

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

- Beschriften Sie bitte gleich zu Beginn jedes Lösungsblatt deutlich lesbar mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer.
- Diese Aufgabenblätter werden nicht abgegeben. Tragen Sie Ihre Lösung deshalb ausschließlich in die für jede Aufgabe vorgesehenen Bereiche der Lösungsblätter ein. Lösungen auf separat abgegebenen Blättern werden nicht gewertet.
- Außer Schreibmaterial sind während der Klausur keine Hilfsmittel zugelassen. Täuschungsversuche durch Verwendung unzulässiger Hilfsmittel führen unmittelbar zum Ausschluss von der Klausur und zur Note „nicht bestanden“.
- Soweit in der Aufgabenstellung nichts anderes angegeben ist, tragen Sie in die Lösungsblätter bitte nur die Endergebnisse ein. Die Rückseiten der Aufgabenblätter können Sie als Konzeptpapier verwenden. Weiteres Konzeptpapier können Sie auf Anfrage während der Klausur erhalten.
- Halten Sie Begründungen oder Erklärungen bitte so kurz wie möglich. Der auf den Lösungsblättern für eine Aufgabe vorgesehene Platz steht übrigens in keinem Zusammenhang mit dem Umfang einer korrekten Lösung!
- Die Gesamtpunktzahl beträgt 45 Punkte.

***Viel Erfolg und viel Glück!***

**Aufgabe 1** *Grasping*

(12 Punkte)

1. Was ist ein kraftgeschlossener Griff (force closure grasp)? 2 P.
2. Nennen Sie vier voneinander unabhängige Eigenschaften, die ein kraftgeschlossener Griff haben muss, um ähnliche Aufgaben wie menschliche Hände ausführen zu können. 2 P.
3. Beim Greifen werden Objekte hinsichtlich des über sie vorhandenen Wissens in drei Klassen unterteilt. Nennen Sie die drei Klassen. Ordnen Sie die Klassen nach der Schwierigkeit des Problems. Verwenden Sie Zahlen zur Bewertung: (1) am einfachsten, (2) schwierig, (3) am schwierigsten. 3 P.
4. Wie viele Freiheitsgrade werden zur Modellierung der menschlichen Hand benötigt? 1 P.
5. Wie viele Dimensionen hat i. A. der Konfigurationsraum bei der Greifplanung für eine Hand mit  $n$  Bewegungsfreiheitsgraden? 1 P.
6. In der Vorlesung wurde das Paper von Bohg et al. (*Jeanette Bohg, Antonio Morales, Tamim Asfour and Danica Kragic, Data-Driven Grasp Synthesis – A Survey, IEEE Transactions on Robotics, pp. 289-309, vol. 30, no. 2, 2014*) behandelt. 3 P.  
Nennen Sie die sechs wesentlichen Aspekte, die für das Erzeugen von Griffhypothesen wichtig sind.

**Aufgabe 2** *Grasp Synergies*

(9 Punkte)

Gegeben sei eine einfache planare Hand mit zwei Fingern und jeweils zwei Gelenken, die über einen Seilzug realisiert werden. Insgesamt hat die Hand vier Bewegungsfreiheitsgrade. Die Konfiguration der Hand kann entweder durch die vier Gelenkwinkel oder durch die Länge der Seile,  $\mathbf{p} = (z_{11}, z_{12}, z_{21}, z_{22})$  beschrieben werden.

Diese Vorgehensweise ist ähnlich zu der in dem Paper *C. Y. Brown and H. Asada. Inter-Finger Coordination and Postural Synergies in Robot Hands via Mechanical Implementation of Principal Components Analysis, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2007*.

Nach Durchführung einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) auf mehreren Griffen der Hand wurden die folgenden zwei Hauptkomponenten ermittelt:

$$\mathbf{PC}_1 = (1.0, 0.5, 0.3, 1.0)$$

$$\mathbf{PC}_2 = (0.5, 1.0, 0.6, 1.0)$$

Dies bedeutet, dass die Handkonfiguration in einem zweidimensionalen Raum,  $\tilde{\mathbf{p}} = (q_1, q_2)$  als  $\mathbf{p} = q_1 \cdot \mathbf{PC}_1 + q_2 \cdot \mathbf{PC}_2 + \mathbf{e}$  dargestellt werden kann, mit einem Fehler  $\mathbf{e}$ .

1. Entwerfen Sie einen Seilzugmechanismus zur Implementierung der durch  $\mathbf{PC}_1$  beschriebenen Synergie. Achten Sie auf Vollständigkeit und beschriften Sie alle relevanten Größen in Ihrer Zeichnung. 2 P.

