

ED SMAER

Sujet de thèses 2013

Laboratoire : ISIR

Etablissement de rattachement : UPMC

Directeur de thèse et section CNU ou CNRS : Pascal Morin (ISIR, 61ème)

Codirection et section CNU et CNRS : Martial Sanfourche (ONERA)

Titre de la thèse : Perception et commande pour l'inspection d'ouvrages avec un mini-drone

Collaborations dans le cadre de la thèse : ISIR-UPMC et ONERA-DTIM

Résumé du sujet :

Les mini-drones sont de petits engins volants sans pilote à bord, utilisés typiquement pour des tâches d'inspection ou de surveillance. Ce travail de thèse concerne le développement de fonctionnalités permettant d'assister un opérateur pour la réalisation de tâches d'inspection. Une des difficultés spécifiques aux mini-drones concerne les contraintes de charge utile embarquée (capteurs extéroceptifs et cartes de traitement), qui induisent des contraintes fortes sur la quantité d'information disponibles et la complexité de calcul des algorithmes de traitement développés. L'enjeu est alors d'être capable d'interpréter l'ouvrage à inspecter, à partir des données capteurs, de façon à en retirer les informations utiles pour contrôler le déplacement du mini-drone. Le problème recouvre à la fois des aspects de perception (traitement des données capteurs, reconstruction, éventuellement partielle et simplifiée) de l'environnement, et des aspects de commande (synthèse de commandes par retour d'état à partir des informations issues de la perception, stratégies de navigation). Le sujet est évidemment en lien avec des problématiques de type SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), de planification, et de commande par retour d'état des mini-drones. Concernant le SLAM, la problématique centrale est celle du coût de calcul (et de stockage) associé au maintien dans le temps d'une cartographie de l'environnement. On se dirigera donc vers des solutions SLAM approchées locales, dans le but de garantir la trajectoire sur une durée limitée. Une autre voie de simplification algorithmique est d'utiliser une connaissance a priori de la structure à inspecter pour aider au recalage de la trajectoire. De même, la planification est ici envisagée à un niveau élémentaire consistant à déterminer les directions de mouvement compatibles avec l'évitement des obstacles et les consignes données par l'opérateur (ou un planificateur plus haut niveau). Finalement, concernant la commande par retour d'état, le sujet participera aux développements actuels des stratégies de commande référencée capteur à proximité d'obstacles.

Sujet développé :

Contexte:

Les mini-drones sont de petits engins volants sans pilote à bord, utilisés typiquement pour des tâches d'inspection ou de surveillance. Ces systèmes ont connu un développement très important ces dix dernières années, en raison de la miniaturisation et baisse des coûts des composants nécessaires à leur fonctionnement (centrales inertielles, micro-processeurs, etc). Ces développements sont aussi motivés par le grand nombre d'applications potentielles, civiles et militaires. Ce travail de thèse concerne le développement de fonctionnalités permettant d'assister un opérateur pour la réalisation de tâches d'inspection. La thèse sera encadrée par Pascal Morin (ISIR) et Martial Sanfourche (ONERA-DTIM). L'ISIR apportant les compétences sur les aspects commande, fusion de données, et tout le support autour de la chaire RTE-UPMC « Mini-drones autonomes » ; l'ONERA-DTIM apportant ses compétences sur le traitement de la vision avec des contraintes temps-réel.

Programme de la thèse

Objectifs: L'objectif est de développer des fonctionnalités de traitement de données et de commande dans le but de réaliser des tâches d'inspection et de veille de l'état d'ouvrages (pylônes électriques, bâtiments, etc). Le scénario de base consiste en un mini-drone téléopéré à distance sans forcément être en ligne de vue (de l'intérieur d'une camionnette par exemple). Les algorithmes développés devront permettre au mini-drone de rester à une distance prédéfinie de la structure à inspecter, d'identifier les zones permettant d'accéder à l'intérieur de la structure, et de garantir l'évitement de collisions, ceci dans des situations aérologiques potentiellement dégradées (vent, faible pluie). La mission peut comprendre une prise d'image améliorée pour aider au diagnostic. L'opérateur téléopérant le drone conserve l'aspect décisionnelle « haut-niveau » (choix de la direction et de l'intensité du mouvement parmi celles compatibles avec le maintien de l'intégrité de la mission), mais délègue au mini-drone les aspects localisation, perception de l'environnement, et évitement des obstacles.

