Proposition de contrat post-doctoral

Conception d'une loi de commande de type MPC pour le guidage collaboratif.

Février 2025

Présentation du sujet

L'approche MPC est une méthode avancée de l'automatique utilisée pour contrôler un processus, tout en satisfaisant un ensemble de contraintes connues, et ainsi optimiser le système à l'instant courant tout en prédisant son comportement sur un horizon futur [1]. Si l'état de l'art présente de multiples applications de contrôleurs dans le domaine de l'automatique au sens large, le MPC est de plus en plus étudié comme contrôleur pour gérer une flotte de véhicules, son principal avantage étant que les contraintes spécifiées dans le cahier des charges sont explicitement utilisées pour résoudre le problème d'optimisation interne.

Ainsi, plusieurs cas d'application intéressants, utilisant une telle approche, sont à noter :

- Des drones sous-marins respectant une consigne de trajectoire tout en suivant une formation prédéterminée [2].
- Une formation de quadrotors évitant des obstacles et cherchant à rejoindre une destination en respectant un temps de parcours et les contraintes dynamiques des véhicules [3][4].

Les travaux de Zhou et al. [5] ainsi que ceux de Bertrand et al. [6] se rapprochent davantage des besoins identifiés pour notre étude :

— Utilisation d'aéronefs autonomes UAV,
— Respect d'une formation,
— Gestion de l'anticollision inter-agent,
— Suivi d'une trajectoire.

Les résultats tendent à démontrer que ces contrôleurs sont résilients aux obstacles [5] ou à des couloirs d'étranglement où la formation doit passer [6]. L'ensemble de ces études reste toutefois limité (lois de contrôle simplifiées, évolution dans le plan-dimension 2, pas d'étude avec des drones à voilure fixe dans les domaines Mach/altitude d'intérêt, environnements de simulation peu réalistes, etc.), d'où l'intérêt de notre projet.

Encadrement

Les encadrants seront :
— Joël Bordeneuve-Guibé, ISAE-SUPAERO
— Jean-Baptiste Chaudron, ISAE-SUPAERO

Compétences attendues

Le candidat ou la candidate devra posséder un doctorat dans le domaine de l'automatique. Des compétences en commande des systèmes multi-entrées multi-sorties et en commande adaptative seront appréciées.

Début du contrat

Ce travail post-doctoral doit démarrer au premier semestre 2025.

Références

[1] J. Ji, A. Khajepour, W. W. Melek and Y. Huang. **Path Planning and Tracking for Vehicle Collision Avoidance Based on Model Predictive Control With Multiconstraints**. In IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 66, no. 2, pp. 952-964, Feb. 2017

[2] Lyapunov-based MPC. H. Wei, C. Shen and Y. Shi. **Distributed Lyapunov-Based Model Predictive Formation Tracking Control for Autonomous Underwater Vehicles Subject to Disturbances**. In IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics : Systems, vol. 51, no. 8, pp. 5198-5208, Aug. 2021, doi : 10.1109/TSMC.2019.2946127.

[3] C. E. Luis, M. Vukosavljev and A. P. Schoellig. **Online Trajectory Generation With Distributed Model Predictive Control for Multi-Robot Motion Planning**. In IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 5, no. 2, pp. 604-611, April 2020, doi : 10.1109/LRA.2020.2964159.

[4] C. E. Luis and A. P. Schoellig. **Trajectory Generation for Multiagent Point-To-Point Transitions via Distributed Model Predictive Control**. In IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 4, no. 2, pp. 375-382, April 2019, doi : 10.1109/LRA.2018.2890572.

[5] Zhou Chao, Shao-Lei Zhou, Lei Ming, Wen-Guang Zhang. **UAV Formation Flight Based on Nonlinear Model Predictive Control**. In Mathematical Problems in Engineering, vol. 2012, Article ID 261367, 15 pages, 2012. doi : 10.1155/2012/261367.

[6] S. Bertrand, J. Marzat, H. Piet-Lahanier, A. Kahn, Y. Rochefort. **MPC Strategies for Cooperative Guidance of Autonomous Vehicles**. In Aerospace Lab, 2014, 8, pp.1-18. doi : 10.12762/2014.AL08-11.