2. Gegeben sei eine Handkonfiguration im zweidimensionalen Raum als  $\tilde{\mathbf{p}} = (0.5, 1.0)$ . Geben Sie die realisierte Handkonfiguration in Form der Längen jedes Seils zusammen mit Ihrem Rechenweg an. 2 P.
  
3. (a) Nehmen Sie an, dass die Handkonfiguration  $\mathbf{p}_{\text{desired}} = (1.0, 1.25, 0.75, 1.4)$  im zweidimensionalen Raum dargestellt werden soll. Wie können die dazugehörigen Koordinaten  $q_1$  and  $q_2$ , bestimmt werden? (keine Rechnung erforderlich) 2 P.
  
 (b) Ist es möglich, die Handkonfiguration  $\mathbf{p}_{\text{desired}}$  im zweidimensionalen Raum exakt, d.h. mit  $\mathbf{e} = (0, 0, 0, 0)$ , darzustellen? Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich. (Tipp: Betrachten Sie Ihre Lösung zu Teilaufgabe 2.) 1 P.
  
4. Gegeben sei eine Handkonfiguration  $\mathbf{p} = (z_{11}, z_{12}, z_{21}, z_{22})$ . Wie verändern sich die Seillängen, wenn der am Seilzug montierte Schaft, welcher mit  $\mathbf{PC}_2$  korrespondiert, um einen Winkel von  $a = \frac{\pi}{6}$  rotiert wird? 2 P.

**Hinweis:** Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang zwischen der Rotation der Seilzüge und der linearen Verschiebung eines Seils.

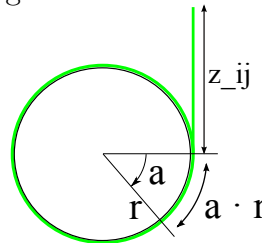


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen der Rotation des Seilzugs und der linearen Auslenkung des Seils.

### Aufgabe 3 *Active Perception*

(9 Punkte)

In der Vorlesung wurde eine Methode zur Entdeckung und Segmentierung unbekannter Objekte in komplexen Szenen behandelt (*D. Schiebener, A. Ude and T. Asfour, Physical Interaction for Segmentation of Unknown Textured and Non-textured Rigid Objects, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2014*).

1. Erläutern Sie die Hauptidee dieser Methode. 1 P.
2. Aus welchen wesentlichen Schritten besteht die Methode? 2 P.
3. Zur Generierung von initialen Objekthypothesen in der Szene werden Heuristiken verwendet. Nennen Sie zwei dieser Heuristiken. 2 P.
4. Wozu dient i. A. der *Iterative Closest Points (ICP)*-Algorithmus? 1 P.
5. Welche Modifikation wurde bei der Verwendung des ICP-Algorithmus in der obigen Methode vorgenommen, um unbekannte Objekte in komplexen Szenen zu finden? 1 P.

6. Nennen Sie zwei Probleme, die beim ICP-Algorithmus auftreten können. 1 P.
7. Welche Eigenschaft muss ein Objekt haben, damit seine Bewegung im Raum nur durch eine Translation und eine Rotation vollständig beschrieben werden kann? 1 P.

## Aufgabe 4    *Haptics*

(7 Punkte)

1. Was ist Haptik? 1 P.
2. Das haptische Sensorsystem (*somatosensory system*) beim Menschen besteht aus mehreren Rezeptoren bzw. sensorischen Modalitäten. Nennen Sie vier unterschiedliche Rezeptoren bzw. Modalitäten. 2 P.

In der Vorlesung wurde eine Methode zur haptischen Exploration unbekannter Objekte mit Hilfe von dynamischen Potentialfeldern behandelt.

3. Beschreiben Sie diese Methode. 2 P.
4. Wie wird das gesamte Potentialfeld definiert? Geben Sie hierzu die entsprechenden Gleichungen an und erklären Sie die unterschiedlichen Terme. 1 P.
5. Wie kann das Potentialfeld initialisiert werden? 1 P.

## Aufgabe 5    *Imitation Learning*

(8 Punkte)

1. Nennen Sie die vier Kernfragen (key issues), die für Imitationslernen relevant sind. 2 P.
2. Was ist der Unterschied zwischen aktiver und passiver Imitation? 1 P.

In der Vorlesung wurde das Master Motor Map (MMM) Framework vorgestellt.

3. Erklären Sie die Idee der MMM. 1 P.
4. Das MMM-Referenzmodell enthält ein kinematisches und ein dynamisches Modell des menschlichen Körpers. Welche Parameter umfasst das kinematische Modell? Welche Parameter sind dem dynamischen Modell zuzuordnen? 3 P.
5. Wie wird im kinematischen Modell des MMM-Frameworks die individuelle Körpergröße menschlicher Probanden berücksichtigt? 1 P.