KIT-Fakultät für Informatik
Prof. Dr.-Ing. Tamim Asfour, Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Dillmann,
Prof. Dr.-Ing. Heinz Wörn

Musterlösungen zur Klausur

Robotik I: Einführung in die Robotik

am 19. Juli 2016, 18:00 – 19:00 Uhr

Name:	Vorname:	Matrikelnummer:
Denavit	Hartenberg	$\frac{\pi}{2}$

Aufgabe 1	5 von 5 Punkten
Aufgabe 2	4 von 4 Punkten
Aufgabe 3	9 von 9 Punkten
Aufgabe 4	7 von 7 Punkten
Aufgabe 5	3 von 3 Punkten
Aufgabe 6	4 von 4 Punkten
Aufgabe 7	5 von 5 Punkten
Aufgabe 8	8 von 8 Punkten

Gesamtpunktzahl:	45 von 45 Punkten

	Note: **1,0**

Aufgabe 1

1. Das Quaternion $\boldsymbol{q}$:

$$\boldsymbol{q} = (\cos\frac{\theta}{2},\ \boldsymbol{u}\sin\frac{\theta}{2}) = (\cos\frac{\pi}{4},\ 0,\ \sin\frac{\pi}{4},\ 0)^T = (0.7,\ 0,\ 0.7,\ 0)^T$$

2. Das konjugierte Quaternion $\boldsymbol{q}^*$:

$$\boldsymbol{q}^* = (0.7,\ 0,\ -0.7,\ 0)^T$$

3. Rotation des Vektors $\boldsymbol{v}$:

   (a) Bestimme das Quaternion $\boldsymbol{q_v}$:

$$\boldsymbol{q_v} = (0,\ 1,\ 2,\ 4)^T$$

   (b) Stelle die Rotationsbeziehung auf:

$$\boldsymbol{q_{v'}} = \boldsymbol{q} \cdot \boldsymbol{q_v} \cdot \boldsymbol{q}^*$$

   (c) Rechenweg:

$$\begin{aligned}
\boldsymbol{q_{v'}} &= (0.7,\ 0,\ 0.7,\ 0)^T \cdot (0,\ 1,\ 2,\ 4)^T \cdot (0.7,\ 0,\ -0.7,\ 0)^T \\
&= (0.7 + 0.7j) \cdot (i + 2j + 4k) \cdot (0.7 - 0.7j) \\
&= (0.7i + 1.4j + 2.8k + 0.7ji + 1.4j^2 + 2,8jk) \cdot (0.7 - 0.7j) \\
&= (0.7i + 1.4j + 2.8k - 0.7k - 1.4 + 2.8i) \cdot (0.7 - 0.7j) \\
&= (3.5i + 1.4j + 2.1k - 1.4) \cdot (0.7 - 0.7j) \\
&= 2.5i - 2.5ij + j - j^2 + 1.5k - 1.5kj - 1 + j \\
&= 2.5i - 2.5k + 2j + 1.5k + 1.5i \\
&= 4i - k + 2j \\
&= (0,\ 4,\ 2,\ -1)^T
\end{aligned}$$

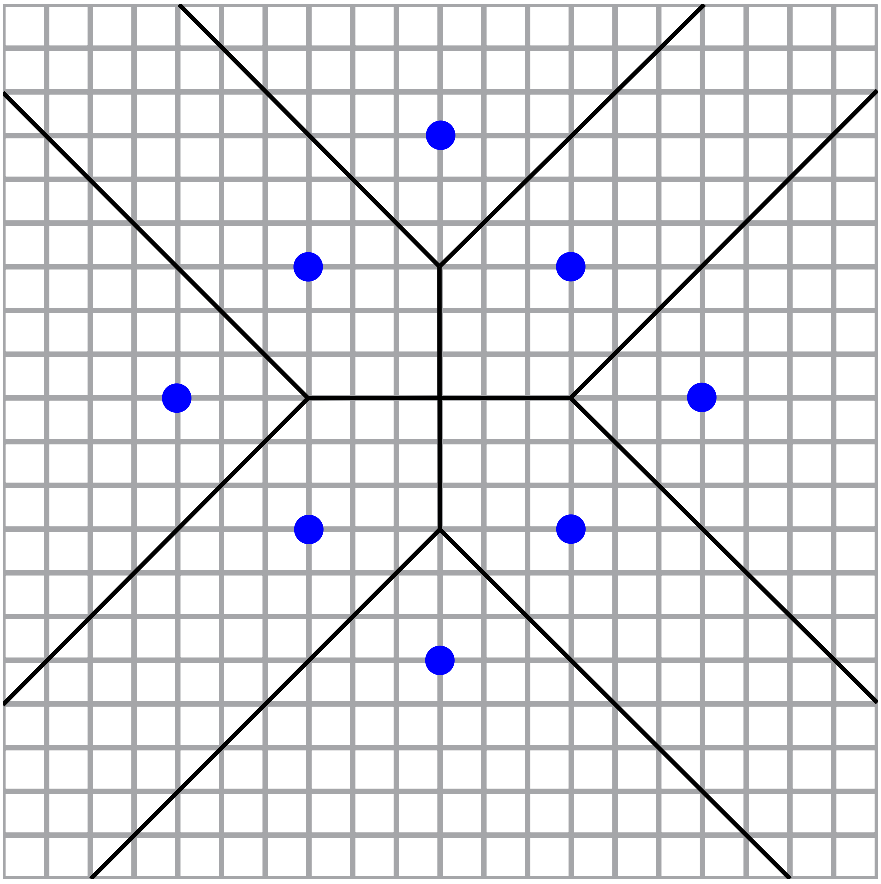
   (d) Daraus ergibt sich für $\boldsymbol{v}'$:

$$\boldsymbol{v}' = \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \\ -1 \end{pmatrix}$$

