

Titre de la thèse/Thesis title : Développement de nouvelles stratégies de commande robustes pour assurer une navigation sûre d'un véhicule autonome/ Development of a novel robust control strategies for safe navigation of autonomous vehicle

Laboratoire d'accueil / Host Laboratory : Le laboratoire de recherche DRIVE Département de Recherche en Ingénierie des Véhicules pour l'Environnement.

Spécialité du doctorat préparé/Speciality : Automatique-Robotique/Control-Robotic

Mots-clefs / Keywords : Véhicule autonome, commande robuste, estimation, planification de trajectoire, perception/Autonomous vehicle, robust control, estimation, path planning, perception

Descriptif détaillé de la thèse / Job description

Contexte Général-Problématique

Le véhicule autonome jouit aujourd'hui d'un fort traitement médiatique. Il s'agit d'un véhicule à mesure de décision et d'action apte d'effectuer des tâches ou une mission qui lui sont déléguées sans intervention d'un conducteur humain ou bien avec des interventions minimales, et ce sur des routes ouvertes à la circulation publique. Au-delà de cet attrait technologique et médiatique, on peut cependant mettre en exergue les réponses qu'il peut apporter aux attentes sociétales, environnementale et économique : sécurité routière, confort de conduite, amélioration du trafic, mobilité intelligente et accessible (optimisation des temps de trajet, meilleure exploitation de l'infrastructure routière et plus grande fluidité du trafic, etc.).

Il convient, d'indiquer que le futur se doit, dès à présent, d'être préparé à l'arrivée du véhicule autonome sur nos routes. Ce dernier sera amené à évoluer dans un environnement urbain (centre-ville, etc.), en milieu encombré, en milieu rural et donc partagé avec d'autres usages usagers (autres véhicules, piétons, vélos, EDP, etc.). Il reste désormais beaucoup à apprendre du véhicule autonome mais aussi des interactions avec l'infrastructure et les autres usagers.

Ce projet de thèse, s'inscrit dans le cadre de la stratégie de recherche menée au sein du laboratoire DRIVE, équipe SIC (Systèmes Intelligents et Connectés) dans un contexte de la mobilité intelligente et sûre et il s'appuie sur la recherche appliquée. Les travaux de recherche seront soutenus par des moyens expérimentaux dont dispose l'équipe SIC en l'occurrence le véhicule Autonome KONA et le SIMulateur Véhicule Autonome (SIMVA).

Sujet proposé

La démarche de recherche s'efforce de tenir compte de l'interaction entre ces trois composantes aussi bien dans les étapes de perception que dans les étapes de planification et du contrôle. Avant de poursuivre, il est sans doute nécessaire de rappeler ici ce qu'est une perception : elle consiste à caractériser en temps réel ce qui ne peut pas être enregistré dans la carte (autres usagers comme des cyclistes ou des véhicules, l'état de la signalisation à message variable, etc.).

L'objectif étant, le véhicule devra rester sur le chemin planifié et doit prendre toutes les précautions requises s'il doit changer de chemin planifié lors d'un dépassement ou d'un évitement d'obstacle ou de collision [1]. Cette fonction ne pourra être pleinement réalisée qu'à travers une fusion de données issues de ses divers capteurs. Néanmoins, cette synergie est imperfectible et surjetée à des erreurs pouvant ainsi détériorer les performances des lois de commande [2],[3],[4].

Dans ce contexte, les travaux de thèse ont pour objectif d'assurer une navigation fiable et sûre du véhicule autonome. Pour cela, il est indispensable de mettre en œuvre des approches de lois de commande robustes et performantes vis-à-vis de ces erreurs. Une piste qui semble plus prometteuse consiste à formuler le problème sous forme d'optimisation en utilisant les fonction barrières [5] dans les contrôleurs de bas niveau. La validation sur la plateforme dynamique SIMVA des résultats théoriques établis. Ce simulateur offrant une reproductibilité des situations de trafic réelle via une représentation virtuelle de l'environnement sûr et réaliste du véhicule et son comportement dynamique via des modèles mathématiques.

En outre, ces résultats des développements théoriques feront également l'objet d'une validation expérimentale à l'aide du démonstrateur KONA sur différents scénarios de conduite que ça soit en milieu urbain qu'en milieu rural.

Motivations and general objectives

The autonomous vehicle is currently receiving a lot of media attention. It is a vehicle with the ability to make decisions and act, capable of carrying out tasks or missions that are delegated to it without the intervention of a human or with minimal intervention, and this on roads open to public traffic. Beyond this technological and media appeal, we can however highlight the answers that it can bring to societal, environmental and economic expectations: road safety, driving comfort, traffic improvement, intelligent and accessible mobility (optimization of travel times, better exploitation of road infrastructure and greater traffic fluidity, etc.).

