

Sujet de thèse DGA

Titre : SLAM par des méthodes ensemblistes pour la robotique sous-marine

Directeur de thèse : Luc Jaulin (jaulinlu@ensieta.fr, tél 02 98 34 89 10, <https://www.ensieta.fr/e3i2/Jaulin/>)

Laboratoire d'accueil : E3I2, ENSIETA, Brest

Département : DTN, ENSIETA, Brest.

Bourse : bourse DGA

Sujet : Un robot sous-marin est généralement muni d'un écho-sondeur pour mesurer sa distance au fond, d'un capteur de pression pour mesurer sa profondeur, d'un loch-doppler pour mesurer sa vitesse, d'une centrale inertielle pour mesurer son orientation et d'un GPS pour se localiser lorsqu'il se trouve à la surface. Pourtant, malgré tous ces capteurs, une dérive apparaît lorsque le robot reste trop longtemps sous l'eau et le robot finit par se perdre. Une approche permettant des recalages en cours de mission consiste à observer attentivement son environnement et de chercher à se localiser tout en reconstituant une carte de la zone parcourue. C'est l'approche SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) qui a déjà montré ses potentialités dans le domaine de la robotique terrestre et aérienne. A l'heure actuelle, on peut dire que les méthodes fondées sur le filtre de Kalman étendu fonctionnent correctement si les conditions suivantes sont satisfaites : (i) le modèle d'évolution du robot est quasi-linéaire, (ii) les amers détectés ont une nature ponctuelle, (iii) à chaque détection, le robot est capable de localiser les amers détectés dans son propre repère, (iv) le robot est capable de distinguer les amers les uns des autres sans jamais de tromper, (v) le robot rencontre plusieurs fois un nombre suffisamment important d'amers. Lorsque le modèle d'évolution du robot est non-linéaire des méthodes plus récentes comme le filtrage particulaire ou les méthodes ensemblistes parviennent à résoudre le problème du SLAM de façon satisfaisante.

Cependant en milieu sous-marin, les hypothèses qui rendent les approches de type Kalman adaptées sont rarement respectées.

- Les équations d'état d'un robot sous-marin sont généralement fortement non linéaires.
- Les amers ont rarement une nature ponctuelle (les câbles sous-marins, les rides de sable, les zones rocheuses, ... sont considérés comme des amers).
- Comme les amers sont souvent repérés par un sonar, on mesure la distance entre l'amer et le robot, mais on est pas rarement capables de positionner l'amer dans le repère du robot, sauf hypothèses fortes comme l'hypothèse de fond plat.
- Les amers ne sont pas facilement distinguable l'un de l'autre. Avec un sonar, il est en effet difficile de distinguer l'écho d'un rocher de l'écho d'un autre rocher.
- Le nombre d'amers fiables est faible. Le robot peut en effet rester localisé dans une zone sableuse uniforme pendant plusieurs dizaine de minutes. Cela se traduit en pratique par des erreurs d'appariement entre les amers.

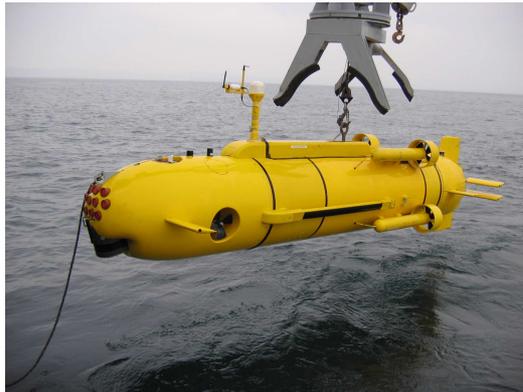
Les approches ensemblistes utilisent principalement le calcul par intervalles et les méthodes de propagation de contraintes. Elles peuvent résoudre avec efficacité des problèmes impliquants un grand nombre d'équations ou inéquations non linéaires où interviennent des contraintes discrètes (c'est-à-dire, faisant intervenir des variables booléennes ou entières). Elles ont déjà permis de résoudre des problèmes de type SLAM en milieu sous-marin dans un contexte où les amers étaient ponctuels.

En revanche, l'étendue des problèmes SLAM qui pourraient être traités efficacement par des méthodes ensemblistes reste à caractériser. Voici quelques exemples de questions qui restent toujours ouvertes.

- La mise en correspondance automatique des amers détectés, la prise en compte de fausses détections, ..., se traduisent par contraintes discrètes. Comment les algorithmes ensemblistes peuvent-ils prendre en compte de telles contraintes discrètes ?

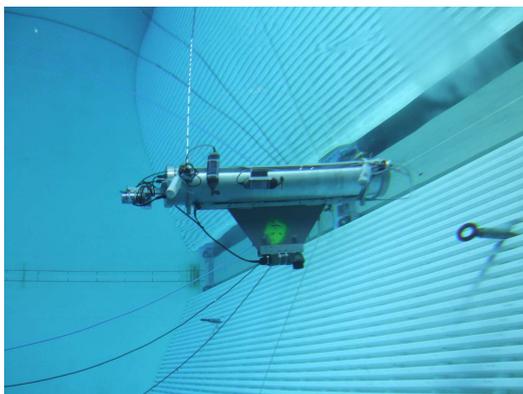
- Dans un contexte où plusieurs robots, qui communiquent entre eux, sont impliqués dans la mission, comment distribuer les calculs entre les robots et représenter l'information afin que le système complet (constitué de tous les robots) puisse résoudre le problème du SLAM de façon collective ?
- Comment les contraintes de temps réel peuvent-elles être prise en compte dans les algorithmes de calcul ensembliste ?

Le but de cette thèse est de caractériser l'étendue des problèmes de type SLAM que l'on peut espérer traiter avec les méthodes ensemblistes. Plus particulièrement, nous nous intéresserons à l'applicabilité des méthodes ensemblistes pour le SLAM dans un contexte sous-marin. Cette thèse se fera à l'ENSIETA (Ecole Nationale Supérieure des Ingénieurs des Etudes et Techniques d'Armement), en collaboration avec le GESMA (Groupe d'Etudes Sous-Marines de l'Atlantique, Brest). Des données issues des robots du GESMA (comme le Redermor ou la Dorade) devront être traitées.



Le *Redermor*, GESMA, avant d'être mis à l'eau

Enfin, il sera demandé de valider les algorithmes ensemblistes sur le robot sous-marin SAUC'ISSE de l'ENSIETA dans le cadre du concours de robotique sous-marine (Student Autonomous Underwater Competition – Europe (SAUC-E)), qui se passe dans une piscine. Une validation dans un contexte où plusieurs robots collaborent dans la piscine pourra aussi être envisagée.



Robot sous-marin SAUC'ISSE de l'ENSIETA

Des informations complémentaires peuvent être trouvées sur <https://www.ensieta.fr/e3i2/Jaulin/sujets.html>