
Titre : Navigation Collaborative de Robots Mobiles Autonomes en Environnements Dynamiques et Connectés.

Mot clés : Évitement d'Obstacles Dynamiques, Contrôle Prédicatif Non Linéaire Basé Modèle, Navigation Collaborative, Métriques de Risque, Planification de trajectoire, Contrôle Robuste

Résumé : Cette thèse explore l'intégration des incertitudes de détection et de localisation dans un système de contrôle prédictif, avec pour objectif d'assurer une navigation robuste d'un véhicule dans un environnement dynamique et connecté. Un contrôle prédictif basé sur un modèle non-linéaire (NMPC) se prête particulièrement bien à un déploiement en temps réel, car il permet de prendre en compte à la fois le modèle non linéaire du véhicule contrôlé et l'intégration explicite de contraintes non linéaires d'évitement d'obstacles.

Ce travail s'intéresse à la formulation de ces contraintes, en analysant des approches géométriques et basées sur des métriques de risque. En particulier, la métrique du temps à collision (TTC, pour *Time To Collision*) permet d'intégrer la cinématique des véhicules tout en four-

nissant une mesure intuitive du risque. Un contrôleur NMPC pour suivi de chemin a ainsi été développé, intégrant les incertitudes de détection des obstacles, statiques et dynamiques, et de localisation dans les contraintes de non-collision. Son efficacité a été validée au cours de tests en simulation et sur systèmes réels en environnements contrôlés. Enfin, l'approche proposée a été évaluée dans un scénario d'inspection avec drones aériens, en situation de perte de localisation GNSS, et dans le cas d'une localisation collaborative exploitant les inter-distances entre robots. Les résultats, en simulation et sur systèmes réels, montrent la valeur ajoutée d'une localisation précise et de la communication pour garantir un comportement sûr du véhicule lors de la navigation.

Title: Collaborative Navigation of Autonomous Mobile Robots in Dynamic and Connected Environments.

Keywords: Dynamic Obstacles Avoidance, Non-Linear Model Predictive Control, Collaborative Navigation, Risk Metrics, Trajectory Planning, Robust Control

Abstract: This thesis explores the integration of detection and localization uncertainties into a predictive control system, with the aim of ensuring robust vehicle navigation in a dynamic and connected environment. A controller based on Nonlinear Model Predictive Control (NMPC) is particularly well suited for real-time deployment, as it allows for both the nonlinear model of the controlled vehicle and the explicit integration of nonlinear obstacle avoidance constraints to be taken into account.

This work focuses on the formulation of these constraints, analysing geometric and risk metric-based approaches. In particular, the Time-To-

Collision (TTC) metric allows the kinematics of vehicles to be integrated while providing an intuitive measure of risk. An NMPC controller designed to solve a trajectory tracking problem in the presence of static and dynamic obstacles, was developed, integrating the uncertainties of obstacle detection and localization into the collision avoidance constraints. Its effectiveness was validated through simulation tests and on real systems in controlled environments. Finally, the proposed approach was evaluated in an inspection scenario using aerial drones, in a situation where GNSS location was