



Description analytique complète des limites de l'espace de travail pour un manipulateur en série plan



Complete analytical description of workspace boundaries for a planar serial manipulator

Jérôme Bastien

Laboratoire inter-universitaire de biologie de la motricité, POLYTECH, Université Claude-Bernard – Lyon-1, 15, boulevard André-Latarjet, 69622 Villeurbanne cedex, France

INFO ARTICLE

Historique de l'article :

Reçu le 14 avril 2017

Accepté après révision le 24 octobre 2017

Disponible sur Internet le 20 novembre 2017

Mots-clés :

Robotique

Espace de travail

Frontière

Bras

Articulation

Biomécanique

Keywords:

Robotics

Workspace

Boundary

Arm

Joints

Biomechanics

RÉSUMÉ

Nous proposons une méthode générale et analytique de description des limites de l'espace de travail plan, c'est-à-dire la frontière de la partie de l'espace du plan atteinte par l'extrémité d'un bras humain ou de robot. La méthode proposée est décomposée en trois étapes indépendantes, aucune ne faisant appel à des calculs de dérivées, de déterminants ou de valeurs propres, ou utilisant des méthodes de résolution numérique de problèmes non linéaires, tous souvent utilisés dans la littérature. La première étape, déjà présentée dans des travaux précédents, consiste à interpréter de façon géométrique la nécessaire dégénérescence de la matrice jacobienne de la fonction de position, au bord de l'espace de travail et une condition d'alignement de certaines articulations permet de déterminer une réunion d'arcs de cercle qui contiennent la frontière. Ensuite, pour chacun des arcs de cercle, l'étude de la variation infinitésimale d'un point par rapport à ce cercle permet d'éliminer tout ou partie des arcs de cercle précédemment définis, qui n'est pas sur la frontière. Enfin, un parcours global de la réunion des arcs de cercle permet de déterminer la frontière extérieure ainsi que la frontière intérieure de l'éventuel trou de l'espace de travail qui contient l'origine.

© 2017 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ABSTRACT

We give a general and analytical description of plan workspace boundaries, *i.e.* the boundaries of the part of the space that is reached by the extremity of a human or robot arm. The proposed method is decomposed into three independent steps, for which we do not use calculus of derivatives, determinants and eigenvalues, or numerical resolutions of non-linear problems, which are often used in the literature. The first step, already presented in previous works, consists in interpreting geometrically the necessary Jacobian rank deficiency of the position function at the boundary, and an alignment condition of some joints allows us to determine a union of arcs of circle, which contains the boundary. Then, for all arc of circle, the study of the infinitesimal displacement of a point with regard to this circle allows one to eliminate all or a part of arcs of circle, previously defined, which

Adresse e-mail : jerome.bastien@univ-lyon1.fr.

<https://doi.org/10.1016/j.crme.2017.10.004>

1631-0721/© 2017 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

is not on the boundary. Finally, a global course of the arcs of circle allows us to determine the outer boundary and the inner boundary of the possible void that contains the origin.

© 2017 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Abridged English version

Let $(O, \mathbf{i}, \mathbf{j})$ be a reference frame, p an integer greater than or equal to 1, $(l_i)_{1 \leq i \leq p}$ p non-negative numbers and $(\theta_i^+)_{1 \leq i \leq p}$ and $(\theta_i^-)_{1 \leq i \leq p}$ $2p$ angles satisfying

$$\forall i \in \{1, \dots, p\}, \quad -\pi < \theta_i^- < \theta_i^+ \leq \pi \quad (1)$$

We define the workspace as the set of points A_p such as

$$A_0 = O, \quad (\widehat{\mathbf{j}, \overrightarrow{OA_1}}) = \theta_1 \quad (2a)$$

$$\forall i \in \{2, \dots, p\}, \quad (\widehat{\overrightarrow{A_{i-2}A_{i-1}}, \overrightarrow{A_{i-1}A_i}}) = \theta_i, \quad \forall i \in \{1, \dots, p\}, \quad A_{i-1}A_i = l_i \quad (2b)$$

with the constraints

$$\forall i \in \{1, \dots, p\}, \quad \theta_i \in [\theta_i^-, \theta_i^+] \quad (2c)$$

See Fig. 1. We consider the function Φ_p from the domain

$$F = \prod_{i=1}^p [\theta_i^-, \theta_i^+] \quad (3)$$

to $\mathbb{R}^2$ defined by

$$\forall (\theta_1, \dots, \theta_p) \in F, \quad \Phi_p(\theta_1, \dots, \theta_p) = A_p \quad (4)$$

The point A_p represents the distal extremity of an articulated chain of segments, like a human arm. The space defined by this extremity is called planar “workspace” [1].

In this Note, we give a general, analytical, and complete description of the boundary of the range $D = \Phi_p(F)$, i.e. the part $S = \partial D = D \setminus \dot{D}$. Three independent and robust steps are proposed. The first one, already published in [2,3] consists in describing geometrically the fact that the Jacobian rank is deficient on the boundary, which is treated in classical way by vanishing some determinants. We obtain, as in the literature, a finite union of arcs of circle, which contain the boundary. This condition is necessary, but not sufficient, and the second step of our method is to eliminate the parts of arcs of circle that are certainly in the interior of the workspace. For that, we do not use classical computing, based on the symbolic derivative of the function Φ_p , followed by the determination of ranks and eigenvalues that characterize that the studied point is not in the interior. We directly provide the infinitesimal variation of point A_p according to this circle by using simple scalar products. If this point is locally on a same side of this circle, we keep the part of the studied circle. Finally, in the third part of this work, we describe the boundary by considering all the previous obtained arcs of circle, in order to be certainly at the boundary.

As in [3], for numerical simulation, a subject of 1.80 m of height is considered. The lengths of the upper limb were determined from anthropometric data [4]. Thus, segment lengths are presented as ratios of total body height (0.108, 0.146 and 0.186 for the hand, forearm and upperarm, respectively, for the right arm). The angles correspond to minima and maxima of joints degrees of freedom of human upper limb, i.e. horizontal shoulder abduction/adduction ($-60^\circ/120^\circ$), elbow flexion/extension ($0^\circ/130^\circ$), wrist abduction/adduction ($-10^\circ/25^\circ$). See Fig. 1, where $p=3$ and O is the shoulder, A_1 is the elbow and A_2 is the wrist, i.e. segment OA_1 is the upperarm, A_1A_2 is the forearm, and A_2A_3 is the hand. All the angles in this Note are given in degrees. See Table 1 and Figs. 2, 3 and 4. Case (i) corresponds to free upperarm, fixed forearm, and fixed hand displacements. Case (ii) corresponds to free upperarm, free forearm and fixed hand displacements. Case (iii) corresponds to free upperarm, free forearm, and free hand displacements.

1. Présentation du problème

En robotique comme en biomécanique, la connaissance de l'espace de travail, zone de l'espace que peut atteindre, par exemple, l'extrémité d'un membre humain ou d'un bras d'un robot, est fondamentale. La frontière de cet espace de travail doit être correctement définie. Les articulations considérées sont des liaisons pivots, définies par un intervalle auquel

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/7216171>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/7216171>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)