

ED STIC - Proposition de Sujets de Thèse pour la campagne d'Allocation de thèses 2011

Titre du sujet :

Mention de thèse :

HDR Directeur de thèse inscrit à l'ED STIC :

Co-encadrant de thèse éventuel :

Nom :

Prénom :

Email :

Téléphone :

Email de contact pour ce sujet :

Laboratoire d'accueil :

Description du sujet :

Les futurs véhicules aériens sans pilote seront conçus pour réaliser leur mission, non seulement avec plus d'efficacité, mais aussi avec plus de sécurité et de fiabilité. Ces véhicules autonomes évolueront dans des milieux complexes urbains, forestiers, montagneux, ou encore d'intérieur. Afin que la mission soit un succès, il est indispensable que le véhicule soit capable de prendre conscience de son environnement, de se localiser, de détecter et d'éviter les obstacles, et d'interagir avec un opérateur humain.

Cependant, les petits robots volants actuels n'ont encore qu'une capacité de calcul limitée et ne peuvent emporter qu'une petite charge utile et sont souvent équipés de capteurs bon marché et de faible qualité. C'est pourquoi, il est nécessaire de développer des techniques et des algorithmes permettant au véhicule de calculer son état (position, vitesse, orientation) et de percevoir son environnement malgré les limitations imposées par 1) la perte de certains capteurs comme le GPS dans un milieu urbain ou d'intérieur, 2) la perturbation des données capteurs dans le milieu d'évolution (ex : données magnétométriques perturbées dans les zones à fort champ

magnétique artificiel), 3) la faible qualité des capteurs, et enfin 4) la complexité des observateurs basés vision.

L'objectif de cette thèse de doctorat est de développer de nouvelles techniques robustes, fiables, et efficaces en calcul pour effectuer de la fusion de données capteurs, afin d'estimer l'état du véhicule et de percevoir son environnement.

Une contribution théorique possible consiste à concevoir de nouveaux observateurs fondés sur les groupes de Lie. Par exemple, l'estimateur d'orientation peut être conçu sur le groupe spécial orthogonal (special orthogonal group, $SO(3)$), tandis que l'estimateur de position du véhicule peut être conçu sur le groupe Euclidien spécial (special Euclidian group $SE(3)$). Finalement, le déplacement relatif du robot par rapport à une image de référence (dans le cas d'un estimateur basé vision) peut être conçu sur le groupe spécial linéaire (special linear group $SL(3)$). Plusieurs observateurs nonlinéaires ont déjà été conçus sur les groupes de Lie et sont disponibles dans la littérature, voir [1]-[3]. Cependant, la communauté scientifique n'a accordé jusqu'à présent que peu d'attention à la conception d'observateurs basés sur les groupes de Lie et qui utilisent des données issues de la vision. Par conséquent, l'objectif de cette thèse est d'apporter des contributions théoriques et pratiques pour la conception d'observateurs nonlinéaires capables de faire de la fusion de données capteurs de types inertiels, vision, radar laser ou encore de flux optique. La théorie développée durant ce travail de recherche aura également des applications dans les domaines du diagnostic pour la détection de pannes [4], transport de charge, évitement d'obstacles, téléopération de robots.

[1] E. Malis, T. Hamel, R. Mahony, P. Morin, Estimation of homography dynamics on the special linear group. In the book *Visual Servoing via Advanced Numerical Methods*, by G. Chesi and K. Hashimoto Springer Verlag, 2010 (20 pages).

[2] Mahony R., Hamel T. and Pflimlin J-M., Non-linear complementary filters on the Special Orthogonal Group. Regular paper, in *IEEE-Transactions on Automatic Control*, Vol 53, No 5, pp. 1203-1218, 2008.

[3] Baldwin G., Mahony R., Trumpf J., Hamel T., Complementary filter design on the Special Euclidean group $SE(3)$. Kos, Greece on July 2-5, 2007 (ECC'07).

[4] G. J. J. Ducard, *Fault-tolerant Flight Control and Guidance Systems: Practical Methods for Small Unmanned Aerial Vehicles*, *Advances in Industrial Control Series*, 266 pages, 151 Illustrations, Springer, June 2009.

English version:

Future generations of aerial robots will be designed to achieve their mission not only with increased efficiency, but also with more safety and security. They will be used in complex environments such as urban, mountainous or indoor contexts. The capability of a robot to get self-awareness of its surrounding environment is of major importance for its integrity, obstacle avoidance, interactive human-robot operation, and the success of the mission.

However, small aerial robots have limited payload and computational capabilities, and are often equipped with low cost sensors. Thus, the estimation of the vehicle's state (i.e., attitude, velocity, position), in addition to the perception of its environment, is still an active field of research to overcome the current limitations (unavailability of GPS measurement in indoor or urban environment, disturbance on magnetometer measurement, low quality sensors, complexity of

vision based estimation and extraction of environment features, etc.)

The purpose of this PhD research is to develop robust, reliable and computationally efficient sensor fusion techniques and estimators of the vehicle's state and its environment.

One possible theoretical contribution consists of designing estimators based on Lie groups. For example, the attitude estimator may be designed based on the special orthogonal group $SO(3)$, whereas the pose estimator of the vehicle may be designed based on the special Euclidian group $SE(3)$, and finally, the relative motion of the robot with respect to the reference image (case of a vision based estimator) may be designed based on the special linear group $SL(3)$. Some nonlinear estimation techniques that have been already designed based on Lie groups can be found in the literature, for example in [1]-[3]. However, Lie-group estimator design using vision-based measurement data has received little attention so far in the robotics community. Therefore, the goal of this PhD thesis is to contribute to the theory of nonlinear estimators with a special attention to sensor fusion between inertial and vision measurement data. In addition, other kind of sensors may be included, such as laser range finders, optical-flow sensors, etc.

The theory developed during this PhD research should find applications in the fields of diagnostic, fault detection and isolation systems (FDI) [4], load transportation by aerial robots, obstacle avoidance, teleoperation of aerial robots.

[1] E. Malis, T. Hamel, R. Mahony, P. Morin, Estimation of homography dynamics on the special linear group. In the book *Visual Servoing via Advanced Numerical Methods*, by G. Chesi and K. Hashimoto Springer Verlag, 2010 (20 pages).

[2] Mahony R., Hamel T. and Pflimlin J-M., Non-linear complementary filters on the Special Orthogonal Group. Regular paper, in *IEEE-Transactions on Automatic Control*, Vol 53, No 5, pp. 1203-1218, 2008.

[3] Baldwin G., Mahony R., Trumpp J., Hamel T., Complementary filter design on the Special Euclidean group $SE(3)$. Kos, Greece on July 2-5, 2007 (ECC'07).

[4] G. J. J. Ducard, *Fault-tolerant Flight Control and Guidance Systems: Practical Methods for Small Unmanned Aerial Vehicles*, *Advances in Industrial Control Series*, 266 pages, 151 Illustrations, Springer, June 2009.