



CIAD
Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées



utbm
université de technologie
Belfort-Montbéliard



UBFC
UNIVERSITÉ
BOURGOGNE FRANCHE-COMTE

SPIM

école doctorale **sciences pour l'ingénieur et microtechniques**

Titre de la thèse : Véhicule connecté et autonome socialement intelligent :
L'apprentissage par renforcement profond pour une intersection coopérative sûre et efficace.

Laboratoire d'accueil : Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées (CIAD) –
<http://www.ciad-lab.fr>

Spécialité du doctorat préparé : Informatique

Mots-clefs : Véhicule connecté et autonome, apprentissage par renforcement profond, robots socialement intelligents

Descriptif détaillé de la thèse :

La gestion des intersections est au cœur des études visant à améliorer les conditions de circulation. Dans la moitié du siècle dernier, les feux de signalisation ont contribué de manière significative à l'augmentation du trafic en termes de débit et de vitesse par l'affectation temporelle de l'espace de l'intersection aux flux conflictuels. Conçus à l'origine pour améliorer la sécurité, ils ont bénéficié de plusieurs avancées théoriques et technologiques pour améliorer les performances du trafic. Cependant, les feux de signalisation n'utilisent pas pleinement le potentiel des Véhicules Autonomes Connectés (VAC). Plus précisément, les VAC introduisent les nouveautés suivantes :

- Formation de séquences de passage : Les véhicules autonomes connectés peuvent négocier ensemble pour déterminer quel véhicule autonome traverse l'intersection en premier, lequel en second et ainsi de suite,
- Planification de la trajectoire : Chaque VAC peut ajuster sa vitesse de manière autonome en fonction des obstacles actuels et futurs provenant des autres routes.

Le travail de thèse se concentre sur la gestion coopérative des intersections par les VACs. Ce sujet est un sujet d'actualité. D'une part, la gestion coopérative des intersections a un grand potentiel pour augmenter la capacité du réseau routier et économiser l'énergie dans le futur transport urbain. D'autre part, elle peut actuellement être utilisée sur les sites industriels pour améliorer la productivité des Véhicules à Guidage Automatique (VGA). Néanmoins, d'un point de vue théorique, la gestion coopérative des intersections pose le défi suivant : la séquence et la trajectoire (profil de vitesse) doivent être optimisées en même temps en respectant les contraintes de temps réel. Le premier problème soulève un problème d'optimisation combinatoire alors que le second est un contrôle de système continu avec un temps de retard. Pour surmonter ce défi, la thèse explore le potentiel de l'apprentissage par renforcement profond multi-agent.

Récemment, l'apprentissage par renforcement profond est l'une des méthodes les plus utilisées pour contrôler avec succès les véhicules autonomes. Il permet d'accomplir des tâches de conduite complexes, en apprenant de situations réelles ainsi que de situations simulées avec des techniques de fuzzing pour considérer les cas extrêmes. Néanmoins, cette technique n'est actuellement utilisée que pour contrôler un seul véhicule. De nombreuses situations dans le domaine du transport nécessitent des interactions entre les véhicules connectés et autonomes afin d'atténuer la

congestion du trafic. Ces interactions peuvent être soit conflictuelles comme dans le cas d'une intersection, soit collaboratives comme lorsque les VACs doivent trouver un consensus pour inviter le piéton à traverser la route. Dans les deux cas, les mouvements des VACs doivent être synchronisés pour accomplir leurs tâches en toute sécurité. L'apprentissage par renforcement profond multi-agents devrait aider mais reste un sujet de recherche ouvert qui doit être traité en profondeur. Cette thèse se concentrera sur les situations conflictuelles.

Le travail de thèse consiste à définir dans une première étape une politique de conduite dynamique du véhicule (agressive, courtoise, égoïste ou groupée...) qui est adaptée dynamiquement en fonction du contexte de trafic et à utiliser dans une seconde étape des métaheuristiques pour calculer les séquences et entraîner les agents à respecter les séquences dynamiques. Le résultat de la thèse peut être étendu à la coopération entre les VACs et les véhicules à conduite humaine aux intersections.

Références bibliographiques :

[1] Zhong, Z., Nejad, M., & Lee, E. E. (2020). Autonomous and Semiautonomous Intersection Management: A Survey. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 13(2), 53-70.

[2] Gupta, J. K., Egorov, M., & Kochenderfer, M. (2017, May). Cooperative multi-agent control using deep reinforcement learning. In *International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems* (pp. 66-83). Springer, Cham

Profil demandé :

Master en informatique, maîtrise des langages de programmation orientés objets (principalement Python et C#). Une expérience en Deep learning est appréciée.

