

Sujet de Thèse

Synthèse de lois de commande hybrides pour robots mobiles aériens (UAV) navigant en formation ou en essaim

Sofiane Ahmedali (IRSEEM – ESIGELEC)

Sofiane.Ahmedali@esigelec.fr

François Guérin (Université du Havre / GREAH)

francois.guerin@univ-lehavre.fr

1 : Contexte et problématique

L'utilisation de moyens robotiques aériens (UAV), évoluant en formation ou en essaim, peut simplifier et rendre plus efficace les opérations d'inspection, de maintenance ou de surveillance de sites naturels, industriels ou portuaires car de nombreuses tâches (repérage de pollutions, détection d'intrusions, cartographie,...) peuvent être confiées à des systèmes évoluant de manière quasi-autonome et coopérative.

Afin d'optimiser les performances lors de déplacements en formation ou en essaim, il est nécessaire de développer pour chaque drone des lois de commande qui permettent à ces derniers une exécution des tâches (suivi de trajectoires, poursuite de cibles en mouvement, positionnement précis pour prises de vue,...) efficace en termes de rapidité, de précision et d'aptitude à compenser les perturbations. Le principal obstacle au développement de ces lois de commande est la dynamique particulière, complexe et non linéaire de ces robots mobiles dont certains paramètres sont difficiles à déterminer (uniquement connus du fabricant ou délicats à mesurer). A cela s'ajoute le fait que la localisation des robots mobiles à partir des capteurs installés sur ces derniers (caméra, IMU, gyroscopes, GPS,...) s'avère être une tâche délicate à cause des bruits de mesure affectant les données issues de ces capteurs.

La conception de lois de commande "de bas niveau" linéaires, non linéaires, par modèle interne ou à base d'intelligence artificielle a fait l'objet de très nombreux travaux de recherche ces quinze dernières années. Aujourd'hui, les drones commercialisés intègrent déjà des lois de commande de bas niveau permettant leur commande en attitude, en vitesse et/ou en position. Ces lois de commande de bas niveau sont le plus souvent très performantes et non modifiables. Elles constituent la propriété intellectuelle du fabricant et sont l'aboutissement des nombreux travaux de recherche cités précédemment. D'un point de vue pratique, seules les entrées de consigne (en vitesse et/ou en position) sont mises à la disposition de l'utilisateur pour sa programmation (java, c++, python) par le biais d'un middleware (ROS). C'est la raison pour laquelle, il semble préférable aujourd'hui de considérer le drone comme une entité dont on maîtrise parfaitement la vitesse et/ou la position et de faire porter l'effort de recherche sur la conception de lois de commande adaptatives et hybrides (d'un niveau hiérarchique supérieur) permettant l'exécution de tâches plus sophistiquées et coopératives comme le vol en formation ou en essaim. C'est dans ce contexte que se situe le travail de thèse proposé.

2 : Description du sujet de thèse

Le sujet de thèse proposé porte sur la conception et l'implémentation de lois de commandes adaptatives et hybrides pour la navigation en formation ou en essaim de robots mobiles aériens (UAV). L'aspect continu de la commande hybride devra permettre à chaque drone de se localiser et de se positionner convenablement par rapport à ses voisins (allélomimétisme) pendant les phases statiques (formation stationnaire) et dynamiques (formation en déplacement) et ce quelles que soient les perturbations. Plusieurs techniques de localisation existent et peuvent être classées en deux grandes catégories. La première regroupe les techniques basées sur des solutions « hardware » (capteurs physiques) comme les caméras omnidirectionnelles, les IMU, les gyroscopes ou les GPS. Dans ce cas, la position du drone par rapport à ses voisins pourra être obtenue par intégration et fusion de données issues de ces capteurs. La seconde catégorie repose sur des solutions « software » (capteurs logiciels) comme les observateurs. Ces derniers s'appuieront sur un modèle de la formation (à définir) et utiliseront les données délivrées par les capteurs physiques. Ils seront en mesure de fournir une meilleure estimation de la position des autres drones (estimation des variables d'état non mesurées (pertes de communication, conditions de luminosité dégradée)). Cependant la problématique de la localisation que ce soit par des capteurs physiques ou logiciels (observateurs) reste un problème ouvert à cause :

- Des bruits de mesure affectant les données issues de ces capteurs.
- De la complexité de synthèse d'un système de fusion de données non synchronisés (périodes d'échantillonnages différentes).

