

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DTIS-2024-41**

(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Toulouse ou Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DTIS/COVNI ou DTIS/S2AD

Tél. : 01 80 38 66 12

Responsable(s) du stage :

Sylvain Bertrand

Alex Dos Reis

Hélène Piet-Lahanier

Email :

sylvain.bertrand@onera.fr

alex.dos_reis_de_souza@onera.fr

helene.piet-lahanier@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Identification et Commande des Systèmes ; Robotique et Autonomie

Type de stage : Fin d'études bac+5 Master 2 Bac+2 à bac+4 Autres**Intitulé : Commande prédictive distribuée et apprentissage pour une flotte de robots sous contraintes de partitionnement**

Sujet : Pour différentes missions robotiques, telles que l'exploration, la recherche de victimes ou le transport d'équipement, il est nécessaire de disposer de lois de commande permettant de contrôler le déplacement d'une flotte de robots. Il existe dans la littérature de nombreux algorithmes de commande distribués pour le déplacement de systèmes multi-robots [1-3]. La plupart du temps, ces algorithmes cherchent à imposer une structure prédéfinie au groupe (formation). La rigidité en résultant peut s'avérer pénalisante en situation réelle, notamment pour des missions dans des environnements encombrés, avec obstacles. On peut alors plutôt chercher à définir des lois de commande distribuées permettant aux robots de se déplacer de manière groupée tout en autorisant une certaine flexibilité dans leurs positionnements relatifs.

De telles lois de commande ont été développées au département DTIS de l'ONERA et validées expérimentalement [4,5]. Elles reposent sur la définition d'une partition de l'espace sous forme de diagramme de Voronoi, chaque véhicule devant évoluer au sein d'une cellule de cette partition. Ce partitionnement, recalculé à chaque instant en fonction de la position des véhicules, permet en pratique d'assurer la sécurité du déplacement (non recouvrement des espaces d'évolution).

Des lois de commande prédictive distribuées ont été développées afin de calculer la consigne à suivre par chaque véhicule au sein de sa cellule ainsi que la commande associée. Ces travaux ont été faits sous certaines hypothèses simplificatrices utilisées pour prédire le comportement des autres véhicules de la flotte lors du calcul de la commande et régler les différents paramètres de la loi de commande.

L'objectif de ce stage est de poursuivre ces développements, en considérant plus particulièrement les apports possibles de l'apprentissage pour ces deux aspects : apprentissage d'un réglage des paramètres de la loi de commande et apprentissage d'un modèle de prédiction de l'évolution du partitionnement. Pour ce faire, on pourra se baser sur des travaux récents considérant les synergies possibles entre commande prédictive et apprentissage automatique [6-8].

Le travail consistera dans un premier temps à compléter un état de l'art sur ces approches, en regard du problème considéré. Une deuxième étape consistera en la prise en main des algorithmes déjà développés avant d'en proposer des extensions pouvant répondre aux problématiques visées et mentionnées ci-dessus. La validation des travaux se fera dans un premier temps en simulation (langage Python) puis en expérimentation sur plateformes réelles (robots mobiles).

Références :

[1] K. K. Oh, M. C. Park, H. S. Ahn, "A Survey of Multi-Agent Formation Control", in Automatica, vol. 53, 2015.

- [2] J. Cortes, M. Egerstedt, « Coordinated Control of Multi-Robot Systems: a Survey », in Journal of Control, Measurement, and System Integration, vol.10, no.6, 2017.
- [3] S. J. Chung, A. A. Paranjape, P. Dames, S. Shen, V. Kumar, "A Survey on Aerial Swarm Robotics", in IEEE Transactions on Robotics, vol. 34, no. 4, 2018.
- [4] S. Bertrand, I. Sarras, A. Eudes, J. Marzat, "Voronoi-based geometric Distributed Fleet Control of a Multi-Robot System", 16th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, 2020.
- [5] S. Bertrand, A. Eudes, J. Marzat, I. Sarras, "Safe Distributed Control for Human-Multi-Robot Swarming using Voronoi Partitioning", Human-Multi-Robot Systems: Challenges for Real World Application Workshop at the 2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Kyoto, Japan, 2022.
- [6] C. J. Ostafew, A. P. Schoellig, T. D. Barfoot, "Robust Constrained Learning-based NMPC enabling reliable mobile robot path tracking", International Journal of Robotics Research, vol. 35(13) 1547–1563, 2016.
- [7] H. N. Esfahani, A. B. K., S. Gros, "Reinforcement learning based on MPC/MHE for unmodeled and partially observable dynamics", American Control Conference, 2021.
- [8] M. Pfefferkron, P. Holzmann, J. Matschek, R. Findeisen, "Safe Corridor Learning for Model Predictive Path Following Control", IFAC PapersOnLine, vol. 55, no.30, pp. 79-84, 2022.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? **Non**

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : **Oui**

Durée du stage : Minimum : 4 mois Maximum : 6 mois

Période souhaitée : Janvier - Septembre 2024

PROFIL DU STAGIAIRE

<p>Connaissances et niveau requis :</p> <p>Connaissances et niveau requis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - bonnes connaissances en automatique (lois de commande) - bonnes connaissances en machine learning / apprentissage (apprentissage supervisé, réseaux de neurones, apprentissage par renforcement) - bon niveau d'anglais (lecture, rédaction) - langage Python - des connaissances dans un ou plusieurs des domaines suivants sont un plus : optimisation, ROS, commande prédictive, systèmes multi-agents, expérimentations avec robots mobiles. 	<p>Ecoles ou établissements souhaités :</p> <p>Ecole d'ingénieurs ou M2 avec spécialisation automatique, machine learning et/ou robotique</p>
--	---