

Cartographie et localisation simultanées avec données aberrantes à l'aide du calcul par intervalles

Encadrants : Fabrice Le Bars (50%) et Luc Jaulin (50%)

Laboratoire : Lab-STICC, ENSTA-Bretagne, Brest. Equipe Robex.

Bourse : DGA (100%)

Doctorant : Quentin Brateau

Sujet : L'exploration de zones partiellement connues et difficiles d'accès est un problème récurrent auquel il n'y a pas toujours de solution satisfaisante. Ceci peut aller de la mesure en mer ou dans les grands fonds pendant de longues durées aux interventions d'urgence dans un environnement hostile suite à un incident. Actuellement, ces tâches sont souvent au mieux réalisées par des robots téléopérés avec peu de capacités de déplacement autonome, au pire directement par des opérateurs humains dans des conditions parfois dangereuses. En effet, les problèmes limitant l'autonomie des robots sont souvent liés à la difficulté d'interpréter l'environnement autour d'eux à travers leurs capteurs, et en lien avec cela, la difficulté de savoir où ils sont par rapport à leurs points de départ et retour. Cette situation est assez bien décrite par le problème du SLAM (Simultaneous Localization And Mapping, i.e. cartographie et localisation simultanées, voir e.g. [1]). De nombreuses techniques ont été développées pour aboutir à des algorithmes permettant aux robots de se déplacer de manière autonome dans différentes situations (voir e.g. [2], [3]). En particulier le SLAM par intervalles décrit pour la première fois dans [4] avait pour particularité de pouvoir fournir une estimation des erreurs de position théoriquement rigoureuse en fonction des hypothèses choisies, ce que ne permettaient pas la plupart des autres méthodes existantes souvent basées sur des méthodes probabilistes, optimisées pour obtenir la meilleure précision la majorité du temps, avec pour inconvénient d'aboutir parfois à des résultats optimistes ne représentant pas bien la précision réelle. L'un des inconvénients du SLAM par intervalles original et dans les travaux suivants (voir e.g. [5], [6]) est qu'il suffit d'une donnée capteur qui ne respecte pas les hypothèses pour que l'algorithme signale une incohérence, ce qui est intéressant pour détecter les problèmes inattendus mais peut être bloquant pour la suite des calculs d'estimation de position. La gestion des données aberrantes (valeurs liées à des capteurs ou algorithmes de traitement de données temporairement défectueux, phénomènes physiques ponctuels non pris en compte dans la modélisation, etc.) n'est pas incompatible avec le calcul par intervalles comme décrit notamment dans [7] pour des problèmes d'estimation de position en environnements connus. D'autres travaux ont été par la suite effectués pour pouvoir mieux caractériser les données des capteurs et les fusionner plus efficacement malgré la présence de données parfois non fiables, voir e.g. [8]. Ce sujet propose d'essayer de mieux prendre en compte la présence de données aberrantes au cours d'une exploration par robot autonome dans un environnement peu connu, à l'aide du calcul par intervalles.

Les applications de ces travaux pourraient concerner tout type de robot devant se déplacer dans un environnement peu connu, comme par exemple pour de la surveillance ou de la recherche d'objets sous-marins. Des expériences avec des prototypes pourront être mises en place pour vérifier les performances dans diverses conditions.

[1] J. J. Leonard and H. F. Durrant-Whyte, "Dynamic Map Building for an Autonomous Mobile Robot," *International Journal of Robotics Research*, vol. 11, no. 4, 1992.

[2] H. Durrant-Whyte and T. Bailey, "Simultaneous Localization And Mapping: Part I," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, pp. 99–108, 2006.

[3] J. Nicola and L. Jaulin, "Comparison of kalman and interval approaches for the simultaneous localization and mapping of an underwater vehicle," *Special Issue on Ocean Engineering and Oceanography*, Springer, 2018.

[4] L. Jaulin, "A Nonlinear Set-membership Approach for the Localization and Map Building of an Underwater Robot using Interval Constraint Propagation," *IEEE Transaction on Robotics*, vol. 25, no. 1, pp. 88–98, 2009.

- [5] F. Le Bars, “Analyse par intervalles pour la localisation et la cartographie simultanées ; Application à la robotique sous-marine,” PhD dissertation, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 2011.
- [6] S. Rohou, P. Franek, C. Aubry, and L. Jaulin, “Proving the existence of loops in robot trajectories,” *International Journal of Robotics Research*, 2018.
- [7] L. Jaulin, “Robust set-membership state estimation; application to underwater robotics,” *Automatica*, vol. 45, no. 1, pp. 202–206, 2009.
- [8] J. Tillet, “Safe localization and control of a towed sensor,” PhD dissertation, Université de Bretagne Occidentale, ENSTA Bretagne, France, 2021.
- [9] F. Le Bars, A. Bertholom, J. Sliwka, and L. Jaulin, “Interval SLAM for underwater robots; a new experiment,” in *NOLCOS 2010*, Bologna, Italy, 2010.
- [10] J. Sliwka, F. Le Bars, and L. Jaulin, “Calcul ensembliste pour la localisation et la cartographie robustes,” in *JD-JN-MACS 2009*, Angers, France, 2009.
- [11] L. Jaulin, “Pure range-only SLAM with indistinguishable marks,” *Constraints*, vol. 00, no. 0, pp. 00–00, 2016.
- [12] S. Rohou, “Codac,” <http://codac.io/>, 2021.