Problématiques scientifiques : Le scénario visé comprend (au moins) deux problématiques scientifiques importantes :

- Reconstruction en ligne de la géométrie de la structure : Il est tout d'abord nécessaire d'interpréter les données capteurs afin d'extraire des informations exploitables pour définir la stratégie de déplacement relativement à la structure. A titre d'exemple, on peut mentionner la détection de surfaces planaires ou de lignes coplanaires, ainsi que la détection de zones accessibles au regard des dimensions du mini-drone. Il s'agira de minimiser le coût de calcul et de stockage de ce modèle d'environnement pour être compatible avec la charge utile très réduite du drone.
- Commande basée vision et stratégie d'exploration : La commande du mini-drone recouvre deux aspects : un aspect réactif d'une part, utilisé pour l'évitement des obstacles, et un aspect plus haut-niveau (de type planification), permettant d'identifier les directions de mouvement accessibles en fonction de la situation du

drone à l'instant courant, de son environnement proche, et des conditions aérologiques estimées. Ces directions accessibles peuvent alors ou bien être laissées au libre choix de l'opérateur, ou être exploitées dans une stratégie d'exploration autonome à définir.

Approche :

La première partie de la thèse consistera à identifier, à partir d'une étude bibliographique des méthodes de traitement de données existantes, la suite de capteurs minimale nécessaire pour la réalisation des tâches envisagées. Ce travail devra notamment prendre en compte les contraintes sur la charge utile du mini-drone et sur les limitations de fonctionnement des capteurs. Les capteurs privilégiés pour l'application seront de type caméra, éventuellement complétées par un télémètre laser et un/des ultrasons. La deuxième phase du travail portera sur le traitement des données capteurs pour reconstruire localement l'environnement du drone. On partira d'hypothèses simplificatrices (existence de ligne droite, de plans denses --murs-- ou sous-jacents (structure de type pylône par exemple), afin de garder une complexité de représentation limitée. Les algorithmes développés devront aussi permettre d'identifier les zones accessibles, en relation avec la taille du mini-drone. La troisième partie de la thèse portera sur le développement de commandes par retour d'état pour contrôler le mouvement du mini-drone à partir des informations issues de la phase de perception. Ces commandes devront prendre en compte essentiellement trois aspects, avec des niveaux de hiérarchie différentes : l'évitement des obstacles, le suivi des consignes envoyées par le pilote à distance, les conditions aérologiques, estimées en ligne.

En dehors de la première partie, de nature bibliographique, les moyens nécessaires sont de deux ordres :

- Moyens en capteurs et cartes de traitement : la deuxième partie de la thèse nécessite un travail important sur les algorithmes de traitement des données capteurs. Dans un premier temps, ces traitements pourront être effectués sur station de travail. Il faudra relativement rapidement passer à des validations sur les cartes électroniques destinées à être embarquées sur le drone afin de valider la portabilité des algorithmes en terme de puissance de calcul.
- Moyens d'expérimentation sur mini-drone : Après une phase théorique, validée par simulation, la validation expérimentale se fera sur les mini-drones des équipes partenaires. Chaque laboratoire partenaire du projet de thèse dispose d'un mini-drone de type quadricoptère, de taille et charge utile similaires. La chaire RTE/UPMC et l'ONERA DTIM mettront à la disposition de ce projet leur plate-forme respective. Une convergence de la charge utile sera étudiée afin de mener indifféremment les démonstrations avec l'une ou l'autre des machines. Par ailleurs, le doctorant pourra aussi s'appuyer sur les supports techniques disponibles dans les équipes (ingénieurs affectés au maintien des plateformes et au support aux expérimentations).

En termes de validation, le sujet se prête bien à une validation graduelle, d'abord sur des structures typiques en laboratoire, puis sur des structures en extérieur, avec des trajectoires de plus en plus complexes, d'abord en restant à l'extérieur de la structure

puis en entrant dedans. Pour les problèmes de résistance à la rafale, on peut envisager d'utiliser des équipements ONERA (générateur de rafale dans le bâtiment B20 à Lille). En ce qui concerne la charge utile, plusieurs systèmes peuvent être envisagés depuis la stéréoscopie, le lidar (au moins pour avoir une nappe), la caméra fisheye ou omnidirectionnelle.

Profil du candidat :

La thèse s'adresse à un candidat ayant un très bon niveau en automatique et traitement du signal (vision notamment). Le candidat doit également être motivé par les aspects expérimentaux, sachant que la thèse fera l'objet de validations sur mini-drone.

Autres connaissances souhaitées : Matlab/Simulink, Language C, ROS.

Contacts :

Pascal Morin
ISIR, UPMC
morin@isir.upmc.fr

Martial Sanfourche
DTIM, ONERA
martial.sanfourche@onera.fr