

Etalonnage de robots par vision



PROGRAMME UNIT-GDR ROBOTIQUE

Nicolas Andreff

Novembre 2012

Fondation
unit
Université Numérique
Ingénierie et Technologie

GDR
ROBOTIQUE

Institut Français de Mécanique Avancée

U.V. Étalonnage et Identification des Systèmes

TD Étalonnage Géométrique

Nicolas Andreff

Année 2006–2007

On s'intéresse dans ce TD à un robot 2R plan muni d'un porte-outil, ou effecteur, (voir Figure 1) sur lequel on peut venir fixer différents outils. Nous voulons étalonner géométriquement ce robot en l'observant muni d'un outil donné (typiquement une mire).

On place un capteur (typiquement une caméra) dans l'espace de travail qui mesure la position (et éventuellement l'orientation) de l'outil.

Dans un premier temps, nous nous pencherons sur la modélisation du système, puis nous traiterons le problème de l'estimation des paramètres du modèle.

Nous utiliserons dans tout ce TD l'hypothèse que le robot est parfaitement plan.

Question 1

En utilisant le formalisme de Khalil-Kleinfinger, montrer que la transformation base→effecteur s'écrit :

$${}^0T_3 = \text{Rot}(z, q_1)\text{Trans}(x, d_2)\text{Rot}(z, q_2)\text{Trans}(x, d_3)$$

soit encore :

$${}^0T_3 = \begin{pmatrix} c_{12} & -s_{12} & 0 & c_{12}d_3 + c_1d_2 \\ s_{12} & c_{12} & 0 & s_{12}d_3 + s_1d_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

avec les notations $c_1 = \cos q_1$, $s_1 = \sin q_1$, $c_{12} = \cos q_1 + q_2$, etc.

Question 2

On s'intéresse maintenant à la transformation capteur→base. Montrer qu'on peut paramétrer fT_1 de deux manières :

- $\text{Trans}(y, y_0)\text{Trans}(x, x_0)\text{Rot}(z, \theta_0)\text{Rot}(z, q_1)$
- $\text{Trans}(x, d_0)\text{Rot}(z, \theta_0)\text{Trans}(x, d_1)\text{Rot}(z, q_1)$

On choisira par la suite celle qui est cohérente avec la question 1.

Question 3

On s'intéresse maintenant à la transformation effecteur→outil. Nous paramètrerons cette transformation par :

$${}^3T_{\text{outil}} = \begin{pmatrix} c_{\text{outil}} & -s_{\text{outil}} & 0 & x_{\text{outil}} \\ s_{\text{outil}} & c_{\text{outil}} & 0 & y_{\text{outil}} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Montrer que cela n'induit pas un paramétrage minimal (redondance entre d_3 et x_{outil}). Comment obtenir un paramétrage minimal ?

Question 4

Déduire de ce qui précède que la transformation capteur \rightarrow outil est :

$${}^fT_{outil} = \begin{pmatrix} c_{012outil} & -s_{012outil} & 0 & c_{012}(x_{outil} + d_3) - s_{012}y_{outil} + c_{01}d_2 + x_0 \\ s_{012outil} & c_{012outil} & 0 & s_{012}(x_{outil} + d_3) + c_{012}y_{outil} + s_{01}d_2 + y_0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

On en déduit le modèle minimal de position et orientation de l'outil par rapport au capteur :

$$X(q, \xi) = \begin{pmatrix} c_{012}(x_{outil} + d_3) - s_{012}y_{outil} + c_{01}d_2 + x_0 \\ s_{012}(x_{outil} + d_3) + c_{012}y_{outil} + s_{01}d_2 + y_0 \\ c_{012outil} \\ s_{012outil} \end{pmatrix} \quad (1)$$

avec

$$\xi = (x_0 \quad y_0 \quad \theta_0 \quad d_2 \quad d_3 \quad x_{outil} \quad y_{outil} \quad \theta_{outil})^T$$