Financement : MESRI établissement UTBM (3 ans)

Dossier à envoyer pour le 30 Mai 2023

Début estimée du contrat : octobre 2023

Les candidatures doivent être envoyées à Dr. Mahjoub DRIDI (mahjoub.dridi@utbm.fr) par email.

Le dossier de candidature doit contenir : un CV détaillé, une copie du diplôme de Master ou tout document attestant du niveau de Master, une copie des bulletins de notes de Master, références et/ou une à deux lettres de recommandation

Direction / codirection de la thèse :

Directeurs de thèse : Dr. Mahjoub DRIDI

Co-encadrement de thèse : Dr Jean-Charles Créput



CIAD
Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées



utbm
université de technologie
Belfort-Montbéliard

UBFC
UNIVERSITÉ
BOURGOGNE FRANCHE-COMTE



SPIM

école doctorale **sciences pour l'ingénieur et microtechniques**

PhD title: Socially smart connected and autonomous vehicle: Deep Reinforcement Learning (DRL) for safe and efficient cooperative intersection

Host laboratory: Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées (CIAD) – <http://www.ciad-lab.fr>

Specialty of PhD: Computer Science

Keywords: Connected and autonomous vehicle, deep reinforcement learning, socially intelligent robots

Job description:

Intersection management is at the core of studies for improving traffic conditions. In the half of last century, traffic lights have significantly contributed to the growth of traffic in terms of throughput and velocity through time assignment of the intersection space to conflicting flows. Initially, designed to improve the safety, they have benefited from several theoretical and technological advances to increase the traffic performance. However, traffic lights do not fully use the potential of Connected Autonomous Vehicle (CAV). More precisely, CAVs introduce the following novelties:

- Sequence formation: CAVs can wirelessly negotiate together to determine which CAV crosses the intersection first, which one the second and so on,
- Trajectory planning: Each CAV can autonomously adjust its speed according to the current and future obstacles coming from the other roads.

The thesis work focuses on cooperative intersection management of CAVs. This subject is in the topicality of this decade. On the one hand, the cooperative intersection management has a great potential to increase the road network capacity and to save energy in the future urban transportation. On the other hand, it can currently in industrial sites to enhance the productivity of Automated Guided Vehicles (AGV). Nevertheless, from the theoretical point of view, cooperative intersection management (CIM) raises the following challenge: Both sequence and (speed profile) trajectory need to be optimized together with respect to real-time constraints. The former problem raises a combinatorial optimization problem whereas the second is a control of continuous system with time delay. To overcome the challenge, the thesis explores the potential of multiagent deep reinforcement learning.

Recently, deep reinforcement learning is one of the most widely used methods to successfully control autonomous vehicles. It allows accomplishing complex driving tasks, by learning from real situations as well as from simulated situations with fuzzing techniques to consider extreme cases. Nevertheless, this technique is currently used only to control a single vehicle. Many situations in the field of transportation require interactions between connected and autonomous vehicles to leverage the traffic congestion. These interactions can be either conflicting as in the case of intersection or collaborative as when CAVs should find a consensus to invite the pedestrian to cross the road. In both cases, the CAV's movements must be synchronized to accomplish their tasks safely.

Multi-agent deep reinforcement should help but is still an open research subject that needs to be thoroughly addressed. This thesis will focus on conflicting situations.

The thesis work consists in defining in a first step a dynamic driving policy of the vehicle (aggressive, courteous, selfish or grouped...) which is dynamically adapted according to the traffic context and in using in a second step metaheuristics to compute the sequences and train the agents to respect the dynamic sequences. The result of the thesis can be extended to the cooperation between CAVs and human driven vehicles at intersections.

References:

- [1] Zhong, Z., Nejad, M., & Lee, E. E. (2020). Autonomous and Semiautonomous Intersection Management: A Survey. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 13(2), 53-70.
- [2] Gupta, J. K., Egorov, M., & Kochenderfer, M. (2017, May). Cooperative multi-agent control using deep reinforcement learning. In International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (pp. 66-83). Springer, Cham

Candidate Profile:

Master's degree in computer science, skilled in oriented object programming languages (mainly Python and C#). Experiences in DRL are appreciated

Financing Institution: French Ministry / UTBM (3 years)

Application deadline: May, 30th 2023

Expected Start of contract: October 2023

Applications must be sent to Dr. Mahjoub DRIDI (mahjoub.dridi@utbm.fr) by email.

The application must include: a detailed CV, a copy of the Master degree or any document attesting the Master level, a copy of the Master transcripts, references and/or one to two recommendation letters.

Supervisor(s):

Main Supervisors: Dr. Mahjoub DRIDI

Co-supervisor: Dr Jean-Charles Créput