Aufgabe 2

1. Ein Voronoi Diagramm visualisiert die Zerlegung eines Raumes in Regionen basierend auf vorgegebenen Punkten (auch Zentren genannt). Eine Region ist definiert als die Menge aller Punkte, deren Abstand zum Zentrum geringer ist, als zu allen anderen Zentren. Alle Punkte auf der Grenze zwischen zwei Regionen besitzen den gleichen Abstand zum eigenen und zum benachbarten Zentrum.

2. Das resultierende Voronoi Diagramm:

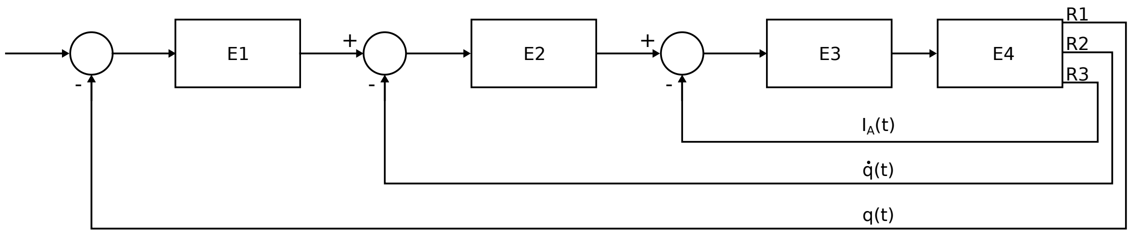


Aufgabe 3

1. Gängige Testfunktionen für Regler:
   - Impulsfunktion
   - Sprungfunktion
   - Anstiegsfunktion
   - Harmonische Funktion
2.
   - Regler A: PID-Regler
   - Regler B: I-Regler
   - Regler C: P-Regler
3. Tragen Sie die Lösung in die nachfolgende Tabelle ein.

Übertragungsglied	Funktionalbeziehung	Symbol
M-Glied/Multiplizierglied	F_3	S_2
S-Glied/Summierglied	F_4	S_3
KL-Glied/Kennlinienglied	F_1	S_4
P-Glied/Proportionalglied	F_2	S_1

4. Ergänzen Sie den folgenden Wirkungsplan



a)
- E1: Positionsregelung
- E2: Geschwindigkeitsregelung
- E3: Stromregelung
- E4: Manipulator

b)
- R1: $q(t)$ (Position)
- R2: $\dot{q}(t)$ (Geschwindigkeit)
- R3: $I_A(t)$ (Strom)

Aufgabe 4

1. Die vier Schritte des RANSAC Algorithmus:

   (a) Wähle zufällig die minimale Anzahl an Punkten aus, die nötig ist um die Modellparameter zu berechnen

   (b) Schätze ein Modell aus dem ausgewählten Datensatz

   (c) Bewertung der Modellschätzung: Berechne die Teilmenge der Datenpunkte (Inliers), deren Abstand zum Modell kleiner ist als ein vordefinierter Schwellwert

   (d) Wiederhole 1-3 bis das Modell mit den meisten Inliers gefunden wird

2. Tragen Sie die ersten drei RANSAC Iterationen in die nachfolgenden Abbildungen ein.

a)