Question 5

Sous l'hypothèse que le capteur se trouve dans le même plan que le robot, La transformation ${}^fT_{outil}^r$ mesurée s'écrit sous la forme générale suivante :

$${}^fT_{outil} = \begin{pmatrix} c_\alpha & -s_\alpha & 0 & x \\ s_\alpha & c_\alpha & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

dont on déduit la forme minimale :

$$X_r = \begin{pmatrix} x \\ y \\ c_\alpha \\ s_\alpha \end{pmatrix} \quad (2)$$

A partir de (1) et (2), on forme le schéma numérique d'identification suivant :

$$\begin{cases} X_r^i &= X(q^i, \xi_k) + \frac{\partial X(q_i, \xi_k)}{\partial \xi} \Delta \xi_k \quad \forall i(\text{mesure}) \\ \xi_{k+1} &= \xi_k + \Delta \xi_k \end{cases}$$

Calculer $\frac{\partial X(q, \xi)}{\partial \xi}$.

Question 6

Quelle est la condition nécessaire pour mettre à jour $\Delta \xi_k$?

Question 7

Montrer que x_{outil} et d_3 doivent être regroupés. Est-ce surprenant ?

Question 8

Que se passe-t-il si on ne mesure que x et y (et pas c_α ni s_α) ?

Question 9

Que se passe-t-il si on n'utilise que des configurations du robot telles que $q_1 \in \mathbb{R}$ et $q_2 = 0$? A l'inverse, que se passe-t-il si on n'utilise que des configurations du robot telles que $q_1 = 0$ et $q_2 \in \mathbb{R}$?

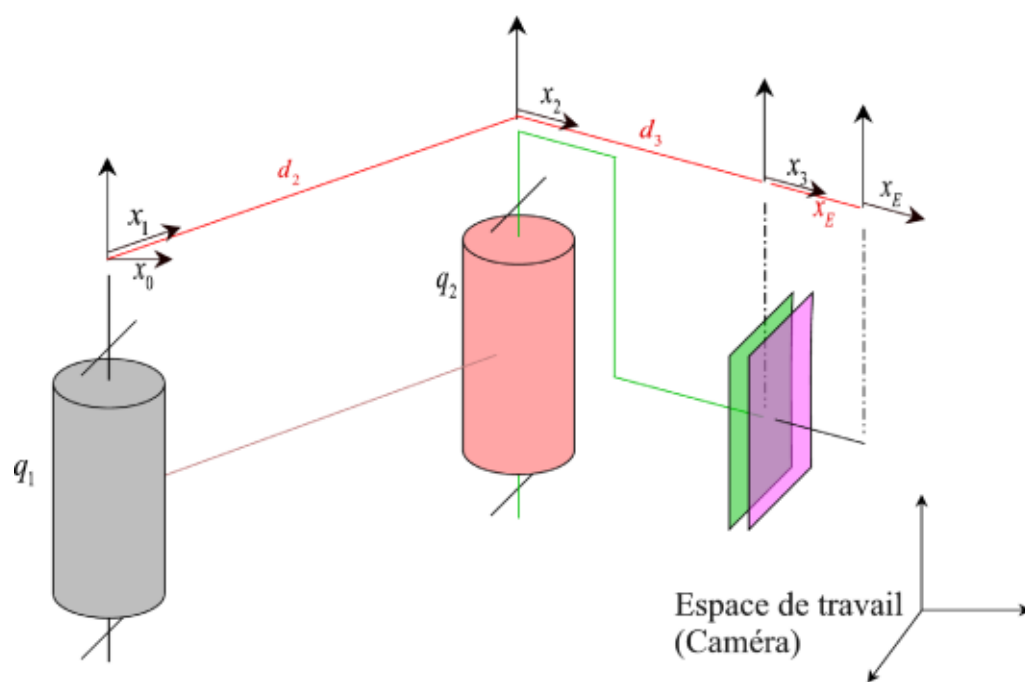


Figure 1: Notations pour le TD