HAL
open science

Localisation autonome basée vision d'un robot sous-marin et cartographie de précision

Maxime Ferrera, Julien Moras, Pauline Trouvé-Peloux, Vincent Creuze

To cite this version:

Maxime Ferrera, Julien Moras, Pauline Trouvé-Peloux, Vincent Creuze. Localisation autonome basée vision d'un robot sous-marin et cartographie de précision. ORASIS 2017, GREYC, Jun 2017, Colleville-sur-Mer, France. hal-01866616

HAL Id: hal-01866616

https://hal.science/hal-01866616v1

Submitted on 3 Sep 2018

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.

Localisation autonome basée vision d'un robot sous-marin et cartographie de précision.

Maxime Ferrera[1,2] Julien Moras[1] Pauline Trouvé-Peloux[1] Vincent Creuze[2]

[1] ONERA - Office National d'Étude et de Recherche en Aérospatial
[2] LIRMM - Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier

Chemin de la Hunière, 91120, Palaiseau
maxime.ferrera@onera.fr

Résumé

L'utilisation de robots sous-marins pour l'archéologie sous-marine s'est fortement développée du fait de leur capacité à évoluer en eaux profondes. Ces robots servent aussi bien à cartographier les sites archéologiques qu'à la remontée d'objets. Nous nous intéressons ici aux tâches d'égo-localisation visuelle du robot et de reconstruction 3D en temps-réel afin, dans un premier temps, de simplifier le pilotage et, à terme, de proposer des fonctionnalités de navigation autonome plus ou moins importantes.

Mots Clef

Robotique sous-marine, Vision par Ordinateur, SLAM, Reconstruction 3D

1 Introduction

Les zones archéologiques sous-marines sont bien moins accessibles que leurs homologues terrestres. En effet, pour des questions de sécurité, la législation limite les plongeurs à une certaine profondeur. Afin d'étudier des épaves plus profondes, les équipes archéologiques ont recours à l'utilisation de mini sous-marins aussi appelés ROV (Remotely Operated underwater Vehicle). Lors de ces études, les besoins des archéologues sont multiples (organisation de fouilles, cartographie de ces zones afin de les analyser, récupération d'objets archéologiques, etc.). Ces robots sous-marins sont très souvent télé-opérés grâce aux informations fournies par différents capteurs (caméras, capteur de pression, capteur inertiel, sonars, etc.) mais cela ne permet pas de naviguer avec une précision suffisante pour répondre aux besoins des archéologues. De ce fait, la cartographie de plusieurs sites s'est révélée incomplète une fois les données exploitées. D'autre part, les risques de collision avec des parties d'épaves ou l'enroulement des câbles de liaisons (ombilical) sont importants et peuvent mettre en danger le robot si le pilote n'est pas suffisamment vigilant.
Nous nous intéressons ici au développement de fonctions d'assistance pour la navigation d'un robot sous-marin. Plus précisément, nous focalisons nos recherches sur les tâches d'égo-localisation visuelle précise puis de reconstruction de l'environnement en temps-réel. L'utilisation de caméras comme vecteur principal pour la localisation autonome et la reconstruction 3D s'est très fortement développée en robotique terrestre et aérienne du fait de la richesse des informations présentes dans les images. Le milieu sous-marin étant plus hostile à la vision que les milieux terrestres ou aériens, la localisation à partir du flux vidéo fourni par une caméra n'a pas été aussi densément etudiée. Nos recherches s'orienteront donc dans un premier temps sur le développement d'une solution de localisation basée vision inspirée de l'état de l'art en matière de robotique terrestre et aérienne et adaptée aux contraintes du milieu sous-marin.

2 SLAM visuel pour la localisation

La problématique de navigation autonome nécessite en premier lieu d'être capable de localiser précisément le robot dans son environnement. La solution pour répondre à cette problématique de localisation est l'emploi d'algorithmes de SLAM (Simultaneous Localisation And Mapping), une technique qui consiste à permettre à un robot de créer une carte de son environnement tout en se localisant à l'intérieur de celle-ci grâce aux informations provenant de ses capteurs.

2.1 État-de-l'art

Dans le domaine de la robotique sous-marine, la majorité des travaux sur ce genre de problématique tire principalement parti des capteurs de navigation (capteur inertiel, capteur de pression, etc.) ainsi que de sonars ou de caméras [2]. L'information fournie par des caméras apporte un intérêt en termes de localisation uniquement en cas de navigation près de zones texturées (récifs, fonds marins, épaves, etc.). De ce fait, la littérature est relativement éparse pour ce qui est des techniques de SLAM sous-marines employant des caméras [6]. Pour celles existantes, elles utilisent principalement des approches de SLAM filtré se basant sur des filtres de Kalman [1]. Toutefois, les erreurs de linéarisation introduites par l'utilisation des filtres de Kalman entraînent des dérives dans la localisation.

