

Titre : Utilisation de l'apprentissage par renforcement pour améliorer les missions d'une flotte de drones en prenant en compte les communication radio

Encadrantes : Laetitia Matignon (LIRIS) et Isabelle Guérin-Lassous (LIP)
E-Mails : laetitia.matignon@univ-lyon1.fr ; isabelle.guerin-lassous@univ-lyon1.fr

Contexte

Les **flottes de drones** suscitent de nombreux intérêts pour des applications industrielles de surveillance de site, des usages de loisir mais aussi pour des usages militaires. En effet, les drones évoluant en flotte présentent de nombreux avantages comparés à un seul drone (couverture d'espace plus large, autonomie, capteurs hétérogènes, robustesse). Cependant, **déployer et contrôler de manière efficace, autonome et réactive une flotte de drones dans n'importe quel type d'environnement reste encore un problème ouvert.**

Les communications sans fil sont devenues centrales au sein d'une flotte de drones car elles permettent d'échanger des données de types variés à relativement haut débit, par exemple pour échanger des informations permettant le contrôle de la flotte (position, vitesse, orientation) ou la réalisation de la mission (vidéo ou mesures). **La qualité de ces communications a un impact important sur la qualité du vol de la flotte** : concernant le contrôle de la flotte, il est important de perdre très peu de paquets et de les recevoir à temps ; concernant la mission de la flotte, les contraintes sur la perte de paquets et le délai d'acheminement peuvent être moins importantes que pour le contrôle mais peuvent permettre un temps de mission réduit et nécessiter un haut débit quand des flux vidéos sont en jeu.

La qualité des communications ayant un impact important sur le contrôle de la flotte, elle devrait être exploitée pour améliorer les performances des opérations réalisées par les flottes de drones. Une approche possible est d'utiliser **l'apprentissage par renforcement (AR) [SB2020] multi-agents** pour apprendre une politique de contrôle décentralisé de la flotte, intégrant d'une part les objectifs de la mission et d'autre part la qualité des communications. En effet, l'AR présente de nombreuses solutions aux défis de la gestion de la mobilité des drones [AK2021]. Tout d'abord, les approches récentes en AR multi-agents, permettant à des agents d'apprendre à se coordonner et/ou à coopérer, bénéficient des progrès significatifs de l'apprentissage profond [GD2022]. D'autre part, l'AR offre la possibilité d'équilibrer les objectifs multiples à satisfaire lors du contrôle d'une flotte de drones (positionnement relatif de deux drones voisins, qualité des communications, réalisation de la mission, ...) par la conception experte d'une fonction de récompense ou par l'utilisation d'AR multi-objectifs [HR2022]. Par contre, un pré-requis à l'utilisation de l'AR pour le contrôle de drones est la disponibilité d'un simulateur pour apprendre et valider les politiques de contrôle avant de les porter sur des drones réels.

Objectifs du stage

L'objectif de ce stage est double : (i) il s'agira d'une part de réaliser un **état de l'art** des solutions de contrôle d'une flotte de drones basées sur des techniques d'AR profond multi-agents. Il faudra ensuite **choisir et adapter un algorithme** d'AR multi-agents permettant la prise en compte simple de la qualité des communications dans la fonction de récompense ; (ii) il s'agira d'autre part de **construire l'environnement de simulation** permettant de tester et de valider l'algorithme d'AR multi-agents choisi et adapté. L'environnement de simulation sera construit à partir du simulateur réseau ns-3¹ qui modélise avec une bonne précision les communications radio et qui a la possibilité de s'interfacer avec des frameworks classiques de RL profond (ns3-ai², ns-gym³).

Travail à réaliser

Au cours du stage, les actions suivantes seront réalisées :

- Étude bibliographique sur les solutions de contrôle d'une flotte de drones basées sur des techniques d'AR profond multi-agents.
- Adaptation d'une solution d'AR multi-agents prenant en compte la qualité des communications
- Prise en main du simulateur réseau ns-3 et de certaines de ses extensions pour permettre l'utilisation d'outils d'apprentissage dans le simulateur ns-3.
- Ajout d'éventuelles fonctionnalités dans le simulateur pour plus de réalisme dans les simulations (comme, par exemple, dans la modélisation des drones par des nœuds ns-3 ou dans la modélisation des pertes de paquets).
- Test et validation de la solution d'AR multi-agents proposée dans l'environnement de simulation mis au point.

Connaissances / compétences attendues

- master en intelligence artificielle / machine learning ou équivalent
- Connaissances sur les approches d'apprentissage par renforcement
- Connaissances sur les métriques de performance réseaux et sur les principes généraux des réseaux de communication
- Bonne capacité de programmation (C++ ou Python)
- Autonomie
- Savoir lire des articles et de la documentation en anglais

Mots clés : flotte de drones, contrôle d'une flotte, apprentissage par renforcement multi-agents, communication radio, environnement de simulation

Lieux du stage : LIRIS (Villeurbanne, La Doua) & LIP (Lyon, Gerland)

Gratification: 4.05€/h, 35h/semaine (i.e. environ 580€/mois)

Durée du stage: 5-6 mois à partir de Février-Mars 2024

1<https://gitlab.com/nsnam/ns-3-dev>

2<https://apps.nsnam.org/app/ns3-ai/>

3<https://github.com/tkn-tub/ns3-gym>

Candidature : Merci d'envoyer un CV, une lettre de motivation et les relevés de notes de l'année en cours et précédente aux encadrantes.

Bibliographie

[AK2021] Azar, Ahmad Taher et. Al ; Drone Deep Reinforcement Learning: A Review, in Electronics, 10(9), 999, 2021.

<https://doi.org/10.3390/electronics10090999>

[GD2022] Gronauer, Sven and Diepold, Klaus ; *Multi-agent deep reinforcement learning: a survey*, in Artificial Intelligence Review, 2022

[HR2022] Hayes, Radulescu, et. Al ; A practical guide to multi-objective reinforcement learning and planning, in Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, volume 36, 2022

[SB2020] Sutton, Richard and Barto, Andrew; Reinforcement Learning An introduction, second edition,

<http://incompleteideas.net/book/RLbook2020.pdf>.