It should be noted that the future must be prepared for the arrival of autonomous vehicles on our roads. The latter will have to evolve in an urban environment (city center, etc.), in congested areas, in rural areas and therefore shared with other users (other vehicles, pedestrians, bicycles, etc.). There is still a lot to learn from the autonomous vehicle but also from the interactions with the infrastructure and other users.

This thesis topic is part of the research strategy of the DRIVE laboratory, SIC team (Intelligent and Connected Systems) in the context of intelligent and safe mobility and is based on applied research. The research work will be supported by experimental means available to the SIC team, namely the Autonomous Vehicle KONA and the Autonomous Vehicle SIMulator (SIMVA).

Proposed topic

The research approach tries to consider the interaction between these three components in the perception layer as well as in the planning and control layers. Before proceeding, it is probably necessary to underline here what perception is: it consists in characterizing in real time what cannot be recorded in the map (other users such as cyclists or vehicles, the state of the variable message sign, etc.).

The objective being that the vehicle will have to stay on the planned path and must take all the necessary precautions if it has to change the planned path when overtaking or avoiding an obstacle or collision [1]. This function can only be fully realized through a fusion of data from its various sensors. Nevertheless, this synergy is imperfect and prone to errors that can deteriorate the performance of control laws [2],[3],[4].

In this context, the purpose of the work is to ensure a reliable and safe navigation of the autonomous vehicle. For this aim, it is essential to implement robust and efficient control law approaches with respect to these errors. A more promising approach is to formulate the problem in the form of optimization using barrier functions [5] in low-level controllers. The validation of the theoretical results on the dynamic platform SIMVA. This simulator offers a reproducibility of real traffic situations via a virtual representation of the safe and realistic environment of the vehicle and its dynamic behavior via mathematical models.

In addition, these results of theoretical developments will be validated by experiments using the KONA demonstrator on different driving scenarios in both urban and rural environments.

Références bibliographiques / Bibliography

[1] S. Hima, S. Glaser, A. Chaibet and B. Vanholme, "Controller design for trajectory tracking of autonomous passenger vehicles," 2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2011, pp. 1459-1464, doi: 10.1109/ITSC.2011.6083126.

[2] M.Boukhari, A.Chaibet, M.Boukhniher and S.Glaser, "Two longitudinal fault tolerant control architectures for an autonomous vehicle", Transaction of IMACS on Mathematics and Computers in Simulation, Vol. 156, pp.236-253, 2019.

[3] M.Boukhari, A.Chaibet, M.Boukhniher and S.Glaser, "Voting Algorithm Approach for Autonomous Vehicle Safe Driving", 19th IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT 2018), Lyon, France, February 19-22, 2018.

[4] M.Boukhari, A.Chaibet, M.Boukhniher and S.Glaser, "Fault-Tolerant Control for Lipschitz Nonlinear Systems: Vehicle Inter-Distance Control Application", The 20th World Congress of the International Federation of Automatic Control, 9-14 July 2017, (IFAC 2017).

[5] Lagrouche.S, Harmouche.M, Chitour.Y, Obeid.H, and Fridman.L, "Barrier function-based adaptive higher order sliding mode controllers", Automatica, Volume 123, 2021.

Profil demandé / Applicant profile

- Fortes connaissances en automatique/robotique sont requises
- Maitrise de Matlab/Simulink est très souhaitable
- Connaissances en programmation c/c++ ou python sont appréciées.
- Graduated or graduating in relevant disciplines (automatic control/mechanical engineering)
- Solid background and/or research experiences in automatic control
- Good master of Matlab/Simulink and Knowledge of c/c++ or python programming are appreciated.

Preferred selection criteria:

- Good Level in English/ Bon niveau d'anglais exigé
- Have a strong taste for experimentation/ Avoir un goût prononcé pour l'expérimental

Personal characteristics:

- Ability to show initiative and autonomy/ Savoir faire preuve d'esprit d'initiative et d'autonomie

Financement : MESRI Etablissement

Dossier à envoyer pour le **15/05/2022**

Début du contrat : 1^{er} Octobre 2022

Salaire mensuel brut : 1975€

Direction de la thèse:/ Thesis Supervisor

Ahmed CHAIBET / ahmed.chaibet@u-bourgogne.fr

**Encadrement de la thèse : co-directeur(s) et co-encadrant(s)
KRIBECHE ALI / Qualité durant la thèse (co-encadrant)**

Applicants are invited to submit their application to the PhD supervisors.

Application must contain the following documents:

- CV
- Cover letter
- At least 1 reference letter