

Commande et planification de mouvements d'un cariste autonome en environnement partagé avec des humains

Nature du poste : Thèse

Directeur de thèse : David Filliat (ENSTA ParisTech)

Co-encadrant CEA : Eric Lucet

Le Laboratoire de Robotique Interactive du CEA travaille à une interaction optimale dans un environnement où coexistent Hommes et Robots Mobiles. C'est dans ce contexte qu'il s'agit de définir un projet de recherche pertinent et ambitieux, au regard de l'état de l'existant et du savoir-faire du laboratoire, développé notamment lors de projets industriels de transitique (Tecsup – Docking de camions de transport de containers sur ports maritimes), et de projets de recherche européens en robotique mobile pour le milieu médical (projet IRIMI – Imageur Robotisé pour les Interventions Mini-Invasives) ou en domotique (projets Armen et Midas – robot mobile assistant, pour le maintien de personnes âgées à domicile). L'Unité Informatique et Ingénierie de Systèmes de l'ENSTA ParisTech apportera quant à elle ses compétences en terme de navigation, perception et modélisation sémantique de l'environnement.

Contexte

Actuellement, les normes imposent des contraintes fortes sur la mobilité des véhicules autonomes à proximité d'opérateurs humains, notamment en termes de vitesse de déplacement. Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche appliquée ayant pour but d'automatiser un véhicule destiné à l'approvisionnement efficace de chaîne de montage, tout en garantissant la sûreté des personnes et des biens.

Le projet de recherche proposé concerne l'évolution autonome à forte dynamique d'un robot mobile en présence d'obstacles statiques (murs, rayonnages, caisses entreposées...) et d'obstacles dynamiques tels que des humains et d'autres caristes. L'objectif est de partager l'espace de travail entre robot(s) mobile(s) et humain(s) en réalisant une planification et une commande performantes et sécurisées des mouvements du robot.

Il s'agit donc de réaliser des opérations de perception par des moyens embarqués ou externes pour analyser l'activité humaine et prédire leurs mouvements futurs, ainsi que d'établir des méthodes permettant de modifier en temps réel la trajectoire planifiée.

Axes de recherche

Une architecture de commande de type PRDC (= Perception, Représentation, Décision et Contrôle, dont un exemple est présenté dans [1]) sera proposée en se basant sur une représentation topologique sémantique de l'environnement.

Les méthodes de décision et contrôle nécessitent de tenir compte de multiples contraintes et, en particulier : des contraintes cinématiques et dynamiques liées à l'architecture de la plateforme mobile pilotée et de la charge transportée, des contraintes liées à la géométrie et aux éléments fixes et mobiles connus de l'environnement, et des contraintes liées aux incertitudes quant aux éléments (fixes ou mobiles) pouvant se trouver potentiellement dans l'environnement (régions non couvertes par des capteurs, ou défaut de détection des capteurs).

Une plate-forme mobile est un système dont la capacité à changer d'état, la capacité à soutenir des efforts et dont l'énergie disponible, sont limitées. Des contraintes s'imposent donc, limitant les transitions entre deux configurations. Ce problème est désigné sous le terme de « kinodynamic planning » [2]. Ainsi, la prise en compte de contraintes cinématiques et dynamiques du véhicule réel, telles que le respect de limites sur la vitesse et sur l'accélération, sera nécessaire afin que la séquence de déplacements générée soit réalisable par le système [3].

Pour la partie Représentation, une carte topologique augmentée d'informations sémantiques (sur le type d'objets notamment) sera développée. Un module spécifique à une différenciation des éléments dynamiques (e.g. piétons) sera une perspective importante de ces travaux. Il s'agira ainsi de définir une sémantique « qualitative / quantitative » en fonction de modèles de comportements dynamiques du véhicule et de l'environnement, dont les personnes, comme par exemple celui proposé dans [4] ou [5]. Cette différenciation doit permettre la localisation de la plate-forme par rapport aux éléments immobiles et un contrôle adapté aux éléments mobiles avoisinants. Ainsi, il sera envisageable d'aborder une approche définissant les risques de collision en fonction d'un modèle du mouvement de la plate-forme et des éventuels obstacles. Pour des travaux tels que le calcul de probabilité de présence d'un obstacle dynamique en provenance d'une zone occultée (par exemple à une intersection), des méthodes basées sur les processus de Markov [6], sont des pistes à envisager.

A partir de ces modèles d'environnement, et avec un modèle cinématique mis à jour en temps réel, plus fin, du véhicule et des obstacles mobiles, il sera envisageable d'augmenter la sécurité et d'atteindre des vitesses plus importantes.

Une plateforme de simulation physique pourra servir de premier support de validation. Les travaux seront ensuite implémentés et testés sur base mobile instrumentée.

Des perspectives, telles que l'intégration d'un bras manipulateur ou une collaboration Homme-Robot poussée, sont envisagées, à terme.

Profil du candidat

- Être titulaire d'un Master 2 en automatique ou équivalent ;
- Connaissances en modélisation, commande, planification, véhicule électrique ;
- Connaissances solides en programmation informatique ;
- Maîtrise des langues française et anglaise.

Références

- [1] G. Lozenguez, "Stratégie coopérative pour la mise en œuvre d'une flotte de robots mobiles dans un milieu ouvert et encombré," in PhD Thesis. Dec., 2012.
- [2] B. Donald, P. Xavier and J. Reif, "Kinodynamic Motion Planning," in Journal of the ACM (JACM), Volume 40 Issue 5, Nov. 1993, pp 1048-1066.
- [3] E. Frazzoli, M.A. Dahleh, E. Feron, "Real-time motion planning for agile autonomous vehicles," AIAA Journal of Guidance, Control, and Dynamics 25 (1), 116-129, 2002.
- [4] M. Bennewitz, W. Burgard, G. Cielniak, and S. Thrun, "Learning motion patterns of people for compliant motion," Int. J. Robot. Res., vol. 24, no. 1, pp. 31–48, 2005.
- [5] Guillaume Duceux, David Filliat Unsupervised and online non-stationary obstacle discovery and modeling using a laser range finder IROS 2014, Sep 2014,
- [6] Q. Li, L. Wei, and S. Ma, "The model analysis of vehicles situation and distribution in intersections based on Markov process," in Proc. IEEE Intelligent Transportation Systems, 2003, vol. 2, pp. 1076-1080.