

Contrôle prédictif sur robots commandés en couple: résultats expérimentaux

Ewen Dantec^{1,2}, Sébastien Kleff^{1,3}

Abstract—Le contrôle prédictif (MPC) semble pouvoir doter les robots de suffisamment de réactivité pour effectuer des tâches complexes en environnement dynamique grâce à la replanification fréquente des mouvements basée sur un retour d'état mesuré. Malgré son attrait, il a rarement été déployé en pratique, notamment en raison de temps de calculs trop importants. Nous présentons les premiers résultats expérimentaux de contrôleurs prédictifs sur robots commandés en couple.

Un premier travail [1] présente la première implémentation réelle de contrôle prédictif non linéaire en boucle fermée sur un robot à 7 degrés de liberté commandé en couple. Notre contrôleur s'appuie sur un algorithme à l'état de l'art de commande optimale, la programmation dynamique différentielle (DDP), afin de replanifier les trajectoires d'état et de contrôle en temps réel (1 kHz). En plus de cette preuve de concept expérimentale, une analyse exhaustive des performances montre que le contrôleur proposé surpasse le MPC en boucle ouverte sur une tâche cyclique et rapide de l'organe terminal. Nous montrons également l'importance de l'horizon et de l'utilisation de la dynamique complète du robot grâce à des comparaisons avec la dynamique inverse et l'optimisation cinématique.

Un second travail [2] présente la première implémentation réelle d'un contrôleur prédictif corps complet avec retour d'état sur un robot humanoïde commandé en couple. Les expériences menées démontrent que notre contrôleur est capable de réaliser des tâches de suivi de cible tout en assurant l'équilibre du robot, et qu'il peut également gérer l'évitement de collisions avec un obstacle extérieur. Notre architecture se base sur trois éléments essentiels: en premier lieu, le problème de contrôle optimal à horizon glissant est résolu avec la librairie Crocodyl qui implémente une méthode de Differential Dynamics Programming (DDP) et permet de produire une trajectoire optimale pour l'état et le contrôle en moins de 10 ms. Ensuite, le problème est initialisé à partir d'une trajectoire fournie par une mémoire du mouvement construite hors ligne dans le but de contourner la sensibilité de l'algorithme DDP aux conditions initiales. Enfin, le contrôle optimal calculé par le DDP est exécuté par un contrôleur bas

niveau qui implémente un retour de force à haute fréquence. Les expériences ont été conduites sur le robot humanoïde Talos de Pal Robotics et ont permis de confirmer la pertinence de la méthode employée

REFERENCES

- [1] Kleff, S., Meduri, A., Budhiraja, R., Mansard, N., & Righetti, L. (2020). High-Frequency Nonlinear Model Predictive Control of a Manipulator. ICRA 2021
- [2] Dantec, E., Budhiraja, R., Roig, A., Lembono, T., Saurel, G., Stasse, O., Fernbach P., Tonneau S., Vijayakumar S., Calinon S., Taix M., & Mansard, N. (2020). Whole Body Model Predictive Control with a Memory of Motion: Experiments on a Torque-Controlled Talos. ICRA 2021

¹LAAS-CNRS, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France

²Artificial and Natural Intelligence Toulouse Institute, France

³Tandon School of Engineering, New York University, Brooklyn, NY

This work is supported by the European project MEMMO (GA-780684) and the FLAG-ERA JTC 2016 RobCom++ project.

This work was in part supported by the European Union's Horizon 2020 research and innovation program (grant agreement 780684 and European Research Councils grant 637935) and the National Science Foundation (grants 1825993, 1932187, 1925079 and 2026479).