Pour tenter d'apporter une réponse à ces verrous scientifiques, l'un des objectifs de la thèse sera d'investiguer la piste de la synthèse d'observateurs continus-discrets innovants pour la localisation des drones au sein de la formation ou de l'essaim. Sur la base des travaux entrepris dans l'équipe du pôle AS de l'IRSEEM, le doctorant s'attellera :

1. A développer de nouvelles structures d'observateurs continus-discrets adaptatifs qui permettront :
 - de réduire de manière significative le nombre de capteurs nécessaires à la localisation des drones au sein de la formation ou de l'essaim.
 - d'augmenter la période d'acquisition des données tout en garantissant une bonne estimation des positions obtenues.
2. A concevoir l'aspect discret (superviseur) de la commande hybride. Ce superviseur constituera une innovation significative et pourra faire l'objet d'une modélisation à base de réseaux de Petri. Son implémentation s'effectuera dans le drone « leader » de la formation, ce dernier étant chargé de communiquer ses consignes aux drones « followers ».

La partie discrète de la commande hybride consistera à déterminer les différentes phases du vol en formation ou en essaim (décollage, atterrissage, aggrégation, arrivée/départ d'un nouveau drone, reconfigurations éventuelles pour l'évitement d'obstacles, passages dans des zones étroites,...) et les transitions entre chacune d'entre elles. Les liens avec les aspects continus de la commande hybride et notamment les observateurs devront faire l'objet d'une étude approfondie. Par ailleurs, le bon fonctionnement d'un tel système suppose des communications fiables entre les drones. Il sera par conséquent primordial d'étudier le comportement du système en cas de perte de communications ou de communications dégradées (latences,...).

3 : Retombées, valorisation, rayonnement à l'échelle de la Normandie

A l'échelle de la Normandie, ces systèmes peuvent avoir un potentiel économique considérable car tous les secteurs d'activités sont concernés qu'il s'agisse de l'industrie (de nombreuses usines sont classées SEVESO 2), de l'agriculture, de l'environnement ou de la sécurité. Le sujet proposé s'inscrit également dans la perspective des projets PIA3 TIGA dans lesquels les villes du Havre (« Smart Port City ») et de Rouen (« Rouen Normandie Mobilité Intelligente pour Tous - pour un système intégré de mobilité multimodale et dé carbonée ») sont candidates. Dans ces deux villes, l'utilisation de drones en formation ou en essaim est envisagée pour des applications liées à la surveillance environnementale du territoire (Le Havre) ou de l'aide à la mobilité (Rouen). Par ailleurs, les auteurs travaillent depuis plusieurs mois en collaboration avec Normandie Aero Espace (NAE) à l'élaboration de ce sujet et à la structuration d'une filière « drone » en Normandie.

4 : Profil recherché

Issu d'une école d'ingénieur ou d'un Master en robotique, automatique et/ou mécatronique, le candidat choisi devra s'intéresser à la fois à des aspects théoriques (modélisation et synthèse de lois de commande) et pratiques pour valider expérimentalement ses algorithmes sur prototypes (DJI F450, Matrice 100, Inspire 1). Une bonne maîtrise de Matlab/Simulink ainsi que de la programmation sur système embarqué (Odroid XU4) en langage C++ sous ROS est exigée. Le candidat sera amené à travailler en collaboration avec les laboratoires GREAH et LITIS de l'université du Havre) et IRSEEM de l'ESIGELEC.

Remarque : La bourse de thèse est attribuée par la région Normandie.

6 : Candidature

Les candidats intéressés sont invités à envoyer une lettre de motivation, un CV, des relevés de notes et éventuellement une lettre de recommandation à :

Sofiane.Ahmedali@esigelec.fr - francois.guerin@univ-lehavre.fr