

## Übungen zu “Autonomous Grasping”

### WS 2017/18 Blatt 7

Abgabe: 26.1.2018

Wir wollen der Übersichtlichkeit halber Griffe im zwei-dimensionalen Raum (in der Ebene) betrachten. Die Lage eines Körpers ist dort durch 3 Parameter beschrieben: die Position  $(p_x, p_y)$  und die Orientierung  $\theta$ . Auch Wrenches sind nur drei-dimensional:  $(f_x, f_y, \tau)$ .

**Aufgabe 7.1, Adjungierte in 2D:** Zunächst einmal benötigen wir die transponierte Adjungierte  $Ad_{T^{-1}}^t$  in 2D.

- a) Zeigen Sie, dass die Transformationsmatrix folgende Form hat:

$$T_{oc_i} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & p_x \\ \sin \theta & \cos \theta & p_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$$

Sie können dies physikalisch-geometrisch begründen oder von der bekannten  $4 \times 4$  Transformationsmatrix in 3D ableiten.

- b) Berechnen Sie, wie sich ein Kontakt-Wrench ins Objekt-Koordinatensystem transformiert. Bestimmen Sie dazu, wie sich der Kraftanteil und der -drehmomentanteil transformiert. Zeigen Sie, dass sich die folgende transponierte Adjungierte ergibt:

$$Ad_{T_{oc_i}^{-1}}^t = \begin{pmatrix} R_{oc_i} & 0 \\ [-p_{oc_i}^y & p_{oc_i}^x] R_{oc_i} & 1 \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{3 \times 3}$$

**Aufgabe 7.2, Kontaktmodelle in 2D:** Bestimmen Sie die Kontaktmodelle  $(B_c, FC_c)$  für reibungsfreie Punktkontakte und Punktkontakte mit Reibung. Beachten Sie das Coulomb-Gesetz für die Haftreibung:  $\|f_t\| \leq \mu f_n$ .

**Aufgabe 7.3, Greifen von Kreisen in 2D:** Bestimmen Sie einen force-closure Griff für einen Kreis und weisen Sie durch geometrische Bestimmung des Wrench-Spaces force-closure nach.

**Aufgabe 7.4, Greifen von Dreiecken:**

- a) Geben Sie einen minimalen form-closure Griff für ein gleichseitiges Dreieck an.
- b) Bestimmen Sie die konvexe Hülle der ausübbareren wrenches bei Verwendung der  $L_\infty$ -Norm, also mit Kontaktkräften  $\|\vec{f}_c\|_\infty \leq 1$ .
- c) Entfernen Sie jeweils einen Kontakt aus Ihrem Griff und geben Sie einen wrench an, dem dann nicht mehr widerstanden werden kann.