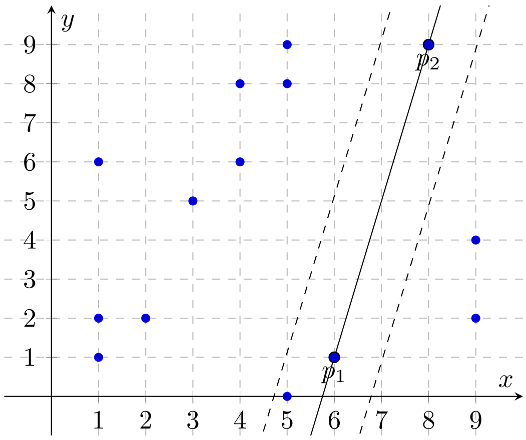


Abbildung 1: Modell für 1. Iteration

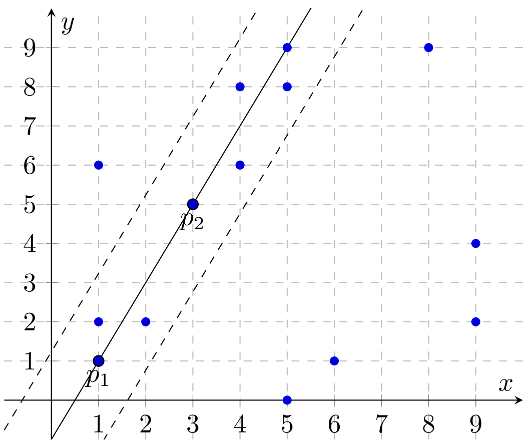


Abbildung 2: Modell für 2. Iteration

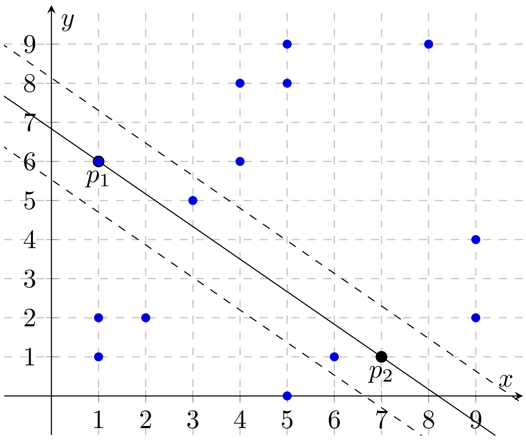


Abbildung 3: Modell für 3. Iteration

b) Tragen Sie die Anzahl der Inlier für jede Iteration ein.

- Iteration 1:
- Iteration 2:
- Iteration 3:

3.

$$y = \frac{(y_2) - (y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1) + y_1 = \frac{4}{2}(x - 1) + 1 = 2x - 1$$

Aufgabe 5

1. Tiefpassfilter: Glättung, Rauschelimination
    - Mittelwertfilter
    - Gauß-Filter

   Hochpassfilter: Kantendetektion
    - Sobel
    - Prewitt
    - Laplace
    - Roberts
2. $$P_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

   $$P_y = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Aufgabe 6

1. Interaktionsformen in der Roboterprogrammierung:
    - Physische Demonstration (direkt und indirekt)
    - Graphische Demonstration
    - Ikonische Demonstration
    - Kommentierung
2. Sensoren die bei der Roboterprogrammierung eingesetzt werden
    - Bildgebende Sensoren
    - Magnetfeldbasierte Positionssensoren
    - Datenhandschuhe
    - Datenanzüge
    - Exoskelette
    - Interne Robotersensoren

Aufgabe 7

1. Beim *Greifen* muss der End-Effektor des Roboters in Abhängigkeit von der Objektpose bewegt werden.

2. Die Jacobi-Matrix bildet Gelenkwinkelgeschwindigkeiten auf Geschwindigkeiten des End-Effektors im kartesischen Raum ab. Bei der numerischen Berechnung der inversen Kinematik wird die Jacobi-Matrix zur linearen Approximation der Vorwärtskinematik verwendet.

3. Die Transformationsmatrix $A_{0,1}$ lautet:

$$A_{0,1} = \begin{pmatrix} \cos(\theta_1) & 0 & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & 0 & -\cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Aufgabe 8

Beantworten Sie die folgenden Fragen, indem sie entweder richtig oder falsch ankreuzen. Für jede korrekte Antwort erhalten Sie 0,5 Punkte. Jede nicht oder falsch beantwortete Frage wird mit 0 Punkten bewertet.

a)

Roboterprogrammierung	*richtig*	*falsch*
Ein Vorteil der dynamikbasierten interaktiven Programmierung ist die Möglichkeit lokale Hindernisse zu vermeiden.	X	
Ein Nachteil der dynamikbasierten interaktiven Programmierung ist, dass die erstellten Programme nicht generalisieren.		X
Planungsbasierte interaktive Programmierverfahren können mehr als eine Lösung zur Verfügung stellen.	X	
Play-Back Programmierung ist nicht besonders gut für schwere Roboter geeignet.	X	

b)

Regelung	*richtig*	*falsch*
In einem Regelkreis wirkt die Störgröße direkt auf das dynamische System ein.	X	
Bei einer Kraftregelung ist die Reibung im dynamischen System vernachlässigbar.		X
Parameter einer Impedanzregelung sind Steifigkeit, Dämpfung und Trägheit.	X	
Eine Regelung im kartesischen Raum ist weniger Aufwendig als im Gelenkwinkelraum.		X

c)

Gelenke	*richtig*	*falsch*
Die Drehachse eines Torsionsgelenks bildet einen rechten Winkel mit den Achsen der beiden angeschlossenen Glieder.		X
Die Steward-Plattform ist ein paralleler Roboter.	X	
Das Lineargelenk ist ein Spezialfall des Torsionsgelenks.		X
Das menschliche Ellenbogengelenk ist ein Beispiel für ein Revolvergelenk.		X

d)

Modelle	*richtig*	*falsch*
Das geometrische Kantenmodell wird zur schnellen Kollisionsberechnung verwendet.		X
Das geometrische Modell wird zu Berechnung der Roboterdynamik benötigt.		X
Bei der Lösung des direkten kinematischen Problems werden Gelenkwinkel berechnet.		X
Das dynamische Modell beschreibt die Bewegung von Objekten auf Grund wirkender Kräfte und Momente.	X	