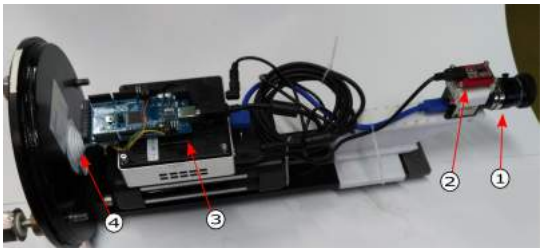

FIGURE 1 – Photo de l'intérieur du caisson étanche contenant notre charge utile. 1 : Caméra monoculaire ; 2 : IMU ; 3 : carte Arduino relié au capteur de pression ; 4 : Capteur de pression

Dans le domaine de la robotique terrestre et aérienne, l'utilisation de caméras dans les thématiques de localisation s'est très largement développée au vu de la richesse d'information qu'elles apportent. Les algorithmes de SLAM visuel, basés principalement sur le suivi de points d'intérêt dans les images provenant des caméras, ont apporté d'excellents résultats sur les problématiques de localisation précise et robuste [5]. L'une des raisons de ce succès est l'abandon des approches de SLAM filtré au profit d'approches basées sur l'optimisation de la trajectoire [7].

2.2 Travaux menés

Afin de pouvoir effectuer des premiers tests, nous avons réalisé des jeux de données en bassin au LIRMM. Nous présentons ici la charge utile utilisée (Figure 1). Notre système se compose d'une caméra monoculaire, d'une IMU et d'un capteur de pression. Les données des différents capteurs sont synchronisées sous ROS afin de pouvoir être exploitées efficacement.
Dans un permier temps, nous nous intéressons juste à l'apport de l'information visuelle pour la localisation du robot. Nous avons utilisé l'algorithme ORB-SLAM [5] sur différentes séquences vidéos. Les résultats obtenus nous encouragent à continuer vers une méthode de SLAM dite *feature-based* telle que [5] (Figure 2). En effet, malgré des difficultés d'initialisation très probablement dues à l'étroitesse du champ de vue dans notre contexte (caméra très proche du fond), le suivi des points d'intérêts de type ORB fonctionne bien et permet d'estimer les déplacements du robot.

3 Perspectives

Au vu des résultats obtenus sur ces premiers tests, nous prévoyons de nous orienter sur un algorithme de SLAM monoculaire basé sur le suivi de points d'intérêts dans les images et l'optimisation de trajectoire par ajustement de faisceaux adapté à la localisation du robot sous-marin. Notre système est également équipé d'une IMU et d'un capteur de pression contrairement aux systèmes purement monoculaires. Nous pensons donc tirer profits de ces informations complémentaires pour rendre notre système robuste aux contraintes visuelles du milieu sous-marin (turbidité, dynamisme, ombres, absorption, distorsion, etc.) et résoudre l'incertidude d'échelle inhérente aux systèmes monoculaires. Le but étant de développer par la suite un algorithme de SLAM multi-capteurs fournissant une localisation précise, même dans des conditions optiques dégradées. Les contributions suivantes porteront sur la cartographie 3D de l'environnement. Nous pensons tout d'abord proposer une reconstruction 3D simple type Octomap [3] afin de fournir une aide à la navigation. Pour la reconstruction 3D fine nous envisageons de nous inspirer du Chisel [4], méthode de modélisation 3D temps-réel utilisée par *Google Tango®*.

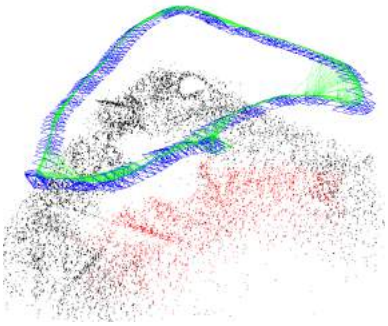

FIGURE 2 – Résultat de la localisation sur une séquence vidéo avec ORB-SLAM.

4 Conclusion

A travers ce court article nous avons présenté nos travaux préliminaires sur la localisation autonome d'un robot sous-marin basée vision. Nous avons pu mettre en évidence le potentiel des méthodes de SLAM visuel monoculaire de l'état de l'art en robotique aérienne sur notre application sous-marine. Nous avons également rapidement décrit les contributions que nous envisageons de proposer par la suite dans ce contexte d'archéologie sous-marine robotisée.

Références

[1] A. Burguera, F. Bonin-Font, and G. Oliver. Trajectory-based visual localization in underwater surveying missions. *Sensors (Switzerland)*, 15(1) :1708–1735, 2015.

[2] R. M. Eustice, O. Pizarro, and H. Singh. Visually augmented navigation for autonomous underwater vehicles. *IEEE J. Ocean. Eng.*, 33(2) :103–122, 2008.

[3] A. Hornung, K. M. Wurm, M. Bennewitz, C. Stachniss, and W. Burgard. OctoMap : An efficient probabilistic 3D mapping framework based on octrees. *Autonomous Robots*, 2013.

[4] M. Klingensmith, I. Dryanovski, S. S. Srinivasa, and J. Xiao. CHISEL : Real Time Large Scale 3D Reconstruction Onboard a Mobile Device using Spatially-Hashed Signed Distance Fields. *Robot. Sci. Syst.*, pages 0–8, 2015.

[5] R. Mur-Artal, J. M. M. Montiel, and J. D. Tardos. ORB-SLAM : A Versatile and Accurate Monocular SLAM System. *IEEE Trans. Robot.*, 31(5) :1147–1163, 2015.

[6] L. Paull, S. Saeedi, M. Seto, and H. Li. AUV navigation and localization : A review. *IEEE J. Ocean. Eng.*, 39(1) :131–149, 2014.

[7] H. Strasdat, J. Montiel, and A. J. Davison. Visual SLAM : Why filter ? *Image Vis. Comput.*, 30(2) :65–77, 2012.