

Sujet de stage: Multi-robot navigation and control for acoustic inspection of metal plate structures.

Supervision: Olivier Simonin (INSA Lyon CITI lab.) – Cédric Pradalier (CNRS IRL2958 GT-CNRS)

Ce projet prendra place au sein du projet européen BugWright2 coordonné par C. Pradalier avec la participation de l'équipe de O. Simonin. BugWright2 est un projet intégrant de nombreux partenaires pour traiter la problématique de l'inspection de grandes structures métalliques avec des flottes hétérogènes de robots mobiles. Dans ce contexte, ce stage s'intéressera au développement de stratégies de navigation pour un ensemble de robots mobiles utilisant des ondes ultrasoniques guidées pour réaliser l'inspection de plaques métalliques.

Les ondes guidées ont la particularité de se propager le long d'une plaque en interagissant avec la matière qui la compose et en étant affectée par des changements de géométrie liés, en particulier, à la corrosion [1]. En combinant des mesures faites entre un système émetteur et un système receveur distant, on peut donc réaliser une tomographie de la zone à inspecter et potentiellement identifier et localiser des points de corrosion [4,5,6,7]. Ceci demande toutefois de connaître précisément la position de l'émetteur et du récepteur ainsi que de synchroniser les horloges des deux entités.

En supposant les deux problèmes ci-dessus résolu par ailleurs dans le projet BugWright2 [2,3], l'objectif du stage est de définir des stratégies de navigation multi-robot pour optimiser l'acquisition de données permettant de réaliser cette tomographie. Plusieurs solutions pourront être considérées en allant des stratégies basiques avec un robot statique et un autre mobile jusqu'à des stratégies réactives capables d'adapter leur navigation aux données déjà collectées (par exemple en s'inspirant de [8,9]).

Le travail commencera par une phase de recherche bibliographique. L'implémentation des différentes méthodes se fera d'abord dans un environnement de simulation simulant d'une part la mobilité des agents robotiques et d'autre part la mesure entre agent. Un déploiement sur différents robots sera ensuite envisagé en fonction des résultats.

En pratique, le stage sera hébergé au sein de l'INSA Lyon, et supervisé par l'équipe de O. Simonin qui fournira en particulier l'expertise sur les environnements de simulations robotiques. L'expertise sur la mesure acoustique et sa simulation, ainsi que le travail avec des robots capables de faire ces mesures sera réalisé à l'IRL2958 GT-CNRS à Metz. Le laboratoire prendra en charge les déplacements de l'étudiant dans le cadre de ces phases expérimentales.

Références :

1. Ouabi, O; Pomarede, P.; Declercq, N. F.; Zeghidour, N.; Geist, M. & Pradalier, C. (2022). Learning the propagation properties of rectangular metal plates for Lamb wave-based mapping. *Ultrasonics*, 106705.
2. Ouabi, O.; Pomarede, P.; Geist M.; Declercq NF; Pradalier, C. (2021) A FastSLAM Approach Integrating Beamforming Maps for Ultrasound-based Robotic Inspection of Metal Structures. *IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L)*. Volume 6, Issue 2, p.2908-2913.

3. Ouabi O., Ridani A., Pomarede P., Declercq N., Zeghidour N., Geist M., Pradalier C. Combined Grid and Feature-based Mapping of Metal Structures with Ultrasonic Guided Waves. International Conference on Robotics and Automation, Philadelphia, USA, 2022.
4. M. F. Haider, "Experimental Investigation of Impact Localization in Composite Plate Using Newly Developed Imaging Method," *Inventions* 2018, pp. 3-59, 2018.
5. W. Li, "Combination of nonlinear ultrasonics and guided wave tomography for imaging the micro-defects," *Ultrasonics*, vol. 65, pp. 87-95, 2016.
6. H. P, "High-resolution guided wave tomography,," *Wave Motion*, vol. 93, pp. 50-979, 2013.
7. H. J, "Guided wave tomography based on least-squares reversion time," *Struct Health Monit*, 2019.
8. A. Bautin, O. Simonin, F. Charpillet, "MinPos : a Novel Frontier Allocation Algorithm for Multi-robot Exploration", In proceedings IEEE ICIRA'2012 Part II, LNAI 7507, pp 496-508 Springer's Lecture Notes in Artificial Intelligence, 2012.
9. X. Dai, L. Jiang and D. Li, Integrating planned and reactive behaviors for exploration coordination of multi-robot systems, *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering* 18(1):1-10, DOI: 10.3233/JCM-180787, 2018.