

Calcul par intervalles pour la robotique mobile intelligente Lab-STICC

Luc Jaulin, Benoit Zerr, Fabrice Le Bars, Simon Rohou, Damien Massé

▶ **To cite this version:**

Luc Jaulin, Benoit Zerr, Fabrice Le Bars, Simon Rohou, Damien Massé. Calcul par intervalles pour la robotique mobile intelligente Lab-STICC. Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle, 2019, 104, pp.9-10. hal-02280704

HAL Id: hal-02280704

https://ensta-bretagne.hal.science/hal-02280704

Submitted on 6 Sep 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AfIA
Association française
pour l'Intelligence Artificielle

Calcul par intervalles pour la robotique mobile intelligente Lab-STICC

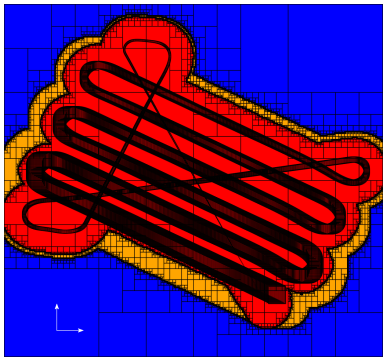
Lab-STICC / Robotique d'exploration
UBO, ENSTA Bretagne
Luc JAULIN
lucjaulin@gmail.com

Membres impliqués [3]

- Luc JAULIN, PR
- Benoît ZERR, PR
- Fabrice LE BARS, MCF
- Simon ROHOU, MCF
- Damien MASSÉ, MCF

Contexte

Ces dernières décennies, la robotique mobile s'est développée largement dans des milieux structurés et déjà cartographiés. Dans des environnements inconnus et non-structurés, comme les planètes lointaines, les volcans, des grottes profondes, des zones irradiées, des veines karstiques, les bâtiments en feu, les fonds marins, la robotique change de nature. Non seulement, elle devient indispensable car l'humain peut difficilement intervenir de façon sécurisée, mais souvent l'opérateur ne peut plus aider les robots par téléopération. Ces derniers doivent alors posséder un maximum d'autonomie et d'intelligence afin de pouvoir accomplir leur mission. On parle alors de robotique exploratoire car le robot doit cartographier son environnement, prendre des décisions, se localiser et être capable de revenir.



Objectif

AU Lab-STICC (UMR 6285), nous cherchons à développer les outils théoriques à base de calcul par intervalles afin de concevoir des algorithmes intelligents permettant à des robots d'accomplir une mission d'exploration de façon autonome. Sous certaines hypothèses sur l'environnement et la dynamique du robot, nous nous intéressons à garantir des propriétés comme l'évitement d'une zone interdite, le respect de contraintes sur l'état du système, l'intégrité de la localisation et la capacité de revenir au point de départ. Nous nous efforçons à prendre en compte avec rigueur tout type d'incertitude, d'obtenir des solutions théoriquement élégantes, et de faire des validations expérimentales convaincantes en collaboration avec des partenaires industriels.

Outils théoriques

Nous nous focalisons sur les outils ensemblistes, l'interprétation abstraite, la commande non-linéaire et l'inférence ensembliste. Nous cherchons à représenter et à propager les incertitudes de la façon la plus rigoureuse possible sans faire d'approximations non maîtrisées, comme celles induites par la linéarisation, la quantification ou la discrétisation. Dans nos problèmes, les variables incertaines vont être la carte de l'environnement, les données capteur, la trajectoire des robots [8], les prises de décision passées ou futures, la dynamique des robots [6] et les interventions humaines. La modélisation de ces différents types d'incertitude demande l'élaboration d'outils capables de répondre à nos objectifs [4]. Ces outils sont

3. Seules sont représentées les personnes impliquées dans la thématique .

généralement à base de programmation par contraintes [3] et par contracteurs [1].

La figure montre la zone explorée par un robot sous marin, avec la zone explorée à coup sûr (en rouge), la zone qui n'a pas été vue (bleu), et la pénombre [2] qui a peut-être été vue (orange). Le calcul est fait à l'aide de capteurs proprioceptifs uniquement [5]. Cette figure illustre donc un ensemble incertain [2].

Expérimentations

Un principe de notre équipe est que chaque expérimentation doit être une preuve de concept associée à un résultat théorique original. De même tous les développements théoriques doivent aller jusqu'à une expérimentation robotique. Nous cherchons à nous limiter à des problèmes d'exploration en cherchant à garantir certaines propriétés dictées par un cahier des charges, comme la non intrusion dans une zone interdite ou bien la capacité à revenir à la position initiale. La figure ci-dessous montre le voilier BRAVE capable de naviguer à l'ancienne, sans GPS, à l'aide de la vision.



Exemples

Nous donnons quelques exemples illustratifs de problèmes en monde sous-marin qui se font avec des collaborations industrielles.

1. (Avec ECA [4]) Concevoir un robot capable d'explorer son environnement seul, sans refaire surface pour capter le GPS, avec un sonar comme unique capteur extéroceptif [7].
2. (Avec le DRASSM[5]) Faire un suivi d'isobath dans un but d'explorer et revenir, avec un simple écho-sondeur. L'idée finale est de faire une carte magnétique du fond marin afin de retrouver une épave : La Cordelière, coulée en 1512 au large de Brest.
3. (Avec DGA-TN) Capture d'un robot par plusieurs robots dans un environnement incertain et non structuré.
4. (Avec Ifremer) Concevoir des robots dérivants capables de faire de très longues distances dans l'océan en utilisant les courants marins comme moyen de propulsion.
5. (Avec RTsys) Créer les lois de commande et de localisation pour un groupe de robots coordonnés et faiblement communiquants.

Références

[1] G. Chabert and L. Jaulin. Contractor Programming. *Artificial Intelligence*, 173 :1079–1100, 2009.

[2] B. Desrochers and L. Jaulin. Thick set inversion. *Artifical Intell.*, 249 :1–18, 2017.

[3] L. Jaulin. Pure range-only slam with indistinguishable marks. *Constraints*, 21(4) :557–576, 2016.

[4] L. Jaulin and G. Chabert. Resolution of nonlinear interval problems using symbolic interval arithmetic. *Engineering App. of Artificial Intelligence*, 23(6) :1035–49, 2010.

[5] L. Jaulin and B. Desrochers. Introduction to the algebra of separators with application to path planning. *Engineering Appli. of Artificial Intelligence*, 33 :141–147, 2014.

[6] T. Le Mézo, L. Jaulin, and B. Zerr. An interval approach to compute invariant sets. *IEEE Trans. Automatic Control*, 62, 2017.

[7] S. Rohou, P. Franek, C. Aubry, and L. Jaulin. Proving the existence of loops in robot trajectories. *International Journal of Robotics Research*, 2018.

[8] S. Rohou, L. Jaulin, M. Mihaylova, F. Le Bars, and S. Veres. Guaranteed Computation of Robots Trajectories. *Robotics and Autonomous Systems*, 93 :76–84, 2017.

4. Etudes et Constructions Aéronautiques 5. Dpt. de recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines