

Développement d'un système de communication Drone-Drone et Drone-véhicule pour la sécurité routière

Mots clés :

Communication U2U, communication U2V, signalisation routière, ville intelligente

Equipe encadrante :

Najett Neji (najett.neji@univ-evry.fr), Lydie Nouvelière (lydie.nouveliere@univ-evry.fr)

Contexte :

En raison de leur petite taille, de leur flexibilité et de leur faible coût, les véhicules aériens sans pilote (UAV) ou drones sont aujourd'hui utilisés dans un grand nombre d'applications civiles telles que de celles liées aux systèmes de transports intelligents coopératifs (C-ITS). Ces systèmes sont un élément clé dans les villes intelligentes « smart cities », dans lesquelles les drones ont un fort potentiel. En effet, plusieurs études ont démontré que les communications entre drones et véhicules peuvent être bénéfiques pour la transmission d'informations importantes telles que l'état du trafic en temps réel.

Plus particulièrement en France, d'après de récentes statistiques, au niveau de l'autoroute A6, les secours mettent en moyenne 18 minutes pour arriver sur le lieu d'un accident de la route. En raison de ce délai temporel, lorsqu'ils surviennent, ces accidents causent des problèmes de congestion et rallongent considérablement les durées de parcours des automobilistes.

Dans ce contexte, une start-up française a proposé le développement d'un système de signalisation formé par deux drones : un drone à « basse altitude » permettant de collecter les données au sol et afficher des messages de signalisation, et un drone « haute altitude » permettant d'évaluer la situation au sol et prendre des décisions sur la redirection des usagers arrivant sur le lieu de l'accident. Une étude de faisabilité a montré qu'un tel système réduirait le délai d'intervention à 3 minutes et ainsi améliorer l'efficacité du trafic routier.

Dans le cadre de la thèse de Sana Bouassida démarrée en 2020 en collaboration avec l'ENIT (Tunisie), on s'intéresse au développement d'un système similaire à l'approche d'un carrefour.

Description et objectifs :

Dans ce stage, on se place dans un scénario simplifié, impliquant un véhicule automobile, un drone basse altitude et un drone haute altitude. On se concentre plutôt sur des communications provenant de et/ou à destination de drone.

Plus particulièrement, on souhaite mettre en œuvre deux types de communications :

- Dans un premier temps, une communication V2U entre un drone et une voiture dont le profil de vitesse et le profil d'accélération évoluent au cours du temps. Le drone observe la trajectoire de la voiture et si la dynamique de déplacement de celle-ci dépasse des seuils prédéfinis (en lien avec la réglementation de la sécurité routière), le drone envoie un message ou signal d'alerte au véhicule terrestre.
- Dans un deuxième temps, une communication U2U entre le drone basse altitude et un drone haute altitude, tous les deux situés au-dessus d'un carrefour, vers lequel se dirige la voiture. En cas de situation anormale (comme par exemple une vitesse trop grande ce qui signifie une conduite imprudente), le drone basse altitude détecte la situation et envoie les informations au drone haute altitude. Ce dernier identifie des alternatives pour anticiper l'arrivée du véhicule, puis les renvoie au drone basse altitude pour transmettre les signaux ou messages d'alerte à la voiture.

Pour acheminer les communications, chaque drone est équipé de capteurs et d'une carte embarquée permettant d'effectuer les traitements. On considère aussi que le drone basse altitude est doté d'un écran LCD permettant l'affichage des messages de signalisation. De son côté, chaque voiture est équipée de fonctionnalités V2X et d'une carte embarquée qui permet d'adapter la trajectoire au vu de la signalisation provenant du drone basse altitude. L'objectif est d'évaluer l'apport de la signalisation des drones au niveau de la sécurité routière et de la consommation énergétique de la voiture.

L'objectif de ce stage est d'identifier les informations à échanger entre les deux drones, puis entre le drone basse altitude et le véhicule ; définir les protocoles et les stratégies de communication associés ; paramétrer les trames contenant les messages ; et étudier l'apport de ce système hétérogène drone / véhicule pour la sécurisation du carrefour. Pour ce dernier point, une attention particulière sera accordée à la sécurité du freinage et à la consommation énergétique du véhicule.

On prévoit également de réaliser des expérimentations en environnement indoor à la volière située au Hall C de l'UFR-ST.

Le cœur de ce stage sera focalisé sur la couche MAC (couche 2 du modèle OSI). La programmation des différentes cartes et des interfaces (couche PHY) est un aspect périphérique.

Travail à réaliser :

Il est demandé de suivre la démarche suivante :

- 1) réaliser une étude bibliographique sur les communications drones-véhicules dans les C-ITS et sur les communications drone-drone notamment dans le contexte des smart cities
- 2) au niveau du drone haute altitude, développer et implémenter un algorithme d'acquisition et de prise de décision ;
- 3) au niveau du drone basse altitude, développer et implémenter un algorithme permettant l'interaction avec le drone haute altitude et l'affichage des messages ;
- 4) au niveau du véhicule, développer et implémenter un algorithme permettant l'interaction avec le drone basse altitude et l'adaptation de la trajectoire de la voiture ;
- 5) développer une stratégie et définir les trames de communication entre les deux drones et le véhicule pour permettre l'interaction entre ces différentes entités
- 6) intégrer les développements précédents dans un simulateur routier (VEINS)
- 7) valider les étapes précédentes via des expérimentations à la volière
- 8) évaluer l'impact de la signalisation par le système des deux drones sur la sécurité du carrefour et sur la consommation énergétique de la voiture.

Premières références :

- 1- Bouassida, S.; Neji, N.; Nouvelière, L.; Neji, J. Evaluating the Impact of Drone Signaling in Crosswalk Scenario. *Appl. Sci.* 2021, 11, 157.
- 2- Hadiwardoyo, S.A.; Hernández-Orallo, E.; Calafate, C.T.; Cano, J.C.; Manzoni, P. Experimental characterization of UAV-to-car communications. *Computer Networks* 2018, 136, 105–118.
- 3- Radenkovic, M.; Huynh, V.S.H.; John, R.; Manzoni, P. Enabling Real-time Communications and Services in Heterogeneous Networks of Drones and Vehicles. 2019 International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob). IEEE, 2019.